**SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS COM PLANTIO DIRETO
EM LATOSSOLO ROXO: EFEITOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS
E QUÍMICAS**

MARLENE CRISTINA ALVES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. FRANCISCO LOMBARDI NETO

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para obten-
ção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração: Solos e Nutri-
ção de Plantas

Piracicaba

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

A474a Alves, Marlene Cristina
 Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em
 latossolo roxo; efeito nas propriedades físicas e químicas. Piracicaba, 1992.
 173p. ilus.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Latossolo roxo - Alteração 2. Plantio direto 3. Rotação de cultura agrícola 4. Soja - Produção I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.44

**SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS COM PLANTIO DIRETO
EM LATOSSOLO ROXO: EFEITOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS
E QUÍMICAS**

MARLENE CRISTINA ALVES

Aprovada em: 27/11/1992

Comissão Julgadora:

Dr. Francisco Lombardi Neto	IAC
Dra. Sonia Carmela Falci Dechen	IAC
Prof. Dr. Paulo César Corsini	UNESP/FCAV
Prof. Dr. Geraldo Victorino de França	ESALQ/USP
Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi	ESALQ/USP

Dr. Francisco Lombardi Neto
Orientador

"O PREÇO DA LIBERDADE É NOSSA ETERNA VIGILÂNCIA"

e,

"AQUELES QUE ESQUECEM O PASSADO ESTÃO CONDENADOS A REPETI-LO"

George Santayana

Dedico este trabalho

À OLIVIA, minha mãe

e

Aos meus irmãos, cunhados e

sobrinhos

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

Ao Dr. Francisco Lombardi Neto, pela orientação e apoio e, como chefe da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, por ter incentivado a realização deste trabalho.

Ao Dr. Sidney Rosa Vieira pela orientação, confiança e ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Científico Orlando Melo de Castro, por ter autorizado a utilização do experimento, pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo.

À Pesquisadora Científica Isabella Clerici De Maria e ao Engenheiro Agrícola Flávio de Oliveira Cunha Sarvasi pela participação nos trabalhos de campo.

À Família Tronco pela cooperação e por ter cedido a área para a realização deste trabalho.

Aos Professores Dr. Paulo César Corsini e Dr. Salatiér Buzetti pelas sugestões na redação final deste trabalho, pela atenção e amizade.

Ao Professor Dr. Geraldo Victorino de França pelo apoio e orientação didática durante a realização deste curso.

À Márcia Borrelli Achtschin Ribeiro e Silvana Cristina Teixeira pela paciência, dedicação e amizade durante a editoração deste trabalho.

À toda equipe da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico, que muito colaborou e foi sempre atenciosa.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Em especial, ao meu irmão, Mário Sérgio Alves e, minha cunhada, Santa Clarice Gianini Alves, pelo estímulo, apoio e o carinho que me dispensaram durante todo o curso.

S U M Á R I O

Pág.

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xvii
RESUMO	xxi
SUMMARY	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Influência do plantio direto nas condições físicas do solo	5
2.2. Rotação de culturas, condições físicas e produtividade do solo	13
2.3. Relação entre condições físicas do solo e produtividade das culturas	21
2.4. Manejo das culturas no sistema de plantio direto	27

3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Localização e descrição do experimento	35
3.2. Características gerais do solo	41
3.3. Determinações	41
3.3.1. Condutividade hidráulica do solo saturado	45
3.3.2. Retenção de água	45
3.3.3. Densidade do solo	46
3.3.4. Variação de armazenagem de água	46
3.3.5. Estabilidade de agregados em água	47
3.3.6. Potencial matricial - tensiômetros	48
3.3.7. Porosidade total, macro e microporosidade	49
3.3.8. Análises químicas	49
3.3.9. Análise estatística	50
3.3.10. Precipitação pluvial	50
3.3.11. Produção de grãos e de matéria seca	50
3.3.12. Análise foliar	51

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. Densidade do solo	52
4.2. Porosidade total, macro e microporosidade	56
4.3. Condutividade hidráulica do solo saturado	60
4.4. Variação de armazenagem de água	62
4.5. Estabilidade de agregados	66
4.6. Retenção de água	70
4.7. Potencial matricial da água no solo	81
4.8. Características químicas do solo	91
4.9. Nutrientes nas folhas	101
4.10. Produção de grãos e matéria seca	111
 5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	 115
 6. CONCLUSÃO	 118
 7. SUGESTÕES	 119
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 121
 APÊNDICE	 138

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa mostrando a localização do município de Palmital, onde foi realizado o experimento ...	36
Figura 2. Esquema do delineamento experimental	38
Figura 3. Densidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados	53
Figura 4. Porosidade total para os tratamentos e profundidades estudados	57
Figura 5. Macroporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados	58
Figura 6. Microporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados	59

Figura 7. Condutividade hidráulica do solo saturado para os tratamentos e profundidades estudados	61
Figura 8. Variação de armazenagem de água avaliada para os tratamentos e profundidades estudados	64
Figura 9. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados avaliado para os tratamentos e profundidades estudados	67
Figura 10. Retenção de água para os tratamentos com gramineas, na profundidade de 5cm	71
Figura 11. Retenção de água para os tratamentos com gramineas na profundidade de 15cm	72
Figura 12. Retenção de água para os tratamentos com gramineas na profundidade de 30cm	73
Figura 13. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 5cm	74

Figura 14. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 15cm	75
Figura 15. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 30cm	76
Figura 16. Potencial matricial, na profundidade de 10cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja	82
Figura 17. Potencial matricial, na profundidade de 20cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja	83
Figura 18. Potencial matricial, na profundidade de 50cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja	84

Figura 19. Potencial matricial, na profundidade de 10cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os trata- mentos com gramíneas, durante o ciclo da soja	85
Figura 20. Potencial matricial, na profundidade de 20cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os trata- mentos com gramíneas, durante o ciclo da soja	86
Figura 21. Potencial matricial, na profundidade de 50cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os trata- mentos com gramíneas, durante o ciclo da soja	87
Figura 22. Precipitação diária, no período de 09/01 a 10/03/91, para o município de Palmital-SP	88
Figura 23. Matéria orgânica determinada para os tratamen- tos e profundidades estudados	92

Figura 24. pH (CaCl_2) determinado para os tratamentos e profundidades estudados	93
Figura 25. Teor de fósforo no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados	94
Figura 26. Teor de potássio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados	95
Figura 27. Teor de cálcio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados	96
Figura 28. Teor de magnésio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados	97
Figura 29. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinados nas folhas da cultura de soja, subsequente às culturas de inverno	102
Figura 30. Produção de matéria seca para as culturas de inverno que antecederam a cultura da soja	108

Figura 31. Produção da cultura de soja, nos anos agrícolas 88/89, 89/90 e 90/91, após a sequência das culturas de inverno	112
---	-----

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 1. Caracterização física de um perfil do solo estudado	42
Tabela 2. Umidade volumétrica nas várias tensões e profundidades, e as densidades do solo, obtidas a partir de amostras indeformadas. Médias de três repetições. Avaliadas em 1985	43
Tabela 3. Resultados das análises químicas. Médias de três repetições de amostras compostas. Coletadas em 1985	44
Tabela 4. Densidade do solo avaliada para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 5, 15 e 30cm. Médias de três repetições	54

Tabela 5. Condutividade hidráulica do solo saturado para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 15 e 30cm	63
Tabela 6. Variação de armazenagem de água avaliada para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 5, 15 e 30cm. Médias de três repetições	65
Tabela 7. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados avaliados para os diferentes tratamentos, em três profundidades, sob plantio direto	68
Tabela 8. Valores de umidade avaliada na tensão de 6 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades	78
Tabela 9. Valores de umidade avaliada na tensão de 30 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades	79

Tabela 10. Valores de umidade avaliada na tensão de 100 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades	80
Tabela 11. Limites de variação do potencial matricial da água no solo (cm de coluna de água) para os tratamentos estudados, no período de 09/01 a 23/01/91, em três profundidades	90
Tabela 12. Matéria orgânica avaliada para os tratamentos e profundidades estudados	99
Tabela 13. Teor de nitrogênio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam	103
Tabela 14. Teor de fósforo nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam	104
Tabela 15. Teor de potássio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam	105

Tabela 16. Teor de cálcio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam	106
Tabela 17. Teor de magnésio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam	107
Tabela 18. Produção de soja nos anos agrícolas 1988/89, 89/90 e 90/91, médias de três repetições	113

SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS COM PLANTIO DIRETO EM LATOSSOLO ROXO: EFEITOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Autora: Marlene Cristina Alves

Orientador: Dr. Francisco Lombardi Neto

RESUMO

Com o objetivo de avaliar as modificações físicas e químicas de um Latossolo Roxo cultivado com soja em sistemas de rotação de culturas com milho, leguminosas e gramíneas de inverno, desenvolveu-se o presente trabalho durante cinco anos, na região de Palmital (SP). Utilizou-se uma área de 4.400m², num delineamento em blocos ao acaso, com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: soja-crotalária-milho-crotalária; soja-chicharo-milho-chicharo; soja-tremoço-branco-milho-tremoço-branco; soja-tremoço-branco + aveia-preta-milho-tremoço-branco + aveia-preta; soja-trigo-milho-trigo; soja-aveia-branca-milho-aveia-branca; soja-aveia-preta-milho-aveia-preta; soja-centeio-milho-centeio. No verão, as culturas de soja e milho se rotacionaram, sendo

incluído nos diferentes sistemas testados as culturas de inverno.

A pesquisa iniciou-se em 1985 e, em 1990 realizou-se as avaliações da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, retenção de água, variação de armazenagem de água, estabilidade de agregados, condutividade hidráulica do solo saturado e nutrientes no solo e na planta, após a colheita do milho. A produção da cultura da soja foi avaliada nos anos agrícolas 1988/89, 89/90 e 90/91.

De maneira geral nenhum dos tratamentos apresentou efeito marcante em termos de modificações físicas e químicas no solo. No entanto, houve diferença para as propriedades físicas e químicas quando analisadas em diferentes profundidades no solo e, na produção de grãos de soja entre ano e para a interação tratamento x anos, ocorridos provavelmente devido às condições climáticas. Também houve diferença significativa entre os tratamentos quando analisado o teor de nutrientes nas folhas de soja.

Pelas tendências verificadas e discutidas concluiu-se que há necessidade de manter o experimento por um período de tempo mais longo e, avaliar as propriedades a intervalos de tempo mais curtos para se estudar a sua variabilidade temporal.

CROP ROTATION AND NO-TILLAGE SYSTEMS ON A LATOSSOLO ROXO (OXISOL): EFFECTS ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Authoress: Marlene Cristina Alves

Adviser: Dr. Francisco Lombardi Neto

SUMMARY

A five-year experiment was established in 1985 in the region of Palmital, State of São Paulo, Brazil, with the objective of evaluating the physical and chemical modifications on the Latossolo Roxo (Oxisol) cultivated with soybean under rotation systems with corn, winter leguminous and gramineous plants. The experiment was conducted in an area of 4.400m², using a random block allocation design, with eight treatments and three replications.

The initial physical and chemical characterization was determined just before the experiment set up. After five years, the soil bulk density, total porosity, macro and microporosity, water retention, available water, aggregate stability, hydraulic conductivity, as well as

nutrient contents in the soil and plants were evaluated just after the corn harvest. On the other hand, the soybean yield was recorded for each of the agricultural years (1988/89, 1989/90 and 1990/91).

The results have shown that none of the treatments caused a noticeable effect with regard to the physical and chemical modifications of the soil. Nevertheless there were some differences in the physical and chemical property values concerning the soil studies depths, and also the year-to-year soybean yield, and the treatment x year interaction, which have probably happened due to the distinct climatic conditions.

From the observed and discussed result tendencies it was concluded that it is important to maintain the experiment for much longer periods of time and also to evaluate the properties at shorter time intervals in order to study their variability.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos naturais básicos não têm tido o cuidado necessário do homem, e um deles, o solo, lamentavelmente é o que mais tem sofrido pelo mau uso.

A cada ano no mundo, seis milhões de hectares de terras produtivas tornam-se improdutivas, segundo dados da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - ONU. Isto devido ao desmatamento excessivo, a métodos de cultivo inadequados, ao desgaste natural do solo e ao desenvolvimento urbano sem planejamento.

Do ponto de vista da utilização do solo para fins agrícolas, seu manejo e tipo de cultura utilizados irão influenciar diretamente suas condições físicas, químicas e biológicas. Essa alteração é maior quando o preparo intensivo é dominante no sistema de produção agrícola.

Vários sistemas de manejo têm sido estudados visando a manutenção da fertilidade do solo, ao controle da erosão e à redução do custo das operações, para proporcionar maior renda, com o objetivo de uma agricultura estável.

A partir do momento que o homem efetua o desmatamento, há um desequilíbrio no meio ambiente e, se o

manejo adotado à exploração do solo não for adequado, as consequências adversas serão ainda maiores.

A escolha do melhor sistema de manejo proporcionará um maior equilíbrio das condições físicas, químicas e biológicas do solo, levando conseqüentemente a maiores produtividades, conservando ou até melhorando a condição natural dos solos.

Na manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e balanço da matéria orgânica é fundamental, pois esta manutenção e melhoria só poderá ser alcançada e mantida via biológica, isto é, através da ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição do material orgânico.

Apenas metade da área cultivada com soja do lado paulista do Vale do Paranapanema é utilizada com o cultivo do trigo no outono-inverno (140.000-150.000 ha). Há um potencial elevado, se considerar também áreas sob outros cultivos de verão, para serem utilizadas com leguminosas, por exemplo, em sucessão.

Todo o lado paulista do Vale do Paranapanema, compreendendo desde as cabeceiras do rio até sua foz, onde concentra-se ponderável parcela da produção estadual de grãos alimentícios (soja, milho, feijão e trigo), tem possibilidade de cultivo de leguminosas no período de outono-inverno. Esta região fisiográfica apresenta uma distribuição pluvial melhor que o restante do Estado, com amplas possibilidades de

implantação a curto prazo, principalmente em sistema de plantio direto, do cultivo de leguminosas no outono-inverno (BULISANI & BRAGA, 1985).

Portanto, a disponibilidade de água no outono-inverno, na região do Vale do Paranapanema, favorece a prática da sucessão de culturas através da adubação verde ou de culturas que diversifiquem o binômio soja-trigo, eliminando o pousio de inverno. A adoção de adubação verde nesse período implicará na produção exclusiva de grãos apenas no verão em sucessão à cobertura vegetal da estação anterior, o que poderia ser compensado pelo maior rendimento de grãos por unidade de área. Mas elegendo algumas culturas para adubação verde no inverno, podem-se montar sistemas de rotação envolvendo o trigo, por exemplo, tendo-se portanto, uma cultura de exploração econômica também no inverno, em intervalos de anos de acordo com o plano de rotação estabelecido.

É imprescindível a avaliação do desenvolvimento de culturas opcionais capazes de crescimento no outono-inverno, e que se ajustem ao plano de rotação apropriado para o sistema de plantio direto. Esta avaliação deverá considerar os efeitos de cada sucessão nos parâmetros físicos do solo (densidade do solo, macro e microporosidade, retenção de água, etc.), na dinâmica de reprodução de plantas invasoras e de nematóides, e no rendimento de grãos das culturas em sucessão.

Neste sentido, propôs-se a realização deste trabalho com o objetivo de avaliar a melhor rotação de culturas num sistema de plantio direto após cinco anos, suas implicações na produção da soja e em alguns atributos físicos e químicos do solo como: agregação, condutividade hidráulica do solo saturado, disponibilidade de água, porosidade, teores de fósforo, potássio e matéria orgânica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Influência do plantio direto nas condições físicas do solo

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 desenvolvimento das plantas são prejudicados, ocorrendo a diminuição da infiltração de água e facilitando o processo erosivo (SILVA, 1980, DALLA ROSA, 1981).

No início do século, durante a expansão da agricultura do café no Brasil, uma grande área com latossolos foi utilizada, antes da introdução do preparo do solo com arado. Desde o início de sua exploração, os agricultores utilizaram diversos sistemas de preparo do solo. Hoje em dia, a grade de discos pesada é intensivamente usada para preparar o solo, aumentando os riscos de sua degradação (CORSINI, 1991).

Os latossolos sob condição de floresta natural são caracterizados por terem excelente estrutura, boas propriedades relacionadas a aspectos de geometria de poros e atividade da fração húmus e argila, e o processo de infiltração é rápido (CORSINI, 1973). Entretanto, com as operações intensivas de preparo do solo, iniciam-se os processos envolvendo translocação de argila no perfil do solo, compactação, dispersão coloidal, e também o uso inadequado de fertilizantes traz mudanças adversas às propriedades do solo. Consequentemente, há um decréscimo em sua produtividade. Um efeito notável é a compactação subsuperficial do solo, que leva a diminuição da infiltração e maiores perdas por evaporação. Como resultado, há diminuição da água disponível durante o período de desenvolvimento das culturas, reduzindo sua produção, além do aumento das perdas de solo por erosão (CORSINI, 1991).

Na tentativa de solucionar os problemas decorrentes do preparo convencional, pesquisadores voltaram seus interesses para métodos de preparos visando à conservação do solo e da água, ao mesmo tempo em que eram asseguradas condições adequadas para uma boa germinação das sementes. Surgiram os chamados preparos conservacionistas, que têm como objetivos melhorar a conservação do solo e água, usando um preparo menos intensivo, mantendo o máximo possível de resíduos na superfície dos solos e deixando-a mais rugosa. Esses objetivos devem ser alcançados sem, entretanto,

prejudicar a germinação das sementes. Com isso pode-se dissipar o impacto de gotas de chuva sobre o solo e o escoamento superficial, aumentando a infiltração de água. Nestes tipos de preparo enquadram-se os reduzidos, o mínimo e o plantio direto.

No plantio direto, sem mobilização da camada superficial do solo, a superfície apresenta uma estreita faixa de manejo de plantas, e entre as fileiras, uma faixa de baixa rugosidade, porém com alta cobertura residual, que protege o solo. Segundo DOREN & STAUFFER (1943) e WISCHMEIER (1960) com os anos esses resíduos vão se decompondo, contribuindo para o aumento da matéria orgânica do solo e consequente melhoria de suas condições físicas internas.

Deve-se ressaltar, porém, que essa caracterização do plantio direto se evidencia em regiões de clima temperado, onde as temperaturas durante o ano são mais baixas e o inverno é chuvoso. Estas características climáticas favorecem a formação de uma cobertura morta, pois a taxa de decomposição dos resíduos culturais é mais lenta. Isto porém, é mais difícil no Estado de São Paulo, pois o inverno é seco e as temperaturas médias anuais mais elevadas. Como na maior parte do ano há disponibilidade de água e altas temperaturas (clima tropical), a taxa de decomposição da matéria orgânica é alta, dificultando a formação de uma cobertura morta espessa.

A matéria orgânica é um dos principais agentes cimentantes das partículas primárias e secundárias do solo, influenciando na qualidade estrutural. A formação dos 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, segundo HARRIS et al. (1966) que possuam um sistema radicular abundante e em constante renovação, e leguminosas que fixem nitrogênio, acelerando a decomposição, é o método mais eficiente para a estruturação do solo.

Neste sentido, CINTRA & MIELNICZUK (1983), em estudos realizados num Latossolo Roxo distrófico do Planalto Riograndense, com o objetivo de recuperá-lo fisicamente, verificaram que o tremoço tem um bom potencial para o proposto, pela sua raiz pivotante com capacidade de penetrar camadas compactadas e fixar nitrogênio, o que lhe garante baixa relação C/N, acelerando a decomposição do sistema radicular após o fim do ciclo da planta.

Das condições físicas do solo, a qualidade estrutural é uma das características mais importantes, pois influencia na infiltração de água e na maior ou menor suscetibilidade do solo à formação de crosta.

O plantio direto tem demonstrado superioridade, comparado com o convencional, na melhoria e manutenção das condições físicas internas e externas do solo. O sistema

proporciona à superfície uma cobertura residual entrepondo-se entre a atmosfera do ar e a do solo, que comporta-se como uma camada isolante, criando ambiente diferente do existente em solo descoberto. Esta influência foi comprovada por ALMEIDA & RODRIGUES (1985) que observaram 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 e as alternâncias de umedecimento e secamento menos acentuadas.

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) determinaram 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. Essa é uma das razões porque o plantio direto apresenta menor variação de produção, apresentando, ao longo dos anos, maior produção que o convencional. As vantagens do plantio direto sobre a conservação de água são citadas por PHILLIPS (1964) e BLEVINS et al. (1971).

O acúmulo de resíduos na superfície, segundo LAL (1974), afeta direta e indiretamente a estrutura e porosidade do solo. Diretamente, pela diminuição do impacto de gotas de chuva, que reduz a formação do selamento superficial e, portanto, o espaço poroso é mantido. Indiretamente, os resíduos culturais ativam os microorganismos, e as substâncias exsudadas são agentes cimentantes, que melhoram a estabilidade de agregados, o que foi constatado por SIDIRAS et al. (1982). Os autores verificaram, numa área com plantio direto e na profundidade de 0-10cm, que a estabilidade de agregados em água, expressa em diâmetro médio ponderado (DMP), foi maior do que no preparo convencional.

ABRÃO et al. (1979) e SILVA (1980) encontraram o mesmo comportamento, o que é explicado, segundo os autores, pela menor mobilização do solo no plantio direto, proteção da superfície e acúmulo superficial de resíduos orgânicos. VIEIRA (1985) menciona que no plantio direto estima-se que 128m^3 de solo são movimentados por hectare, enquanto que no preparo convencional 3.728m^3 são revolvidos, considerando as operações de preparo e semeadura.

Pela não movimentação do solo o plantio direto aumenta o diâmetro médio de agregados, com consequente melhoria da estrutura do solo. O aumento na agregação e na estabilidade de agregados pode estar relacionado ao conteúdo de matéria orgânica (MACHADO, 1976; DOUGLAS & GOSS, 1982).

O sistema de manejo em plantio direto proporciona maior tamanho de agregados estáveis em água que o preparo convencional do solo, possivelmente devido à 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 mesma. Vários autores têm encontrado resultados que confirmam essas possibilidades (ABRÃO et al., 1979 e ALVARENGA et al., 1986).

Mas 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 (SIDIRAS et al., 1982).

VIEIRA & MUZILLI (1984) trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro e com sistemas de preparo convencional e plantio direto e rotação de culturas, verificaram, após quatro anos de cultivo, na profundidade de 10cm, um aumento na densidade do solo para o plantio direto, embora este aumento não tenha sido estatisticamente significativo.

Apesar desse maior adensamento da camada superficial que ocorre em plantio direto, a quantidade de água infiltrada aumenta. Esta aparente contradição explica-se pela ação física da chuva sobre o terreno desnudo e pela proteção que lhe é dada pela cobertura residual. As gotas de chuva ao atingirem o solo já desestruturado pelo preparo, desagregam ainda mais os grânulos de solo, provocando a penetração das

partículas nos poros, levando ao que se denomina de selamento. Consequentemente, apesar da maior porosidade do solo em preparo convencional, a água tem dificuldade em penetrar e grande parte perde-se por escoamento superficial. Os resíduos que, cobrem o terreno no plantio direto, amortecem o impacto da chuva, eliminando este selamento. Além disso funcionam como obstáculo contra o escoamento da água, retendo-a mais tempo na superfície e favorecendo sua infiltração (EHLERS, 1975; SIDIRAS et al., 1984).

A influência da cobertura morta na intensidade de infiltração da água relaciona-se com a qualidade e quantidade dos resíduos vegetais que a constituem. Em princípio, culturas com alta produção de palha e sendo esta pouco grosseira, dão origem a coberturas mortas densas e espessas, que protegem bem o solo favorecendo a infiltração. SIDIRAS & ROTH (1984) estudando esses efeitos, concluíram que a resteva de aveia preta era a que proporcionava maiores taxas de infiltração de água. Em seguida vieram as de nabo forrageiro, de centeio, de tremoço, de trigo e de pousio.

DERPSCH (1984) também verificou diferentes níveis de infiltração em função das culturas de inverno utilizadas, sendo que culturas como colza, tremoço e ervilhaca levaram a taxas de infiltração até seis vezes maiores que a de trigo. Observou ainda que este efeito perdurou mesmo depois da cultura de verão.

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 (VIEIRA, 1985).

2.2 Rotação de culturas, condições físicas e produtividade do solo

O comportamento das plantas, quer sejam pertencentes à vegetação natural ou as referentes aos ecossistemas agrícolas, depende de uma série de fatores diretos ou qualidades do ambiente, como temperatura, precipitação, 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, quais sejam, potencial de água no solo, aeração, temperatura do solo e resistência à penetração de raízes. Esses fatores físicos de crescimento das plantas

são influenciados por outras características físicas e algumas químicas do solo, tais como: textura, área superficial específica, densidade do solo, estrutura, consistência, capacidade de troca catiônica, tipo de cátion presente e teor de matéria orgânica. Portanto, é um conjunto de fatores que estarão contribuindo para o sucesso do plano de rotações de culturas e aumento da produtividade do solo.

Dentre os objetivos da rotação de culturas pode-se destacar o controle de plantas invasoras, de pragas e doenças, a manutenção de matéria orgânica e nitrogênio do solo, a diminuição de perdas de solo e água por erosão e o consequente aumento de produção (BERTONI, 1960).

Segundo BERTONI et al. (1972) a matéria orgânica constitui um dos fatores de maior importância no condicionamento da produtividade dos solos. Sua presença produz sensíveis alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Na rotação de culturas não só a combinação correta das culturas é importante, como também o manejo dos restos culturais, que está relacionado ao sistema de preparo do solo e plantio.

De acordo com SIDIRAS et al. (1983) o estudo e desenvolvimento de sistemas de preparo de solo e rotação de culturas, incluindo espécies de cobertura verde que protejam e recuperem o solo, constitui ponto importante para o uso permanente dos solos, sem declínio de sua produtividade e

rentabilidade.

SILVA (1986) realizou uma pesquisa num solo Podzólico Vermelho-Escuro fisicamente degradado e em processo de recuperação, e verificou uma maior taxa de infiltração de água no tratamento com cobertura residual do labe-labe/milho comparado com o sistema pousio/milho. Tanto a qualidade como a quantidade de resíduos vegetais influenciaram as condições físicas do solo, como a estruturação, porosidade, resistência mecânica, etc.

De acordo com CARPENEDO (1985) ocorreu um sensível aumento no diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de um Latossolo Roxo, após três anos e meio de pastagem constituída de desmódio, siratro e setaria. Após a pastagem, na camada de 0-5cm, o DMP passou de 3,56 para 4,55mm em relação ao cultivo convencional com trigo e soja.

VIEIRA & MUZILLI (1984) trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, com sistema de manejo em plantio direto e preparo convencional com rotações de culturas, verificaram que o solo sob plantio direto mostrou-se com maior resistência à desagregação durante a tamisagem em água, apresentando DMP igual a 4,28mm. As rotações de culturas empregadas foram soja e trigo; milho e trigo e soja, trigo e milho. Estes mesmos autores encontraram valores de densidade do solo de 1,19; 1,21 e 1,19 g/cm³; valores de macroporosidade de 17,3; 16,8 e 17,5% e microporosidade de 35,2; 35,5 e 34,9%, respectivamente, para as rotações de culturas citadas, na

profundidade de 10cm, valores que não diferiram significativamente. Os autores explicam que o fato de não terem sido observadas diferenças significativas nos valores de densidade do solo e volume de poros, entre as rotações de culturas esteja, talvez, relacionado ao tempo de cultivo relativamente curto.

Os sistemas de rotação de culturas que incluem leguminosas, aumentam o teor de nitrogênio total do solo e, conseqüentemente, aumentam a produtividade das culturas subseqüentes. Este fato foi constatado por MEDEIROS (1985) e TEIXEIRA (1987) trabalhando em um solo Podzólico Vermelho-Escuro, onde o feijão guandu, em três anos, aumentou o nitrogênio total em aproximadamente 900kg, em relação ao pousio/milho e, sistemas com outras leguminosas (trevo, lab-lab, etc.) aumentaram em torno de 700kg/ha. Conseqüentemente o rendimento de milho no sistema aveia + trevo/milho foi 3.300kg/ha a mais do que o sistema pousio/milho.

O uso de adubo verde causa não só um efeito químico no solo, como também, o físico e o biológico.

Com o objetivo de estudar o efeito na cultura do milho, de diversos sistemas de manejo do solo e seus efeitos no controle da erosão, LOMBARDI NETO et al. (1980) verificaram em Latossolo Roxo, que na rotação de cultura em que o milho é plantado após um adubo verde, há um aumento de produção e uma redução das perdas por erosão, porém para as rotações sem adubo verde, as produções de milho em rotação

foram menores do que para milho contínuo e não houve diferença nas perdas de solo. Com relação à produtividade do milho, VASCONCELLOS et al. (1986) encontraram resultados semelhantes. Estes autores verificaram que as rotações soja-milho e mucuna-milho promoveram maior aumento de peso de plantas de milho e maior quantidade de raízes abaixo de 30cm de profundidade, em relação ao milho contínuo e milho com mucuna intercalar. Constataram, também, que a rotação soja-milho propiciou uma melhor distribuição de cátions trocáveis nas camadas mais profundas do solo, aumentando a saturação de cálcio. Houve, nas áreas com rotação mucuna-milho, maiores teores de potássio, cálcio e magnésio, em relação aos demais sistemas (soja-milho, milho contínuo e milho após milho + mucuna intercalar).

SANTOS & ROMAN (1989) estudaram a evolução dos níveis de nutrientes e matéria orgânica do solo, em experimento de rotação de culturas num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, durante sete anos. Estudaram quatro tipos de rotação de culturas para o trigo no inverno, e soja e milho no verão. Não foram observadas diferenças relevantes no pH, nos teores de alumínio trocável, no cálcio + magnésio trocáveis e no teor de matéria orgânica do solo, em função das diversas sucessões de culturas estudadas.

Com relação ao aumento da produtividade das culturas é necessário encontrar uma sequência adequada das mesmas para atingir este objetivo. Neste sentido, SANTOS et

al. (1986a) durante quatro anos, num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, avaliaram a produtividade da soja em sucessão às culturas de inverno, sendo que a soja foi estabelecida em semeadura direta após algumas culturas de inverno. Os autores verificaram que as culturas de inverno (cevada, colza, linho e trigo) pouco afetaram o rendimento de grãos da soja. A soja após a cevada e o trigo tendeu a produzir mais do que depois do linho e da colza. O peso de 100 sementes, a altura e a população final das plantas de soja foram mais afetadas pela época de semeadura do que pelo cultivo anterior.

BARRETO (1991) trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro, na região de Campinas-SP, com milho contínuo e rotação da sucessão de amendoim ao amendoim com o milho e rotação da sucessão de mucuna preta ao amendoim com o milho, encontrou resultados semelhantes ao de VIEIRA & MUZILLI (1984), isto é, os sistemas de rotação e ou sucessão com amendoim e mucuna preta, não causaram modificações nas características físicas do solo. Foram avaliadas a porosidade total, macro e microporosidade e a densidade do solo. O autor verificou diferenças significativas, para as profundidades de amostragem, com relação às características físicas analisadas. Os sistemas em rotação e ou sucessão empregados não alteraram o desenvolvimento do sistema radicular do milho, quando comparado com o sistema milho contínuo. Portanto, como consequência, em termos de produção de milho os sistemas não diferiram entre si.

ELTZ et al. (1989) avaliaram os efeitos de diferentes sistemas de preparo, em um Latossolo Bruno álico, cultivado com a rotação de culturas soja-trigo-soja-cevada durante seis anos e meio e um ano com adubação verde de ervilhaca comum e milho, em algumas propriedades físicas e químicas, sendo que um dos sistemas utilizados foi o plantio direto. Verificaram que neste sistema de preparo não houve diferenças estatísticas na densidade do solo nas quatro profundidades estudadas, assim como para a porosidade total e microporosidade. Entretanto, houve diferenciação entre tratamentos na camada de 5-10cm, em relação à macroporosidade, havendo diminuição desta com o aumento da profundidade, em todos os tratamentos. Isto, segundo os autores, pode ser explicado, em parte pelo aumento do teor de argila ou mesmo pela mudança de característica estrutural no perfil do solo. Com a diminuição da macroporosidade aumentou a microporosidade refletindo no maior conteúdo de água.

Os mesmos autores verificaram na camada superficial (0-5cm), no plantio direto, um aumento na estabilidade de agregados, representada pelo DMG, o que pode ser atribuído ao não revolvimento do solo e à manutenção da resteva das culturas sobre a superfície.

Com relação ao movimento de água no perfil ELTZ et al. (1989) mencionam que, no plantio direto contínuo, existiam canais formados pelo apodrecimento das raízes e pela ação dos organismos do solo que mantiveram uma velocidade de

infiltração mais uniforme durante um tempo maior; disso resultou maior velocidade de infiltração final e maior volume de água infiltrada após duas horas.

Este autores também verificaram que o uso do sistema de plantio direto por sete anos e meio sendo com a rotação de culturas soja-trigo-soja-cevada por seis anos e meio e ervilhaca e milho por um ano, aumentou a disponibilidade dos nutrientes na camada superficial do solo, particularmente fósforo e cálcio. Este acontecimento pode induzir ao crescimento superficial das raízes e, conseqüentemente aumentar a produtividade das culturas, advinda de um aumento da produtividade do solo mediante o manejo empregado.

SANTOS et al. (1986b) após seis anos de pesquisa constataram, para a cultura do trigo, que houve rendimentos mais elevados quando esta foi antecedita por tremoço e colza. Concluíram também, que a observação de rotação, com intervalos de dois anos, pode proporcionar ao trigo rendimentos de grãos satisfatórios.

DERPSCH et al. (1983) trabalhando num Latossolo Roxo, em Londrina-PR, verificaram que o rendimento mais alto de milho no ano de 1982 foi obtido após tremoço branco (*Lupinus albus* L.), o de soja após aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) e, de feijão após nabo forrageiro (*Raphanus sativum* L. var. *oleiferus* Metzg).

O efeito residual que as culturas em rotação possam promover sobre as culturas principais é de fundamental importância, pois resultará em maior economia de adubo e herbicidas, melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente na produtividade.

2.3 Relação entre condições físicas do solo e produtividade das culturas

Quando os solos são cultivados há uma significativa alteração em sua estrutura. O manejo do solo e o tipo de cultura utilizados irão influenciar diretamente suas condições físicas. Essa alteração é maior quando o preparo intensivo é dominante no sistema de produção agrícola. Entretanto, é possível manter as condições físicas comparáveis com as de solos sob floresta se são tomadas precauções e feito um programa de manejo para manutenção da atividade biológica no solo e a frequente adição de matéria orgânica por esterco ou uso de restos culturais e adubação verde (ALDERFER & MERKLE, 1941).

Neste sentido as pesquisas têm se voltado para estudos de sistemas de produção agrícola sustentado. De maneira geral o sistema agrícola de produção sustentado pode ser definido como aquele que "mantém um aceitável e crescente nível de produtividade que satisfaça as necessidades atuais e

que está sendo continuamente adaptado para atender as necessidades futuras, aumentando a eficiência dos recursos básicos. Um sistema agrícola sustentado depende da capacidade do agricultor de manter e manejar com crescente eficiência os recursos, insumos e tecnologias, de modo a obter níveis contínuos e desejados de produtividade com o mínimo ou nenhum efeito adverso nos recursos básicos, na vida humana e na qualidade do meio ambiente".*

LAL (1974) constatou diferenças na estruturação avaliando a infiltração acumulada em um solo franco-arenoso comparando uma área sob floresta com uma cultivada por um ano com milho e com outra arada mas não semeada, ou seja, sem cobertura durante o mesmo período. Na área cultivada houve uma redução de 40% na infiltração acumulada e na área descoberta de 73%. Em apenas um ano de cultivo, as alterações na estrutura foram significativas, principalmente na superfície, devido ao impacto de gotas de chuva que desagregam as partículas secundárias, diminuindo o diâmetro médio dos poros e a capacidade de infiltração de água no solo.

O manejo inadequado altera a qualidade estrutural, influenciando fatores físicos de crescimento das plantas, como potencial de água no solo, aeração, temperatura e resistência mecânica do solo, diminuindo a capacidade

* CORSINI, P.C. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal, SP). Comunicação pessoal, 1992.

produtiva dos solos e o rendimento das culturas. Segundo CASTRO (1985) a degradação das propriedades físicas do solo afeta o desenvolvimento das raízes das plantas, prejudicando sua produtividade, seja por falta ou por excesso de água e por deficiência na nutrição. A compactação do solo como consequência do uso intensivo de máquinas agrícolas provoca uma redução drástica na infiltração da água, diminuindo a água disponível às plantas no caso de estiagem e, aumentando o escoamento superficial.

Pesquisas vêm demonstrando que, para proteger o solo do impacto das gotas de chuva, ter condições favoráveis de umidade, temperatura e fonte energética para favorecer a atividade biológica e o crescimento das plantas, é necessário ter uma cobertura residual suficiente do solo. Segundo VIEIRA (1985) isso influencia favoravelmente a evolução de atributos físicos e químicos do solo, refletindo-se em uma produtividade igual ou superior às de tecnologias convencionais.

DOREN JR. (1965) encontrou que as produções de milho eram diretamente proporcionais à fração da superfície do solo com cobertura morta, o que está associado a maior quantidade de água armazenada. O manejo dos restos culturais influencia muito a infiltração de água no solo. Doren Jr. et al. (1975), citados por CORRÊA & CRUZ (1987), relataram que obtiveram máximas produções no plantio direto quando 70 a 80% da superfície do solo estava coberta após o plantio. A cobertura, além de permitir uma maior infiltração de água,

reduziu a quantidade que saiu por evaporação.

SHANHOLTZ & LILLARD (1969) verificaram, em testes controlados, que a cultura do milho plantada no sistema de plantio direto utilizou cerca de 81% da água total disponível no perfil do solo e da chuva durante a fase de crescimento. Já o plantio convencional utilizou 57% da água total disponível, ou seja, uma diferença de 24% entre os dois sistemas. Isto mostra que, quando ocorrem secas de pequena duração, o uso de plantio direto pode minimizar o efeito da estiagem.

Segundo SIDIRAS & ROTH (1984) em trabalho realizado num Latossolo Roxo distrófico, o teor de umidade do solo, determinado pelo método de sucção mátrica de 0,33 bar, foi superior no plantio direto em comparação ao plantio convencional e escarificação.

Este maior armazenamento de água, verificado no sistema de plantio direto, vai refletir numa maior produtividade das culturas. Foi o que constataram SIDIRAS et al. (1983) trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, na região Norte do Paraná onde, na camada de 0-20cm encontraram uma diferença de 4 a 5% superior no teor de água (0,3 bar) em relação ao preparo convencional. Essa diferença, segundo os autores, significa maior disponibilidade de água para a cultura em plantio direto, na razão de 36 a 45%. A cultura em estudo foi a soja, resultando numa produtividade de 2.593kg/ha, contra 1.948kg/ha no preparo convencional, isto é,

33% superior.

A redução rápida dos teores de matéria orgânica e a degradação física do solo estão acentuando a vulnerabilidade das culturas às adversidades climáticas, principalmente nos períodos de estiagem mais prolongados. Assim, as perdas da fertilidade natural dos solos e a redução da sua capacidade de armazenamento de água têm evidenciado desenvolvimento deficiente das culturas, o que, por sua vez, reduz a proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva (SIDIRAS et al. 1983).

ELTZ et al. (1989) verificaram que o sistema de plantio direto com a rotação soja-trigo-soja-cevada por seis anos e meio e adubo verde-ervilhaca e milho, por um ano, em Latossolo Bruno álico, produziu 22% a mais (rendimento total de grãos), que no sistema de preparo convencional. Isto foi devido, possivelmente, às melhores condições físicas do solo, proporcionadas pelo sistema de plantio direto e ao aumento da disponibilidade de nutrientes na superfície do solo.

ARZENO (1990) comparando três sistemas de preparo do solo (convencional, escarificação e plantio direto) avaliou alguns atributos físicos de um Latossolo Roxo distrófico com a finalidade de detectar as vantagens e os inconvenientes dos diferentes manejos do solo. O autor chegou a conclusão que o melhor sistema de preparo do solo foi o plantio direto. Porém, na produtividade da soja e da aveia-preta não foram verificadas diferenças estatisticamente

significativas entre os três sistemas de preparo. Pelo contrário, o milho foi mais produtivo no sistema convencional e menos no plantio direto. Provavelmente, segundo o autor, a explicação se deve a maior mineralização da matéria orgânica no preparo convencional, o que gera mais nitrogênio disponível para a cultura.

O sistema de manejo do solo também irá influenciar sua temperatura. Nesta linha, BRAGAGNOLO (1986), estudando dez sequências de culturas, avaliou a temperatura do solo a cinco centímetros de profundidade. A cobertura residual proporcionada pelos sistemas de culturas consorciadas ou em sucessão com o milho, reduziu a temperatura máxima do solo em aproximadamente 5°C. Os sistemas labe-labe + milho e guandu + milho foram os mais eficientes. A média das temperaturas máximas no siratro permaneceu em torno de 20°C, ou seja, aproximadamente 12°C abaixo quando comparado ao solo descoberto. No dia mais quente a diferença entre as máximas foi de 15°C entre o siratro e solo descoberto e de 9°C entre o solo descoberto e labe-labe + milho. Segundo o autor, a redução das temperaturas máximas na profundidade de semeadura assume importância para o bom estabelecimento da soja e demais leguminosas, que são sensíveis a elevadas temperaturas durante a germinação.

2.4 Manejo das culturas no sistema de plantio direto

O plantio direto encontra-se difundido especialmente nos Estados Unidos da América onde, segundo DERPSCH (1984) cobre, atualmente, uma área de 4.800.000 ha. Na Europa as condições climáticas tornam menos graves os problemas de erosão e degradação da matéria orgânica do solo e o sistema teve menor aceitação. No Brasil encontra-se em plena expansão. Iniciado em 1971 na região de Londrina, Paraná, foi lentamente sendo adotado pelos agricultores dessa região e de Ponta Grossa, tendo posteriormente, se alargado aos Estados do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso, evoluindo de 54 mil ha em 1978 para 500 mil ha em 1984 (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985).

Os agricultores que adotaram o plantio direto foram levados a isto pela grande eficiência do sistema no controle da erosão e menor gasto com combustível e manutenção de máquinas. Com o passar do tempo se aperceberam de outros benefícios que o sistema proporciona aos solos, através da alteração das suas características físicas, químicas e biológicas.

CASSOL (1984) relatou que, na manutenção ou recuperação das condições físicas do solo, os resíduos das culturas para adubação verde devem ser picados e mantidos sobre a superfície do solo. O autor enfatizou a importância da rotação de culturas e do menor revolvimento do solo.

A não movimentação periódica do solo sob plantio direto leva a uma concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas camadas mais superficiais, provenientes da decomposição dos resíduos vegetais e da adubação química, especialmente fósforo, potássio, cálcio e magnésio (GRIFFITH et al. 1977; MUZILLI, 1983). Os problemas maiores de nutrição em plantio direto parecem ocorrer com o nitrogênio. PHILLIPS & YOUNG (1973) indicam uma necessidade de 20 a 25% a mais de nitrogênio na adubação para cereais como milho, sorgo e trigo em plantio direto.

MUZILLI (1983) observou deficiências significativas de nitrogênio em milho e trigo em plantio direto no Paraná, encontrando na análise foliar, teores de nitrogênio significativamente inferiores nesse sistema de cultivo. Citando Thomas et al. (1981) esse mesmo autor explica que essa maior deficiência de nitrogênio em plantio direto seria decorrente do movimento descendente da água no solo a acarretar maior lixiviação de nitratos, já que a não movimentação do solo nesse sistema evita a quebra da capilaridade. Haveria também uma maior taxa de mineralização da matéria orgânica em plantio convencional, conduzindo à maior disponibilidade de nitrogênio em comparação ao plantio direto. Nesse mesmo trabalho, MUZILLI (1983) verificou que a inclusão da soja em rotação com milho e trigo reduziu a deficiência de nitrogênio nos cereais em plantio direto.

Resultados semelhantes foram verificados por DERPSCH (1984) trabalhando com Latossolo Roxo distrófico, onde estudou o efeito de oito culturas de inverno e pousio na produção de milho. Constatou que o milho, não adubado com nitrogênio, teve rendimento superior após tremoço e ervilhaca do que após cereais, chicharo, colza, nabo forrageiro e pousio invernal, sendo que a adubação nitrogenada em cobertura não promoveu acréscimos significativos de produção, capazes de pagar seu custo.

Assim, uma alternativa para se reduzir a necessidade de adubação nitrogenada em plantio direto, conforme as citações, é a inclusão de espécies leguminosas nos esquemas de rotação, evitando-se sempre o cultivo sucessivo de espécies exigentes em nitrogênio, como por exemplo, milho em sucessão ao trigo, ao centeio ou à aveia.

A taxa de decomposição dos resíduos orgânicos nas regiões tropicais é alta, enquanto que nas regiões frias se processa lentamente. Richards (1985), citado por IGUE (1984), determinou a constante de decomposição da matéria orgânica em diferentes climas, sendo que em climas tropicais ela supera em até dezesseis vezes os valores obtidos em climas subtropicais.

Sob o aspecto agronômico, isto representa que, para se manter o mesmo teor de húmus no solo, é necessário incorporar muito mais resíduos orgânicos e com mais frequência nas regiões quentes do que nas temperadas ou frias. Como os

resíduos de leguminosas apresentam uma relação C/N mais estreita que os resíduos de cereais, sua decomposição será mais rápida, necessitando de maior quantidade de palha para prolongar o período de cobertura do solo no plantio direto, de modo a permitir um eficiente controle de plantas invasoras (ALMEIDA, 1984).

Portanto, torna-se importante determinar quais as culturas mais adequadas para entrar em rotação no plantio direto em condições de outono-inverno mais seco e quente, procurando-se obter uma minimização dos custos com herbicidas e até mesmo da adubação química utilizada. Os estudos realizados no Brasil, nessa área, estão mais restritos à Região Sul, especialmente ao Estado do Paraná, devido ao maior tempo de utilização do plantio direto nessa região. Acontece que as opções de cultura de inverno dessas regiões, como azevém, tremoço, ervilhaca, chicharo, colza, são muito exigentes em água, o que já é uma limitação para sua utilização no Estado de São Paulo e regiões de cerrado.

MUZILLI (1983) estudando a distribuição e os teores de matéria orgânica no solo, concluiu que, num Latossolo Roxo, a quantidade de matéria orgânica encontrada na camada superficial (0-5cm) no plantio direto era ligeiramente superior àquela encontrada no preparo convencional. Quanto ao nitrogênio, o autor encontrou teores mais baixos no plantio direto. A rotação com a soja diminuiu as deficiências observadas na cultura do milho. Com relação ao fósforo,

verificou acúmulo na profundidade de 5-10cm. O maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo sob plantio direto se explica pela imobilidade e baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solo de natureza ácida e contendo altos teores de argila e metais pesados como o ferro e o alumínio (THOMAS et al. 1981 e RAIJ, 1981).

Segundo PHILLIPS et al. (1980) a maior eficiência de aproveitamento de fósforo pelas culturas em plantio direto, se deve também ao fato de que a camada superficial do solo, imediatamente abaixo da cobertura morta formada pelos resíduos mantidos sobre a superfície do terreno, apresenta maior teor de umidade a favorecer a taxa de difusão do fósforo até as raízes.

Com relação ao cálcio, magnésio e potássio, MUZILLI (1983) verificou decréscimo com a profundidade da camada arável.

Após vários anos de cultivo, PHILLIPS et al. (1980) verificaram que os valores de pH em plantio direto se mostraram iguais ou superiores aos verificados em plantio convencional. Entretanto, alguns autores como SHEAR & MOSCHLER (1969), TRIPLETT & DOREN (1969), verificaram a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais dos solos sob plantio direto. Isto ocorreu devido ao emprego de altas doses de fertilizantes nitrogenados. Os mesmos autores mencionam que, em geral, os solos cultivados em plantio direto apresentam maior concentração de nutrientes e matéria orgânica

na camada superficial do solo. Esse acúmulo ocorre em virtude da contínua aplicação de fertilizantes a uma pequena profundidade, aliada à decomposição dos resíduos das culturas sobre a superfície, ali permanecendo pelo não revolvimento do solo.

ELTZ et al. (1989) trabalhando em um Latossolo Bruno álico, em plantio direto, também verificaram uma maior concentração de fósforo, potássio trocável, cálcio e magnésio na superfície, isto é, até 8cm de profundidade. Isso pode significar maior disponibilidade para a cultura, desde que exista água para o fluxo do elemento. Com relação a matéria orgânica, a camada de 0-1cm mostrou maior teor, justamente pelo não revolvimento e consequente deposição superficial dos restos de cultura.

Por outro lado, com relação a matéria orgânica, NORSTADT & McCALLA (1960) verificaram que no plantio direto, após 14 anos de cultivo com a rotação trevo doce, aveia, trigo e milho, o teor desta no solo foi igual a 3,40 me/g, enquanto que no preparo convencional foi de 3,18 me/g. O solo usado foi um franco-argilo-siltoso, com 4% de declividade. Com a rotação milho, aveia e trigo, no mesmo solo, em uma declividade de 2%, o teor de matéria orgânica encontrado no plantio direto após 19 anos de cultivo, foi de 5,38 me/g e no preparo convencional de 4,92 me/g. Os autores levantam a hipótese de que estas diferenças podem ter sido devidas à diminuição nas perdas por erosão, comparando os dois tipos de

preparo e não a um acúmulo no teor de matéria orgânica. As partículas de matéria orgânica devido sua baixa densidade, são facilmente carregadas junto com as partículas minerais do solo na erosão; como no plantio direto as perdas de solo por erosão são muito pequenas, o carreamento das partículas de matéria orgânica se torna menor.

MITCHELL & TEEL (1977) relatam a importância das sucessões e consorciações de culturas para as condições químicas dos solos, pois promovem a reciclagem de nutrientes, evitando sua lixiviação, e o aporte de nitrogênio, quando as culturas incluem leguminosas. Através das rotações de culturas também verifica-se, segundo LAL (1975) e MEDEIROS et al. (1987) a viabilidade da produção de grãos e resíduos. Os resíduos melhoram as condições de superfície, pois conservam a umidade, reduzem a temperatura e a formação de crostas superficiais. De acordo com BAVER et al. (1972) as técnicas de cultivo do solo com cobertura morta assumem grande importância nas regiões tropicais e subtropicais, onde a energia radiante chega a Terra com grande intensidade.

BRAGAGNOLO & MIELNICZUK (1990) desenvolveram um trabalho objetivando estudar a sequência e consorciação de culturas quanto à capacidade de formação e cobertura por resíduos e seu relacionamento com temperatura, umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. As sequências de culturas estudadas foram: aveia/milho; aveia + ervilhaca + caupi; labe-labe/milho + labe-labe; aveia +

trevo/milho; siratro; guandu/guandu + milho; pousio/milho e solo descoberto. Com exceção da sequência pousio/milho, que contribuiu apenas com 3.470 kg/ha de massa seca, os demais sistemas foram muito produtivos, contribuindo com 21.500 a 37.150 kg/ha, em dois anos. As sequências que continham leguminosas apresentaram maior produção de massa residual e melhor cobertura do solo. Resíduos de rápida decomposição protegem o solo por menos tempo que os de decomposição lenta.

DERPSCH et al. (1985) observaram que os resíduos de nabo forrageiro e chicharo foram menos eficientes que os de tremoço e aveia-preta. A rápida decomposição é desejável do ponto de vista de nutrição, devido à reciclagem mais rápida de nutrientes, porém não do ponto de vista de proteção do solo. Esse problema, segundo os autores, pode ser harmonizado pelo uso de consorciações de gramíneas e leguminosas, consorciações e sobreposições de ciclos, como no caso da aveia + trevo/milho, e manejo das gramíneas de cobertura através de cortes para obter material residual em vários estádios de decomposição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e descrição do experimento

O experimento foi conduzido na propriedade rural da Família Tronco, no município de Palmital-SP (Figura 1), na bacia do Vale do Paranapanema, tradicional na produção de soja e trigo. Palmital está localizada na Latitude Sul $22^{\circ}47'4''$ e Longitude W $50^{\circ}13'20''$, em uma altitude de 501 metros.

A propriedade rural localiza-se na região fisiográfica do Médio Planalto do Estado de São Paulo e apresenta relevo ondulado a suavemente ondulado. O clima é mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C (Cwa). Este tipo climático é o que abrange a maior área do Estado de São Paulo ocorrendo em duas regiões distintas. Uma delas, na qual se enquadra a propriedade onde se realizou este trabalho, corresponde a uma grande mancha contínua no Oeste, Centro e Leste de São Paulo, ocorrendo desde as proximidades do rio Paraná, perto do Paranapanema até as

Figura 1. Mapa mostrando a localização do município de Palmital, onde foi realizado o experimento.

faldas da Serra da Mantiqueira, atingindo na parte Norte o planalto de Franca (BRASIL, 1960).

Nesta região fisiográfica do Estado de São Paulo, o total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30mm. Este tipo climático é denominado de "tropical de altitude". O índice pluviométrico varia entre 1.100 e 1.700mm diminuindo a precipitação de Leste para Oeste. A estação seca nesta região ocorre entre os meses de abril e setembro, sendo julho o mês em que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre janeiro e fevereiro (BRASIL, 1960).

Segundo NASCIMENTO & PEREIRA (1988) para a região próxima ao município de Palmital, as médias anuais de temperaturas máxima e mínima, de umidade relativa e de precipitação, são de 28°C, 18°C, 70% e 1.000mm, respectivamente. SETZER (1966) menciona que, para a região, a precipitação média do mês mais chuvoso é de 200mm e a do mais seco de 30mm.

O experimento foi instalado em abril de 1985 e tem sido conduzido pela equipe da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas. No ano agrícola de 1989/90 até março de 1991, teve o acompanhamento para a elaboração deste trabalho de tese.

O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos, três repetições e parcelas experimentais de 8m x 12m de dimensões (Figura 2).

- A Crotalaria - Crot
 B Chicharo - Chich
 C Tremoço - branco- Trem
 D Tremoço+ Aveia -preta- Tr+ A Pr
 E Trigo- Trigo
 F Aveia -branca- Av Br
 G Centeio - Cent
 H Aveia -preta- Av Pr

Figura 2. Esquema do delineamento experimental.

Os tratamentos utilizados constituíram-se de diferentes sistemas de rotação de culturas. As culturas de outono-inverno utilizadas foram: *Crotalaria juncea* L. (crotalária) - Crot; *Lathyrus sativus* L. (chicharo) - Chich; *Lupinus albus* L. (tremoço-branco) - Trem; *Lupinus albus* L. + *Avena strigosa* Schieb (tremoço-branco + aveia-preta) - Tr+APr; *Triticum aestivum* L. (trigo) - Trigo; *Avena sativa* L. (aveia-branca) - AvBr; *Avena strigosa* Schieb (aveia-preta) - AvPr e *Secale cereale* L. (centeio) - Cent. No verão utilizou-se: *Glycine max* L. Merrill (soja) e *Zea mays* L. (milho).

Portanto, os tratamentos testados foram:

- 1 - soja - crotalária - milho - crotalária;
- 2 - soja - chicharo - milho - chicharo;
- 3 - soja - tremoço-branco - milho - tremoço-branco;
- 4 - soja - tremoço-branco + aveia-preta - milho - tremoço-branco + aveia-preta;
- 5 - soja - trigo - milho - trigo;
- 6 - soja - aveia-branca - milho - aveia-branca;
- 7 - soja - aveia-preta - milho - aveia-preta e
- 8 - soja - centeio - milho - centeio.

No verão, as culturas de soja e milho se rotacionaram, sendo incluído nos diferentes sistemas testados as culturas de outono-inverno.

As culturas de outono-inverno foram semeadas entre a segunda quinzena de março e a primeira quinzena de

abril, enquanto as de verão foram semadas no mês de outubro, após o corte das culturas em sucessão, por ocasião do florescimento destas.

As culturas de verão foram semeadas transversalmente as culturas de outono-inverno, para facilitar os trabalhos de semeadura e colheita. Para efeito de avaliação da produção utilizou-se a cultura da soja. A variedade de soja utilizada foi a BR-4. A avaliação física e química do solo foi realizada após a retirada da cultura do milho.

Esta sequência de culturas de outono-inverno e de verão vem sendo instalada desde 1985, com exceção do inverno de 1988 em que foi semeado trigo em toda a área. A adubação das culturas de inverno foi de 150kg/ha da fórmula 4-20-20 e, para a soja de 300kg/ha. A fórmula usada para a cultura de verão foi a mesma das culturas de inverno.

As leguminosas foram roçadas no início de seu florescimento e para as gramíneas, foi feita a colheita de grãos, motivo pelo qual realizou-se a adubação para as culturas de outono-inverno.

O sistema de preparo do solo utilizado foi o plantio direto, sendo que o manejo das plantas invasoras foi efetuado com Glifosato + 2,4 D (1,5 + 0,7 l/ha). Em pré-emergência para a soja usou-se Septer ou Trifluralina (3,9 l/ha). No inverno aplicou-se Glifosato (2,0 l/ha) ou Gramocil (3,5 l/ha).

3.2 Características gerais do solo

O solo onde foi realizado o experimento está classificado como Latossolo Roxo (Oxisol). Esta unidade taxonômica representa cerca de 14% da área do Estado de São Paulo. Possui textura argilosa, permeabilidade moderada e, localiza-se em relevo ondulado a suavemente ondulado (BRASIL, 1960).

A descrição morfológica e caracterização química de um perfil do solo estudado encontram-se nos Apêndices 28 e 29 respectivamente e, na Tabela 1 tem-se a sua caracterização física.

Em 1985, antes da implantação do experimento, realizou-se as determinações da umidade do solo a várias tensões e da densidade do solo (Tabela 2) e a caracterização química do solo estudado (Tabela 3).

3.3 Determinações

Em julho de 1990 foram efetuadas as avaliações em campo e laboratório para verificar os efeitos dos tratamentos. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do De-

Tabela 1 - Caracterização física de um perfil do solo estudado*.

Horizonte		Composição Granulométrica da Terra Fina			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa 2-0,20mm	Areia Fina 0,20-0,02mm	Silte 0,02-0,002mm	Argila <0,002mm
----- % -----					
Ap	0- 16	00	06	24	70
AB	16- 37	00	04	25	71
BA	37- 64	01	04	23	72
Bw1	64-104	01	04	22	73
Bw2	104-150	01	05	26	68
Bw3	150-200	01	04	26	69

* PRADO, H. do. (Seção de Pedologia, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP). Comunicação pessoal, 1992.

Tabela 2 - Umidade volumétrica nas várias tensões e profundidades, e as densidades do solo, obtidas a partir de amostras indeformadas. Médias de três repetições. Avaliadas em 1985.

PROF.	Tensão aplicada - KPa							Ds
	Saturado	2	6	10	30	70	100	
cm	% volume							g/cm ³
05	0,59	0,44	0,38	0,37	0,34	0,31	0,30	1,15
15	0,56	0,45	0,39	0,40	0,37	0,35	0,33	1,21
40	0,64	0,48	0,40	0,39	0,35	0,32	0,32	1,04

Tabela 3 - Resultados das análises químicas. Médias de três repetições de amostras compostas. Coletadas em 1985.

Profundidade	P	M.Org.	pH-CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	V
cm	µg/cm ³	%								%
0-10	33	4,3	5,6	0,21	4,3	1,6	3,1	6,1	9,3	67
10-20	22	4,3	5,6	0,17	4,2	1,6	3,0	5,9	8,9	67
20-40	19	3,7	5,7	0,14	4,2	1,4	2,9	5,8	8,6	67

partamento de Agricultura da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP e, a análise foliar no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas.

3.3.1 Condutividade hidráulica do solo saturado

A condutividade hidráulica do solo saturado foi medida no campo, utilizando-se um permeâmetro tipo Guelph.

A condutividade hidráulica do solo saturado foi medida em duas profundidades, a 15 e a 30cm, empregando-se duas cargas hidráulicas, de 3 e 6cm (REYNOLDS & ELRICK, 1987). Os testes foram realizados em 5 pontos por parcela, totalizando 480 observações.

3.3.2 Retenção de água

As amostras de solo foram coletadas horizontalmente, nas profundidades de 5, 15 e 30cm, usando anel volumétrico com capacidade de 100cm³, empregando-se um macaco hidráulico adaptado.

Para determinar a retenção de água utilizou-se amostras indeformadas. Às tensões mais baixas, isto é, 0,5; 2

e 6 KPa utilizou-se uma mesa de tensão circular, constituída de bolinhas de vidro de 35 μm de diâmetro. Para tensões de 10 e 30 KPa empregou-se uma mesa de tensão montada com pó de óxido de alumínio, segundo metodologia de TOPP & ZEBCHUK (1979). Para as tensões de 50, 100 e 200 KPa, usou-se a panela de pressão para verificar a retenção de água, seguindo-se a metodologia de RICHARDS (1965).

3.3.3 Densidade do solo

Utilizando-se as mesmas amostras usadas para determinar a retenção de água, determinou-se, também, a densidade do solo. A mesma foi avaliada pelo método descrito por BLAKE (1965).

3.3.4 Variação de armazenagem de água

A variação de armazenagem de água foi avaliada nas profundidades de 5, 15 e 30cm, usando as mesmas amostras indeformadas nas quais se avaliou a retenção de água.

Para o cálculo do volume da variação de armazenagem de água empregou-se a seguinte equação:

$$VA = \Theta_s - \Theta \quad , \text{ sendo}$$

VA = variação de armazenagem de água, em %

Θ_s = umidade volumétrica com o solo saturado, em % de volume

Θ = umidade volumétrica retida a 100 KPa, em % de volume

Foi empregado este intervalo de variação de armazenagem de água, isto é, de solo saturado a 100 KPa, porque a maioria das culturas de expressão econômica durante o seu período crítico (maior necessidade de água), precisa de um conteúdo mínimo de água no solo que corresponde a um potencial total de água no solo de no máximo 100 KPa, pois a partir disto resulta em decréscimo significativo da produtividade.

3.3.5 Estabilidade de agregados em água

As amostras para a determinação da estabilidade de agregados em água foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40cm.

Empregou-se o método descrito por YODER (1936) e os resultados foram expressos em diâmetro médio ponderado (DMP).

Após a coleta das amostras procedeu-se à separação dos agregados, passando-as em peneira de 9,52mm de abertura e a seguir em outra peneira de 4,0mm, após secagem ao ar. Os agregados apresentaram, então, uma faixa inicial de diâmetro entre 9,52 e 4,0mm.

O método consiste de agitação vertical das amostras em água, em um conjunto de seis peneiras, de 7,93; 6,35; 4,00; 2,00; 1,00 e 0,50mm de malha. Os agregados são colocados na peneira superior e o conjunto oscila verticalmente, num recipiente com água.

3.3.6 Potencial matricial - tensiômetros

O potencial matricial do solo foi determinado através de leituras efetuadas em tensiômetros, com manômetro de mercúrio instalados nas profundidades de 10, 20 e 50cm, empregando-se duas repetições.

A avaliação do potencial matricial foi realizada no período de janeiro a março de 1991. Neste período estava instalada a cultura da soja, que foi semeada na segunda quinzena de outubro de 1990.

3.3.7 Porosidade total, macro e microporosidade

A porosidade total foi determinada através de um picnômetro de ar (LANGER modelo 76), utilizando-se as mesmas amostras coletadas com o anel volumétrico.

A macroporosidade foi determinada através da equação:

$$M\% = \theta_s - \theta_m \times 100, \text{ sendo}$$

$M\%$ = macroporosidade, em %

θ_s = umidade volumétrica com o solo saturado, em cm^3/cm^3

θ_m = umidade volumétrica retida a 6 KPa, em cm^3/cm^3

A microporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a macroporosidade.

3.3.8 Análises químicas

Foram coletadas amostras nas profundidades de 5, 15 e 30cm para a determinação das análises químicas caracterizando os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelo método de extração com resina trocadora de íons.

Determinou-se também o teor de matéria orgânica através do método colorimétrico e o pH em cloreto de cálcio.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em RAIJ & QUAGGIO (1983).

3.3.9 Análise estatística

Os resultados foram avaliados através de análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação de médias.

3.3.10 Precipitação pluvial

Os dados de precipitação diária dos anos de 1988, 1989, 1990 e 1991, foram fornecidos pela Cooperativa dos Cafeicultores da Média Sorocabana Ltda - COOPERMOTA, da filial de Palmital-SP.

3.3.11 Produção de grãos e de matéria seca

Efetuuou-se a colheita de grãos de soja e avaliou-se a produção de matéria seca das culturas de inverno, usando uma área útil de 2,0m² e três repetições por parcela.

3.3.12 Análise foliar

A análise dos nutrientes nas folhas foi realizada para a cultura da soja, determinando: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, de acordo com a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983). Foram obedecidas as recomendações para a coleta das amostras, isto é, foram realizadas no período de florescimento, tirando-se as terceiras folhas com pecíolo e, amostras de trinta plantas, conforme descrito em TRANI et al. (1983).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade do solo

Na Figura 3 e Apêndice 6, tem-se os resultados obtidos para a densidade do solo. A análise estatística revelou que não houve diferença significativa entre tratamentos. Resultados semelhantes foram verificados por VIEIRA & MUZILLI (1984) os quais atribuíram a não significância entre os valores de densidade do solo, ao fato do pouco tempo de cultivo com o sistema de rotação de culturas. Por outro lado, com relação a profundidade do solo, houve diferença significativa ao nível de 5% (Tabela 4). De forma geral, as densidades avaliadas nas profundidades de 0-10 e 10-20cm foram maiores e diferiram da de 20-40cm. Com relação as diferenças significativas entre as profundidades de 0-10 e 10-20 para a de 20-40, ocorreram provavelmente devido ao sistema de manejo em plantio direto. O não revolvimento periódico do solo provoca certo adensamento da camada superficial o que se traduz por aumento da densidade do solo de acordo com SIDIRAS et al. (1982) e VIEIRA & MUZILLI (1984).

Figura 3. Densidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tabela 4 - Densidade do solo avaliada para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 5, 15 e 30cm. Médias de três repetições.

Tratamentos	Profundidade, cm		
	5	15	30
	Densidade, g/cm ³		
Tremoço + Aveia-preta	1,21	1,19	1,04
Tremoço	1,20	1,16	1,02
Centeio	1,21	1,16	1,03
Aveia-branca	1,24	1,22	1,07
Chicharo	1,14	1,14	1,05
Trigo	1,16	1,22	1,11
Crotalária	1,14	1,16	1,07
Aveia-preta	1,16	1,14	1,08
Média	1,18a	1,17a	1,06b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 5,08%.

Comparando-se os dados de 1990 (Tabela 4) com o quadro inicial (Tabela 2) verifica-se que não houve alterações significativas entre os valores de densidade do solo, provavelmente devido ao pouco tempo de cultivo das espécies em estudo.

Convém ressaltar, porém, que na camada superficial (profundidade média de 5cm), da condição inicial ($1,15\text{g/cm}^3$) houve um aumento da densidade do solo, com exceção dos tratamentos chicharo e crotalária. Já para a profundidade de 15cm houve uma diminuição da densidade da condição inicial ($1,21\text{g/cm}^3$), com exceção dos tratamentos com trigo e aveia-branca. Na profundidade de 30cm, houve aumento da densidade para os tratamentos com aveia-branca, chicharo, trigo, crotalária e aveia-preta. Esses efeitos, provavelmente, devem estar relacionados com as características de sistema radicular, atividade da população microbiana e produção de resíduos culturais, e os quais poderão ser confirmados com maior período de cultivo.

O tratamento com tremoço, por exemplo, apresentou o menor valor para a densidade na profundidade de 30cm. Isto provavelmente deve estar relacionado a influência de seu sistema radicular que é pivotante. A quantidade e tipo de resíduos produzidos pelas culturas, influenciam na população microbiana, tanto na sua atividade como no grupo de microorganismos presentes.

4.2 Porosidade total, macro e microporosidade

Em conformidade com os resultados verificados para a densidade do solo apresentou-se os da porosidade total (Figura 4 e Apêndice 7), macroporosidade do solo (Figura 5 e Apêndice 8) e microporosidade (Figura 6 e Apêndice 9), não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Entre as profundidades de coleta de amostras de solo houve diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Estes resultados vêm confirmar os encontrados para a densidade do solo, pois onde ocorreram as maiores densidades do solo (0-10 e 10-20cm) foram observados os menores valores de macroporosidade e o contrário para a porosidade total, ou seja, na profundidade de menor densidade (20-40cm) obteve-se a maior porosidade total.

A microporosidade do solo foi maior nas profundidades de 10-20 e 20-40cm. Por tratar-se de um solo muito argiloso, o fato deste estar alterado estruturalmente irá afetar principalmente a macroporosidade, devido ao aumento da massa de partículas de solo por unidade de volume, diminuindo portanto, os espaços ocupados pelos poros maiores.

Figura 4. Porosidade total para os tratamentos e profundidades estudados.

Figura 5. Macroporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados

Figura 6. Microporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados

4.3 Condutividade hidráulica do solo saturado

Os resultados da Figura 7 e Apêndice 10 foram os encontrados para a condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades de 15 e 30cm. Não houve diferença significativa tanto para tratamentos como entre profundidades de coleta de amostras de solo.

A qualidade estrutural, que é uma condição física interna do solo, pode ser avaliada por métodos diretos, através da estabilidade de agregados, porosidade, distribuição de tamanho de poros e resistência à penetração de raízes, ou por métodos indiretos, através da taxa de infiltração de água e condutividade hidráulica do solo. As características do solo que modificam o valor da condutividade são porosidade total, distribuição de tamanho dos poros e a tortuosidade dos interstícios. O aumento da densidade significa diminuição do tamanho dos poros e, conseqüentemente, diminuição da condutividade hidráulica (HILLEL, 1971).

Observou-se uma tendência para os valores da condutividade hidráulica do solo saturado serem menores na profundidade de 15cm, apesar desta diferença não ser estatisticamente significativa. Isto provavelmente ocorreu devido ao maior valor de densidade do solo comparado na profundidade de 30cm. Resultados semelhantes foram encontrados por ARZENO (1990), que utilizou a mesma metodologia de determinação da condutividade hidráulica. O autor também verificou menores

Figura 7. Condutividade hidráulica do solo saturado para os tratamentos e profundidades estudados.

valores de condutividade na profundidade de 15cm, comparada a de 50cm e explica que o efeito dos rodados que atingem a camada mais superficial não chegam às mais profundas, coincidindo com as pesquisas realizadas por MACHADO & BRUM (1978) e DALLA ROSA (1981).

Assim como ARZENO (1990) também constatou-se um alto coeficiente de variação (Tabela 5). O autor menciona que o fato deve-se especialmente pela alta variabilidade espacial dos solos, típico das propriedades de movimentação tridimensional da água, originada pelas próprias características do processo, que pode ser muito influenciado pelas tubulações biológicas, originadas na atividade biológica vegetal ou animal (HILL & PARLANGE, 1972).

4.4 Variação de armazenagem de água

Os valores encontrados para a variação de armazenagem de água, de acordo com as condições físicas internas do solo, constam da Figura 8, Tabela 6 e Apêndice 11. Não houve diferença significativa entre os tratamentos; houve, entretanto, para profundidade.

Pode-se lembrar que não houve diferença significativa para a microporosidade entre tratamentos, mas houve para as profundidades do solo. Evidencia-se, também, que essa característica física do solo é a responsável pela

Tabela 5 - Condutividade hidráulica do solo saturado para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 15 e 30cm.

Tratamentos	Profundidades - cm	
	15	30
	Cond. hydr. do solo saturado	
	----- m/dia -----	
Tremoço + Aveia-preta	0,34	0,41
Tremoço	0,36	0,44
Centeio	0,26	0,52
Aveia-branca	0,33	0,44
Chicharo	0,56	0,39
Trigo	0,27	0,30
Crotalária	0,35	0,30
Aveia-preta	0,31	0,43

Coeficiente de variação = 36,68%

Figura 8. Variação de armazenagem de água para os tratamentos e profundidades estudados.

Tabela 6 - Variação de armazenagem de água avaliada para os tratamentos estudados, em plantio direto, nas profundidades de 5, 15 e 30cm. Médias de três repetições.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	5	15	30
	Variação de armazenagem de água		
	%		
Tremoço + Aveia-preta	27,7	22,9	31,4
Tremoço	25,4	22,9	29,8
Centeio	24,7	25,6	31,0
Aveia-branca	23,8	23,0	28,5
Chicharo	27,9	25,3	30,0
Trigo	28,4	22,4	27,7
Crotalária	27,6	26,3	31,2
Aveia-preta	27,6	26,4	28,6
Média	26,6b	24,3b	29,8a

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 11,37%.

retenção de água que ficará armazenada e parte desta disponível para as plantas.

Outro fator a ser observado é que na profundidade média de 30cm o conteúdo de água foi maior. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao fato de que nesta profundidade a densidade do solo apresentou-se com valores mais baixos, isto é, próximas às condições naturais do solo, com uma boa distribuição entre macro e microporos, característica do Latossolo Roxo.

ELTZ et al. (1989) no entanto, mencionam que o maior conteúdo de água, com o aumento da profundidade do solo, verificado em seu trabalho, ocorreu devido a diminuição da macroporosidade e aumento da microporosidade. Os autores explicam que isto ocorreu em parte pelo aumento do teor de argila, ou mesmo pela mudança da característica estrutural no perfil do solo.

4.5 Estabilidade de agregados

Na Figura 9, Tabela 7 e Apêndice 12, têm-se os resultados encontrados para a estabilidade de agregados, expressa em DMP.

Não houve diferença significativa entre tratamentos, somente em profundidade, sendo que, o DMP foi

Figura 9. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados avaliados para os tratamentos e profundidades estudados.

Tabela 7 - Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados avaliados para os diferentes tratamentos, em três profundidades, sob plantio direto.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	5	15	30
	DMP, mm		
Tremoço + Aveia-preta	2,995	1,798	1,932
Tremoço	2,268	2,071	2,215
Centeio	3,146	1,938	1,609
Aveia-branca	2,119	2,183	1,547
Chicharo	1,906	1,939	1,689
Trigo	2,363	2,156	1,605
Crotalária	2,188	2,021	1,657
Aveia-preta	2,143	1,710	1,599
Média	2,391a	1,977b	1,732b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 20,4%.

maior na superfície do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por SIDIRAS et al. (1982), ABRÃO et al. (1979) e SILVA (1980) e, segundo os autores, devido a menor mobilização do solo, proteção da superfície e acúmulo superficial de resíduos orgânicos.

O aumento na agregação e estabilidade de agregados pode estar relacionado ao conteúdo de matéria orgânica (MACHADO, 1976; DOUGLAS & GOSS, 1982). Os resíduos culturais ativam os microorganismos, e as substâncias exsudadas são agentes cimentantes que melhoram a estabilidade de agregados, o que também foi constatado por SIDIRAS et al. (1982).

Não só o teor de matéria orgânica, mas também a natureza do material orgânico, provavelmente, influencia na estabilidade de agregados. Deve-se prever, portanto, no futuro, o estudo do fracionamento da matéria orgânica, identificando os ácidos e substâncias liberadas de cada resíduo cultural encontrado na rotação de culturas.

Por outro lado, no solo também encontram-se macroorganismos, como nematóides, moluscos, anelídeos, artrópodos, etc, numericamente inferiores aos microorganismos, mas desempenhando papel igualmente importante na biologia do solo. Segundo KEMPER & DERPSCH (1981) o tipo de cultura influencia a densidade de população dos macroorganismos. Os autores verificaram, em um Latossolo Roxo distrófico, que a população de artrópodos, em amostras de solo de 300cm³ tiradas à

profundidade de 15cm, na cultura da soja, foi muito superior quando esta foi precedida de cobertura verde do que de trigo.

Outro fator importante a ser considerado, é a quantidade de resíduos culturais produzidos. ALMEIDA (1984) trabalhando em um Latossolo Roxo, em Londrina e Ponta Grossa-PR, verificou, numa média de dois anos, que o centeio, aveia e azevém foram as culturas que produziram maior quantidade de resíduos. Dos fatores que afetam a vida microbiana do solo pode salientar-se, pela sua importância, a disponibilidade de matéria orgânica, pois é dela que a grande maioria obtém a energia e os elementos minerais e orgânicos para a realização dos seus processos vitais (ALMEIDA, 1985).

4.6 Retenção de água

Os dados de retenção de água estão apresentados separando-se os tratamentos em grupo das gramíneas (Figuras 10, 11 e 12) e grupo das leguminosas (Figuras 13, 14 e 15).

Nos Apêndices 22, 23 e 24, tem-se os valores da umidade do solo retida nas tensões e profundidades estudadas.

Para efeito de discussão dos resultados selecionaram-se as umidades referentes às tensões de 6, 30 e 100 KPa. Isto porque a 6 KPa, todos os macroporos estão livres de água, a 30 KPa, tem-se a umidade próxima a capacidade de campo e até 100 KPa tem-se no solo a água realmente disponível para

Figura 10. Retenção de água para os tratamentos com gramíneas, na profundidade de 5cm.

Figura 11. Retenção de água para os tratamentos com gramíneas na profundidade de 15cm.

Figura 12. Retenção de água para os tratamentos com gramíneas na profundidade de 30cm.

Figura 13. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 5cm.

Figura 14. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 15cm.

Figura 15. Retenção de água para os tratamentos com leguminosas na profundidade de 30cm.

as plantas, sendo mais difícil de ser extraída pelas culturas a tensões acima desta.

Na análise estatística encontraram-se resultados não significativos entre tratamentos para os volumes de água retida a 6, 30 e 100 KPa. Entre profundidades, porém, houve diferença significativa. Nas Tabelas 8, 9 e 10 tem-se os dados destacados para os valores de umidade à tensão e profundidades mencionadas.

Para as tensões de 6, 30 e 100 KPa houve maior retenção de água nas profundidades médias de 5 e 15cm.

Pelos resultados encontrados verificou-se que a retenção de água aumentou na camada de 0-20cm e a macroporosidade diminuiu. Este comportamento está de acordo com o verificado por ELTZ et al. (1989), onde os autores mencionaram que, com a diminuição da macroporosidade houve aumento da microporosidade ocasionando o maior conteúdo de água. Também SIDIRAS et al. (1983) encontraram para um Latossolo Roxo em plantio direto, na camada de 0-20cm, uma diferença de 4 a 5% superior no teor de água retida a 33 KPa em relação ao preparo convencional. Segundo os autores esta diferença significa maior disponibilidade de água para a cultura em plantio direto, na razão de 36 a 45%, refletindo-se, portanto, em sua produtividade.

Tabela 8 - Valores de umidade avaliada na tensão de 6 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	5	15	30
	----- Umidade volumétrica, % ----		
Tremoço + Aveia-preta	46,8	46,5	45,3
Tremoço	44,5	45,4	42,6
Centeio	45,4	45,7	43,8
Aveia-branca	44,8	45,6	44,5
Chicharo	44,3	45,0	44,8
Trigo	44,1	45,6	44,9
Crotalária	43,8	45,1	45,1
Aveia-preta	44,8	45,7	44,7
Média	44,8ab	45,6a	44,5b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Coeficiente de variação = 2,86%

Tabela 9 - Valores de umidade avaliada na tensão de 30 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	5	15	30
	----- Umidade volumétrica, % -----		
Tremoço + Aveia-preta	38,2	38,5	35,4
Tremoço	36,1	38,0	33,6
Centeio	37,2	38,1	33,9
Aveia-branca	37,7	38,0	34,8
Chicharo	35,8	37,1	35,1
Trigo	36,8	38,2	35,7
Crotalária	35,4	36,7	35,1
Aveia-preta	36,5	36,7	34,0
Médias	36,7a	37,7a	34,7b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 4,16%.

Tabela 10 - Valores de umidade avaliada na tensão de 100 KPa, para os tratamentos estudados, em plantio direto, à três profundidades.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	5	15	30
----- Umidade volumétrica, % ----			
Tremoço + Aveia-preta	34,6	36,1	32,3
Tremoço	33,1	35,7	30,9
Centeio	34,0	35,1	30,6
Aveia-branca	35,4	35,5	31,6
Chicharo	31,8	34,1	31,6
Trigo	33,9	35,9	33,0
Crotalária	32,2	33,9	31,6
Aveia-preta	33,7	34,0	32,1
Médias	33,6b	35,0a	31,7c

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 4,69%.

4.7 Potencial matricial da água no solo

O potencial matricial da água no solo, em centímetros de coluna de água, obtidos em três profundidades, no período de 09 de janeiro a 10 de março de 1991, encontram-se nas Figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21. Os valores observados no campo constam nos Apêndices 25, 26 e 27.

Na Figura 22 estão registrados os dados de precipitação ocorridos durante o período de 09/01 a 10/03/91.

Durante o período do estudo realizado (09/01 a 10/03/91) coletaram-se cinco amostras para determinação da umidade do solo. Os valores de umidade referentes as cinco amostragens encontram-se no Apêndice 1.

Nas Figuras 16, 17 e 18 tem-se o potencial matricial da água no solo para os tratamentos referentes as leguminosas e nas três profundidades de observação. De forma geral, verificou-se que o tratamento com chicharo manteve o solo com maior umidade, resultando em valores maiores para o potencial matricial, isto é, a água se encontrava retida a tensões menores. Estes resultados estão ilustrados na Figura 16, durante o período de 01.09 a 23.01.91. Neste mesmo período, conforme a Figura 22, observa-se que houve pouca precipitação. Observando os valores do potencial matricial da água no solo para o tratamento com chicharo, neste período, pode-se verificar que houve uma variação de potencial de -327,82 a -110,32cm de coluna de

Figura 16. Potencial matricial, na profundidade de 10cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja.

Figura 17. Potencial matricial, na profundidade de 20cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja.

Figura 18. Potencial matricial, na profundidade de 50cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com leguminosas, durante o ciclo da soja.

Figura 19. Potencial matricial na profundidade de 10cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com gramíneas, durante o ciclo da soja.

Figura 20. Potencial matricial na profundidade de 20cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com gramíneas, durante o ciclo da soja.

Figura 21. Potencial matricial na profundidade de 50cm, no período de 9/01 a 10/03/91, para os tratamentos com gramíneas, durante o ciclo da soja.

Figura 22. Precipitação diária, no período de 9/01 a 10/03/91, para o município de Palmital-SP.

água, enquanto que para o tremço + aveia-preta, tremço e crotalária de -779,38 a -122,30, -740,12 a -133,00 e -725,20 a -234,44cm de coluna de água, respectivamente. O comportamento para as outras profundidades também foi semelhante (Figuras 17 e 18).

Estes resultados podem estar relacionados a proteção do solo proporcionada pelas culturas, influenciando na taxa de evaporação da água. Neste mesmo raciocínio, verificou-se que, para os tratamentos referentes às gramíneas (Figuras 19, 20 e 21) a aveia-preta e aveia-branca exerceram melhor controle no teor de água do solo. No período mais seco, isto é, de 09.01 a 23.01.91, para estes tratamentos, o potencial matricial apresentou valores mais altos, o que significa que o solo estava mais úmido. A variação do potencial matricial para os tratamentos com aveia-preta, centeio, aveia-branca e trigo foram: -275,40 a -114,10, -693,70 a -194,12, -220,44 a -110,09 e -618,10 a -214,90cm de coluna de água, respectivamente (Figura 19).

Destacando o período de 09.01 a 23.01.91, tem-se na Tabela 11 os valores da variação dos potenciais matriciais da água no solo para os tratamentos e profundidades estudados. Verificou-se que nas profundidades de 10 e 20cm, os tratamentos aveia-branca, chicharo e aveia-preta foram os que mantiveram o solo mais úmido, ou seja, apresentaram valores do potencial matricial menos negativos. Estes resultados provavelmente, estão relacionados ao fator cobertura do solo,

Tabela 11 - Limites de variação do potencial matricial da água no solo (cm de coluna de água) para os tratamentos estudados, no período de 09.01 a 23.01.91, em três profundidades.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	10	20	50
	----- Potencial matricial, cm.c.a. -----		
Tremoço + aveia-preta	-779,38 a -122,30	-821,68 a -455,02	-275,24 a -207,20
Tremoço	-740,12 a -133,00	-721,04 a -176,96	-412,58 a -140,66
Centeio	-693,70 a -194,12	-709,90 a -262,40	-768,40 a -485,50
Aveia-branca	-220,44 a -110,09	-697,10 a -243,70	-703,86 a -155,54
Chicharo	-327,82 a -110,32	-334,06 a -119,84	-342,02 a -224,84
Trigo	-618,10 a -214,90	-737,42 a -162,70	-
Crotalária	-725,20 a -234,44	-787,82 a -290,12	-670,14 a -148,50
Aveia-preta	-275,40 a -114,10	-	-723,80 a -218,74

tanto a residual quanto a cobertura verde. Segundo ALMEIDA (1981) a aveia fornece maior quantidade de palha do que o centeio e o trigo e, quanto maior for a quantidade de palha fornecida pela cultura, mais espessa é a cobertura morta formada e conseqüentemente menor a taxa de evaporação da água do solo. Além disso, devido a sua relação C/N alta e a quantidade de palha produzida, verificou que após 150 dias do corte da aveia, ainda restava na superfície do solo 3.290kg/ha de material residual ALMEIDA (1984). Na ocasião do corte apresentava o peso de biomassa seca ao redor de 6.200kg/ha.

As leguminosas de forma geral, são mais rapidamente decompostas por apresentarem relação C/N mais baixa. Resíduos de rápida decomposição protegem o solo por menos tempo que os de decomposição lenta (BRAGAGNOLO & MIELNICZUK, 1990). Segundo DERPSCH et al. (1985) a rápida decomposição é desejável do ponto de vista de nutrição, devido a reciclagem mais rápida de nutrientes, porém não do ponto de vista de proteção do solo.

4.8 Características químicas do solo

Nas Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28 e Apêndices 13, 14, 15, 16, 17 e 18, estão caracterizados os valores de matéria orgânica, pH, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, para três profundidades do solo.

Figura 23. Matéria orgânica determinada para os tratamentos e profundidades estudados.

▤ Prof: 0-10cm ▨ Prof: 10-20cm ■ Prof: 20-40cm

Figura 24. pH (CaCl₂) determinado para os tratamentos e profundidades estudados.

Figura 25. Teor de fósforo no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados.

Figura 26. Teor de potássio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados.

Figura 27. Teor de cálcio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados.

Figura 28. Teor de magnésio no solo determinado para os tratamentos e profundidades estudados.

Para a matéria orgânica (Figura 23 e Apêndice 17), os teores diminuíram com a profundidade. Não houve diferença entre tratamentos. Já para profundidade houve diferença estatisticamente significativa.

Na Tabela 12 tem-se os resultados da comparação de médias. Observa-se que ocorreu um acúmulo de matéria orgânica na superfície, isto é, de 0 a 10cm de profundidade. Resultados semelhantes foram verificados por MUZILLI (1983) e ELTZ et al. (1989). Segundo os autores, estes resultados são explicados justamente pelo não revolvimento do solo e consequente deposição superficial dos restos de cultura.

O pH do solo (Figura 24 e Apêndice 18) para os tratamentos tremoço + aveia-preta, trigo, aveia-branca e crotalária variou de 4,8 a 5,0. Para o chicharo, aveia-preta, centeio e tremoço apresentou-se um pouco maior, variando de 5,1 a 5,5. Houve diferença significativa somente entre tratamentos.

O comportamento dos teores de fósforo e potássio (Figuras 25, 26 e Apêndices 13 e 14), com a profundidade do solo, foi o mesmo verificado por vários autores (ELTZ et al., 1989; MUZILLI, 1983; THOMAS et al., 1981 e RAIJ, 1981), isto é, houve um acúmulo na superfície, e diminuição dos teores com a profundidade.

Não houve diferença significativa entre tratamentos, somente entre profundidades de coleta de amostras. Estas diferenças são explicadas, segundo os autores

Tabela 12 - Matéria orgânica avaliada para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm		
	0-10	10-20	20-40
	----- Matéria orgânica, % -----		
Tremoço + Aveia-preta	2,93	2,47	2,80
Tremoço	3,37	2,53	2,10
Centeio	3,63	2,57	2,00
Aveia-branca	3,57	2,87	2,03
Chicharo	3,53	2,60	1,57
Trigo	3,60	3,10	2,17
Crotalária	3,73	3,00	2,13
Aveia-preta	3,57	3,43	1,87
Médias	3,49a	2,70b	2,08c

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 21,04%.

citados acima, devido ao não revolvimento do solo no sistema de plantio direto, favorecendo o acúmulo de nutrientes na superfície, e no caso do fósforo, também devido a sua baixa solubilidade.

Para o cálcio (Figura 27 e Apêndice 15) e magnésio (Figura 28 e Apêndice 16) não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos e nem entre as profundidades de amostragens do solo estudadas.

Apesar de não ter sido verificado diferença estatística, na Figura 27 pode-se observar que os teores de cálcio apresentaram-se maiores na profundidade de 20-40cm. Na maior parte dos trabalhos realizados, o cálcio e o magnésio tendem também a se acumular na superfície. Para o magnésio esta foi a tendência neste trabalho, porém o comportamento do cálcio diferiu da maioria das pesquisas citadas. MUZILLI (1981) explica que dentre os cátions trocáveis, o cálcio é o que se apresenta em maiores quantidades na maior parte dos solos agrícolas e possivelmente seja o que se perde em maiores proporções, quando o nitrato é lixiviado.

O potássio e o magnésio, embora possam ser afetados pela lixiviação de ânions, se fazem presentes em quantidades relativamente menores que o cálcio, sendo esperado menor efeito do sistema de cultivo ou da localização dos fertilizantes sobre sua distribuição e acumulação no solo (MUZILLI, 1981).

4.9 Nutrientes nas folhas

Na Figura 29 e Apêndice 19 estão representados os resultados para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinados nas folhas. Houve diferença significativa entre tratamentos para teores destes elementos.

Considerando-se que os sistemas de rotação de culturas usados não causaram variações significativas nas características químicas do solo, fica difícil associar essas diferenças à alguma razão específica.

As Tabelas 13 a 17 mostram que os tratamentos referentes as leguminosas proporcionaram maior absorção de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio pela soja, sendo que os tratamentos chicharo e crotalária se destacaram, enquanto que os tratamentos com gramíneas proporcionaram maior absorção de potássio, sendo que, o tratamento aveia-branca se destacou entre o grupo. Com relação ao nitrogênio, os maiores teores encontrados nas folhas de soja, foram para os tratamentos com as leguminosas (Figura 29). Na Figura 30 constam os dados de produção de matéria seca obtidos pelos tratamentos que antecederam a cultura da soja. A disponibilidade de nitrogênio para a cultura da soja esteve na dependência da mineralização dos resíduos culturais referentes a cada tratamento. Como as leguminosas apresentam uma relação C/N mais estreita, a decomposição de seus resíduos é mais rápida, liberando, portanto, num período mais curto o elemento para a cultura

Figura 29. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinados nas folhas da cultura de soja, subseqüente às culturas de inverno

Tabela 13 - Teor de nitrogênio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam.

Tratamentos precedentes	Nitrogênio
	%
Chicharo	4,10a
Tremoço	3,38 b
Crotalária	3,32 b
Tremoço + Aveia-preta	2,84 c
Aveia-preta	2,53 c
Centeio	2,07 d
Aveia-branca	1,89 d
Trigo	1,76 d

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 5,22%.

Tabela 14 - Teor de fósforo nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam.

Tratamentos precedentes	Fósforo
	%
Crotalária	0,21a
Chicharo	0,17ab
Tremoço	0,17ab
Aveia-branca	0,15 b
Tremoço + Aveia-preta	0,14 b
Aveia-preta	0,14 b
Trigo	0,13 b
Centeio	0,12 b

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 13,11%.

Tabela 15 - Teor de potássio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam.

Tratamentos precedentes	Potássio
	%
Aveia-branca	2,23a
Centeio	1,82a
Aveia-preta	1,80a
Chicharo	1,71ab
Crotalária	1,69ab
Trigo	1,61ab
Tremoço + Aveia-preta	1,15 bc
Tremoço	0,92 c

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 13,74%.

Tabela 16 - Teor de cálcio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam.

Tratamentos precedentes	Cálcio
	%
Crotalária	1,23a
Chicharo	0,87 b
Tremoço + Aveia-preta	0,79 b
Tremoço	0,72 bc
Aveia-preta	0,68 bcd
Centeio	0,53 cde
Aveia-branca	0,46 de
Trigo	0,39 e

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 11,55%.

Tabela 17 - Teor de magnésio nas folhas de soja segundo os tratamentos que a precederam.

Tratamentos precedentes	Magnésio
	%
Chicharo	0,42a
Crotalária	0,41a
Tremoço	0,27 b
Aveia-preta	0,23 b
Tremoço + Aveia-preta	0,23 b
Aveia-branca	0,20 b
Centeio	0,18 b
Trigo	0,18 b

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Coeficiente de variação = 17,79%.

Figura 30. Produção de matéria seca para as culturas de inverno que antecederam a cultura da soja.

instalada. Provavelmente foi o que levou a maior absorção de nitrogênio pela soja, quando submetida aos tratamentos com leguminosas.

O fato do tratamento chicharo ter proporcionado maior absorção de nitrogênio pela soja, também pode estar relacionado ao maior conteúdo de água do solo neste tratamento, pois como já verificado (Figura 16) o potencial matricial da água no solo foi menos negativo. Quanto maior teor de água, maior absorção de nutrientes.

Para o fósforo, cálcio e magnésio também verificou-se maior teor nas folhas de soja quando cultivada na área com os tratamentos referentes as leguminosas. Há diferenças na capacidade de absorção do fósforo entre as espécies e entre cultivares dentro da mesma espécie. As leguminosas, segundo MALAVOLTA (1981) são reconhecidamente mais eficientes na utilização do fósforo que outras plantas. Isto porque: a maior produção de gás carbônico na superfície da raiz leva à formação de ácido carbônico que ajuda a solubilizar o fósforo estável ou fósforo lábil; as leguminosas são muito exigentes em cálcio, como na solução do solo existe um equilíbrio, entre Ca^{2+} e H_2PO_4^- , a absorção do primeiro faz com que mais fósforo permaneça em solução em vez de se precipitar como fosfato de cálcio menos disponível; outro fator a considerar é a capacidade de troca catiônica das raízes. As raízes com capacidade de troca catiônica mais altas são capazes de se utilizar de fosfatos de cálcio

relativamente insolúveis, o que também pode levar a maior absorção de cálcio e magnésio.

Já as gramíneas apresentam uma capacidade de troca catiônica das raízes menor, o que as levam a tendência de absorverem maior teor de cátions monovalentes, como o potássio, por exemplo. As raízes das plantas têm uma CTC que varia entre 10 e 100 emg/100g de raiz seca, os valores mais altos correspondendo em geral às dicotiledôneas. Quanto maior a CTC maior a relação cátions divalentes/cátions monovalentes dentro da planta; isto é explicado em parte pela maior energia de ligação entre os divalentes e os colóides da raiz; verifica-se às vezes que a absorção do potássio por diferentes espécies está positivamente correlacionada com a capacidade de troca de cátions das suas raízes (MALAVOLTA, 1981).

Dentre o grupo das gramíneas o tratamento aveia-preta foi o que proporcionou maior absorção dos nutrientes pela soja. Além do fato da maior produção de matéria seca por este tratamento (7.517 kg/ha, contra 6.567; 5.050 e 4.583 kg/ha para centeio, aveia-branca e trigo, respectivamente) (Figura 30), convém salientar que a aveia-preta foi o tratamento que apresentou maior teor de água no solo, isto é, apresentou potencial matricial da água no solo menos negativo. Fato importante pois, sem água no solo não pode haver absorção, particularmente no caso do potássio que deve se difundir na fase aquosa.

4.10 Produção de grãos e matéria seca

A produção de soja (kg/ha), em três anos analisados (1988/89, 89/90 e 90/91), encontra-se apresentada na Figura 31. Não houve diferença significativa entre tratamentos, porém houve diferença de produção entre os anos e entre a interação tratamento x anos (Tabela 18).

Na Figura 30 estão representados os resultados referentes a produção de matéria seca (kg/ha) das culturas de verão que antecederam a soja, para o ano de 1990.

Nos Apêndices 2, 3, 4 e 5 constam os registros de precipitação diária, para os anos de 1988/89/90 e 91.

Os resultados verificados para a produção de soja (Figura 31), foram semelhantes aos encontrados por MUZILLI (1981), na região norte do Paraná (Londrina), num sistema de sucessão soja e trigo, alternado com milho, sendo o rendimento de 2.525 kg/ha, em quatro safras. Também SIDIRAS et al. (1983) verificaram uma produtividade de 2.593 kg/ha para a soja em plantio direto.

De maneira geral, nenhum sistema de rotação de culturas estudado teve efeito marcante nos resultados de produção da cultura da soja, fato também observado por SANTOS et al. (1986a). Os autores relataram que, após quatro anos, a soja estabelecida em semeadura direta, após a cevada e o trigo, tendeu a produzir mais, embora as culturas de inverno (cevada, colza, linho e trigo) pouco tenham afetado o

Figura 31. Produção da cultura de soja, nos anos agrícolas 88/89, 89/90 e 90/91, após a sequência das culturas de inverno.

Tabela 18 - Produção de soja nos anos agrícolas 1988/89, 89/90 e 90/91, médias de três repetições.

Tratamentos	Anos agrícolas		
	88/89	89/90	90/91
	----- Grãos de soja, kg/ha -----		
Tremoço + Aveia-preta	1.850 b	2.955a	2.840a
Tremoço	2.100 b	3.146a	2.270 b
Centeio	2.067 b	2.668a	2.543a
Aveia-branca	2.103 b	3.079a	2.997a
Chicharo	2.003 b	2.941a	2.603a
Trigo	2.250 b	2.995a	2.730a
Crotalária	2.337a	2.627a	2.660a
Aveia-preta	2.163 b	2.584ab	3.030a
Média	2.109 c	2.874a	2.709 b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Coeficiente de variação = 9,17%

rendimento de grãos da soja.

Analisando a Figura 31 e a Tabela 18, verifica-se que as produções dos anos agrícolas 1989/90 e 90/91 diferiram do ano agrícola 88/89. Em 1988/89 possivelmente as condições climáticas afetaram a produção da soja. Interessante observar o comportamento do tratamento aveia-preta, nestes três anos sucessivos e, se possível, continuar as observações no futuro. Nota-se que está havendo um acréscimo na produção ano a ano, inclusive foi a cultura que no terceiro ano proporcionou maior rendimento para a soja, resultados que estão de acordo com o verificado por DERPSCHE et al. (1983), que verificaram o rendimento mais alto de soja após aveia-preta.

Com relação a produção de matéria seca (kg/ha), verifica-se, na Figura 30, que em ordem decrescente, temos a produção do tremoço, tremoço + aveia-preta, aveia-preta, centeio, chicharo, aveia-branca, trigo e crotalária. Tão importante quanto a massa seca produzida é a caracterização da relação C/N destes materiais, pois dependendo desta, estes materiais vão diferenciar no tempo de permanência no solo. Consequentemente quanto maior o tempo de permanência, maiores os benefícios físicos, químicos e biológicos para o solo, refletindo, portanto, na produtividade da cultura subsequente.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Analisando os resultados encontrados para o tipo de solo, sistema de manejo adotado e condições climáticas locais, pode-se chegar as seguintes considerações:

- Houve diferença estatisticamente significativa entre as profundidades de estudos do solo, quando analisadas as características físicas e químicas do solo, exceto para a condutividade hidráulica do solo saturado;
- a densidade do solo foi maior nas profundidades de 0-10 e 10-20cm, conseqüentemente levando a uma menor macroporosidade e porosidade total;
- a variação de armazenagem de água do solo diferiu estatisticamente entre profundidades sendo maior na profundidade de 20-40cm, exatamente na camada que se verificou menor densidade do solo;
- o diâmetro médio ponderado dos agregados foi maior na superfície do solo (0-10cm);

- a retenção de água a 6, 30 e 100 KPa não apresentou diferença significativa para tratamentos, porém houve entre profundidades;
- o teor de água mostrou-se maior nas profundidades de 0-10 e 10-20cm;
- entre as leguminosas, o chicharo manteve o solo mais úmido, e entre as gramíneas foi a aveia-preta e aveia-branca;
- não houve diferença significativa entre tratamentos para os elementos fósforo, potássio, cálcio e magnésio, analisados no solo. Também não houve diferença para o teor de matéria orgânica;
- houve diferença significativa entre profundidades de estudos no solo, para a matéria orgânica, fósforo e potássio. Houve acúmulo na camada de 0-10cm;
- houve diferença significativa entre tratamentos quando analisados os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas. Os tratamentos com leguminosas apresentaram maior teor de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio nas folhas, sendo que o chicharo e a crotalária se destacaram. As gramíneas apresentaram maior teor de potássio nas folhas, sendo que a aveia-branca se destacou entre o

grupo;

- analisando os anos agrícolas e tratamento x anos agrícolas, houve diferença significativa para a produção de soja;
- a produção de matéria seca foi em ordem decrescente: tremoço; tremoço + aveia-preta; aveia-preta; centeio; chicharo; aveia-branca; trigo e crotalária.

6. CONCLUSÃO

De acordo com estudo proposto e realizado chegou-se a seguinte conclusão:

- Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sistemas de rotação de culturas quando analisados os seus efeitos sobre as características físicas e químicas do solo e na produção da soja.

7. SUGESTÕES

Com base no estudo realizado sugere-se que:

- seja dada continuidade ao trabalho pois, o tempo de estudo pode não ter sido suficiente para se verificar os efeitos dos tratamentos no solo;
- que seja estudada a influência das culturas de inverno testadas em rotação com outras culturas de verão, o milho por exemplo;
- que seja realizado o controle da quantidade de água do solo e seu potencial matricial durante todo o ciclo das culturas, tanto de inverno como de verão;
- que seja determinado o teor de carbono dos resíduos das culturas, para avaliação da permanência dos mesmos no solo e suas contribuições do ponto de vista químico e biológico;
- que seja avaliada a qualidade dos resíduos culturais, através do fracionamento da matéria orgânica, por exemplo;

- que seja efetuado um estudo referente ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas usadas, pois ajudaria na interpretação da quantidade de nutrientes absorvidos;
- que seja efetuado em conjunto, o estudo da macro e microbiologia do solo, tanto quantitativo como qualitativo; e
- efetuar comparações da condição atual do solo com a sua condição natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F.; CAS-SOL, E.A. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 3(3):169-72, 1979.
- ALDERFER, R.B. & MERKLE, F.G. Structural stability and permeability of native forest soils compared with cultivated areas of the same soil type. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 6:98-103, 1941.
- ALMEIDA, F.S. de. Controle de ervas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1981. cap.6, p.101-44. (IAPAR. Circular, 23)
- ALMEIDA, F.S. de. Desempenho da cobertura morta no plantio direto. In: CURSO INTENSIVO SOBRE PLANTIO DIRETO, 2., Ponta Grossa, 1984. **Anais**. Ponta Grossa, Associação dos Engenheiros Agrônomo do Paraná/Núcleo Regional de Ponta

Grossa, 1984.

ALMEIDA, F.S. de. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A.L., TORRADO, P.V., MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. cap.6, p.103-44.

ALMEIDA, F.S. de & RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas; recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina, IAPAR, 1985. 482p.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.S; RESENDE, M. 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, 10:273-7, 1986.

ARZENO, J.L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em um Latossolo Roxo distrófico. Piracicaba, 1990. 259p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BARRETO, A.C. Efeito de sistemas de rotação, sucessão e níveis de calagem, sobre características físicas e químicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular e produção de grãos de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1991. 154p.

(Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLAN, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas.** Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p. (IAC. Boletim Técnico, 78).

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics.** 4.ed. New York, John Wiley, 1972. 529p.

BERTONI, J. **Rotação de culturas e conservação do solo.** São Paulo Agrícola, São Paulo, 2(15):11-2, 1960.

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico.** Campinas, Instituto Agronômico, 1972. 56p. (IAC. Circular, 20).

BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis.** Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p.374-90.

BLEVINS, R.L.; COOK, D; PHILLIPS, S.H.; PHILLIPS, R.E. **Influence of no-tillage on soil moisture.** Agronomy Journal, Madison, 63:593-6, 1971.

BRAGAGNOLO, N. Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho. Porto Alegre, 1986. 119p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).

BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 14:91-8, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim Técnico, 12)

BULISANI, E.A. & BRAGA, N.R. Potencialidade para a utilização de leguminosas como cobertura vegetal de inverno no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. cap.11, p.223-35.

CARPENEDO, V. Qualidade e estabilidade de agregados de Latosolo Roxo submetido a diferentes manejos. Porto Alegre, 1985. 120p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/ UFRGS).

- CASSOL, E.A. **Erosão do solo; influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo.** Porto Alegre, Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis "Ataliba Paz", 1984. 40p. (IPRNR, 15).
- CASTRO, O.M. de. Manejo e preparo do solo e erosão. In: LEPSCH, I.F.; CASTRO, O.M. de; COSTA, L.M. da; MUZILLI, O. **Aspectos de manejo do solo.** Campinas, Fundação Cargill, 1985. cap.2, p.45-70.
- CINTRA, F.L.D. & MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, (7):197-201, 1983.
- CORRÊA, L.A. & CRUZ, J.C. Plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 13(147):46-52, 1987.
- CORSINI, P.C. Aggregation and water flow from soil; effects of radiation and wind. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 25(2): 156-62, 1973.
- CORSINI, P.C. Impact of soil degradation on crop production in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, 20:353-63, 1991.

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. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., Passo Fundo, 1984. **Resumos.** Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 1984. p.153-66.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Efeito residual da adubação verde de inverno sobre a umidade e temperatura do solo e rendimentos de culturas de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983. **Resumos.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1983.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 20(7):761-73, 1985.

DOREN Jr., D.M. van. Influence of plowing, disking, cultivation, previous crop, and surface residues on corn yield. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 29: 595-7, 1965.

- DOUGLAS, J.T. & GOSS, M.J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil & Tillage Research*. Amsterdam, 2(2):155-75, 1982.
- EHLERS, W. Observation on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science*, Baltimore, 11:242-9, 1975.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(2):259-67, 1989.
- GRIFFITH, D.R.; MANNERING, J.V.; MOLDENHAUER, W.C. Conservation tillage in the eastern corn belt. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 32(1):20-8, 1977.
- HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamic of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, New York, 18:107-69, 1966.
- HILL, D.E. & PARLANGE, J.Y. Wetting front instability in layered soils. *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, 36(5):697-702, 1972.

HILLEL, D. **Soil and water; physical principles and processes.**
New York, Academic Press, 1971. 228p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: _____. **Adubação verde no Brasil.** Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.232-67.

KEMPER, B. & DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, 1:253-67, 1981.

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

LAL, R. **Role of mulching techniques in tropical soil and water management.** Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture, 1974. 37p. (Technical Bulletin, 1).

LOMBARDI NETO, F.; SILVA, I.R.; DECHEN, S.C.F.; CASTRO, O.M. Manejo do solo em relação à erosão e a produção na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Brasília, 1980.

- 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 - UFSM).
- 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, 2:81-4, 1978.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola; Adubos e adubação*. 3.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MEDEIROS, J.C. Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo. Porto Alegre, 1985. 89p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).
- MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J.; PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11: 199-204, 1987.
- MITCHELL, H.H. & TEEL, M.R. Winter annual cover crops for no-tillage corn production. *Agronomy Journal*, Madison, 69: 569-73, 1977.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1981. cap.4, p.43-57. (IAPAR. Circular, 23).

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, 7: p.97-102, 1983.

NASCIMENTO, C.M. do & PEREIRA, M.A. de M.G. **Atlas climatológico do Estado de São Paulo (1977-1988)**. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 93p.

NORSTADT, F.A. & McCALLA, T.M. Influence of stubble mulching on organic matter and nitrogen content of the soil. **Agronomy Journal**, Madison, 52:477-9, 1960.

OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadricula de São Carlos. II. Memorial descritivo**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1984. 188p. (IAC. Boletim Técnico, 98).

PHILLIPS, R.E. **No-tillage research; research reports and reviews**. Lexington, University of Kentucky/College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1964.

p.23-42.

PHILLIPS, R.E.; BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; FRYE, W.W.;
PHILLIPS, S.H. No-tillage agriculture. *Science*,
Washington, 208(448):1110, 1980.

PHILLIPS, S.H. & YOUNG, H.M. *No-tillage farming*. Milwaukee,
Reiman Associates, 1973. 152p.

RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba,
Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da
Potassa, 1981. 142p.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. *Métodos de análises de solo pa-
ra fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agronômico,
1983. 31p. (IAC. Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.;
HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN,
A.R.; TRANI, P.E. *Recomendações de adubação e calagem para
o Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agronômico,
1985. 107p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo, Mano-
le, 1987. 188p.

REYNOLDS, W.D. & ELRICK, D.E. Laboratory and numerical assessment of the guelph permeameter method. **Soil Science**, Madison, 144(4), 1987.

RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A. **Methods of Soil Analysis I**. American Society of Agronomy, Madison, 1965. p.128-51.

SANTOS, H.P. dos & ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13:303-10, 1989.

SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. V. Efeito dos cultivos de inverno sobre a produtividade e componentes do rendimento da soja em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 21(9):949-55, 1986a.

SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R.; LHAMBY, J.C.; REIS, E.M. Rotação de culturas. VI. Avaliação do rendimento de grãos de trigo, observando-se um intervalo de dois anos de rotação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 21(10):1067-72, 1986b.

SETZER, J. Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí/CESP, 1966. 61p.

SHANHOLTZ, V.O. & LILLARD, J.H. Tillage system effects on water use efficiency. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 24:186-9, 1969.

SHEAR, G.M. & MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tilled methods. *Agronomy Journal*, Madison, 61:524-6, 1969.

SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em Latossolo Roxo distrófico - Paraná, sobre vários tipos de cobertura de solo e sistema de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5., Porto Alegre, 1984.

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

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7: 103-6, 1983.

SIDIRAS, N.; ROTH, C.H.; FARIAS, G.S. Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(2):251-4, 1984.

SILVA, H.P. da. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-escuro fisicamente degradado em processo de recuperação. Porto Alegre, 1986. 105p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).

SILVA, I.F. de. Efeito de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre as propriedades físicas de um Latossolo. Porto Alegre, 1980. 70p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).

TEIXEIRA, L.A.J. Fornecimento de nitrogênio à cultura do milho por sistemas de culturas adaptadas à recuperação e conservação do solo. Porto Alegre, 1987. (Projeto de Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).

TOPP, G.C. & ZEBCHUK, W. The determination of soil-water desorption curves for soil cores. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, **59**:19-26, 1979.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. *Análise foliar; amostragem e interpretação*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.

TRIPLETT Jr., G.B. & DOREN Jr., D.M. van. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal*, Madison, **61**:637-9, 1969.

VAN DOREN, C.A. & STAUFFER, R.S. Effect of crop and surface mulches on runoff; soil losses and soil aggregation. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, **8**:97-101, 1943.

VASCONCELLOS, C.A.; SANS, L.M.A.; PACHECO, E.B. Influência da rotação de culturas no sistema radicular do milho e em algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico da região de Sete Lagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16, Belo Horizonte, 1986. *Anais*. Belo Horizonte, EMBRAPA/CNPMS, 1986. p.99.

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Parana**. Londrina, IAPAR, 1981. cap.2, p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).

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.

VIEIRA, M.J. & MUZILLI, O. Características físicas de um Latos solo Vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 19(7):873-82, 1984.

VIEIRA, S.R.; CASTRO, O.M.; DE MARIA, I.C. Dinâmica da água no solo em função do manejo. In: ENCONTRO SOBRE PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 3., Assis, 1989. **Resumos**. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1989. p.103-26.

WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factor evaluation for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 24(4):322-6, 1960.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, 28:337-51, 1936.

A P P E N D I C E

Apêndice 1 - Umidade do solo, a base de massa, determinada durante a avaliação do potencial matricial da água no solo, em três profundidades.

TRAT	Tr+APr	Trem	Cent	AvBr	Chich	Trigo	Crot	AvPr
DATA								
----- % -----								
Prof. 10cm								
25/01	23,58	23,02	22,61	23,80	22,70	22,50	23,75	21,79
08/02	25,02	27,18	24,13	25,24	24,22	24,89	22,48	24,78
15/02	28,80	28,48	29,03	29,03	25,70	26,60	27,43	27,94
26/02	25,20	26,27	24,60	25,05	26,85	24,13	23,24	25,86
07/03	31,54	34,15	32,52	33,72	33,29	32,22	26,28	29,40
Prof. 20cm								
25/01	23,08	23,65	21,84	23,15	22,04	22,85	23,05	23,27
08/02	26,20	27,36	25,59	26,00	27,61	23,62	24,83	27,79
15/02	29,81	29,50	29,33	27,96	28,63	26,72	28,31	28,38
26/02	29,33	25,39	25,11	25,30	26,70	23,76	24,06	25,45
07/03	33,41	33,27	30,16	33,84	33,46	29,64	31,00	33,23
Prof. 50cm								
25/01	24,34	24,11	24,60	24,22	23,69	24,46	24,66	24,56
08/02	26,69	27,77	27,86	27,35	24,02	24,80	25,59	26,70
15/02	30,06	30,14	32,15	30,90	29,38	29,32	28,97	28,01
26/02	26,60	27,38	25,24	27,28	27,70	25,21	23,34	25,28
07/03	34,26	33,38	30,70	32,58	32,02	30,50	30,60	32,28

Apêndice 2 - Precipitação diária (mm) no município de Palmi-
tal-SP, no ano de 1988.

DIA	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01		8	11	8	7	5					3	
02			8	5	2	7						15
03			9	25	15	38						
04			12		3							
05	7		47									
06	5			12	4							
07				13								
08	23	5			3							
09	12											
10					5							
11										39		
12	13			37	8	7				8	17	
13	51			28							2	2
14												9
15									23			
16	27				3							
17				3	18				9			
18	23		18	5					11			
19	3	62	14		2					30	29	12
20		3	13	5	47	4				7	53	
21			21	3	7						22	
22	25				2					25		
23										8		19
24						15						10
25	36	19		25	3					66		
26		23								9		
27	12	70								3		22
28	3			2	3							3
29	15		5		24					21		13
30	6		2		7				1			10
31	14				2					68		14
T.	252	190	161	168	165	76	0	0	44	284	126	114

Apêndice 3 - Precipitação diária (mm) no município de Palmi-
tal-SP, no ano de 1989.

DIA	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01				4	25				5			
02				13								
03	31				27					1	8	
04	5	10			4						6	3
05	25	5							11			
06	16								49			
07	20					23						
08	15										10	
09	8	2							12		1	29
10	22					8			9			10
11		11				16				14	29	56
12	17	14	4						14		15	27
13			9						9			37
14		20										
15	24	11				4				5		
16												
17		2	9									
18		1	36									44
19		15	28								8	
20		5	17					19			1	
21	12		8					13			12	
22		19						2			19	
23		7										
24						15	1		11		11	
25	35	52			3		3	4	1			
26		1	42				23			26		18
27	29	4	38			16	2	1			39	9
28	10	9										16
29				12			29					16
30			39				42					36
31	13							16				12
T.	282	188	230	29	59	82	100	55	121	46	159	313

Apêndice 4 - Precipitação diária (mm) no município de Palmi-
tal-SP, no ano de 1990.

DIA	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01	3		24		16				8	11	2	
02	25		9								5	
03											7	12
04		2									73	
05	20								16		22	
06	38		1									30
07	2			5					4			3
08	91											
09	36	7	1				11				1	
10	14	15	11		14						2	24
11	48									1		1
12	3	1	1						24	1	11	36
13	7								4			15
14	4		11			11				2		
15	2			20	8		20			2		
16	3			7	15		18	14		5	53	
17				6	5		5	6				
18	17			9			2	1		49		
19	32		17					7		1	4	17
20	4		15			8		6			3	
21			8				6					
22	1	55							23		8	
23							3		6			
24	11											
25								4				
26							1	3			1	
27			16				13	38		1		
28	5								12			
29				12					8			
30									9	6		
31	2									8		
T.	395	80	114	59	58	19	79	79	114	87	192	138

Apêndice 5 - Precipitação diária (mm) no município de Palmi-
tal-SP, no ano de 1991.

DIA	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01		1	25							8	24	
02	4	14	14							29		
03	18	2	22									
04		1	9									
05		1	46									
06		26	40		2					14		30
07		29	1	19								15
08		8		2						1		3
09	13	4								5		
10		9					16					16
11	1	17	21								3	22
12			1	16			1					1
13			11								74	
14	14		12		13						6	11
15	18						5			3		38
16										2		16
17				3								2
18				54					5	48		
19			9			19						9
20			45			30						
21	19		6			4						
22	8				2	11						22
23						23						6
24	5			26		3						2
25									24			
26	79										21	5
27		17										
28						7			8			
29	44								17		5	
30	31								27			
31	6									33		
T.	260	139	270	120	17	97	22	0	81	143	133	198

Apêndice 6 - Valores de densidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
Densidade, g/cm ³												
Tremoço + Aveia-preta	1,23	1,22	1,19	1,21	1,23	1,22	1,13	1,19	1,01	1,14	0,97	1,04
Tremoço	1,22	1,15	1,24	1,20	1,13	1,13	1,23	1,16	1,03	1,02	1,00	1,02
Centeio	1,17	1,21	1,25	1,21	1,14	1,13	1,22	1,16	1,02	1,04	1,02	1,03
Aveia-branca	1,16	1,24	1,32	1,24	1,13	1,30	1,23	1,22	1,00	1,09	1,04	1,07
Chicharo	1,18	1,09	1,15	1,14	1,13	1,16	1,13	1,14	1,06	1,05	1,05	1,05
Trigo	1,18	1,25	1,05	1,16	1,28	1,30	1,09	1,22	1,16	1,13	1,04	1,11
Crotalária	1,19	1,06	1,17	1,14	1,22	1,19	1,08	1,16	1,09	1,06	1,07	1,07
Aveia-preta	1,13	1,24	1,12	1,16	1,21	1,08	1,12	1,14	1,10	1,08	1,05	1,08

M* = Média

Apêndice 7 - Valores de porosidade total para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	X											
Tremoço + Aveia-preta	64	66	67	66	66	67	68	67	72	70	72	71
Tremoço	68	68	65	67	69	70	66	68	72	72	72	72
Centeio	67	66	65	66	70	70	67	69	73	72	72	72
Aveia-branca	68	66	63	66	71	65	66	67	71	71	72	71
Chicharo	67	70	72	70	68	69	68	68	72	72	71	72
Trigo	70	65	70	68	67	65	70	67	69	69	71	70
Crotalária	67	71	67	68	66	68	69	68	70	72	71	71
Aveia-preta	68	66	69	68	67	70	69	69	70	70	71	70

M* = Média

Apêndice 8 - Valores de macroporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	x											
Tremoço + Aveia-preta	12,4	13,6	11,4	12,5	13,8	11,4	12,4	12,5	18,1	15,5	21,5	18,4
Tremoço	16,4	14,2	11,3	14,0	15,1	14,7	9,8	13,2	19,4	15,3	19,5	18,1
Centeio	13,3	13,4	13,1	13,3	13,4	19,6	11,8	14,9	17,6	18,3	17,5	17,8
Aveia-branca	16,8	16,8	9,6	14,4	15,3	11,2	12,0	12,8	14,6	15,5	16,6	15,6
Chicharo	14,5	17,5	14,0	15,3	14,1	14,8	14,2	14,4	18,7	17,2	14,4	16,8
Trigo	17,1	17,9	19,6	18,2	11,5	11,0	15,6	12,7	15,3	16,1	16,0	15,8
Crotalária	16,2	18,5	13,4	16,0	13,6	17,0	14,6	15,1	18,9	18,5	15,6	17,7
Aveia-preta	24,8	10,1	14,8	16,6	16,4	13,7	13,9	14,7	16,3	15,7	16,1	16,0

M* = Média

Apêndice 9 - Valores de microporosidade do solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	x											
Tremoço + Aveia-preta	51,6	52,4	55,6	53,2	52,2	55,6	55,6	54,5	53,9	54,5	50,5	53,0
Tremoço	51,6	53,8	53,7	53,0	53,9	55,3	56,2	55,1	52,6	56,7	52,5	53,9
Centeio	53,7	52,6	51,9	52,7	56,6	50,4	55,2	54,1	55,4	53,7	54,5	54,5
Aveia-branca	51,2	49,2	53,4	51,3	55,7	53,8	54,0	54,5	56,4	55,5	55,4	55,8
Chicharo	52,5	52,5	58,0	54,3	53,9	54,2	53,8	54,0	53,3	54,8	56,6	54,9
Trigo	52,9	47,1	50,4	50,1	55,5	54,0	54,4	54,6	53,7	52,9	55,0	53,9
Crotalária	50,8	52,5	53,6	52,3	52,4	51,0	54,4	52,6	51,1	53,5	55,4	53,3
Aveia-preta	43,2	55,9	54,2	51,5	50,6	56,3	55,1	54,0	53,7	54,3	54,9	54,3

M* = Média

Apêndice 10 - Valores de condutividade hidráulica do solo saturado para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm							
	15				30			
	Blocos							
	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	m/dia							
Tremoço + Aveia-preta	0,34	0,38	0,30	0,34	0,58	0,45	0,21	0,41
Tremoço	0,34	0,58	0,18	0,37	0,57	0,39	0,26	0,44
Centeio	0,33	0,28	0,17	0,26	0,73	0,39	0,44	0,52
Aveia-branca	0,43	0,26	0,30	0,33	0,29	0,32	0,69	0,43
Chicharo	0,75	0,60	0,32	0,56	0,40	0,30	0,47	0,39
Trigo	0,31	0,23	0,28	0,27	0,23	0,17	0,50	0,30
Crotalária	0,33	0,32	0,40	0,35	0,32	0,24	0,36	0,31
Aveia-preta	0,21	0,32	0,39	0,31	0,33	0,52	0,45	0,43

M* = Média

Apêndice 11 - Valores da variação de armazenagem de água para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	x											
Tremoço + Aveia-preta	24,5	26,1	23,4	24,7	24,1	22,9	21,8	23,0	31,7	28,5	34,0	31,4
Tremoço	28,3	25,4	22,4	25,4	25,5	24,7	18,5	22,9	31,2	27,6	30,5	29,8
Centeio	24,8	25,6	23,6	24,7	24,9	30,9	20,9	25,6	32,5	31,2	29,2	31,0
Aveia-branca	27,2	27,2	17,1	23,8	26,8	20,2	21,9	23,0	28,3	27,9	29,3	28,5
Chicharo	26,8	30,7	26,1	27,9	25,5	25,1	25,2	25,3	31,9	30,5	27,7	30,0
Trigo	27,5	28,9	28,9	28,4	19,6	19,7	27,9	22,4	26,2	27,7	29,1	27,7
Crotalária	27,8	30,3	24,8	27,6	24,2	28,5	26,1	26,3	32,3	33,9	27,4	31,2
Aveia-preta	36,3	20,6	25,9	27,6	27,2	26,0	26,1	26,4	28,2	29,8	27,8	28,6

M* = Média

Apêndice 12 - Estabilidade de agregados para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
Tremoço + Aveia-preta	3,167	3,093	2,724	2,995	2,029	1,445	1,920	1,798	2,017	1,763	2,017	1,932
Tremoço	3,128	2,234	1,424	2,262	2,087	1,989	2,136	2,071	2,697	1,483	2,466	2,215
Centeio	3,294	3,072	3,072	3,146	1,807	2,072	1,935	1,938	1,236	2,006	1,586	1,609
Aveia-branca	2,294	2,264	1,799	2,119	2,045	2,827	1,676	2,183	1,440	1,957	1,246	1,548
Chicharo	1,345	1,706	2,667	1,906	1,349	2,143	2,325	1,939	1,322	1,663	2,082	1,689
Trigo	1,805	2,869	2,414	2,363	2,034	2,464	1,971	2,156	1,682	1,567	1,567	1,605
Crotalária	2,300	2,456	1,808	2,188	2,033	1,746	2,283	2,021	1,719	1,263	1,989	1,657
Aveia-preta	2,277	2,385	1,766	2,143	1,822	1,494	1,813	1,710	1,457	1,236	2,104	1,599

M_a = Média

Apêndice 13 - Valores do teor de fósforo no solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
					Blocos							
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	$\mu\text{g}/\text{cm}^3$											
Tremoço + Aveia-preta	20	30	23	24	9	15	9	11	1	5	6	4
Tremoço	25	51	15	30	7	32	5	15	6	9	28	14
Centeio	36	40	55	44	16	7	9	11	4	9	30	14
Aveia-branca	35	25	36	32	8	12	11	10	5	4	8	6
Chicharo	41	28	25	31	11	11	9	10	8	12	9	10
Trigo	51	33	27	37	20	15	29	21	8	2	6	5
Crotalária	45	32	32	36	18	6	8	11	6	4	5	5
Aveia-preta	36	35	36	36	10	21	11	14	8	11	6	8

M* = Média

Apêndice 14 - Valores do teor de potássio no solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	mg/100cm ³											
Tremço + Aveia-preta	0,24	0,16	0,24	0,21	0,08	0,07	0,13	0,09	0,04	0,04	0,08	0,05
Tremço	0,20	0,38	0,10	0,23	0,06	0,18	0,06	0,10	0,05	0,10	0,05	0,07
Centeio	0,38	0,10	0,10	0,19	0,27	0,04	0,04	0,12	0,11	0,05	0,04	0,07
Aveia-branca	0,08	0,10	0,06	0,08	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05
Chicharo	0,10	0,05	0,13	0,09	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05
Trigo	0,08	0,17	0,07	0,11	0,07	0,11	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05
Crotalária	0,53	0,08	0,11	0,24	0,42	0,05	0,06	0,18	0,24	0,04	0,05	0,11
Aveia-preta	0,10	0,17	0,06	0,11	0,06	0,06	0,02	0,05	0,07	0,05	0,02	0,05

M* = Média

Apêndice 16 - Valores do teor de magnésio no solo para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
					Blocos							
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	mg/100cm ³											
Tremoço + Aveia-preta	2,7	0,8	1,2	1,6	1,7	1,3	1,4	1,5	0,4	1,4	1,2	1,0
Tremoço	1,9	1,2	0,7	1,3	1,8	1,9	0,5	1,4	2,2	1,2	0,5	1,3
Centeio	1,6	0,4	1,3	1,1	1,3	1,2	0,9	1,1	0,7	0,5	0,8	0,7
Aveia-branca	1,9	1,0	1,1	1,3	1,1	2,0	1,0	1,4	1,3	0,2	0,3	0,6
Chicharo	2,0	0,7	1,0	1,2	1,7	1,7	1,4	1,6	0,9	1,7	2,5	1,7
Trigo	2,9	1,4	0,7	1,7	2,3	1,1	0,5	1,3	1,9	0,6	0,5	1,0
Crotalária	2,6	0,6	1,1	1,4	2,3	1,1	1,3	1,6	1,1	0,4	1,2	0,9
Aveia-preta	2,3	1,1	0,2	1,2	1,8	2,5	1,4	1,9	1,4	1,7	1,5	1,5

M* = Média

Apêndice 17 - Valores do teor de matéria orgânica para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	x											
Tremço + Aveia-preta	3,9	3,9	1,0	2,9	3,0	3,3	1,1	2,5	1,9	2,3	4,2	2,8
Tremço	3,9	3,3	2,9	3,4	2,9	2,6	2,1	2,5	2,5	1,6	2,2	2,1
Centeio	3,7	3,9	3,3	3,6	2,0	3,2	2,5	2,6	1,5	2,9	1,6	2,0
Aveia-branca	3,7	3,7	3,3	3,6	3,0	3,0	2,6	2,9	1,9	2,3	1,9	2,0
Chicharo	3,7	3,2	3,7	3,5	2,7	2,2	2,9	2,6	1,7	2,0	1,0	1,6
Trigo	3,4	3,8	3,6	3,6	3,2	3,4	2,7	3,1	1,9	2,5	2,1	2,2
Crotalária	3,8	3,7	3,7	3,7	3,2	2,6	3,2	3,0	1,9	2,0	2,5	2,1
Aveia-preta	3,4	3,7	3,6	3,6	2,1	2,9	2,3	2,4	1,6	1,9	2,1	1,9

M* = Média

Apêndice 18 - Valores de pH (CaCl_2) para os tratamentos e profundidades estudados.

Tratamentos	Profundidade - cm											
	5				15				30			
	Blocos											
	I	II	III	Ma	I	II	III	Ma	I	II	III	Ma
Tremoço + Aveia-preta	5,0	4,8	5,2	5,0	5,0	4,6	5,1	4,9	4,8	5,0	4,5	4,8
Tremoço	4,7	5,6	4,6	5,0	5,3	5,3	4,5	5,0	5,7	5,5	4,6	5,3
Centeio	5,3	4,8	5,0	5,0	5,7	5,0	4,9	5,2	4,9	5,1	5,1	5,0
Aveia-branca	4,8	4,7	4,8	4,8	4,9	4,8	5,0	4,9	4,9	4,7	5,2	4,9
Chicharo	4,8	5,1	5,0	5,0	5,0	5,5	5,7	5,4	5,4	5,5	6,1	5,7
Trigo	5,5	4,5	4,4	4,8	5,5	4,5	4,5	4,8	5,5	4,3	4,5	4,8
Crotalária	6,0	4,3	4,6	5,0	5,7	4,3	5,1	5,0	5,5	4,4	5,5	5,1
Aveia-preta	5,5	5,5	5,0	5,3	5,7	5,6	5,4	5,6	5,8	5,8	5,5	5,7

M_a = Média

Apêndice 19 - Valores de nutrientes nas folhas para os tratamentos estudados.

Tratamentos	Nutrientes															
	N					P					K					
	Blocos															
	I	II	III	H*	I	II	III	H*	I	II	III	H*	I	II	III	H*
x																
Tremoço + Aveia preta	2,66	2,94	2,92	2,84	0,150	0,131	0,137	0,139	1,08	1,12	1,26	1,15	0,84	0,73	0,80	0,79
Tremoço	3,44	3,44	3,26	3,38	0,185	0,154	0,159	0,166	1,08	0,89	0,80	0,92	0,76	0,67	0,73	0,72
Centeio	1,88	2,23	2,10	2,07	0,105	0,117	0,132	0,118	1,95	2,05	1,47	1,82	0,44	0,68	0,46	0,53
Aveia branca	1,73	2,10	1,84	1,89	0,125	0,176	0,139	0,147	1,95	2,49	2,24	2,23	0,44	0,45	0,48	0,46
Chicharo	4,04	4,37	3,88	4,10	0,179	0,179	0,162	0,173	1,98	1,64	1,50	1,71	0,80	0,91	0,89	0,87
Trigo	1,88	1,76	1,63	1,76	0,145	0,132	0,111	0,129	1,61	1,76	1,47	1,61	0,39	0,34	0,44	0,39
Crotalaria	3,31	3,36	3,28	3,32	0,185	0,248	0,197	0,210	1,98	1,45	1,64	1,69	1,13	1,38	1,19	1,23
Aveia preta	2,36	2,53	2,71	2,53	0,114	0,141	0,151	0,135	1,79	1,64	1,98	1,80	0,58	0,70	0,76	0,68

Ha = média

Apêndice 20 - Produção de soja para os anos agrícolas de 1988/89, 89/90 e 90/91.

Tratamentos	Anos agrícolas											
	88/89				89/90				90/91			
	Blocos											
	I	II	III	M*	I	II	III	M*	I	II	III	M*
	kg/ha											
Tremço + Aveia-preta	2.000	1.620	1.850	1.850	2.676	3.210	2.978	2.955	2.920	2.900	2.700	2.840
Tremço	2.050	2.100	2.150	2.100	3.342	2.764	3.332	3.146	2.480	2.110	2.220	2.270
Centeio	1.870	2.260	2.070	2.067	3.134	2.400	2.390	2.668	2.460	2.590	2.500	2.543
Aveia-branca	2.400	1.900	2.010	2.103	3.026	3.030	3.182	3.079	3.040	2.990	2.960	2.997
Chicarro	2.220	1.790	2.000	2.003	2.878	2.720	3.226	2.941	2.600	2.650	2.560	2.603
Trigo	2.220	2.330	2.200	2.250	3.010	3.106	2.870	2.995	3.060	2.710	2.420	2.730
Crotalária	2.250	2.370	2.390	2.337	2.670	2.252	2.958	2.627	3.220	2.560	2.200	2.660
Aveia-preta	2.090	2.200	2.200	2.163	2.664	2.120	2.968	2.584	3.040	3.090	2.960	3.030

M* = Média

Apêndice 21 - Produção de matéria seca das culturas de inverno

Tratamentos	Matéria seca			
	Blocos			
	I	II	III	M*
	kg/ha			
Tremoço + Aveia-preta	6.400	7.000	9.500	7.633
Tremoço	8.200	8.700	9.900	8.933
Centeio	6.300	7.000	6.400	6.567
Aveia-branca	5.400	5.350	4.400	5.050
Chicharo	5.900	5.300	5.500	5.567
Trigo	5.000	4.650	4.100	4.583
Crotalária	2.000	3.200	2.000	2.400
Aveia-preta	9.550	5.000	8.000	7.517

M* = Média				

Apêndice 22 - Valores de umidade do solo avaliada com o solo saturado e às tensões de 0,5; 2; 6; 10; 30; 50; 100 e 200 KPa, na profundidade de 5cm.

Tratamentos	Tensão - KPa								
	Sat	0,5	2	6	10	30	50	100	200
Tremoco + Aveia-preta	% volume								
	59,9	57,5	53,8	47,5	43,9	38,8	37,0	35,4	34,0
	61,3	60,0	55,2	47,7	45,0	39,0	36,8	35,2	33,7
	56,7	55,2	51,1	45,3	42,1	36,7	35,5	33,3	31,3
Média	59,3	57,6	53,4	46,8	43,7	38,2	36,4	34,6	33,0
Tremoco	60,3	58,7	53,8	43,9	39,9	35,2	33,6	32,0	30,7
	59,0	57,7	52,4	44,8	41,2	36,2	35,4	33,6	32,2
	56,1	55,0	51,0	44,8	41,4	36,9	35,4	33,7	33,3
	58,5	57,1	52,4	44,5	40,8	36,1	34,8	33,1	32,1
Centeio	58,1	56,4	52,1	44,8	41,4	36,5	34,6	33,3	32,1
	59,8	57,3	53,3	46,4	44,1	38,3	36,3	34,2	33,6
	58,0	55,7	51,5	44,9	41,4	36,8	35,7	34,4	32,8
	58,6	56,5	52,3	45,4	42,3	37,2	35,5	34,0	32,8
Aveia-branca	61,2	58,5	52,7	44,4	40,5	36,7	36,2	34,0	33,4
	60,9	58,5	52,2	44,1	41,9	36,7	35,1	33,7	32,6
	55,5	53,9	51,3	45,9	43,0	39,8	38,8	38,4	37,5
	59,2	57,0	52,1	44,8	41,8	37,7	36,7	35,4	34,5
Chicharo	58,9	55,8	51,9	44,4	40,6	35,5	33,8	32,1	30,6
	62,1	58,6	53,2	44,6	42,1	36,1	33,8	31,4	30,2
	58,0	55,7	51,2	44,0	40,7	35,7	33,8	31,9	30,1
	59,7	56,7	52,1	44,3	41,1	35,8	33,8	31,8	30,3
Trigo	60,6	57,7	52,4	43,5	39,9	35,8	26,5	33,1	31,8
	63,4	60,0	54,0	45,5	41,6	37,2	35,8	34,5	32,8
	63,0	60,9	54,6	43,4	40,0	37,5	36,2	34,1	30,7
	62,3	59,5	53,7	44,1	40,5	36,8	32,8	33,9	31,8
Crotalaria	60,9	59,0	53,6	44,7	41,0	36,5	34,6	33,1	31,3
	60,0	57,9	51,4	41,5	37,6	33,0	31,3	29,7	28,6
	58,7	56,6	53,3	45,3	41,6	36,6	35,3	33,9	32,7
	59,9	57,8	52,8	43,8	40,1	35,4	33,7	32,2	30,9
Aveia-preta	68,7	65,3	58,3	43,9	40,6	36,1	34,4	32,4	30,9
	57,1	55,5	53,4	47,0	43,7	38,9	37,8	36,5	35,2
	58,2	57,5	51,6	43,4	39,7	34,5	34,0	32,3	31,2
	61,3	59,4	54,4	44,8	41,3	36,5	35,4	33,7	32,4

Apêndice 23 - Valores de umidade do solo avaliada com o solo saturado e às tensões de 0,5; 2; 6; 10; 30; 50; 100 e 200 KPa, na profundidade de 15cm.

Tratamentos	Tensão - KPa								
	Sat	0,5	2	6	10	30	50	100	200
Tremoco + Aveia-preta	% volume								
	59,8	57,6	53,3	46,0	42,7	38,3	37,0	35,7	34,8
	59,8	58,0	54,6	48,4	45,7	40,0	38,3	36,9	35,1
	57,5	56,4	52,9	45,1	41,4	37,1	36,9	35,7	34,1
Média	59,0	57,3	53,6	46,5	43,3	38,5	37,4	36,1	34,7
Tremoco	59,7	58,0	53,4	44,6	40,8	36,3	35,4	34,2	33,2
	60,1	57,6	53,3	45,4	42,3	38,4	37,1	35,4	34,4
	56,1	55,7	52,7	46,3	43,0	39,2	38,9	37,6	36,6
	58,6	57,1	53,1	45,4	42,0	38,0	37,1	35,7	34,7
Centeio	60,6	59,2	55,6	47,2	43,3	38,2	37,0	35,7	34,6
	63,8	61,3	53,1	44,2	41,6	36,3	34,5	32,9	31,9
	57,5	55,5	51,8	45,7	42,8	39,8	37,9	36,6	35,8
	60,6	58,7	53,5	45,7	42,6	38,1	36,5	35,1	34,1
Aveia-branca	61,3	58,8	54,0	46,0	42,0	37,4	36,1	34,5	32,9
	57,5	56,4	52,9	46,3	44,4	39,9	38,6	37,3	36,4
	56,5	54,8	52,0	44,5	41,0	36,8	35,8	34,6	33,9
	58,4	56,7	53,0	45,6	42,5	38,0	36,8	35,5	34,4
Chicharo	60,0	57,9	54,4	45,9	41,8	36,9	35,8	34,5	34,3
	59,7	58,4	54,1	44,9	42,5	37,6	36,0	34,6	33,6
	58,5	56,1	52,4	44,3	40,5	36,7	35,2	33,3	32,2
	59,4	57,5	53,6	45,0	41,6	37,1	35,7	34,1	33,4
Trigo	58,2	56,7	53,1	46,7	43,5	40,3	39,7	38,6	37,1
	56,9	56,1	52,4	45,9	42,7	39,3	38,2	37,2	35,9
	59,9	58,3	53,4	44,3	40,0	35,1	33,8	32,0	30,6
	58,3	57,0	53,0	45,6	42,1	38,2	37,2	35,9	34,5
Crotalaria	59,0	57,3	53,3	45,4	41,8	37,8	36,4	34,8	33,4
	62,6	60,0	53,6	45,6	42,5	37,3	35,8	34,1	33,6
	58,9	57,6	53,6	44,3	40,0	35,1	34,3	32,8	31,6
	60,2	58,3	53,5	45,1	41,4	36,7	35,5	33,9	32,9
Aveia-preta	62,2	59,9	56,1	45,8	42,3	38,2	36,6	35,0	33,8
	59,3	57,3	54,2	45,6	41,3	35,8	34,8	33,3	32,0
	59,7	57,9	54,2	45,8	41,9	36,1	35,0	33,6	31,7
	60,4	58,4	54,8	45,7	41,8	36,7	35,5	34,0	32,5

Apêndice 24 - Valores de umidade do solo avaliada com o solo saturado e às tensões de 0,5; 2; 6; 10; 30; 50; 100 e 200 KPa, na profundidade de 30cm.

Tratamentos	Tensão								
	Sat	0,5	2	6	10	30	50	100	200
Tremoco + Aveia-preta	% volume								
	62,1	59,6	55,4	44,0	38,7	33,3	31,7	30,4	29,3
	63,2	61,3	56,8	47,7	44,4	38,1	36,2	34,7	33,8
	65,8	62,6	57,3	44,3	39,6	34,9	33,5	31,8	29,6
Média	63,7	61,2	56,5	45,3	40,9	35,4	33,8	32,3	30,9
Tremoco	62,4	59,5	54,7	43,0	38,3	33,6	32,4	31,2	30,1
	59,6	57,7	53,3	44,2	40,2	35,4	34,0	32,0	30,3
	60,1	59,0	53,1	40,6	36,2	31,8	30,8	29,6	28,6
	60,7	58,7	53,7	42,6	38,2	33,6	32,4	30,9	29,7
Centeio	63,4	61,1	56,1	45,8	40,5	34,6	32,6	30,9	29,5
	62,1	60,5	54,9	43,8	40,4	34,3	32,6	30,9	29,3
	59,3	57,6	53,1	41,8	37,4	32,9	31,4	30,1	29,8
	61,6	59,7	54,7	43,8	39,4	33,9	32,2	30,6	29,2
Aveia-branca	60,5	59,0	55,4	45,9	41,1	35,7	33,9	32,2	30,8
	60,0	58,6	54,4	44,5	41,7	35,6	33,7	32,1	31,0
	59,8	58,4	53,5	43,2	38,3	33,0	32,1	30,5	29,6
	60,1	58,7	54,4	44,5	40,4	34,8	33,2	31,6	30,5
Chicharo	63,6	60,5	56,0	44,9	39,8	34,7	33,1	31,7	30,5
	62,5	59,7	55,0	45,3	42,2	36,4	34,4	32,0	30,6
	58,7	57,6	52,7	44,3	39,7	34,1	32,6	31,0	29,7
	61,6	59,3	54,6	44,8	40,6	35,1	33,4	31,6	30,3
Trigo	60,4	58,7	54,6	45,1	40,9	36,8	35,7	34,2	32,9
	61,4	59,4	54,5	45,3	40,7	36,2	35,6	33,7	32,3
	60,3	58,6	54,4	44,3	39,8	34,0	32,8	31,2	29,8
	60,7	58,9	54,5	44,9	40,5	35,7	34,7	33,0	31,7
Crotalaria	65,2	61,4	56,4	46,3	42,4	37,1	34,9	32,9	31,4
	65,0	63,3	58,4	46,5	42,3	35,0	32,8	31,1	30,0
	58,2	58,2	53,3	42,6	38,1	33,2	32,1	30,8	29,8
	62,8	61,0	56,0	45,1	40,9	35,1	33,3	31,6	30,4
Aveia-preta	60,9	59,2	53,9	44,6	39,7	35,2	34,2	32,7	31,6
	63,3	60,5	56,8	47,6	43,1	36,4	35,1	33,5	31,9
	57,9	56,5	52,1	41,8	37,6	32,2	31,3	30,1	29,0
	60,7	58,7	54,3	44,7	40,1	34,6	33,5	32,1	30,8

Apêndice 25 - Valores do potencial matricial de água no solo para os tratamentos estudados na profundidade de 10cm, no período de 09.01 a 10.03.91, durante o ciclo da soja.

Data	Tratamentos						
	Tremço + Aveia-preta	Tremço	Centeio	Aveia-branca	Chicharo	Trigo	Crotalária
	cm de coluna de água						
09.01	-718,90	-139,10	-541,48	- 14,86	-174,10	-214,90	-240,86
10.01	-741,58	-537,46	-610,54	-156,94	-190,96	-594,16	-671,02
01.01	-616,84	-500,30	-662,20	-105,28	-213,64	-507,22	-514,78
12.01	-773,08	-626,92	-693,70	-116,52	-110,32	-391,30	-522,34
13.01	-532,42	-663,26	-552,56	-220,44	- 60,70	-471,40	-578,54
14.01	-779,38	-703,58	-497,38	-217,92	-254,74	-610,54	-662,96
15.01	-615,38	-719,96	-345,92	-125,94	-245,92	-364,84	
16.01	-600,46	-740,12	-561,64	-110,09	-327,82	-372,40	-384,50
17.01	-557,62	-609,08	-564,16	- 86,68	-313,96	-327,04	-450,84
18.01	-519,20	-156,32	- 2,60		-194,12	-612,44	- 2,60
19.01	-487,06	-136,78		- 18,34	-193,48		-725,20
20.01	-295,54	-133,00				-618,10	-267,82
21.01	-260,26	- 73,78	-601,72			-615,58	-267,82
22.01	-122,03	- 2,6	-194,12	- 58,04	-173,96	- 74,42	-270,98
23.01	-264,68	- 66,86	-515,42	- 58,04	- 60,56	-361,70	-234,44
28.01	-171,44	- 30,32	-189,08	-196,64	-184,04	-165,14	-157,58
29.01	- 68,12	- 58,04	- 79,46	- 75,68	- 60,56	- 63,08	- 59,30
30.01	- 50,48	- 65,60	- 65,60	- 59,30	- 71,90	- 51,74	- 42,92
31.01	- 66,86	- 61,82	- 93,32	- 99,62	- 92,06	- 83,24	- 88,28
01.02	- 97,72	- 43,54	-110,32	-116,62	-107,80	-101,50	- 93,94
02.02	-116,62	- 44,80	-120,40	-112,84	- 93,94	- 88,90	-114,10

(Continua...)

(...continuação)

03.02	- 67,48	- 39,76	- 93,94	-104,02	- 80,08	- 76,30	- 70,00	- 35,98
04.02	-156,32	- 56,78	-152,54	-155,06	-165,14	-146,24	-153,00	- 18,98
05.02	-147,50	- 59,30	-146,24	-168,92	-166,40	-165,14	-163,88	- 11,42
06.02	-166,40	- 61,82	-147,50	-192,96	-162,62	-170,18	-194,12	- 8,90
07.02	- 68,12	- 55,52	- 81,98	- 76,94	- 65,60	- 71,90	- 63,00	- 71,90
08.02	- 75,68	- 53,00	- 90,80	- 85,76	- 79,46	- 81,98	- 75,68	- 76,94
09.02	- 93,32	- 59,30	-109,70	-113,48	- 84,50	-105,92	- 95,84	- 70,64
10.02	- 66,22	- 47,32	- 82,60	- 83,86	- 76,30	- 77,56	- 71,26	- 70,00
11.02	- 88,90	- 88,90	-106,54	- 96,46	- 88,90	- 78,82	- 82,60	- 41,02
12.02	- 86,38	- 86,38	-120,40	-119,14	- 96,46	-112,84	- 95,20	- 63,70
13.02	- 99,62	- 99,62	-121,04	-134,90	-136,16	-100,88	-110,96	- 51,74
14.02	-114,74	-114,74	-157,58	-155,06	-162,62	-142,46	-127,30	- 25,28
15.02	- 25,28	-141,20	-173,96	-181,52	-201,68	-165,14	-166,40	- 17,72
16.02	- 15,20	-166,40	-199,16	-184,04	- 64,34	-218,06	-199,16	- 24,02
17.02	-172,70	- 11,42	-205,46	-150,02	- 65,60	-225,62	-215,54	- 20,24
18.02	-189,08	- 2,60	-244,52	- 35,36	- 59,30	-179,00	-230,66	- 11,42
19.02	-160,72		-261,52	- 5,74	- 48,58	-136,78	-144,34	
20.02	-194,74		-330,82		- 41,02	- 71,26	- 71,26	
21.02	-201,04		-340,90		- 34,72	- 1,96	- 25,90	
24.02	-219,32	-417,14	-637,64	-291,14	-161,36	-514,16	-546,92	-507,86
25.02	-247,04	-473,84	-667,88	-259,64	-162,62	-504,08	-641,42	-264,68
26.02	-113,48	-505,34	-585,98	-274,76	-312,56	-361,70	-691,82	-310,04
27.02	-109,70	-560,78	-453,68	-182,78	-300,60	-276,02	-762,38	-301,22
28.02	-134,90	-477,62	-462,50	- 45,44	-404,54	-205,46	-667,96	-322,64
01.03	-221,84	-446,12	-490,22	- 24,02	-475,10	-294,92	-725,84	-360,44
02.03	- 90,16	-113,47	-185,92	- 96,46	-248,92	-116,62	-139,30	- 87,64
03.03	- 75,04	-101,50	- 96,46	- 93,94	- 95,20	- 76,30	- 90,16	- 83,86
04.03	- 59,92	- 70,00	- 67,48	- 75,04	- 71,26	- 53,62	- 63,70	- 70,00
05.03	- 84,50	-104,66	- 99,62	- 97,10	-102,14	- 81,98	- 98,36	- 99,62
07.03	- 85,76	- 98,36	- 97,10	- 99,62	-103,40	- 90,80	- 92,06	- 94,58
08.03	- 84,50	-112,22	- 99,62	-110,96	-110,96	- 98,36	-102,14	- 97,10
09.03	- 96,47	-134,90	-110,52	-132,38	-121,04	-110,96	-132,38	-116,00
10.03	-111,59	-158,84	-155,06	-175,22	-109,70	-144,98	-157,58	-147,50

Apêndice 26 - Valores do potencial matricial de água no solo para os tratamentos estudados na profundidade de 20cm, no período de 09.01 a 10.03.91, durante o ciclo da soja.

	Tratamentos							
Data	Tremço + Aveia-preta	Tremço	Centeio	Aveia-branca	Chicharo	Trigo	Crotalária	Aveia-preta
	cm de coluna de água							
09.01	-142,70	- 33,60	-143,42	- 47,44			-638,60	- 2,60
10.01	-704,66	-721,04	-433,76	-572,36	-240,98		-755,06	- 53,24
01.01	-763,88	-710,96	-617,72	-697,10	-198,14		-787,82	
12.01	-776,48	-712,22	-647,96	-472,82	- 73,40		-737,42	
13.01	-780,26	-588,98	-702,90	-124,00		-737,42	-729,80	
14.01	-785,30	-176,96		-297,88			-657,50	
15.01	-800,42	-228,90		-243,70	-132,84		-696,56	
16.01	-792,86	-101,64	-610,88	-328,12	-119,74		-585,68	- 13,94
17.01	-797,90	- 91,56	-701,60	- 89,98	- 73,12		-579,86	
18.01	-821,68		-499,12	-123,64	-334,06	-162,70	-641,50	
19.01	-732,38		-422,42	- 44,42	- 24,26		-663,08	
20.01	-694,58		-545,90					
21.01	-670,64		-262,40				-290,12	
22.01	-455,02		-388,24	-160,18			-438,64	
23.01	-476,44		-282,40	- 88,36		- 45,52	-486,52	
28.01	-172,78	-151,36	-186,64	-180,34	-160,18	-166,48	-162,70	- 39,22
29.01	-155,14	-111,04	-136,24	- 73,24	-121,12	- 85,84	- 78,28	- 30,40
30.01	-100,96	- 71,98	- 71,98	- 58,12	- 80,00	- 54,34	- 54,34	- 15,28
31.01	- 95,92	- 88,36	-104,74	- 93,40	-108,52	- 99,70	- 93,40	- 66,94
01.02	-111,20	- 92,30	-112,46	- 98,60	-111,20	-103,64	-101,12	- 23,00
02.02	-135,14	-121,28	-141,44	-106,16	-136,40	-128,84	-120,02	- 40,64

(Continua...)

(...continuação)

03.02	- 88,52	- 75,92	- 87,26	- 73,40	- 88,52	- 98,60	- 72,14	- 29,30
04.02	-169,00	-141,28	-166,48	-145,06	-161,44	-157,66	-151,36	- 5,20
05.02	-160,18	-129,94	-171,52	-136,24	-162,70	-165,22	-158,92	- 6,46
06.02	-176,56	-143,80	-186,64	-132,46	-187,90	-185,38	-180,34	- 5,20
07.02	- 92,14	- 82,06	-102,22	- 69,46	- 99,70	- 83,32	- 73,24	- 71,98
08.02	-103,48	- 75,76	- 92,14	- 64,42	- 93,40	- 89,62	- 79,54	- 74,50
09.02	-116,00	- 89,62	-114,82	- 56,86	-103,48	-111,04	-102,22	- 70,72
10.02	- 82,22	- 55,76	- 84,74	- 33,08	- 79,70	- 78,44	- 68,36	- 60,80
11.02	-114,98	- 82,22	-122,54	- 53,24	-109,94	-107,42	- 89,78	
12.02	-103,64	- 72,14	-116,24	- 46,94	-107,42	-112,46	- 93,56	- 17,96
13.02	-132,46	- 93,40	-137,50	- 74,50	-122,38	-141,28	-126,16	- 17,80
14.02	-141,28	- 94,66	-158,92	- 95,92	-141,28	-152,62	-150,10	- 39,22
15.02	-147,58	-113,56	-179,00	- 88,36	-160,18	- 74,50	-165,22	- 29,14
16.02	-170,26	-138,76	-205,54	-122,38	-190,42	-166,48	-175,30	- 40,40
17.02	-170,26	-133,72	-206,80	-106,00	-182,86	- 31,66	-200,50	- 26,62
18.02	-179,00		-234,52	- 25,36	- 49,30	-169,00	-220,66	- 1,42
19.02	-152,78	-104,90	-224,60	- 80,96	-186,80		-184,28	- 1,58
20.02	-155,30	-100,68	-251,06	- 4,1	-184,28		-149,00	
21.02	-161,60	-112,46	-282,56		-162,86		-128,84	
24.02	-233,26	-254,68	-355,48	-260,98	-268,54	-297,52	-316,42	-249,64
25.02	-272,32	-308,86	-400,84	-264,76	-316,42	-370,60	-415,96	-311,38
26.02	-268,54	-320,20	-427,30	-310,12	-338,84	-341,62	-472,66	-318,94
27.02	-237,04	-302,56	-403,36	-317,68	-334,06	-292,48	-543,22	-296,26
28.02	-243,34	-313,90	-400,40	-334,06	-331,54	-320,20	-553,30	-302,56
01.03	-257,20	-336,58	-439,90	-388,24	-332,80	-449,98	-593,62	-317,68
02.03	-162,86	-191,84	-179,24	-156,56	-275,00	-206,96	-346,82	-165,38
03.03	-100,68	-114,98	-117,50	- 92,30	-142,70	- 89,78	- 97,34	-112,46
04.03	- 89,78	- 92,30	- 97,34	- 70,88	- 68,36	- 72,14	- 74,66	- 94,82
05.03	-121,12	-116,00	-123,64	-107,26	-106,00	-100,52	- 95,92	-111,04
07.03	-109,78	-107,26	-112,30	-103,48	-100,96	- 97,18	- 85,84	-104,74
08.03	-123,64	-129,94	-128,68	-116,00	-112,30	-104,74	-100,52	-118,60
09.03	-137,50	-140,02	-143,80	-136,24	-127,42	-127,42	-118,60	-133,72
10.03	-163,96	-162,70	-152,70	-156,40	-147,58	-158,92	-138,76	-152,62

Apêndice 27 - Valores do potencial matricial de água no solo para os tratamentos estudados na profundidade de 50cm, no período de 09.01 a 10.03.91, durante o ciclo da soja.

Data	Tratamentos						
	Tremoço + Aveia-preta	Tremoço	Centeio	Aveia-branca	Chicharo	Trigo	Crotalária
	cm de coluna de água						
09.01	-178,50	-285,56	-529,00	- 38,60	-662,76	-172,30	-306,00
10.01	-275,24	-233,66	-607,88	-173,18	-342,02	-316,82	-536,06
01.01	-262,64	-412,58	- 29,54	-164,36	-224,84	- 72,38	-281,54
12.01	-207,20	-265,16	- 35,84	-155,54	-261,38		-610,40
13.01	- 9,66	-140,66	- 47,68		- 10,08		-670,14
14.01		-187,28	-763,36				- 55,26
15.01			-764,14			-245,38	
16.01	- 18,48		-768,40	-620,70	-272,16	-181,12	-148,50
17.01	- 3,36		-687,76	-703,86	-326,34	-273,10	-239,22
18.01			-485,50	- 67,18	-354,46	-278,86	-340,60
19.01			-619,22	- 39,62		-236,18	-151,76
20.01			-534,00	- 30,80		- 83,72	- 24,50
21.01			-502,04	- 35,84		- 74,90	
22.01			-558,58				- 72,22
23.01			-607,72				
28.01	- 73,48	- 31,90	-214,60	-149,00	-227,20	-160,42	-232,24
29.01	-117,58	-115,06	-209,56	-185,62	-241,06	-194,44	-239,00
30.01	- 97,42	- 94,90	- 73,48	- 79,78	- 96,16	- 93,64	-145,30
31.01	- 92,38	- 69,70	- 97,42	- 96,16	-106,24	- 81,04	-104,98
01.02	- 69,86	- 45,92	- 98,84	- 98,84	-100,10	- 92,54	-101,36
02.02	-113,96	-101,36	-124,04	-120,26	-126,56	-113,96	-119,00

(Continua...)

(...continuação)

03.02	- 73,64	- 74,90	- 87,26	-102,62	- 90,02	- 96,32	-112,70	-115,22
04.02	-120,10	- 84,82	-166,48	-154,12	-149,08	-147,82	-159,16	-145,30
05.02	-113,80	- 63,40	-171,52	-135,22	-146,56	-139,00	-156,64	-149,08
06.02	-140,26	- 86,08	-186,64	-157,90	-165,46	-162,94	-171,76	-169,24
07.02	- 92,38	- 86,08	-102,22	-121,36	-135,22	-122,62	-139,00	-141,52
08.02	- 55,84	- 25,60	- 92,14	- 82,30	- 81,04	- 83,56	- 88,60	- 82,30
09.02	- 63,40	- 50,80	-114,82	- 98,68	- 84,82	- 96,16	-107,50	- 92,38
10.02	- 59,78	- 37,10	- 84,74	- 86,24	- 79,94	- 72,38	- 93,80	- 92,54
11.02	- 24,50		-122,54	-119,00	-112,70	-110,18	-117,74	-106,40
12.02	- 30,80	- 29,54	-116,24	-103,88	- 93,80	- 96,32	-106,40	- 95,06
13.02	- 0,40	- 0,40	-137,50	-128,92	-126,40	-116,32	-137,74	-121,36
14.02	- 86,08	- 59,62	-158,92	-139,00	-176,80	-125,14	-149,16	-141,52
15.02	- 33,62	- 1,56	-179,08	-145,30	- 83,56	-142,78	-162,94	-146,56
16.02		- 54,58	-205,54	-178,06	-132,70	-152,86	-179,32	-141,52
17.02			-206,80	-147,82	-106,24	-155,38	-181,84	-108,76
18.02			-234,52	-162,94		-151,60	-186,88	- 94,90
19.02			-224,60	-141,68	-132,86	-137,90	-173,18	- 45,92
20.02			-251,06	-139,16	-126,56	-135,38	-169,40	
21.02			-282,56	-131,60	- 81,20	-121,52	-163,10	
24.02	-223,42	-214,60	-355,48	-217,12	-181,84	-219,64	-214,60	-233,50
25.02	-236,02	- 79,78	-400,84	-170,50	-251,14	- 48,28	-232,24	-258,70
26.02	-268,78	-239,80	-427,30	-136,48	-167,98	-259,96	- 83,56	-268,78
27.02	-238,54	-228,46	-403,36	- 82,30	-128,92	-234,76	- 78,52	-249,38
28.02	-236,02	-236,02	-408,40	-102,46	-140,26	-243,58	- 50,80	-265,00
01.03	-238,54	-257,44	-439,90	-171,76	-175,54	-272,56		-290,20
02.03	-217,28	-238,70	-179,24	-169,40	-195,86	-250,04	-198,38	-246,26
03.03	-189,56	-207,20	-117,50	-194,60	-227,36	-236,18	-228,62	-265,16
04.03	-131,60	-121,52	- 97,34	-156,80	-193,34	-168,14	-223,58	-189,56
05.03	-111,28	-106,24	-123,64	-113,80	-131,44	-139,00	-123,88	-121,36
07.03	- 94,90	- 84,82	-112,30	- 96,16	-110,02	-104,98	- 93,64	- 98,68
08.03	-115,06	- 96,16	-128,68	-118,84	-131,44	-120,10	-113,80	-122,62
09.03	-117,58	- 99,94	-143,80	- 93,64	- 60,88	-135,22	-108,76	-125,14
10.03	-136,48	- 92,38	-152,70	-115,06	- 64,66	-145,30	-136,48	-141,52

Apêndice 28 - Descrição morfológica de um perfil do solo estudado*.

Classificação: LATOSSOLO ROXO álico A moderado textura muito argilosa.

Município: Palmital-SP

Situação e Declive: Trincheira aberta em superfície aplainada com menos de 2% de declive sobre cana-de-açúcar.

Geologia e Material de Origem: Produto de decomposição do basalto da formação Serra Geral.

Relevo: Plano

Drenagem: Bem drenado

Vegetação Primária: Floresta tropical subperenifólia

Uso Atual: Cana-de-açúcar em péssimo estado.

(Continua...)

(...continuação)

Ap - 0 - 16cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/3,5, úmida, 3/4, seca); muito argiloso; moderada/forte médios blocos subangulares firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

AB - 16 - 37cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/3,5, úmida, 3/4, seca); muito argilosa; moderada/fraca médios blocos subangulares friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA - 37 - 64cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/4, úmida, 3/4,5, seca) muito argilosa; fraca pequena blocos subangulares e maciça porosa; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente, pegajosa; transição difusa e plana.

(Continua...)

(...continuação)

Bw1 - 64 - 104cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/4, úmida, 3/5, seca); muito argilosa; maciça porosa; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bw2 - 104 - 150cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/4, úmida, 3/5, seca); muita argilosa; maciça porosa; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bw3 - 150 - 200cm; bruno-avermelhado-escuro (1YR 3/4, úmida, 3/5, seca); muita argilosa; maciça porosa; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

* PRADO, H. do. (Seção de Pedologia, Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, Campinas, SP). Comunicação pessoal, 1992.

Apêndice 29 - Caracterização química de um perfil do solo estudado*.

Horizonte		pH		Bases Trocáveis				Valor S		Acidez		Hidrogênio		Valor T		Valor V		Sat. com Al ³⁺	
Símbolo	Prof.	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	(Ca, Mg, K, Na)	Trocável (Al ³⁺)		Extraível (H ⁺)	(S, Al, H)	$\frac{100.S}{T}$		$\frac{100.Al^{3+}}{S+Al^{3+}}$				
lo	(cm)																		
																meq/100g		%	
Ap	0- 16	5,2	4,4	1,9	1,3	0,08	0,01	3,29	0,4		4,8	8,49	38,75			10,84			
AB	16- 37	4,7	4,1	0,7	0,4	0,04	0,00	1,14	1,3		3,7	6,14	18,57			53,28			
BA	37- 64	4,8	4,3	0,4	0,3	0,02	0,00	0,72	1,0		3,5	5,22	13,79			58,14			
Bw1	64-104	4,8	4,3	0,3	0,4	0,04	0,00	0,74	0,7		3,7	5,14	15,37			48,61			
Bw2	104-150	4,7	4,4	0,3	0,3	0,04	0,01	0,65	0,6		3,1	4,35	14,94			48,00			
Bw3	150-200	4,6	4,4	0,3	0,2	0,02	0,03	0,55	0,6		3,0	4,15	13,25			52,17			

(Continua...)

(...continuação)

Horizonte		C	N	Complexo		Relações Moleculares	
Símbolo	Profundidade (cm)	(Orgânico)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ (K1) Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
----- % -----							
Ap	0- 16	2,1	0,16	18,8	19,0	0,99	0,77
AB	16- 37	1,6	0,13	19,5	20,0	0,98	0,79
BA	37- 64	1,2	0,11	20,2	20,0	1,01	0,78
Bw1	64-104	1,0	0,07	19,5	20,0	0,98	0,77
Bw2	104-150	0,9	0,07	19,5	20,0	0,98	0,77
Bw3	150-200	0,8	0,05	20,2	21,0	0,96	0,81

* PRADO, H. do. (Seção de Pedologia, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP).
Comunicação pessoal, 1992.