

EFEITO DO MANEJO CONVENCIONAL E REDUZIDO NA CULTURA DO MILHO  
(Zea mays, L.) EM QUATRO SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.

ROMEU BENATTI JUNIOR  
Engenheiro-Agrônomo Mestre

Orientador: Prof.Dr. GERALDO VICTORINO DE FRANÇA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, na área de Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Dezembro, 1981

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof.Dr. Geraldo Victorino de França, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela amizade e segura orientação, durante o curso de pós-graduação e no desenvolvimento deste trabalho.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelas oportunidades e ensinamentos oferecidos.
- Ao Instituto Agronômico, cabeceira das pesquisas agronômicas no Estado de São Paulo, fonte de onde dimanaram inspirações para um aluvião de soluções racionais, templo de cultura onde iniciei os primeiros passos em conservação do solo.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudo.
- À todos os funcionários do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

## OFERECIMENTO

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",  
nascida do sonho de um homem para servir à comunidade;  
ponto de irradiação de lumináres e índice de referência  
do ensino agrônômico;  
cadinho onde se forjaram no ontem, os técnicos que, hoje,  
preparam as colheitas do amanhã;  
cuja tradição se formou cultivando cérebros, difundindo  
ensinamento consciente e objetivo, que permite analisar,  
propor e criar, sempre amando cada pedaço de chão que pro  
duz o alimento;  
sol nascente que aquece a cultura nos campos do Brasil,

ofereço este trabalho.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	ix
SUMMARY .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. Sistemas de manejo do solo .....	5
2.2. Tipos de máquinas e implementos .....	12
2.3. Efeito de sistemas de manejo do solo sobre a produção .....	17
2.4. Efeito de sistemas de manejo sobre as er- vas daninhas .....	22
2.5. Efeito de sistemas de manejo sobre as per- das de terra por erosão e de água por de- flúvio .....	24
2.6. Efeitos físicos de sistemas de manejo no estado de agregação e na umidade do solo .	27
2.7. Efeito de sistemas de manejo sobre o rendi- mento operacional e consumo de combustível	30
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1. Material .....	32
3.1.1. Equipamento de manejo do solo .....	32

3.1.2. Solos .....	35
3.1.3. Descrição geral das áreas de estudo .....	38
3.1.3.1. Geomorfologia e geologia.	38
3.1.3.2. Localização e clima .....	42
3.2. Métodos .....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO . .....	56
4.1. Efeito de sistemas de manejo sobre a produção de milho .....	56
4.2. Efeito de sistemas de manejo sobre as perdas de terra e de água .....	58
4.3. Efeito de sistemas de manejo no estado de agregação e na umidade do solo .....	62
4.4. Efeito de sistemas de manejo sobre o rendimento operacional e consumo de combustível .....	67
4.5. Comparação dos resultados obtidos nas quatro unidades de solo onde foram efetuados os ensaios .....	73
5. CONCLUSÕES .....	77
6. LITERATURA CITADA .....	80

## LISTA DE QUADROS

	Página
1 - Cronogeologia das áreas de Campinas, de Mococa, de Ribeirão Preto e de Pindorama .....	41
2 - Ensaio incluídos no desenvolvimento da Tese ..	54
3 - Produção média de milho em grãos, em kg/ha, de 1973/74 até 1978/79, de sistemas de manejo do solo em quatro locais do Estado de São Paulo ..	57
4 - Perdas anuais de terra e de água no sistema convencional e no plantio direto na cultura de milho, no Latossolo Roxo com declividade de 6,3 %, e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília com declividade de 10,8 % .....	59
5 - Comparação entre as médias dos índices de agregação obtidos pela análise dos agregados estáveis em água, no Latossolo Roxo de Campinas ...	63
6 - Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo, na Estação Experimental de Tatuí, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba, em áreas de 1 ha para cada tratamento, para avaliação do rendimento de trabalho em horas/ha, e do consumo de combustível em litros/ha	68

7 - Sistemas de manejo de solo na cultura do milho com relação à rendimento de trabalho em horas/ha, e consumo de combustível em litros/ha, em áreas de 2 ha para cada tratamento, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto .....	71
--	----

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Campinas, SP.....	43
2 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Ribeirão Preto, SP .....	45
3 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Mocóca, SP.....	47
4 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Pindorama, SP .....	49
5 - Perdas médias de terra e de água, durante o período de 1974/75 até 1978/79 em dois sistemas de manejo, e em duas unidades de solo ..	60

6 -	Variação da umidade em % de peso e a precipitação pluviométrica ocorrida na semana, no sistema de manejo convencional e no plantio direto, no Latossolo Roxo, durante o período de 13/11/79 a 19/05/80 .....	65
7 -	Variação da umidade em % de peso e a precipitação pluviométrica ocorrida na semana, no sistema de manejo convencional e no plantio direto, no Latossolo Roxo, durante o período de 15/10/80 até 18/02/81 .....	66
8 -	Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo e o rendimento de trabalho em horas/ha, na Estação Experimental de Tatuí ....	69
9 -	Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo e o consumo de combustível em litros/ha, na Estação Experimental de Tatuí ...	70
10 -	Sistemas de manejo do solo na cultura do milho em relação ao rendimento de trabalho em horas/ha, e o consumo de combustível em litros/ha, em áreas de 2 ha para cada tratamento, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto..	72

EFEITO DO MANEJO CONVENCIONAL E REDUZIDO NA CULTURA DO MILHO  
(Zea mays, L.) EM QUATRO SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Candidato: Romeu Benatti Junior

Orientador: Prof.Dr. Geraldo Victorino de França

RESUMO

Três sistemas de manejo do solo - o convencional, o preparo reduzido e o plantio direto - foram estudados com relação aos seus efeitos sobre a produção do milho, sobre as perdas por erosão, sobre a umidade do solo, sobre o estado de agregação das partículas, sobre o rendimento de trabalho e consumo de combustível. Os estudos foram desenvolvidos em quatro unidades de solo do Estado de São Paulo: Latossolo Roxo, Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba e Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília.

Os resultados obtidos para cada unidade de solo foram os seguintes:

1. Latossolo Roxo

a. A produção de milho em grãos, em kg/ha, não diferiu estatisticamente nos três sistemas de manejo;

b. O plantio direto foi superior ao sistema de manejo convencional nos seguintes itens:

- reduziu em 59,0 % as perdas de terra em t/ha na declividade de 6,3 %, e reduziu em 34,0 % as perdas de água em mm;

- aumentou o índice dos agregados de diâmetro médio estáveis em água.

c. Apresentou igual ou maior disponibilidade de água para as plantas durante o ciclo vegetativo do milho.

## 2. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo ortó

a. A produção de milho em grãos, em kg/ha, foi estatisticamente superior no sistema de manejo convencional e no preparo reduzido, quando comparada com o plantio direto;

b. O plantio direto foi superior ao preparo reduzido e ao sistema de manejo convencional quanto à eficiência de trabalho (25,0 %, 70,5 % e 100 % de tempo relativo necessário, respectivamente) e, no consumo relativo de combustível (19,5 %, 62,8 % e 100 %, respectivamente).

3. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba

a. O plantio direto reduziu para 48,6 % o tempo de preparo e plantio do milho, e baixou para 44,0 % o consumo de combustível em relação ao sistema de manejo convencional.

4. Solo Podzólico Lins e Marília variação Marília

a. A produção de milho em grãos, em kg/ha, foi estatisticamente superior no sistema de manejo convencional e no preparo reduzido quando comparada com o plantio direto;

b. O plantio direto reduziu em 75,0 % as perdas de terra em t/ha, em declividade de 10,8 %; e reduziu em 49,0 % as perdas de água em mm, quando comparadas com o sistema de manejo convencional.

The effects of the conventional and reduced tillage on corn (Zea mays, L.) on four soils of the State of São Paulo.

Candidate: Romeu Benatti Junior

Adviser: Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

## SUMMARY

Three soil tillage procedures - conventional, reduced tillage and no-tillage - were studied as to their effect on corn production, soil erosion, soil moisture, state particle aggregation, work efficiency, and fuel consumption. The study was carried out on four soil units occurring in the State of São Paulo, namely "Roxo Latosol", Ortho-Red Yellow Podzolic, Red Yellow Podzolic - Piracicaba variation and "Lins Marilia" Podzolized soil - Marilia variation.

The results obtained for each of the soil units were as follows:

### 1. "Roxo" Latosol

a. Corn production (kg/ha) did not differ statistically among the three tillage procedures;

b. No-tillage procedure was better than conventional tillage in the following:

- a reduction of 59 % on soil loss (t/ha) due to erosion (6.3 % slope) and a decrease of 34 % in soil moisture loss (mm);

- an increase on aggregate mean-weight diameter.

c. Available water throughout the plants vegetative cycle was similar or bigger for both tillage procedures.

## 2. Ortho Red Yellow Podzolic Soil

a. Corn production (kg/ha) was statistically superior for both conventional and reduce tillage as compared with no-tillage;

b. No-tillage performed better than the other two procedures in work efficiency (25 %, 75 % and 100 % of relative time needed, respectively), and fuel consumption (19.5 %, 62.8 % and 100 % of relative fuel consumption, respectively).

3. Red Yellow Podzolic Soil - Piracicaba variation

a. No-tillage decreased 48.6 % the sowing time for corn and 44 % the fuel consumption in relation to conventional tillage.

4. "Lins-Marilia" Podzolized Soil - Marilia variation

a. Corn production (kg/ha) was statistically superior for both conventional and reduced tillage as compared with no tillage;

b. No-tillage was better than the conventional tillage procedure in that it reduced soil loss (t/ha) due to erosion (10.8 % slope) by 75 % and moisture loss (mm) by 49 %.

## 1. INTRODUÇÃO

O problema da erosão do solo no Brasil está relacionado com o sistema de manejo utilizado pelo agricultor. O preparo intensivo do solo está sendo um dos maiores responsáveis pelo aumento da erosão. Nenhuma prática conservacionista atualmente em uso poderá controlar as perdas de terra, se não forem mudados os sistemas de manejo.

O preparo do solo em que o terreno é arado, e logo a seguir é gradeado por duas, três ou até quatro vezes, tem contribuído para a destruição da estrutura do solo e a formação de uma camada compactada logo abaixo da superfície. Os usos indiscriminados do arado de discos e da grade de discos, que em função da velocidade de trabalho provocam uma desagregação do solo, ajudam a destruir a estrutura na camada superficial do solo.

Quando ocorrem chuvas intensas e o solo está desprotegido, resulta a erosão, notadamente a do tipo laminar; em consequência, o carregamento de material do solo para os canais dos terraços provoca o assoreamento dos mesmos e o extravasamento das águas, agravando a erosão pelo rompimento dos terraços, ou pela passagem da água de um terraço para outro.

A formação de uma camada de solo compactada se deve ao excessivo número de passagens de máquinas no terreno, ao preparo por anos seguidos com o mesmo tipo de implemento, sempre à mesma profundidade, e ao preparo do solo quando ainda há excesso de umidade. Esta camada compactada provoca uma série de problemas que vai prejudicar tanto o solo como o próprio rendimento da cultura.

Uma das maneiras para diminuir os problemas de estrutura e compactação do solo é reduzir o preparo, podendo-se chegar até o plantio direto, quando isto for possível.

As práticas de manejo desempenham um papel importante no processo de erosão pela água. Nas áreas cultivadas, as partículas que formam os agregados do solo são separadas pelo impacto das gotas de chuva e carregadas pela água que escorre.

Uma das qualificações da moderna agricultura é, sem dúvida alguma, a mecanização cada vez mais intensificada das operações agrícolas e, conseqüentemente, a preocupação da conservação do solo. O homem, na medida em que procura reduzir a participação do trabalho braçal, recorrendo ao uso da máquina, também deve ter em mente a proteção devida contra a deterioração do solo, que tem como parciais responsáveis a intensidade de agricultura, e a mecanização dos tratos culturais.

Este trabalho compara e avalia os efeitos de três sistemas de manejo do solo na cultura do milho: o sistema convencional, o preparo reduzido, e o plantio direto, em quatro unidades de solo: Latossolo Roxo, Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba, e Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, visando determinar quais as vantagens e desvantagens desses sistemas de manejo, para os solos considerados.

Os sistemas de manejo do solo foram analisados e comparados com relação a:

- a. Efeito dos sistemas de manejo sobre a produção do milho em grãos, em kg/ha;
- b. Efeito dos sistemas de manejo sobre as perdas de terra em t/ha, e as perdas de água em mm;

- c. Efeitos físicos de sistemas de manejo na umidade do solo, e no estado de agregação das partículas;
- d. Efeito de sistemas de manejo sobre o rendimento de trabalho em horas/ha, e consumo de combustível em litros/ha.

Espera-se, com a realização deste trabalho, contribuir para o estabelecimento de sistemas de manejo específicos, de acordo com as condições locais de solo, para a cultura do milho.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Sistemas de manejo do solo

A princípio o solo era preparado para o plantio através de instrumentos manuais que apresentavam uma baixa capacidade operacional.

Porém, com o correr dos tempos, os sistemas de preparo e de cultivo foram sendo aprimorados visando aumentar o seu rendimento.

Máquinas e implementos agrícolas, cada vez mais aperfeiçoados, foram sendo empregados, com isto possibilitando ao homem preparar e trabalhar grandes extensões de terra, dispendendo um menor esforço físico.

Segundo DACY (1916), o arado vem sendo utilizado pelo homem há mais de cinco mil anos, e ainda é, com algumas modificações, a principal máquina no preparo do solo, e a melhor ferramenta para soltá-lo, aumentando a porosidade da camada onde se desenvolvem as raízes e que fornece a água e os nutrientes necessários para a germinação e crescimento das plantas cultivadas.

DACY (1916) e PAGE (1949) defenderam o arado, tendo como símbolo da agricultura, e o consideraram o principal implemento utilizado pelos agricultores, de todas as partes do mundo, no preparo e no cultivo do solo.

YODER (1937), preocupado com o problema de mobilização do solo, ressaltou que essa operação constitui um dos itens que mais onera a produção, sendo considerado como arte, pois o conhecimento sobre o assunto é empírico. Acreditando que o problema era essencialmente de estrutura do solo preconizou que os requisitos de estrutura do solo para as plantas cultivadas fossem investigados em diferentes solos; a influência dos implementos de cultivo e os sistemas de manejo fossem avaliados em termos de modificações produzidas no próprio solo e as causas naturais de agregação fossem estudadas com maior detalhe, a fim de permitir que os conhecimentos obtidos fossem utilizados de forma mais efetiva na formação de uma estrutura adequada, conforme a natureza do solo.

FAULKNER (1943) classificou os arados como prejudiciais, argumentando que os mesmos, enterrando a vegetação e os restos culturais existentes na superfície do solo, iam contra a disposição encontrada na natureza, em que os restos orgânicos ficam sobre a superfície do solo, protegendo-o e liberando nutrientes para as plantas gradualmente, à medida que vão se decompondo, ao passo que os restos orgânicos sendo enterrados formam uma camada isolante dentro do solo, prejudicando a produção das culturas. Ele foi contra o princípio segundo o qual, de um modo geral, quanto maior o revolvimento do solo, maior seria a produção das culturas. Este mesmo pesquisador reconhecia no arado o maior causador da erosão do solo, chegando a afirmar que não há razão científica para se proceder à aração.

Da mesma forma, PHILLIPS e YOUNG (1973) concluíram que a devastação provocada pelo arado é grande.

Assim, as pesquisas neste setor foram intensificadas para confirmar ou desmentir os pesquisadores que condenavam o uso indiscriminado do arado.

Surgiu um sistema que consiste em arar e plantar em uma única operação, reduzindo o custo de produção para o agricultor e aumentando o seu lucro por unidade de área, o qual foi chamado de cultivo mínimo (minimum tillage). O conceito da palavra "tillage" inclui preparo, plantio e cultivo.

FREE (1953) apontou três principais sistemas de manejo do solo para a cultura do milho: a) o sistema convencional, que consiste em aração, gradagem, sulcação do terreno, e cultivos subsequentes necessários para o controle das ervas daninhas; b) o cultivo mínimo ou reduzido, sistema este em que máquinas convencionais são usadas, porém as operações de revolvimento do solo são diminuídas; e c) plantio sem preparo, que é definido como sendo o mínimo possível de manipulação do solo para um plantio satisfatório, germinação, "stand", crescimento e produção da cultura.

FREE (1960) deu a entender que o cultivo mínimo para a cultura do milho surgiu no Estado de Ohio, USA, e deste polo se disseminou para outras áreas em que o milho é um dos principais produtos agrícolas.

OVERDAHL et alii (1959) descreveram métodos imaginados e utilizados com esta finalidade. No geral, depois da colheita, os restos culturais são picados ou cortados, e um facho do subsolador solta e abre o subsolo para formar uma série de camalhões grosseiros que ajuda a água a penetrar.

BROWNING e NORTON (1945), MUSGRAVE et alii (1955), MEYER e MANNERING (1961), JONES et alii (1968) e SHEAR (1968), entre outros pesquisadores, procuraram desenvolver novos métodos ou sistemas de manejo adaptados às diversas condições de

clima e de solo, visando diminuir o tráfego de máquinas agrícolas sobre a área cultivada, ou pela diminuição de algumas operações de preparo, ou ainda pela execução de mais de uma operação em uma única passada do trator.

O cultivo mínimo é definido por FREE (1960) como sendo a manipulação ou o revolvimento mínimos do solo para que se obtenha uma satisfatória semeadura, germinação, crescimento e produção de uma cultura; com este procedimento procura-se eliminar ou reduzir a severidade de algumas operações de preparo, ou ainda pela execução de mais de uma operação em uma única passada do trator.

O cultivo mínimo é definido por FREE (1960) como sendo a manipulação ou o revolvimento mínimos do solo para que se obtenha uma satisfatória semeadura, germinação, crescimento e produção de uma cultura; com este procedimento procura-se eliminar ou reduzir a severidade de algumas operações de preparo e de cultivo, bem como diminuir o número de passadas do trator no terreno cultivado.

BROWNING e NORTON (1945), PAGE et alii (1946), MUSGRAVE et alii (1955), COOK et alii (1958), MEYER e MANNERING (1961), FREE et alii (1966), SHEAR (1968), BURWELL et alii (1968) e BLEVINS et alii (1971) alertaram que as tradicionais práticas de manejo do solo em geral criam condições de física

do solo que restringem a infiltração da água, compactam o solo, destroem a sua estrutura, aumentam o deflúvio e a remoção do solo e nutrientes, favorecem o aparecimento de ervas daninhas e principalmente acarretam alto custo quando comparadas aos sistemas de cultivo mínimo.

As pesquisas com cultivo reduzido datam de muito tempo, e os resultados de modo geral, indicam que um grande número de culturas não mostra variações significativas de produção, quando cultivados sob condições de revolvimento mínimo do solo, em relação ao sistema convencional.

SHANHOLTZ e LILLARD (1970) relataram que há muitos anos o Instituto Politécnico de Virgínia, USA, vem desenvolvendo pesquisas sobre manejo do solo visando obter um sistema ideal que: a) reduza a quantidade de operações de preparo do solo; b) mantenha uma estrutura tal que permita uma ótima germinação da semente e desenvolvimento satisfatório da planta, e uma boa penetração e armazenamento da água no solo; c) faça maior uso benéfico dos resíduos da cultura precedente pela diminuição da evaporação e das perdas de terra e de água pela erosão.

SHEAR (1968) e PRICE (1972) classificaram o plantio sem preparo ou plantio direto (no tillage) como sendo a mais nova técnica em sistemas de manejo reduzido do solo.

O conceito do "no tillage" foi explicado por SHEAR (1968) e consiste em: a) eliminar a vegetação existente com um herbicida que tem a ação de pré-emergência; b) plantar a semente e colocar fertilizantes para o desenvolvimento inicial, movimentando o solo o mínimo possível; e c) colheita.

PRICE (1972) descreveu o conceito do plantio direto como: na época do plantio, no solo sem ser arado aplica-se um herbicida de contato e, dias depois, utiliza-se um equipamento que abre um sulco onde são depositados a semente e o fertilizante. Em consequência, o solo é movimentado o mínimo possível.

BENATTI JR. e MOREIRA (1979) definiram o plantio direto, que é uma modalidade de cultivo reduzido, como um sistema de manejo confiável, desde que seja seguido um gerenciamento de produção bem planejado nos seus diversos itens: controle das ervas daninhas, fertilização do solo, equipamento adequado, controle de pragas e doenças, escolha de área adequada, conhecimento na manipulação dos herbicidas, pois o comportamento dos herbicidas no solo depende das características físico-químicas dos mesmos e das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

BARRONS e FITZGERALD (1952), MOODY et alii (1961), TRIPLETT et alii (1964), SHEAR (1968), JONES et alii (1968), SHEAR e MOSCHLER (1969) e BLEVINS et alii (1971) destacaram como principais vantagens do plantio direto o aumento da infiltração e a redução da erosão.

## 2.2. Tipos de máquinas e implementos

BROWNING (1948) já advertia que o preparo do solo feito com grade de discos destrói os agregados, e que o seu emprego não criterioso predispõe o solo à erosão.

OVERDAHL et alii (1959) deduziram que, coincidindo com o início dos estudos de cultivo mínimo, a partir de 1950, o arado de aiveca foi perdendo terreno para outros tipos de arado como o de discos, de facão, etc.

MUSGRAVE et alii (1955) desenvolveram um equipamento para a aração e semeadura em uma única operação.

WINKELBLECH (1957) montou um equipamento semilhante com arado acoplado no trator e semeadora de fileira.

BOWERS e BATEMAN (1960) modificaram o sistema desenvolvido por MUSGRAVE et alii (1955).

MEYER e MANNERING (1961) utilizaram um arado de aiveca e semeadora para efetuar a aração e a semeadura em uma única operação.

MARQUES e BERTONI (1961) estudaram o preparo de subsuperfície com o arado de aiveca sem a telha tombadora.

TRIPLETT (1963) relatou que uma plantadora para a cultura do milho é montada pela firma John Deere Co., a partir de componentes de outras máquinas em produção comercial, seguindo projeto de Howe e Jones, pesquisadores da Mississippi Agricultural Experimental Station. A máquina consta de um disco colocado anteriormente para o corte de resíduos, e de um ôrgão de plantio em forma de ponta, através do qual a semente e o fertilizante são encaminhados ao solo. O fertilizante é colocado cerca de 2 polegadas abaixo da semente, e uma roda compactadora fecha o sulco aberto pelo ôrgão de plantio, e auxilia a cobertura da semente. Nos experimentos, notou-se que a germinação no sistema de plantio direto foi essencialmente igual à do sistema convencional, porém a emergência naquele foi menor, porque as sementes são colocadas a uma maior profundidade, portanto tendo maior dificuldade no rompimento da excessiva camada de cobertura. Embora o ôrgão de plantio conduza separadamente o fertilizante e as sementes, no solo estas são colocadas diretamente sobre aquele. Assim, a quantidade de fertilizante por área é limitada. Para contornar o problema, o autor sugere uma colocação lateral do adubo.

STRANAK (1969) afirmou que o implemento utilizado é de grande importância para o sistema de cultivo mínimo, e que para o seu estabelecimento é necessário resolver alguns problemas, entre os quais a técnica de semeadura, na qual se assegure a uniformidade de distribuição e profundidade, a compactação do solo nas linhas após o plantio, de modo que seja assegurado o contato íntimo das sementes com o solo. Ao mesmo tempo, a plantadora deve colocar o adubo nas linhas de plantio, e ter sua capacidade de adubação comparável à das máquinas comuns. Estudando também a colocação do fertilizante, concluiu que a utilização do adubo pelas plantas no sistema de plantio direto provou ser menos efetiva do que no sistema de manejo convencional.

Davidson e Barrons citados por WITTMUS (1969) , conseguiram boas produções de milho utilizando herbicidas disponíveis na época (1954), com uma plantadora convencional, aparentemente sem dificuldades. Onde as ervas daninhas foram bem controladas, as produções dos sistemas convencional e de plantio direto são praticamente iguais.

Skogley, também citado por WITTMUS (1969), plantou milho em terreno preparado com enxada rotativa, utilizando plantadora comum. Os resultados foram insatisfatórios, sendo que as ervas daninhas se constituíram no maior problema, pois não havia na ocasião bons herbicidas com efeitos residuais prolongados.

MORRIS (1969) utilizou um tipo de plantadora desenvolvida em Nebraska, USA, para uso em terreno plano, com sucesso; porém, quando passou a plantar em terreno ondulado foi preciso colocar os órgãos ativos de plantio num sistema articulado de paralelogramo, de modo a acompanhar as irregularidades do terreno.

WITTMUS (1969) descreveu uma plantadora e um cultivador desenvolvidos por Lane e Wittmus, da Universidade de Nebraska, USA, os quais são compatíveis com altas velocidades de operação e grandes rendimentos, que constituem a tendência atual. Cada unidade de plantio era composta de uma enxada especial de 16 polegadas de largura, colocada anteriormente à unidade de plantio propriamente dita, com tubos de sementes e de adubo; de um conjunto de quatro barras de ferro de cada lado da estrutura para retirada de restolhos; de uma roda compactadora de 1 polegada x 10 polegadas; de dois discos para cobertura das sementes; de roda reguladora de profundidade e de acionamento do sistema de distribuição de sementes. A máquina opera em terreno não preparado, com velocidade de duas a seis milhas por hora (3,2 a 9,6 km/h) e as unidades de plantio podem ser espaçadas de 30 a 40 polegadas (0,90 a 1,20 m), até em número de oito. Os discos podem ser colocados de modo a cultivar a área perto das linhas de atirar a terra para o centro, ou para cultivar o centro, atirando a terra na linha. De dez a dezesseis enxadinhas são montadas na barra traseira. Meia-enxa -

das ou enxadas completas são usadas no lugar do conjunto de dois discos para cultivar o solo plantado. O cultivador foi desenvolvido para utilização em solos onde os cultivadores comuns falharam. O sistema de trabalho consiste em cortar os resíduos da cultura anterior, plantar, aplicar fertilizante, herbicida e inseticida. Na análise geral a produção não foi estatisticamente diferente do sistema convencional, porém houve diminuição nos custos por área, no número de homens-hora necessários, nas perdas por erosão, e um aumento na velocidade de infiltração de água no sistema de plantio direto.

WOODS (1972) avaliou três semeadoras para o plantio direto em renovação de pastagens, chegando à conclusão que elas se equivaleram em desempenho. A primeira, com o sistema de discos triplos, provocou a mínima movimentação do solo, porém cuidado maior teve que ser tomado para prevenir excessiva profundidade de semeadura; e terrenos pedregosos devem ser evitados. A segunda máquina, da marca John Deere, já aprovada para renovação de pastagens, apresentou tendência de semear demasiadamente profundo sob condições úmidas. A terceira, de marca Internacional IH-150, é leve, e relativamente barata, capaz de abrir um sulco adequado e nele colocar o fertilizante e a semente. A sapata "bico de águia" e os compactadores proporcionaram um método efetivo de semeadura.

### 2.3. Efeito de sistemas de manejo do solo sobre a produção

LARSON (1962) comentou que os solos e as condições climáticas resultam em diferentes necessidades para os manejos do solo e da água. Em algumas áreas é de grande importância que os restos culturais sejam enterrados, para que os sistemas de manejo proporcionem boas produções, enquanto que em outras áreas é mais conveniente que os resíduos sejam mantidos na superfície.

ANEMIYA (1968) observou que os resultados das produções obtidas através de diferentes sistemas de preparo do solo não são variam entre os anos, como também com o local, ou em outras palavras com a unidade de solo.

TRIPLETT et alii (1970) e BENATTI JR. (1981) concluíram que os sistemas de manejo do solo não devem ser gerais, e sim específicos para cada cultura e para cada unidade de solo, dependendo ainda das condições climáticas locais.

BAEUMER e BAKERMANS (1973) mostraram que as diferenças nas produções das culturas, através de diferentes sistemas de manejo, refletem a ação destes sistemas sobre as propriedades do solo.

BROWNING e NORTON (1945) constataram que o preparo do solo com o arado proporcionava maiores produções, quando comparado com os preparos de subsuperfície, grade de discos e sulcador, o que foi confirmado por PAGE et alii (1946), que conseguiram produções 22,0 % mais elevadas no preparo do solo com revolvimento. Resultados semelhantes foram obtidos por MARQUES e BERTONI (1966), que observaram que o preparo do solo com arado revolvedor comum na cultura do milho proporcionou produções em geral superiores às aquelas obtidas com arado de subsuperfície, evidenciando a conveniência de um revolvimento no solo para a incorporação dos restos de cultura. Verificaram também que no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto a repetição da aração proporcionou um aumento de 4,0 % na produção do milho. No Latossolo Roxo o preparo com apenas uma aração produziu cerca de 19,0 % a mais que duas arações, o que demonstra ser desnecessária e até inconveniente a repetição da aração neste solo. O mesmo aconteceu com o Solo Podzolizado Lins e Marília, com uma diferença na produção da ordem de 7 %. Somente em terrenos praguejados com grama-seda (Cynodon dactylon (L.) Pers.) e tiritica (Cyperus rotundus, L.) houve um aumento de 13 % na produção de milho no Latossolo Roxo, quando no solo se efetuaram duas arações ao invés de uma.

BENATTI JR. (1981), estudando sistemas de manejo do solo com revolvimento para a cultura do milho, concluiu que no Latossolo Roxo o sistema mais eficiente foi aquele que inclui

uma aração profunda (0,30 m) com arado de aiveca, e no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto o mais eficiente foi aquele que incluiu uma aração profunda ou alternada, com arado de aiveca.

JONES et alii (1968) obtiveram produções de milho no plantio direto quando comparado com o plantio convencional; e resultados semelhantes foram relatados por MOSCHLER et alii (1972). Por outro lado GRIFFITH et alii (1973) encontraram resultados diferentes dos obtidos pelos citados autores, devido a má drenagem do solo utilizado.

COBRA (1966) estudou o cultivo mínimo em cana-de-açúcar durante quatro anos e concluiu que os efeitos do plantio direto, comparados com o sistema convencional, não apresentaram diferença significativa de produção.

LILLARD e SMITH (1971) obtiveram com o sistema de plantio direto produções de milho 16,7 % maiores do que no sistema convencional, numa média de dez anos, sendo que na matéria seca vegetal houve acréscimo de 21,4 %.

VAN DOREN et alii (1976) compararam três sistemas de manejo do solo: a) aração, gradeação e semeadura; b) aração e semeadura; e c) plantio direto, com milho cultivado continuamente e em rotação, em diferentes tipos de solo; e observaram que, na maioria dos tratamentos, os três sistemas apresentaram

praticamente o mesmo rendimento. O plantio direto produziu 10 % a mais que os tratamentos incluindo aração, em solo "Typic Fragiuqualf" cultivado com milho continuamente por 11 anos, e milho em rotação com soja; e no solo "Mollic Ochraqualf" cultivado com milho continuamente por 10 anos, o plantio direto produziu 13 % a menos, apresentando, entretanto, o mesmo rendimento quando cultivado em rotação. Os autores concluem que o plantio direto mostrou queda de produção em solos com drenagem deficiente, aparentemente apenas para milho cultivado continuamente; e recomendam que o uso deste sistema seja acompanhado pela rotação de culturas e por técnicas que propiciem boa população de plantas e controle de ervas daninhas.

HILL e BLEVINS (1973) mostraram vantagens no sistema de plantio direto comparado com o sistema convencional. Dentre elas, citaram o aumento do rendimento, aparentemente graças à maior eficiência de utilização de água em razão de uma redução na evaporação superficial, devido à cobertura morta; além disso, facilita o plantio e a colheita.

RAMOS (1976) realizou vários experimentos com sistemas de manejo reduzido do solo no Paraná, a partir de 1970, e apontou o plantio direto como o que melhor produção apresentou.

BLEVINS et alii (1977) observaram durante o período de seca, que as plantas de milho apresentaram um crescimento melhor no sistema de plantio direto, quando comparado com o sistema convencional.

Os maiores esforços para desenvolver um sistema de plantio direto econômico nos EE.UU. têm se concentrado na cultura do milho e pastagens permanentes. SHEAR (1968) relatou que o progresso nesse sentido depende da demonstração dos benefícios do sistema e da viabilidade do uso de herbicidas.

No Brasil, o plantio direto vem sendo utilizado com êxito nas culturas de trigo e soja, principalmente na região sul; e sua adoção vem ganhando adeptos nas regiões sudeste e centro-oeste. Para a cultura do milho, entretanto, essa modalidade de cultivo reduzido não é muito difundida.

ORTOLANI (1977), estudando cinco tipos de preparo do solo, utilizando-se de arado e grade convencionais, subsolador e grade de discos pesada, enxada rotativa e plantio direto com o emprego de semeadora-adubadora do tipo rotocaster, para a cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa no Município de Jaboticabal-SP, concluiu que não houve diferença estatística para a produção média de grãos em kg/ha.

BENATTI JR. et alii (1977) estudaram os efeitos do plantio direto e do plantio convencional em milho com relação à produção; os resultados mostraram que o plantio direto foi inferior ao plantio convencional, e a competição de ervas daninhas foi o provável fator determinante das menores produções.

#### 2.4. Efeito de sistemas de manejo sobre as ervas daninhas

FREE (1960) explicou que duas exigências são fundamentais com relação às ervas daninhas, no cultivo mínimo: uma é a destruição e controle delas na área antes do preparo para a semeadura; a outra é o controle das ervas após a instalação da cultura.

Pesquisadores como MOODY et alii (1961), TRIPLETT (1966), MOSCHLER et alii (1967), SHEAR (1968), SHEAR e MOSCHLER (1969), BLEVINS et alii (1971), PRICE (1972) e ROBERT (1972), entre outros, utilizaram herbicidas que controlaram as ervas daninhas e permitiram a semeadura sem qualquer operação intermediária.

MANNERING et alii (1966) concluíram que houve aumento na produção do milho quando realizaram um segundo cultivo, e que uma das causas foi a ausência de competição das ervas daninhas.

TRIPLETT (1966) verificou que, para o sistema de plantio direto na cultura do milho, o Atrazin mais Simazin foi a mistura que melhor controlou gramíneas anuais e perenes; e o 2,4-D foi o mais eficiente para controlar as ervas de folhas largas.

BENETT et alii (1973) utilizaram a mistura Atrazin mais Paraquat para o plantio direto; e Atrazin em pré-plantio para o sistema convencional; e concluíram que o plantio direto apresentou um aumento significativo na produção de silagem de grãos, em relação ao sistema convencional.

ROBERT (1972) considerou impraticável o sistema de plantio direto em locais onde houver ervas de difícil controle, tais como a tiririca (Cyperus rotundus, L.) e a grama-seda (Cynodon dactylon (L). Pers.), dentre outras.

CLARK<sup>\*</sup> (1972) relatou que de 1963 a 1972, quando o Simazin e Atrazin já eram comercializados, começaram a ser usados no plantio direto para a eliminação das ervas daninhas. Nesta ocasião, plantadoras adequadas ao sistema já se encontravam à disposição no mercado. Os resultados desta fase mostraram que

---

\* CLARK, D.E. - Informação recebida por carta endereçada ao Pesquisador Científico Cláudio Alves Moreira, do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, em outubro de 1972.

as produções de milho para grãos e ensilagem não foram reduzidas pela não movimentação do solo; que a densidade do solo não foi modificada; que algumas ervas daninhas eventualmente escapavam do controle com determinados herbicidas, e eram controladas completamente com o uso de outros; que ocorreram ataques de insetos nas sementes no solo, cada vez que era iniciado o plantio em terreno não preparado, e que os mesmos eram satisfatoriamente controlados com a aplicação precoce de inseticida.

Comparando diferentes sistemas de manejo do solo para a cultura do milho, VAN DOREN et alii (1976) verificaram que a maioria dos problemas de controle de ervas daninhas ocorreu com o sistema de plantio direto, advertindo que, até aquela ocasião, a tecnologia de controle das ervas daninhas não se apresentava, ainda, perfeita.

#### 2.5. Efeito de sistemas de manejo sobre as perdas de terra por erosão e de água por deflúvio

BROWNING e NORTON (1947) relataram que o preparo do solo com aração proporcionou 3,5 vezes mais perda de terra, quando comparado com o preparo de subsuperfície.

BROWNING (1948) assegurou que o preparo do solo efetuado com grade de discos, quando não criterioso, predispõe o solo à erosão.

GROHMANN e ARRUDA (1961), MARQUES e BERTONI (1961) MEYER e MANNERING (1961), MOLDENHAUER e AMEMIYA (1969) e MOLDENHAUER et alii (1971) concluíram que quanto maior for o revolvimento causado pelo arado ou grade de discos, maior será a perda de terra por erosão.

MARQUES e BERTONI (1961) estudaram o efeito de tipos de preparo do solo na cultura do milho ocasionando maior ou menor revolvimento, e concluíram que o sistema de preparo tem efeito significativo sobre as perdas de terra e de água. O tratamento "duas arações" com arado de aiveca promoveu uma perda de terra de 14,6 t/ha e 5,7 % da chuva anual em água escoada. Quando a aração foi superficial, com arado de aiveca sem a trelha tombadora, a perda foi de 8,6 t/ha de terra arrastada e 5,0 % da chuva anual em água escoada. Tais resultados mostram que o revolvimento deve ser limitado, caso contrário, aumentará a desagregação do solo e, conseqüentemente, as perdas por erosão.

HAYS (1961) observou que as parcelas com preparo do solo em contorno foram mais eficientes para controlar as perdas de água e de terra do que as parcelas com o tratamento em fileiras no sentido do declive.

MEYER e MANNERING (1961), empregando simulador de chuva, encontraram maiores perdas de terra no manejo reduzido cultivado e menores no manejo reduzido não cultivado.

Dados obtidos na Estação Experimental de Coshoton, Ohio, USA, por HARROLD e EDWARDS (1972), durante uma forte chuva de 120,7 mm, ocorrida no dia 05 de julho de 1969, evidenciaram o efeito do plantio direto nas perdas por erosão na cultura do milho. Enquanto o preparo do solo convencional em contorno perdeu 7,2 t/ha de terra arrastada, o plantio direto perdeu apenas 0,07 t/ha, proporcionando um controle de 99,0 % do arrastamento de terra.

HARROLD et alii (1967), JONES et alii (1968), TRIPLETT e VAN DOREN (1969) e JONES et alii (1969) observaram que o plantio direto em terrenos com declive tem reduzido a erosão a níveis desprezíveis, quando comparado com o sistema de manejo convencional com aração e gradagem; e este controle da erosão pode diminuir a poluição dos rios e lagos causada pelos fertilizantes e defensivos usados na agricultura.

GARDEN e McKIBBEN (1973) mostraram que o plantio direto promove uma redução marcante nas perdas de terra por erosão no "cinturão do milho", em cultura contínua ou em rotação com trigo, fato esse de considerável importância na conservação do solo.

BENATTI JR. et alii (1977) estudaram os efeitos do plantio direto e do sistema de manejo convencional na cultura do milho nas perdas por erosão em Latossolo Roxo e em Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, e os resultados fa

vorecem o plantio direto na redução das perdas de terra arrastada e de água escoada. No Latossolo Roxo em declividade de 6,3 % as perdas de água escoada foram semelhantes nos dois sistemas de manejo, porém o plantio direto reduziu as perdas de terra arrastada em 20,0 %; e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília em declividade de 10,8 %, o plantio direto reduziu as perdas de água escoada em 33 %, e as perdas de terra arrastada em 63 %, quando comparado com o sistema de manejo convencional.

#### 2.6. Efeitos físicos de sistemas de manejo no estado de agregação e na umidade do solo

BROWNING (1948) já advertia que o preparo do solo, quando feito com grade de disco, destrói os agregados do solo.

BARBER (1959) concluiu que a percentagem de agregados estáveis em água está na dependência da cobertura vegetal, sendo que as gramíneas apresentaram índices de agregação mais altos em relação à alfafa, e esta, mais altos em relação ao milho. Sabe-se que as práticas de manejo do solo e da cultura têm um efeito marcante sobre o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados do solo (GROHMANN, 1960).

GROHMANN e ARRUDA (1961) observaram, em doze anos de experimentação de preparo do solo na cultura do milho em Latossolo Roxo, resultados semelhantes obtidos nos tratamentos com grade de discos, não ocorrendo o mesmo nos tratamentos com o arado de aiveca ou capina manual.

HANES (1961) concluiu que o fator mais importante para aumentar a estabilidade dos agregados em água é a matéria orgânica.

QUEIROZ NETO e GROHMANN (1963) verificaram, em dois anos de experimentação no Latossolo Roxo, que o preparo do solo pela aração e gradagem diminui o diâmetro médio dos agregados, e mostraram também que não houve correlação entre a produção do milho e os agregados.

OLIVEIRA et alii (1966) mostraram que, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, o preparo intenso do solo reduz até em 50 % o diâmetro médio dos agregados, quando comparado com um solo nas condições naturais.

Pesquisadores como HARROLD et alii (1967), TRIPLETT et alii (1968), TRIPLETT e VAN DOREN (1969), JONES et alii (1969), SHANHOLTZ e LILLARD (1969) e BLEVINS et alii (1971) mostraram que o plantio direto, quando comparado com o sistema de manejo convencional com aração e gradagem, apresentou

maior capacidade para armazenar água para as plantas, devido em grande parte, aos restos de cultura deixados na superfície do solo.

TANCHANDRPHANGS e DAVIDSON (1970) verificaram que o teor de matéria orgânica deixada pelos restos de cultura melhorou consideravelmente a estabilidade dos agregados em água, e aumentou a umidade para as plantas.

BAVER et alii (1973) acentuaram que as operações de manejo, especialmente as realizadas com cultivadores, causam contínua diminuição da estabilidade dos agregados, a menos que haja aumento no nível de matéria orgânica do solo, e que seu manejo mecânico seja realizado em condições adequadas.

SHANHOLTZ e LILLARD (1968) mostraram que a umidade do solo é o fator dominante que proporcionou diferenças na produção do milho, quando submetido a dois tipos de manejo: o convencional e o plantio direto, sendo que neste último houve um melhor uso da água do solo, que se refletiu em um aumento na produção.

JONES et alii (1969), estudando dois tipos de manejo do solo, o convencional e o plantio direto, com e sem mulche, verificaram que o efeito do preparo foi pequeno, sendo que a presença de mulche na superfície do solo teve grande impor -

tância na conservação da água e na diminuição do deflúvio. Verificaram também que a água do solo na zona de concentração das raízes foi o principal fator que causou diferenças de crescimento e de produção entre os tratamentos estudados, e que as diferenças no conteúdo de água não foram significantes abaixo de 30 cm de profundidade.

BLEVINS et alii (1971) mostraram que o decréscimo e a maior capacidade de armazenamento de água da chuva devido ao plantio direto, proporciona uma maior reserva de água no solo. Isto permite evitar decréscimos de produção causados por curtos períodos de seca que ocorrem durante o estágio de crescimento da cultura.

## 2.7. Efeito de sistemas de manejo sobre o rendimento operacional e consumo de combustível

Em decorrência da atual crise do petróleo, torna-se necessário intensificar os estudos sobre consumo de combustível e rendimento operacional de máquinas e implementos agrícolas, nos diferentes sistemas de manejo do solo.

MUSGRAVE et alii (1955), FREE (1960), BOWERS e BATEMAN (1960), MEYER e MANNERING (1961), SHEAR (1968), PRICE (1972) atribuem ao cultivo mínimo inúmeras vantagens proporcio-

nadas ao solo e às plantas, e que a principal vantagem deste sistema de manejo é a redução dos custos de preparo e de cultivo, na cultura do milho.

Segundo pesquisa desenvolvida por FABRICIO et alii (1980) com a cultura do trigo em Latossolo Roxo, na UEPAE de Dourados (MS), o plantio direto leva uma grande vantagem em relação ao sistema convencional na economia de combustível e no rendimento operacional.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

O material e a metodologia utilizados na realização deste trabalho são descritos em seguida.

#### 3.1. Material

O material utilizado é constituído do equipamento ensaiado e dos solos escolhidos, acrescentando-se uma descrição geral das áreas de estudo.

##### 3.1.1. Equipamento de manejo do solo

No Centro Experimental de Campinas, na Estação Experimental de Ribeirão Preto, na Estação Experimental de Mococa e na Estação Experimental de Pindorama foi utilizada uma semeadora\* de duas linhas desenvolvida para o sistema de plantio

---

\* Terminologia segundo P-TB-66/1970 - A.B.N.T.

direto, através de uma modificação introduzida numa semeadora-adubadora\* Jumil J/2. Foram instalados discos anteriores ao órgão ativo de abertura do sulco, que realizam o corte dos restos de cultura e de ervas daninhas mortas pelo herbicida. O sulcador abre um sulco de até dez centímetros de profundidade, e de até quinze centímetros de largura. Através de condutos, são colocados no solo a semente e, um pouco abaixo, separado por uma camada de terra, o fertilizante. Uma roda traseira aciona os mecanismos dosadores de fertilizantes e de sementes, realizando ainda ligeira compactação do solo, a fim de garantir contato íntimo com o solo.

Embora a semeadora - de linhas independentes, do tipo montada - tenha sido desenvolvida para plantio em terreno não arado, a mesma também foi usada nos outros tratamentos. (BENATTI JR. et alii, 1977).

O trator que tracionou a semeadora foi um Massey Ferguson 265 (antigo 65X), com 61 C.V. de potência no motor e cujo peso é de 2 240 kg.

A aração foi feita com um arado do tipo montado, com 3 discos de 26 polegadas de diâmetro, marca "F.N.I.", reversível, com a velocidade operacional de 5,0 a 5,5 km/h, trabalh

---

\* Terminologia segundo P-TB-66/1970 - A.B.N.T.

do com largura de corte de 0,90 m e profundidade de aração de 0,25 m.

A grade de discos utilizada é de marca "Baldan", com 28 discos de 26 polegadas de diâmetro com a velocidade operacional de 5,5 a 6,0 km/h, trabalhando na profundidade de 0,08 a 0,13 m, a qual foi passada em todos os talhões de preparo convencional, logo após a aração, a fim de homogeneizar a superfície do solo, promovendo o seu destorroamento.

O pulverizador utilizado para aplicar o herbicida é da marca "Hatsuta", com 7 m de barra, com capacidade de 500 l e pressão nos bicos de 30 libras/pol<sup>2</sup>, numa velocidade operacional de 4,8 km/h, sendo os bicos do tipo "leque".

O milho plantado nos ensaios é da variedade IAC Maya opaco-2.

O desbaste do milho e a adubação em cobertura foram feitos manualmente.

A amontoa e os cultivos mecânicos de entre-linhas foram efetuados com cultivador "Planet", tipo ponta-de-lança, com 3 ferramentas trabalhando com largura de corte de 0,48 m e profundidade de 0,08 a 0,10 m, com tração animal.

### 3.1.2. Solos

Para atender aos objetivos deste trabalho foram escolhidas quatro unidades de solo importantes do ponto de vista agrícola e de ocorrência comum no Estado: o Latossolo Roxo, o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, o Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília e o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba,, identificadas e mapeadas pelo SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960).

As unidades de solo pesquisadas pertencem: uma à categoria dos solos com B latossólico: Latossolo Roxo; e três à categoria dos solos com B textural: Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba; as quais são bem distribuídas no Estado de São Paulo. Sob o ponto de vista genético, os solos com B latossólico estão situados em um estágio de evolução mais adiantado do que os solos com B textural. Representam sempre estágios de intemperismo bastante avançados, como se constata pela composição mineralógica, que apresenta predominantemente argilas do tipo 1:1 e sesquióxidos de ferro e de alumínio.

CARVALHO et alii (1967) mostraram que os solos com B latossólico localizam-se frequentemente em sedimentos mo-

dernos, constituídos de materiais remanejados que já sofreram alteração anteriormente à sua deposição.

O Latossolo Roxo é de coloração arroxeada, argiloso, bastante poroso e profundo, com pequena variação de cor entre os horizontes. Apresenta saturação de bases variável, sendo que a fertilidade natural pode ser alta ou baixa. Os teores de óxidos de ferro e de manganês são altos.

O material de origem deste solo provém de rochas eruptivas básicas, o relevo varia de ondulado a suave ondulado, e a vegetação original é a floresta, ocorrendo em algumas áreas o cerrado quando a fertilidade natural é muito baixa. A área mapeada como Latossolo Roxo compreende 14,7 % da superfície do Estado.

É um solo bem drenado, com sequência de horizontes A-B-C, sendo pequena a diferenciação entre os horizontes. O horizonte B, considerado como o mais importante sob o ponto de vista de classificação, apresenta as seguintes características: espessura variável, mais frequentemente entre 1,5 e 4,0 m; teor de argila semelhante ao do horizonte A ou ligeiramente maior; ausência de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo; estrutura granular pequena ou muito pequena, fracamente desenvolvida, formando os agregados uma massa homogênea, muito porosa e pouco coesa; ausência de filmes de argila recobrindo os agregados; e relação molecular  $K_1$  normalmente inferior a 1,8.

O Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto é considerado a unidade modal do Grande Grupo. Ocupa 2,6 % da área do Estado, e localiza-se no Planalto Atlântico. O relevo desta unidade varia de ondulado a montanhoso, o material de origem provém de granitos, gnaisse, etc. e a vegetação original é floresta.

É um solo profundo, moderadamente drenado, com sequência de horizontes A-B-C., e diferenciação entre horizontes moderada a marcante. A espessura mais frequente do horizonte Bt está entre 0,40 e 1,20 m; o conteúdo de argila é superior ao do horizonte A; apresenta ocorrência de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo; a estrutura é em blocos, moderada ou fortemente desenvolvida; há presença de cerosidade moderada a forte e a relação  $K_i$  é normalmente superior a 1,8.

A área com os Solos Podzolizados Lins e Marília variação Marília corresponde a 8,5 % da área total do Estado. Os solos desta unidade de mapeamento possuem relevo ondulado a forte ondulado, ocupando geralmente os tôpos das "cuestas" ou espigões. Estes solos são formados a partir de arenitos da formação Bauru com cimento calcário, apresentando gradiente textural e alta saturação de bases. Normalmente possuem boa fertilidade, porém são muito susceptíveis à erosão quando submetidos a cultura intensiva.

O Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba ocupa 0,6 % da área do Estado e localiza-se na Depressão Periférica. O relevo é ondulado a forte ondulado, a vegetação original é floresta e o material de origem provém de argilitos e folhelhos.

Apresenta características gerais dos solos do Grande Grupo Podzólico Vermelho-Amarelo, sendo marcante o contraste de estrutura entre os horizontes A e B, além das cores bruno no horizonte superior e avermelhado no horizonte inferior. É frequente a presença de mosqueados no horizonte B, indicando drenagem moderada. A saturação de bases é baixa/média e a fertilidade natural é média.

### 3.1.3. Descrição geral das áreas de estudo

#### 3.1.3.1. Geomorfologia e geologia

As unidades pedológicas estudadas se localizam na Depressão Periférica, no Planalto Cristalino, na província das Cuestas Basálticas, e no Planalto Ocidental Paulista.

As regiões de Campinas e de Mococa estão situadas na zona de contacto entre a Depressão Periférica e o Planalto Cristalino.

A Depressão Periférica corresponde a uma área de sedimentos paleozóicos com intrusões de eruptivas básicas, sendo uma das unidades geomorfológicas mais características do Estado de São Paulo. Compreende uma área sensivelmente rebaixada pela erosão, entre as terras altas do Planalto Atlântico (ou Planalto Cristalino) e as cristas igualmente elevadas das Cuestas Basálticas.

O Planalto Cristalino corresponde a uma região mais acidentada, e é constituída de rochas pré-cambrianas na seguinte ordem de frequência: gnaisses, micaxistos, quartzoxistos, granitos, pegmatitos e vieiros de quartzo, estes muito numerosos, mas raramente de espessura maior do que um metro. Apesar do predomínio de rochas de natureza gnáissicas, sabe-se que é muito variada a natureza mineralógica e estrutural destas rochas, resultando em diferentes materiais de origem dos solos.

A região de Ribeirão Preto se situa na província das Cuestas Basálticas, que compreende lençóis efusivos de basalto, capeando o arenito ou com ele se revezando verticalmente. A erosão quaternária e os falhamentos ocorridos nesta província geomorfológica fragmentaram a área em numeros blo -

cos de pequenas cuestas internas. Entre os rios Pardo e Mogi - Guaçu, onde se localiza a área estudada, a região de cuesta interna apresenta-se com testemunhos de relevo basáltico que avança no planalto arenoso do reverso da cuesta externa, O entalhe profundo do reverso da cuesta interna, causou a total destruição da cobertura arenosa cretácea dos basaltos, provocando o aparecimento e desenvolvimento de vasta área de "terra roxa" na região.

A região de Pindorama se localiza no Planalto Ocidental, que possui relevo uniforme e monótono, com extensos espigões de perfis convexos e cimos ondulados, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos rios principais. A convexidade das formas topográficas emprestam a este relevo notável suavidade, onde a altitude média gira em torno de 600 m. Litologicamente, o arenito Bauru é a unidade que predomina na área em estudo, e em todo o Planalto Ocidental Paulista.

O Quadro 1 mostra a cronogeologia das áreas estudadas, de acordo com o INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (1974).

Quadro 1 - Cronogeologia das áreas de Campinas, Mococa, Ribeirão Preto e Pindorama.

Local	Solo	Era	Período	Material de Origem	Rochas
Campinas	Latossol Roxo	Mesozóica	Jurássico e Cretáceo	Intemperismo de Diabásio	Ígneas Básicas Intrusivas
Mococa	Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto	Proterozóica	Pré-Cambriano	Intemperismo de Rochas Cristalinas	Gnaisses e Migmatitos
Ribeirão Preto	Latossolo Roxo	Mesozóica	Jurássico	Intemperismo de Diabásio	Ígneas Básicas Efusivas e Arenitos Intercalados
Pindorama	Solo Podzolizado Lins e Marília	Mesozóica	Cretáceo Superior	Material Retrabado do Arenito Bauru	Arenito Bauru

Fonte: I.G.G. (1974). Mapa Geológico do Estado de São Paulo (escala 1:1.000.000)

### 3.1.3.2. Localização e clima

O Centro Experimental de Campinas está situado na região de Campinas-SP, localizando-se a  $22^{\circ}53'$  S de latitude e  $47^{\circ}04'$  W de longitude, com uma altitude aproximada de 663 metros.

De acordo com os dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico, a área pertence ao tipo climático Cwa da classificação de KOPPEN (1945-1962), que significa clima tropical de altitude, com inverno seco e chuvas de verão, sendo a temperatura do mês mais quente superior a  $22^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais frio, inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ ; e a chuva do mês mais seco é menor do que 30 mm.

A precipitação total média anual foi de 1372 mm, sendo que, as maiores quantidades de chuva ocorreram de outubro a março, num total de 1095 mm; e os menores índices mensais ocorreram de abril a setembro, num total de 277 mm. A temperatura média anual da região foi de  $20,6^{\circ}\text{C}$  e a deficiência hídrica, de 29 mm. A evapotranspiração potencial foi de 992 mm, com um excedente hídrico de 409 mm. O balanço hídrico segundo o método de THORNTWHAITE e MATHER (1955) para a região de Campinas-SP está representado na Figura 1.

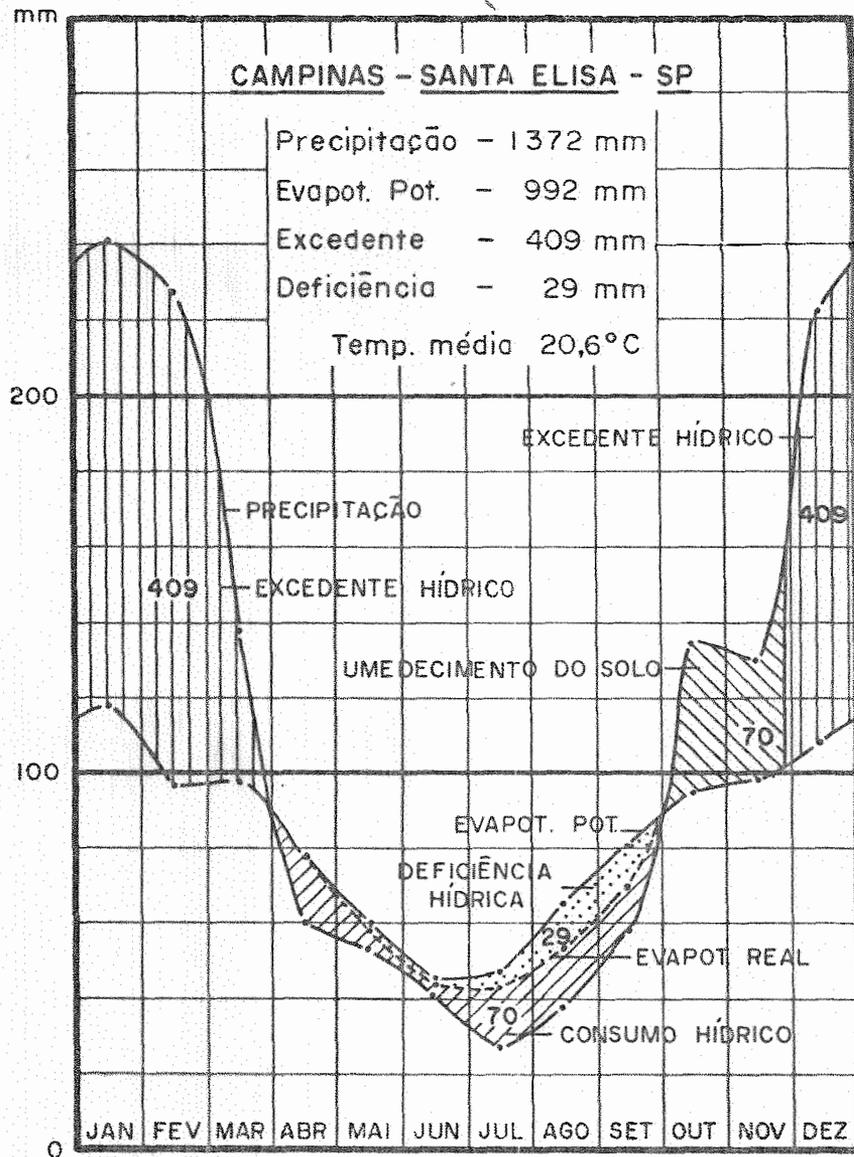


Figura 1 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Campinas, SP.

A Estação Experimental de Ribeirão Preto está situada na região de Ribeirão Preto - SP, localizando-se a  $21^{\circ}10'$  S de latitude e  $47^{\circ}43'$  W de longitude, com uma altitude aproximada de 621 metros.

De acordo com os dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico, a área pertence ao tipo climático Aw da classificação de KOPPEN, que significa que a temperatura média do mês mais quente é superior a  $22^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais frio, superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ; e a precipitação do mês mais seco é menor que 30 mm.

A precipitação total média anual foi de 1416 mm, sendo que as maiores quantidades de chuva ocorreram de outubro a março, num total de 1214 mm; e os menores índices mensais ocorreram de abril a setembro, num total de 202 mm. A temperatura média anual da região foi de  $21,6^{\circ}\text{C}$ , e a deficiência hídrica, de 108 mm, com um excedente hídrico de 459 mm. A evapotranspiração potencial foi de 1065 mm. O balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para a região de Ribeirão Preto - SP está representado na Figura 2.

A Estação Experimental de Mococa está situada na região de Mococa - SP, localizando-se a  $21^{\circ}28'$  S de latitude, e  $47^{\circ}00'$  W de longitude, com uma altitude aproximada de 665 metros.

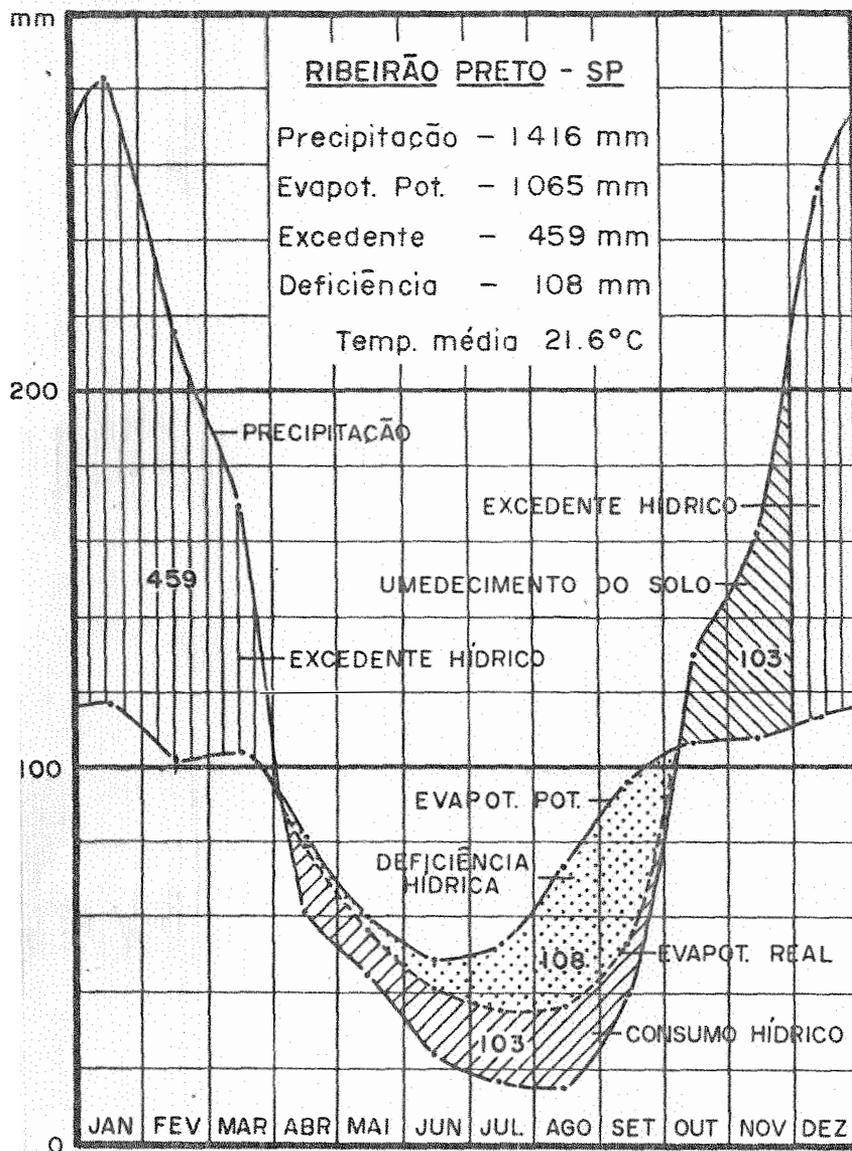


Figura 2 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Ribeirão Preto, SP.

De acordo com os dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico, a área pertence ao tipo climático Aw da classificação de KOPPEN, que significa que a temperatura média do mês mais quente é superior a  $22^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais frio, superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ; e a precipitação do mês mais seco é menor do que 30 mm.

A precipitação total média anual foi de 1396 mm, sendo que as maiores quantidades de chuva ocorreram de outubro a março, num total de 1185 mm; os menores índices mensais ocorreram de abril a setembro, num total de 211 mm. A temperatura média anual da região foi de  $21,3^{\circ}\text{C}$ , e a deficiência hídrica, de 90 mm. A evapotranspiração potencial foi de 1039 mm, com um excedente hídrico de 447 mm. O balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para a região de Mococa -SP está representado na Figura 3.

A Estação Experimental de Pindorama está situada na região de Pindorama-SP, localizando-se a  $21^{\circ}10'$  S de latitude, e  $48^{\circ}54'$  W de longitude, com uma altitude aproximada de 562 metros.

De acordo com os dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico, a área pertence ao tipo climático Aw da classificação de KOPPEN, que significa

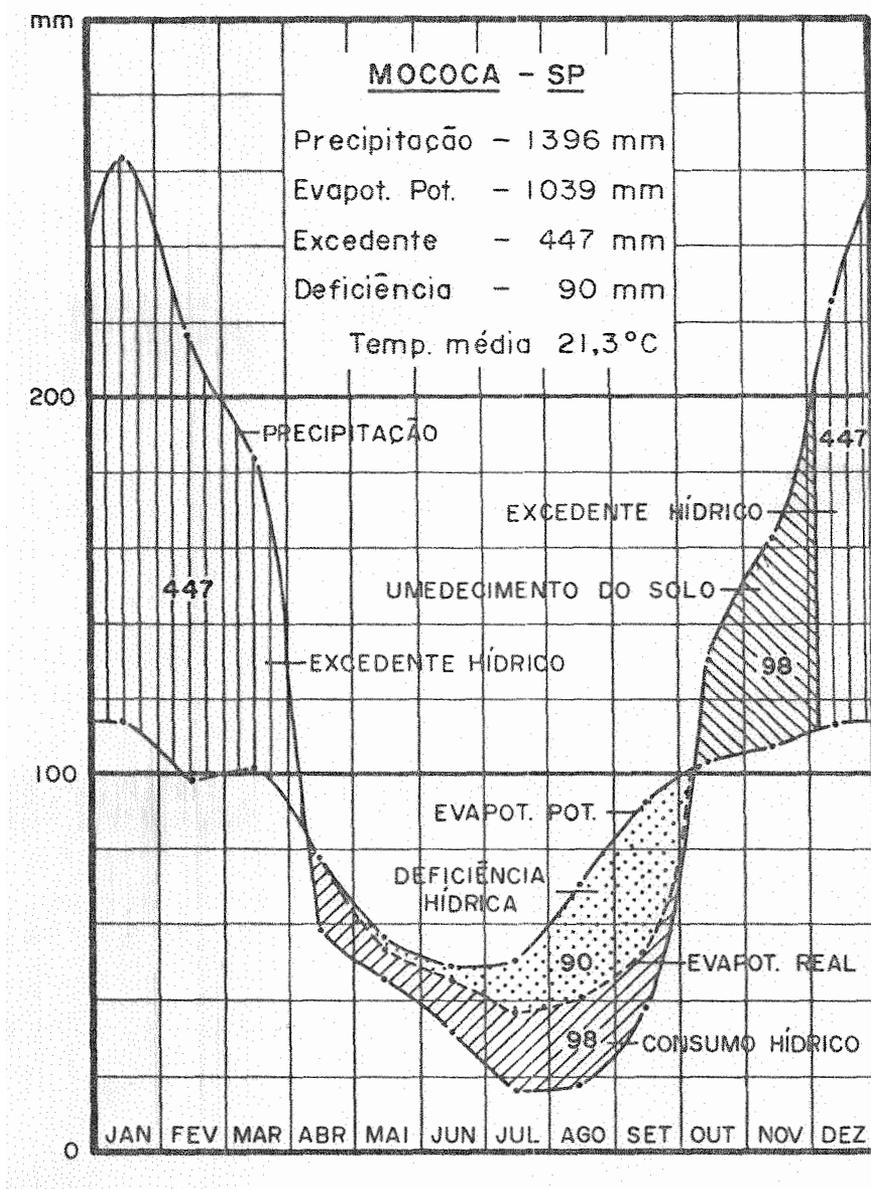


Figura 3 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Mocooca, SP.

que a temperatura média do mês mais quente é superior a  $22^{\circ}\text{C}$ , e a do mês mais frio, superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ; e a precipitação do mês mais seco é menor do que 30 mm.

A precipitação total média anual foi de 1259 mm, sendo que as maiores quantidades de chuva ocorreram de outubro a março, num total de 1027 mm; e os menores índices mensais ocorreram de abril a setembro num total de 232 mm. A temperatura média anual da região foi de  $22^{\circ}\text{C}$ , e a deficiência hídrica, de 78 mm. A evapotranspiração potencial foi de 1061 mm, com um excedente hídrico de 275 mm. O balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para a região de Pindorama- SP está representado na Figura 4.

As quatro regiões estudadas têm precipitações que variam de 1259 mm a 1416 mm. A evapotranspiração potencial variou de 992 mm a 1065 mm. As regiões de Ribeirão Preto, Mococa e Pindorama apresentaram maiores valores de deficiência hídrica média e de temperatura média anual do que a região de Campinas, isto mostra que as condições para preparar o solo nas três regiões acima citadas, são mais adversas do que em Campinas, pois um bom manejo do solo depende das condições de umidade atual, e os maiores valores de deficiência hídrica encontrados para as três regiões, significa que estes solos são mais secos, portanto apresentando maior dificuldade de serem preparados.

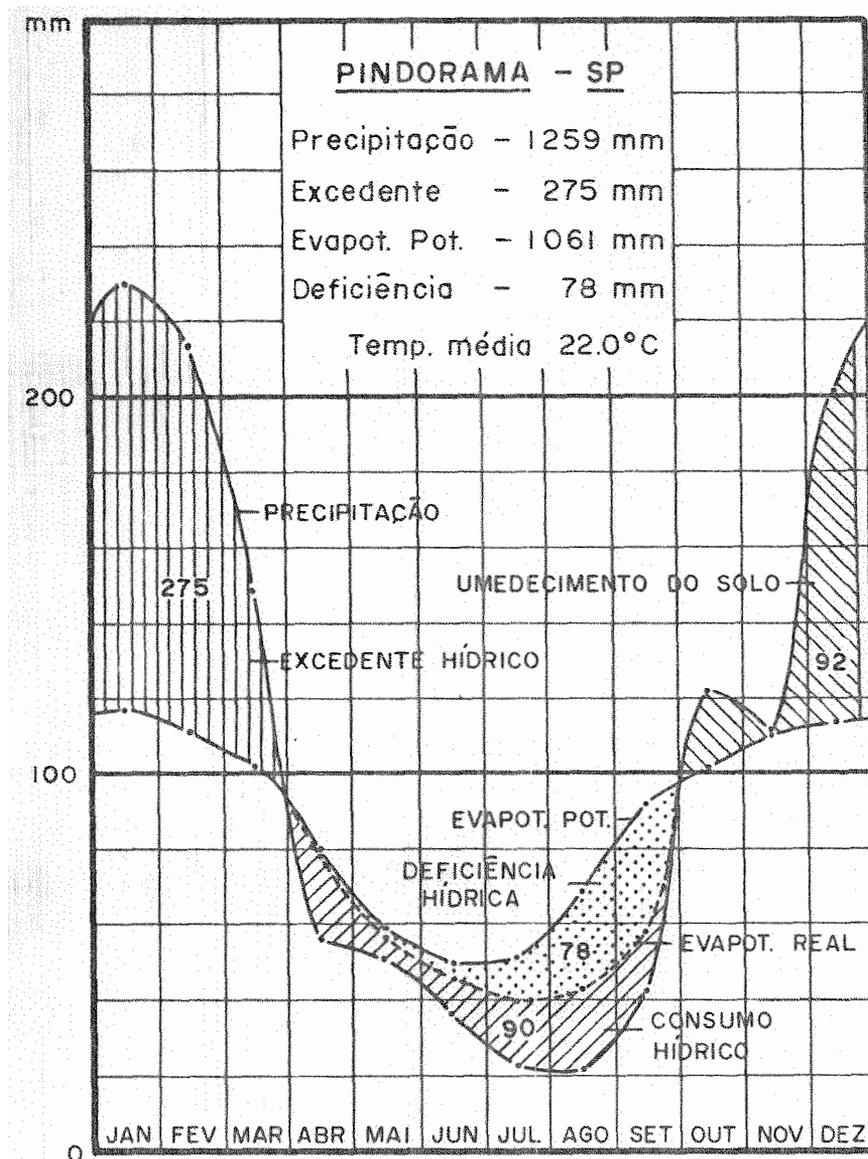


Figura 4 - Balanço hídrico segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), para a localidade de Pindorama, SP.

### 3.2. Métodos

Em quatro estações experimentais do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo foram instalados seis ensaios visando estudar os efeitos de sistemas de manejo do solo sobre a produção do milho, sobre as perdas de terra e de água, sobre o estado de agregação das partículas, e sobre a umidade do solo, comparando três sistemas de manejo do solo: o convencional, o preparo reduzido e o plantio direto. Dois ensaios foram instalados no Centro Experimental de Campinas, em Latossolo Roxo, um para estudar a produção de milho, e o outro para verificar as perdas de terra e de água por erosão; um ensaio na Estação Experimental de Ribeirão Preto, no Latossolo Roxo, para estudar a produção do milho; um ensaio na Estação Experimental de Mococa, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo ortó, para estudar a produção do milho; e dois ensaios na Estação Experimental de Pindorama, em Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília: um para estudar a produção do milho, e o outro para verificar as perdas de terra e de água por erosão.

A fim de verificar o comportamento destes sistemas de manejo em parcelas maiores, ao nível de propriedade rural, foram instalados mais dois ensaios: um na Estação Experimental de Tatuí, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba, em áreas de um hectare para cada tratamento, com a cultura do trigo; e o outro na Estação Experimental de Jundiaí,

em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, em áreas de dois hectares para cada tratamento, com a cultura do milho. Estes dois ensaios visaram a determinação do rendimento de trabalho em horas por hectare, e consumo de combustível em litros por hectare.

Os tratamentos pesquisados nos oito ensaios correspondem a três sistemas de manejo de solo, a saber:

1. Preparo e cultivo convencionais, onde foram executadas as operações normais de aração, com arado de três discos de 26 polegadas, gradagem com grade de 28 discos de 20 polegadas, plantio, adubação, desbaste, adubação em cobertura, amontoa e cultivos nas entre-linhas com o cultivador "planet".

2. Preparo reduzido, onde o terreno não foi arado nem gradeado. Foi aplicada mistura de herbicidas para controlar as ervas daninhas, plantio, adubação, desbaste, adubação em cobertura, amontoa, e cultivos nas entre-linhas com o cultivador "planet".

3. Plantio direto, onde o terreno não foi arado nem gradeado. Foi aplicada mistura de herbicidas para controlar as ervas daninhas, plantio, adubação, desbaste, adubação em cobertura, e como cultivo nas entre-linhas foi aplicado um herbicida de contato (Dicloro de Paraquat).

Para controlar as ervas daninhas nos sistemas de preparo reduzido e plantio direto, foi aplicada em pré-semeadura uma mistura de herbicidas, sendo que um de contato e o outro de efeito residual: 3 litros de Dicloro de Paraquat (1.1-Dimetil-4.4-Bipiridilium) 20 % e 3 kg de Atrazine (2-Cloro-4-Isopropilamino-6-Dilamino-S-Triazina) por hectare.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com três tratamentos e dez repetições. A área total de cada unidade experimental era de 200 m<sup>2</sup> (10 m x 20 m), e a área útil para colheita era de 84 m<sup>2</sup> (6 m x 14 m). O milho foi plantado com espaçamento de um metro entre linhas, deixando-se após o desbaste, cinco plantas por metro linear.

Todos os tratamentos receberam adubação segundo recomendações da Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo.

Dois ensaios foram instalados a fim de estudar as perdas de terra e de água por erosão no sistema de manejo convencional (tratamento 1) e no plantio direto (tratamento 3): um deles no Centro Experimental de Campinas no Latossolo Roxo, e o outro na Estação Experimental de Pindorama no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília.

Os sistemas coletores para determinar as perdas por erosão são formados por um camalhão de terra batida que circunda o talhão, por uma soleira concentradora construída de alvenaria na base do talhão, por um tanque de decantação de alvenaria e por dois tanques de armazenamento, também de alvenaria, munidos de divisores do tipo Geib de 11 a 9 janelas em Campinas e de 11 a 7 janelas em Pindorama. Os talhões em Campinas têm as dimensões de 25 m x 75 m (1875 m<sup>2</sup>), e em Pindorama de 20 m x 50 m (1000 m<sup>2</sup>); sendo as declividades de 6,3 % para Campinas e de 10,8 % para Pindorama. Para este estudo foram utilizados dois talhões para cada tratamento. O milho foi plantado no espaçamento de 1,0 m entre linhas, deixando-se depois do desbaste, cinco plantas por metro linear. Junto ao experimento foi instalado um pluviômetro para a determinação da precipitação. Para cálculo do volume da enxurrada foi descontada a chuva caída nas soleiras e nos tanques. A terra arrastada foi avaliada em função da lama e dos sedimentos em suspensão na enxurrada recolhida nos tanques, segundo metodologia descrita por BERTONI (1949), e BERTONI et alii (1975).

No Quadro 2 é apresentada uma síntese dos oito ensaios incluídos no desenvolvimento da Tese.

Foram ainda avaliadas, no Latossolo Roxo de Campinas, a estabilidade dos agregados em água e a variação semanal da umidade do solo, em percentagem de peso.

Quadro 2 - Ensaio incluídos no desenvolvimento da Tese.

Número de ordem	Locais	Solos	Objetivos	Número e dimensões das parcelas	Dados obtidos
1	Centro Experimental de Campinas	Latossolo Roxo	Estudo de produtividade do milho em três sistemas de manejo	30 unidades (3 tratamentos x 10 repetições) de 200 m <sup>2</sup> cada	Quadro 3 página 57
2	Estação Experimental de Ribeirão Preto	Latossolo Roxo	Estudo de produtividade do milho em três sistemas de manejo	30 unidades (3 tratamentos x 10 repetições) de 200 m <sup>2</sup> cada	Quadro 3 página 57
3	Estação Experimental de Mococa	Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto	Estudo de produtividade do milho em três sistemas de manejo	30 unidades (3 tratamentos x 10 repetições) de 200 m <sup>2</sup> cada	Quadro 3 página 57
4	Estação Experimental de Pindorama	Solo Podzólico de Lins e Marília variação Marília	Estudo de produtividade do milho em três sistemas de manejo	30 unidades (3 tratamentos x 10 repetições) de 200 m <sup>2</sup> cada	Quadro 3 página 57
5	Centro Experimental de Campinas	Latossolo Roxo	Estudo de perdas de terra e de água, no sistema convencional e no plantio direto, na cultura de milho	2 talhões de 1875 m <sup>2</sup> e declividade de 6,3 %, sendo 1 para cada tratamento	Quadro 4 página 59
6	Estação Experimental de Pindorama	Solo Podzólico de Lins e Marília variação Marília	Estudo de perdas de terra e de água, no sistema convencional e no plantio direto, na cultura do milho	3 talhões de 1000 m <sup>2</sup> e declividade de 10,8 %, sendo 1 para cada tratamento	Quadro 4 página 59
7	Estação Experimental de Jatuí	Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba	Avaliação de horas de trabalho e consumo de combustível por ha, em dois sistemas de manejo, na cultura do trigo	2 talhões de 1 ha, sendo 1 para cada tratamento	Quadro 5 página 63 Figura 8 Figura 69 Figura 70
8	Estação Experimental de Jundiá	Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto	Avaliação de horas de trabalho e consumo de combustível por ha, em três sistemas de manejo, na cultura do milho	3 talhões de 2 ha cada, sendo 1 para cada tratamento	Quadro 6 página 68 Figura 10 Figura 72

As amostragens para a análise de agregados estaveis em água foram retiradas no Latossolo Roxo de Campinas, após o término dos ensaios, na profundidade de 0 a 0,20 m, nos tratamentos "manejo convencional" e "plantio direto", que foram comparados com o "solo natural" de local próximo. Usaram-se 9 repetições para cada tratamento, num total de 27 amostras. A análise seguiu a metodologia do peneiramento em água, preconizada por YODER (1936), e a marcha analítica de determinação da estabilidade dos agregados em água foi aquela descrita por GROHMANN (1960). Os resultados foram expressos por um índice de agregação ("mean weight-diameter") na forma de um número, calculado segundo a proposição de VAN BAVEL (1949).

Para o cálculo da umidade do solo, expressa em percentagem de peso, foram retiradas duas amostras de solo no Latossolo Roxo de Campinas, na profundidade de 0 a 0,20 m, nos tratamentos "manejo convencional" e "plantio direto". As amostras foram coletadas semanalmente, durante o ciclo vegetativo do milho, e foram comparadas com a chuva total caída entre uma e outra amostragem, a fim de verificar a variação de umidade sob dois sistemas de manejo do solo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Efeito de sistemas de manejo sobre a produção do milho

Foram avaliados os efeitos dos sistemas de manejo do solo com relação à produção do milho no Latossolo Roxo (Campinas e Ribeirão Preto), no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo ortó (Mococa), e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília (Pindorama). Os dados médios de produção do milho (grãos) em kg/ha, durante o período de 1973/74 até 1978/79, estão no Quadro 3.

O sistema de manejo convencional, o preparo reduzido e o plantio direto não diferiram estatisticamente em relação à produção no Latossolo Roxo, porém no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo ortó e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, o sistema convencional e o preparo reduzido foram superiores estatisticamente ao plantio direto, o que pode evidenciar um efeito local para o tipo de solo.

Quadro 3 - Produção média de milho em grãos, em kg/ha, de 1973/74 até 1978/79, de sistemas de manejo do solo em quatro locais do Estado de São Paulo.

Tratamentos	Campinas	Ribeirão Preto	Mococa	Pindorama
Sistema Convencional	3373 a*	3634 a*	2706 a*	3460 a*
Preparo Reduzido	3058 a	3353 a	2873 a	3544 a
Plantio Direto	3062 a	3354 a	2329 b	2809 b
C.V. %	12,3	12,9	10,4	11,5
S	388	444	284	378
d.m.s. (5 %)	443	443	325	430

\* As produções indicadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tuckey a 5 %.

Os resultados obtidos no Latossolo Roxo (Campinas e Ribeirão Preto) concordam com os obtidos por ORTOLANI (1977) em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa; e, até certo ponto, com os de COBRA (1966), ressaltando que o trabalho deste autor se refere à cultura da cana-de-açúcar.

Por outro lado, nos solos com horizonte B textural - Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto (Mococa) e Solo Podzolizado de Lins e Marília variação Marília (Pindorama), a menor produção para o plantio direto concorda com os resultados relatados por GRIFFITH et alii (1973), atribuídos à má drenagem do solo, e com os de BENATTI JR. et alii (1977), que apontaram como provável causa a competição de ervas daninhas.

Aparentemente, a presença do horizonte B textural cria condições físicas que desfavorecem o sistema de plantio direto.

#### 4.2. Efeito de sistemas de manejo sobre as perdas de terra e de água

Dois ensaios foram instalados a fim de estudar as perdas de terra em t/ha, e as perdas de água em mm, no sistema de manejo convencional e no plantio direto, no Latossolo Roxo e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília. Os dados de perdas de terra e de água estão no Quadro 4, e representados graficamente na Figura 5.

Quadro 4 - Perdas anuais de terra e água no sistema convencional e no plantio direto na cultura do milho, no Latossolo Roxo com declividade de 6,3 %, e no Solo Podzolizado Lins e Marília-variação Marília com declividade de 10,8 %.

Ano	Chuva mm	Sistema Convencional		Plantio Direto	
		Perdas de terra t/ha	Perdas de água mm	Perdas de terra t/ha	Perdas de água mm
<u>Latossolo Roxo</u>					
1974/75	1018	0,69	11,61	0,24	6,85
1975/76	1627	1,68	22,82	0,65	15,87
1976/77	1419	1,21	14,39	0,38	7,83
1977/78	999	0,10	1,56	0,10	1,52
1978/79	978	0,15	2,40	0,19	2,63
Média	1208	0,76	10,55	0,31	6,94
				+59 %	+34 %
<u>Podzolizado Lins e Marília - Variação Marília</u>					
1974/75	1001	1,14	11,61	1,39	19,38
1975/76	1525	82,18	240,97	22,35	107,11
1976/77	1291	62,52	67,77	3,17	35,88
1977/78	1364	2,31	50,13	2,40	39,45
1978/79	1185	19,48	88,06	12,25	30,62
Média	1273	33,52	91,70	8,31	46,48
				+75 %	+49 %

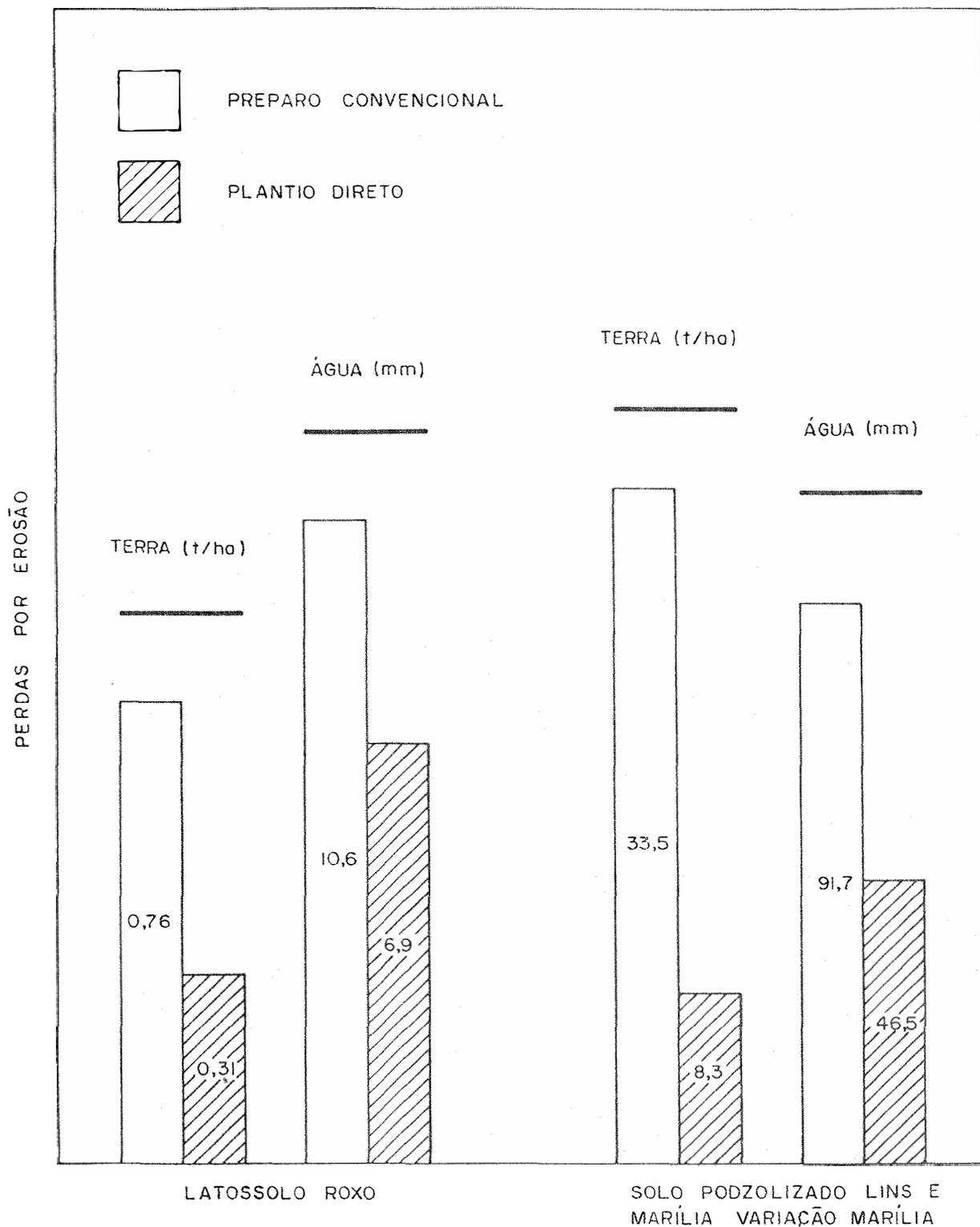


Figura 5 - Perdas médias de terra e de água durante o período de 1974/75 até 1978/79, em dois sistemas de manejo e em duas unidades de solo.

No Latossolo Roxo, com declividade de 6,3 %, enquanto o sistema de manejo convencional mostrou uma perda média de terra de 0,76 t/ha, e de água de 10,55 mm, no período de 1974/75 até 1978/79, o plantio direto apresentou uma perda de 0,31 t/ha, havendo uma redução de 59 %, e nas perdas de água por escoamento 6,94 mm, portanto apresentando uma redução de 34 %.

No Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, numa declividade de 10,8 %, o sistema de manejo convencional perdeu, no mesmo período, 33,52 t/ha de terra arrastada, e 91,7 mm de água escorrida, enquanto o plantio direto perdeu 8,31 t/ha de terra, e 46,48 mm de água; portanto, reduzindo as perdas de terra em 75 % e as perdas de água em 49 %.

Os efeitos do plantio direto são notáveis na redução das perdas por erosão, pois os restos culturais na superfície absorvem a energia das gotas de chuva, evitando a erosão, e facilitando a infiltração. O seu efeito na redução das perdas por erosão é explicado pela quase eliminação das operações de preparo e de cultivo, ocorrendo uma menor quebra mecânica dos agregados; e a superfície do solo é mantida irregular em todo o ciclo vegetativo, permitindo a penetração da água até a zona de enraizamento, sendo que somente uma pequena fração da água escorre. A irregularidade ou rugosidade da superfície, que é mantida com pequenos camalhões de terra e pelos restos de vegetação, é responsável pela redução da velocidade de escoamento

da água, e com isto, ela tem maior tempo para se infiltrar. Estes resultados concordam com as observações feitas por BARRONS e FITZGERALD (1952), MARQUES e BERTONI (1961), MOODY et alii (1961), TRIPLETT et alii (1964), SHEAR (1968), JONES et alii (1968), SHEAR e MOSCHLER (1969), BLEVINS et alii (1971), HARROLD e EDWARDS (1972), GARDEN e Mc KIBBEN (1973), e BENATTI JR. et alii (1977).

Não é apenas o fato da mínima mobilização do solo que reduz a erosão e melhora a sua estrutura. Os resíduos na forma de restolho deixados na superfície do terreno protegem o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, e podem ter efeitos importantes nas camadas superiores, pois a evaporação é reduzida e a permeabilidade é mantida, ajudando a infiltração da chuva; conseqüentemente, com o plantio direto a conservação da água pode ser aumentada.

#### 4.3. Efeito de sistemas de manejo no estado de agregação e na umidade do solo

Os resultados da análise dos agregados estáveis em água, no Latossolo Roxo de Campinas, estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Comparação entre as médias dos índices de agregação obtidos pela análise dos agregados estaveis em água, no Latossolo Roxo de Campinas.

Tratamentos	Índices de agregação ("mean weight-diameter")
Manejo convencional	1,557
Plantio direto	2,288
Solo natural	1,751
C.V. %	7,2
d.m.s. (5 %)	0,159
d.m.s. (1 %)	0,204

Conforme se pode observar, tomando como referência o solo natural, o sistema de manejo convencional diminuiu o índice de agregação, enquanto o plantio direto aumentou o referido índice, com significância estatística pelo teste de Tukey, aos níveis de 5 e 1 %, respectivamente. Também houve diferença estatística significativa ao nível de 1 %, entre o plantio direto e o manejo convencional.

Estes resultados evidenciam o efeito da cobertura morta no grau de estabilidade dos agregados, concordando assim com os estudos feitos por BARBER (1959), HANES (1961), QUEIROZ NETO e GROHMANN (1963), TANCHANDRPHANGS e DAVIDSON (1970) e BAVER et alii (1973).

A umidade do solo foi avaliada por dois anos agrícolas consecutivos no Latossolo Roxo de Campinas: de 13/10/79 até 19/05/80 e de 15/10/80 até 18/02/81. Os resultados estão representados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

O plantio direto, por causa da cobertura morta, apresentou uma umidade igual ou maior, quando comparado com o sistema convencional, e isto vai refletir numa maior disponibilidade de água para as plantas, concordando com as observações feitas por HARROLD et alii (1967), TRIPLETT et alii (1968), TRIPLETT e VAN DOREN (1969), JONES et alii (1969), SHANHOLTZ e LILLARD (1969), TANCHANDRPHANGS e DAVIDSON (1970), BLEVINS et alii (1971) e HILL e BLEVINS (1973).

Quando a umidade entre os tratamentos estudados é maior, é sinal que o total da chuva caída no período entre uma amostragem e outra é pequeno, e vice-versa, exceto quando a amostragem é feita logo após a ocorrência de uma chuva. Por exemplo, no dia 18/03/80, não houve diferença no grau de umidade entre o sistema convencional e o plantio direto, pois ocorreu uma chuva de 10 mm no dia 16/03/80; assim, por ocasião da amostragem no dia 18, o plantio direto ainda não havia evidenciado a sua capacidade em reter mais umidade.

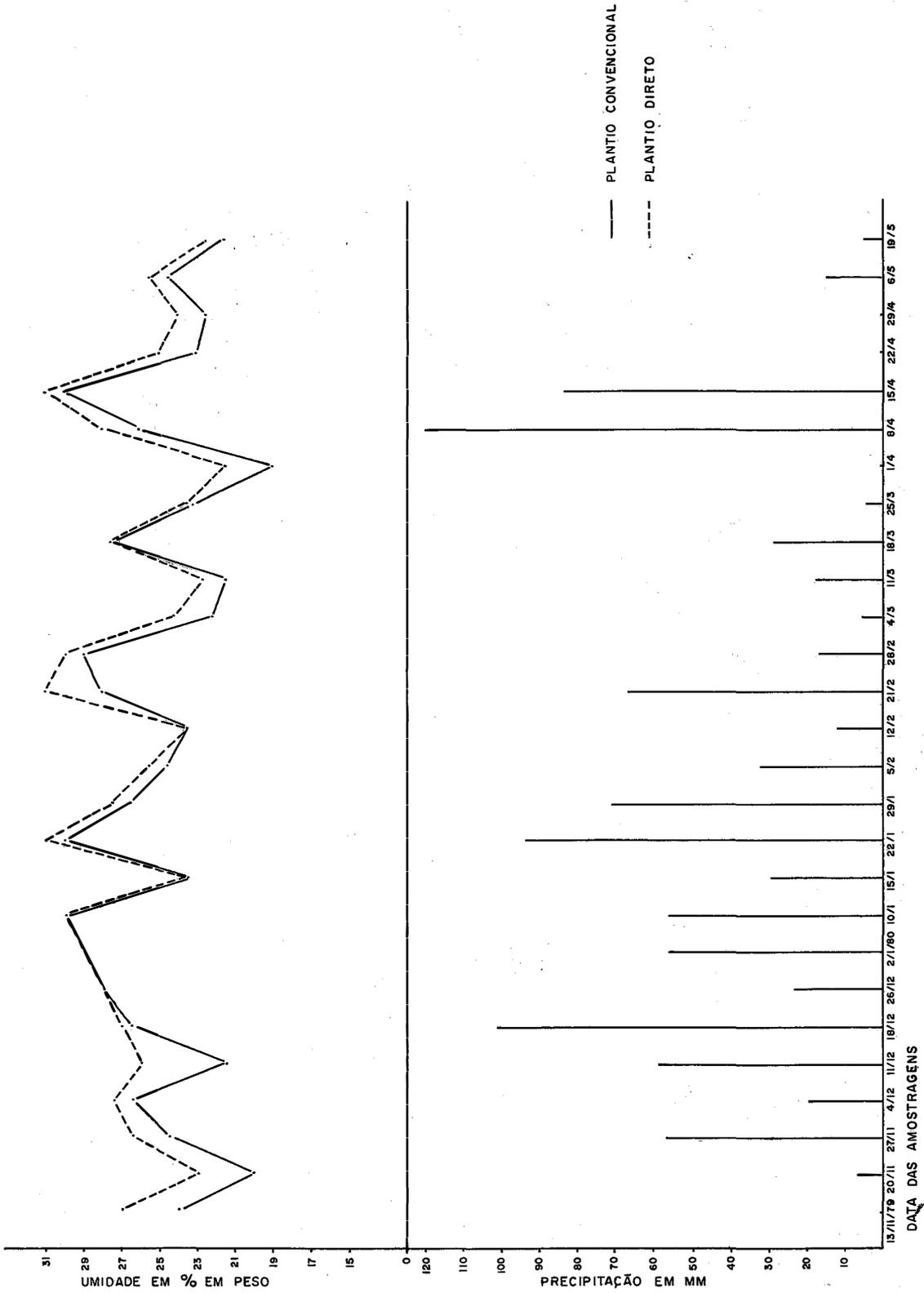


Figura 6 - Variação da umidade em %, de peso e a precipitação pluviométrica ocorrida na semana, no sistema de manejo de manejo convencional e no plantio direto, no Latossolo Roxo, durante o período de 13/11/79 até 19/05/80.

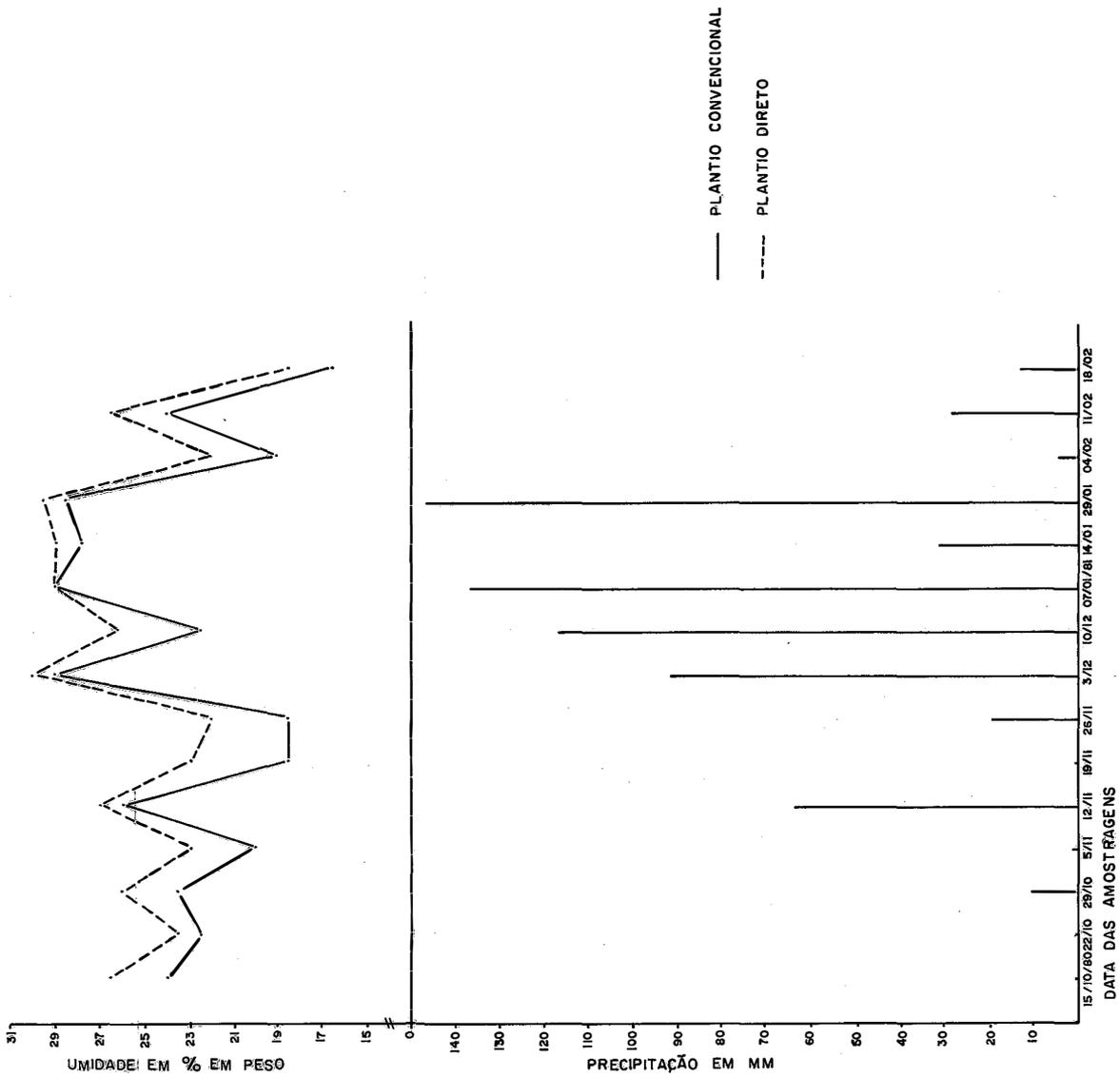


Figura 7 - Variação da umidade em %, de peso e a precipitação pluviométrica ocorrida na semana, no sistema de manejo convencional e no plantio direto, no Latossolo Roxo, durante o período de 15/10/80 até 18/02/81.

#### 4.4. Efeito de sistemas de manejo sobre o rendimento operacional e consumo de combustivel

Foi avaliado o rendimento operacional de sistemas de manejo do solo com relação a horas de trabalho por hectare, e consumo de combustivel em litros por hectare na cultura do trigo, na Estação Experimental de Tatuí, em áreas de um hectare para cada tratamento. Os dados obtidos estão no Quadro 6, e nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

No sistema de manejo convencional foram gastas 7,0 horas de trabalho/ha, para efetuar a aração, a gradagem e o plantio; e o sistema de plantio direto gastou 3,4 horas de trabalho/ha para efetuar a aplicação de herbicida e o plantio. O consumo de combustivel para o sistema convencional foi de 39,5 litros/ha, e para o plantio direto foi de 17,3 litros/ha. O sistema de plantio direto reduziu as horas de trabalho em cerca de 50,0 %, quando comparado com o sistema de manejo convencional, e conseqüentemente, foi o que apresentou o menor consumo de combustivel, concordando com as observações feitas por MUSGRAVE et alii (1955), FREE (1960), BOWERS e BATEMAN (1960), MEYER e MANNERING (1961), SHEAR (1968), BLEVINS et alii (1971) e PRICE (1972), e também com os resultados obtidos por FABRICIO et alii (1980) para a cultura do trigo.

Quadro 6 - Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo, na Estação Experimental de Tatuí, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba, em áreas de 1 ha para cada tratamento para avaliação do rendimento de trabalho em horas/ha, e do consumo de combustível em litros/ha.

Tratamentos	Horas de trabalho/ha	Consumo de combustível em litros/ha
<b>Sistema Convencional</b>		
Aração	3,0	18,5
Gradagem	1,6	9,9
Plantio	2,4	11,1
Total	7,0	39,5
%	100,0	100,0
<b>Plantio Direto</b>		
Aplicação de herbicida	0,3	2,2
Plantio	3,1	15,1
Total	3,4	17,3
%	48,6	43,8

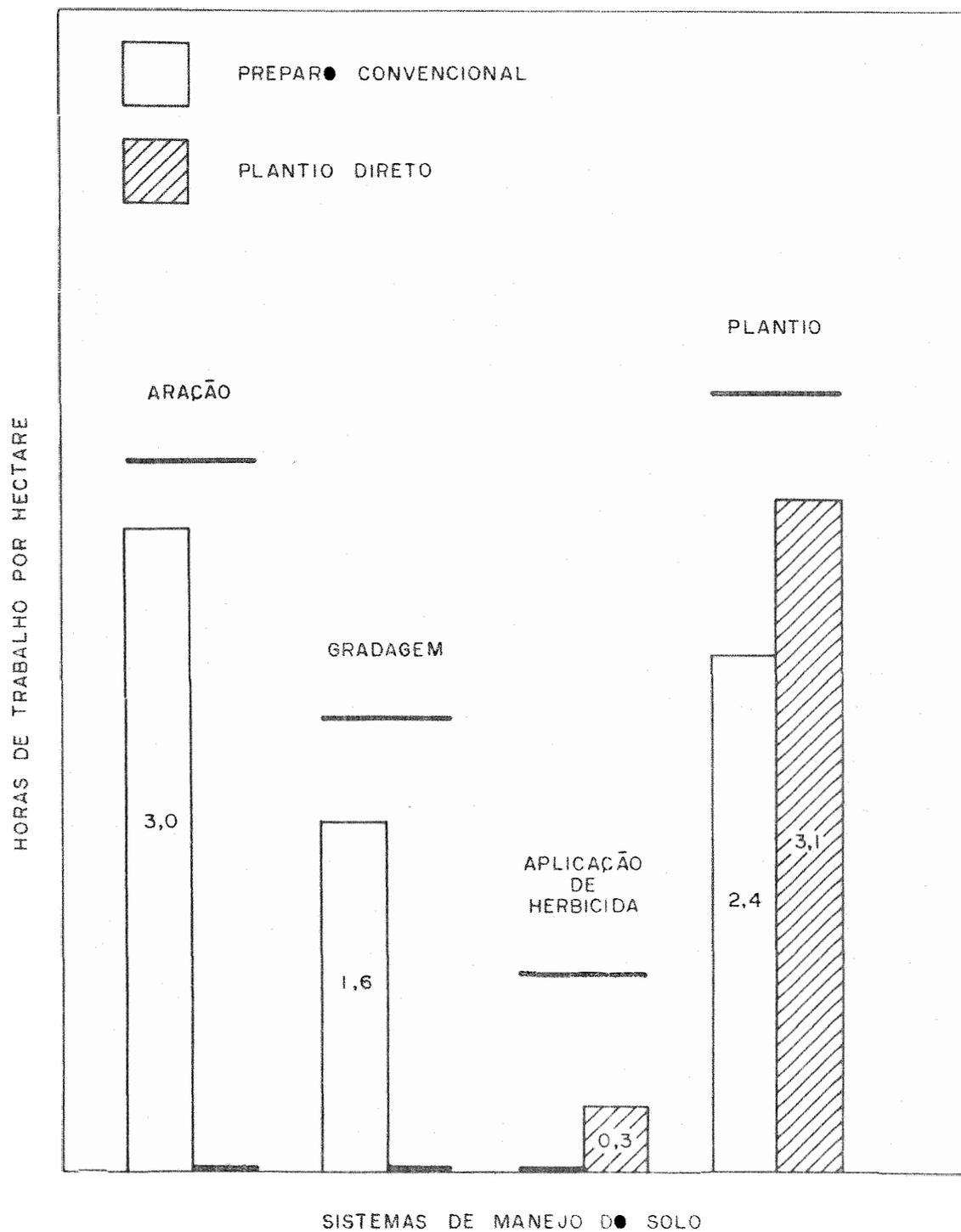


Figura 8 - Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo e o rendimento de trabalho em horas/ha, na Estação Experimental de Tatuí.

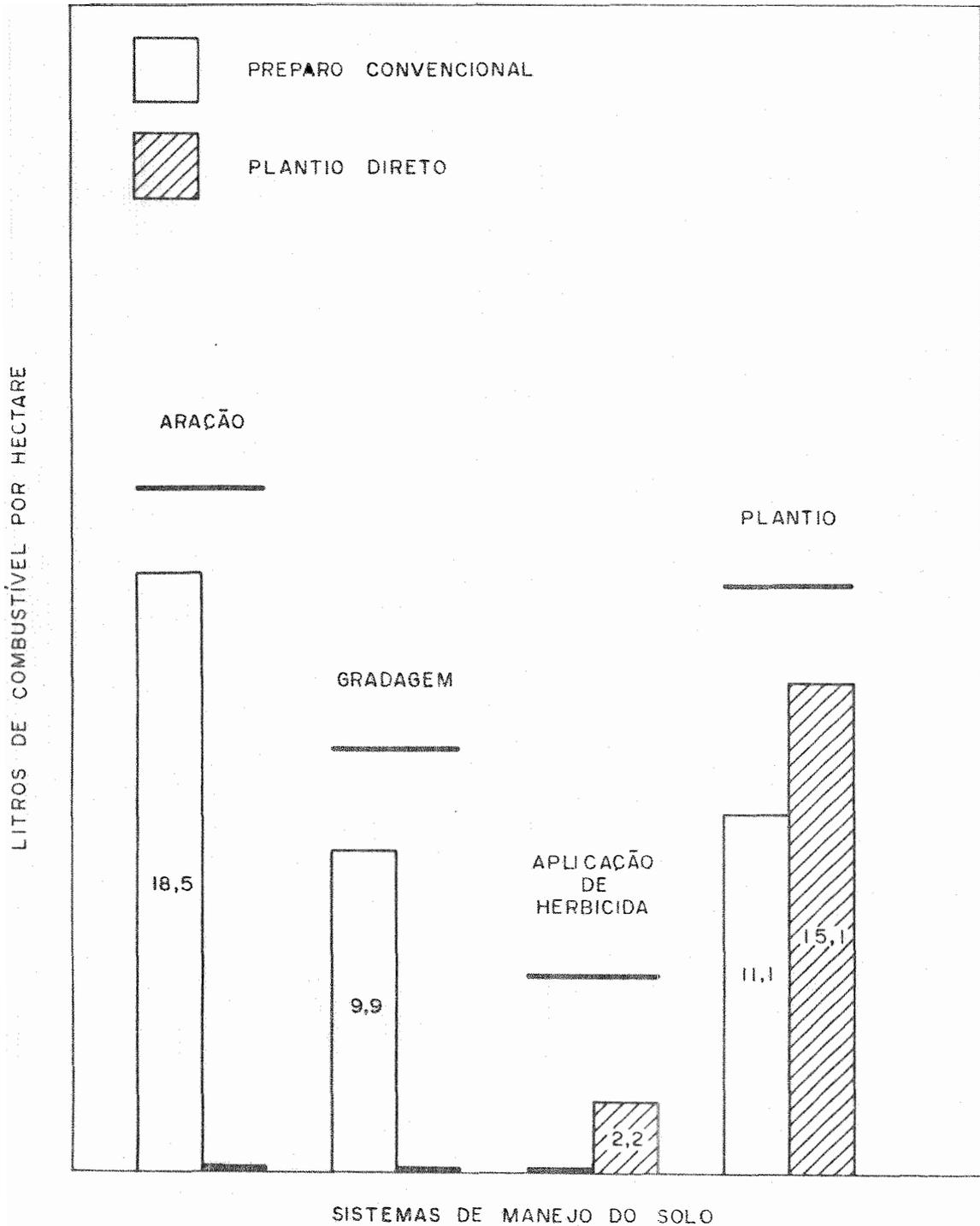


Figura 9 - Ensaio de sistemas de manejo do solo na cultura do trigo e o consumo de combustível em litros/ha, na Estação Experimental de Tatuí.

Na Estação Experimental de Jundiaí, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, em áreas de dois hectares para cada tratamento, foi verificado o rendimento de trabalho em horas por hectare e o consumo de combustível em litros por hectare na cultura do milho, durante o ano agrícola de 1977/78. Os dados obtidos estão no Quadro 7 e representados graficamente na Figura 10.

Quadro 7 - Sistemas de manejo do solo na cultura do milho com relação a rendimento de trabalho em horas/ha e consumo de combustível em litros/ha, em áreas de 2 ha para cada tratamento, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto.

Tratamentos	Rendimento de trabalho		Consumo de combustível	
	horas/ha	%	litros/ha	%
Preparo convencional	14,4	100,0	39,5	100,0
Preparo reduzido	10,2	70,5	24,8	62,8
Plantio direto	3,4	25,0	7,7	19,5

Dos três sistemas de manejo pesquisados, foi o plantio direto o que apresentou menor tempo de trabalho, e por conseguinte, o que menos combustível consumiu.

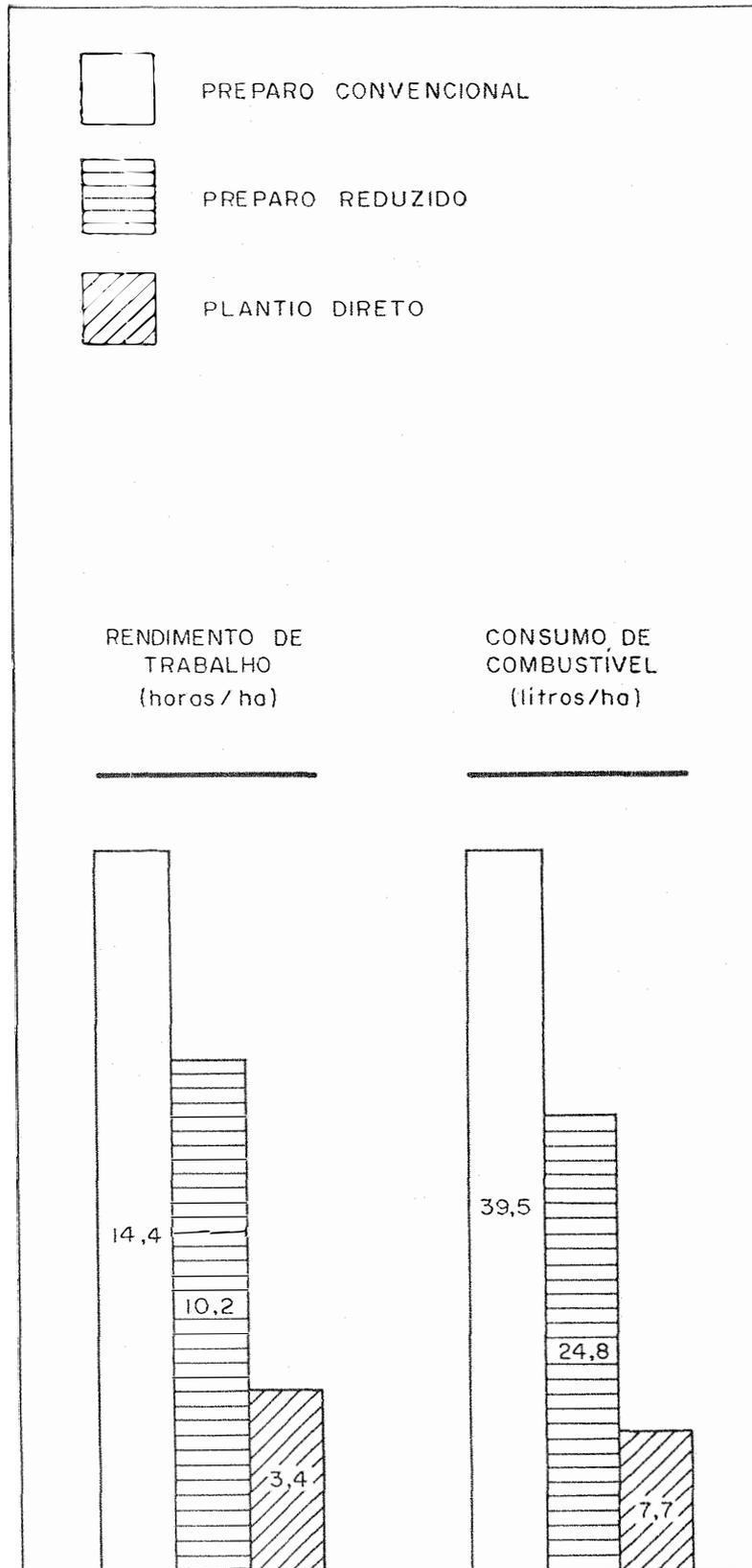


Figura 10 - Sistemas de manejo do solo na cultura do milho em relação ao rendimento de trabalho em horas/ha, e o consumo de combustível em litros/ha, em áreas de 2 ha para cada tratamento, em Solo Podzólico Vermelho- Amarelo orto.

#### 4.5. Comparação dos resultados obtidos nas quatro unidades de solo onde foram efetuados os ensaios

Em relação à produção do milho (grãos) em kg/ha, no Latossolo Roxo, o sistema convencional, o preparo reduzido e o plantio direto não apresentaram diferenças significativas, durante o período de 1973/74 até 1978/79. No Solo Podzólico Vermelho-Amarelo ortó e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, o sistema convencional e o preparo reduzido foram superiores estatisticamente ao sistema de plantio direto, evidenciando um efeito local de tipo de solo para os diferentes sistemas de manejo, concordando com as observações feitas por LARSON (1962), ANEMIYA (1968), TRIPLETT et alii (1970) e BENATTI JR. (1981).

Em relação ao controle das perdas de terra em t/ha, e das perdas de água em mm, no Latossolo Roxo e no Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, o plantio direto reduziu as perdas de terra e de água, quando comparado com o sistema de manejo convencional; sendo que o controle foi mais eficiente no Solo Podzolizado.

Quanto à estabilidade dos agregados, no Latossolo Roxo o sistema de plantio direto apresentou maior índice de agregados de diâmetro médio estáveis em água, quando comparados com o sistema de manejo convencional.

No tocante ao conteúdo de umidade do solo, expresso em percentagem de peso, no Latossolo Roxo durante dois anos agrícolas consecutivos, no decorrer do ciclo vegetativo do milho, o plantio direto sempre apresentou um teor de umidade igual ou superior em relação ao sistema de manejo convencional, refletindo numa maior disponibilidade de água para as plantas.

O rendimento operacional do sistema de manejo convencional, de preparo reduzido e do plantio direto em relação ao rendimento de trabalho em horas por hectare, e o consumo de combustível em litros por hectare, foram comparados no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto e no Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba; o plantio direto foi o que apresentou melhor rendimento de trabalho, com menor tempo gasto nas operações, e por conseguinte, o que menos combustível consumiu.

Apesar do sistema de plantio direto ter proporcionado reduções consideráveis nas perdas por erosão, economia de trabalho pela eliminação de algumas operações, maior retenção de umidade no solo, economia de combustível, aumento do armazenamento de água disponível para as plantas devido à cobertura morta, aumento da infiltração, pois foi a prática que reduziu as perdas de água em mm, economia de mão-de-obra, redução do tempo gasto para estabelecer uma cultura, resultando em mais hectares plantados na melhor época do ano, menor compactação do solo, graças ao menor número de passadas de máquinas e implementos, ele não pode ser generalizado.

Em primeiro lugar é preciso ter um ou mais motivos bem determinados para implantá-lo, tais como: a necessidade de controlar a erosão do solo, aumentar o armazenamento de água disponível para as plantas, reduzir a mão-de-obra, diminuir o emprego de máquinas para economizar combustível.

Para a aplicação deste sistema, o solo deverá apresentar uma série de pré-requisitos, tais como: condições mínimas de estrutura que permitam uma boa infiltração; ausência de camadas compactadas que dificultem a infiltração e a penetração de raízes; a superfície do terreno deve estar bem nivelada; a fertilidade do solo não deve ser baixa; e a área não deve estar infestada por grama perene e ervas com características arbustivas.

O segundo ponto fundamental é o controle das ervas daninhas, basicamente feito através do emprego de herbicidas, que devem ser aplicados em curto espaço de tempo; e o complexo de ervas daninhas deve ser combatido no seu estágio inicial de crescimento. Caso contrário podem surgir problemas, tais como a diminuição da eficiência do controle e necessidade de maiores doses do herbicida.

O herbicida deve ser convenientemente escolhido e bem aplicado.

Salvo estas restrições, o plantio direto é um sistema de manejo confiável, devendo proporcionar rendimentos satisfatórios das colheitas, e uma grande redução nas perdas por erosão.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, pode-se tirar as conclusões apresentadas a seguir:

No Latossolo Roxo, o sistema de manejo convencional, o preparo reduzido e o plantio direto não diferiram estatisticamente, em relação à produção do milho (grãos) em kg/ha. Quanto às perdas por erosão, o plantio direto reduziu as perdas de terra em t/ha em 59 %, e as perdas de água em mm em 34 %, quando comparado com o sistema de manejo convencional.

O plantio direto apresentou maior índice de agregados de diâmetro médio estáveis em água, e apresentou igual ou maior disponibilidade de água para as plantas durante o ciclo vegetativo do milho, quando comparado com o sistema de manejo convencional.

No Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto, os sistemas de manejo convencional e o preparo reduzido foram superiores estatisticamente ao plantio direto em relação à produção do milho em kg/ha.

Quanto à rendimento de trabalho em horas por hectare, o plantio direto foi superior aos outros dois sistemas de manejo estudados, pois, considerando-se o índice de 100 % para o tempo do sistema de manejo convencional, o tempo do preparo reduzido foi 70,5 % e o do plantio direto, apenas 25,0 %.

Com relação à combustível consumido, considerando-se o índice de 100 % para o gasto no sistema de manejo convencional, o consumo do preparo reduzido foi 62,8 %, e o do plantio direto, apenas 19,5 %.

No Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba, enquanto o sistema de manejo convencional necessitou de sete horas de trabalho por hectare, com um consumo de combustível de 39,5 litros por hectare, o plantio direto gastou 3,4 horas por hectare, com um consumo de combustível de 17,3 litros por hectare. Considerando-se índices de 100 % para o sistema convencional, o plantio direto reduziu para 48,6 % o tempo de plantio, e para 43,8 % o consumo de combustível.

No Solo Podzolizado Lins e Marília variação Marília, os sistemas de manejo convencional e preparo reduzido foram superiores estatisticamente ao plantio direto em relação à produção do milho (grãos) em kg/ha. Quanto às perdas por erosão, o plantio direto reduziu as perdas de terra em t/ha em 75,0 %, e as perdas de água em mm em 49,0 %, quando comparado com o sistema de manejo convencional.

## 6. LITERATURA CITADA

- AMEMIYA, M., 1968. Tillage - soil water relations of corn as influenced by weather. *Agronomy Journal*, 60: 534-537.
- BAEUMER, K. e W.A.P. BAKERMANS, 1973. Zero-tillage. *Advance in Agronomy*, 25: 77-123.
- BARBER, S.A., 1959. The influence of alfafa, bromegrass and corn on soil aggregation and crop yield. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 23 (4): 258-259.
- BARRONS, K.C. e C.D. FITZGERALD, 1952. An experiment with chemical seedbed preparation. *Down to earth*, 8:2-3.
- BAVER, L.D.; W.H. GARDNER e W.R. GARDNER, 1973. *Física del suelos*. México, Tipografía Editorial Hispano-Americana, 529 p.

- BENATTI JR., R.; J. BERTONI e C.A. MOREIRA, 1977. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1: 121-123.
- BENATTI JR., R. e C.A. MOREIRA, 1979. O plantio direto na cultura do milho e seu efeito na produção. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Manaus-AM.
- BENATTI JR., R. 1981. Sistemas de preparo do solo e as influências de profundidade, intensidade e equipamento sobre a produção de culturas anuais em Latossolo Roxo e em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo orto. Piracicaba, ESALQ/USP, 56 p. (Dissertação de Mestrado).
- BENNETT, O.L.; E.L. MATHIAS e P.E. LUNDBERG, 1973. Crop responses to no-tillage management on illy terrain. Agron. Journal, 65 (3): 488-491.
- BERTONI, J., 1949. Sistemas coletores para determinação das perdas por erosão. Bragantia 9: 147-155.
- BERTONI, J.; F. LOMBARDI NETO e R. BENATTI JUNIOR, 1975. Metodologia para a determinação de perdas por erosão. Campinas, Instituto Agronômico, Circular nº 44, 14 p.

- BLEVINS, R.L.; D. COOK; S.H. PHILLIPS e R.E. PHILLIPS, 1971. Influence of no-tillage on soil moisture. Agron. Journal, 63 (4): 593-596.
- BLEVINS, R.L.; G.M. THOMAS e P.L. CORWELIUS, 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agron. Journal, 69 (3): 383-386.
- BOWERS, W. e H.P. BATEMAN, 1960. Research studies of minimum tillage. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 3: 1-3 e 12.
- BROWNING, G.M. e R.A. NORTON, 1945. Tillage practices on selected soils in Iowa. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 10: 461-468.
- BROWNING, G.M. e R.A. NORTON, 1947. Tillage structure and irrigation tillage practices with corn and soybeans in Iowa. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 12: 491-496.
- BROWNING, G.M., 1948. Research needs of tillage in soil and water conservation. Journal Soil and Water Conservation, 3: 75-78.
- BURWELL, R.E.; L.L. SLONEKER e W.W. NELSON, 1968. Tillage influences water intake. Journal Soil and Water Conservation, 23 (5): 185-187.

- CARVALHO, A., et alii, 1967. Sedimentos neo-cenozóicos na área de Campinas, Estado de São Paulo. In: Anais do XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, p. 58-70.
- COBRA, A.P., 1966. Investigations in mecanization of sugar cane production: Project Number S 3-AE-2, Grant Number FG-BR-114. Relatório enviado ao Departamento de Agricultura dos EE.UU.
- COOK, R.L.; H.F. McCOLLY; L.S. ROBERTSON e C.M. HANSEN, 1958. Save money-water-soil with minimum tillage. Michigan State University, Extension Bulletin 352, 23 p.
- DACY, G.H., 1916. A história do arado. La Hacienda, 12: 15-21.
- FABRICIO, C.A.; J.A. PORTELLA e C.V.S. BARBO, 1980. Determinação do consumo de combustível e rendimento de máquinas e implementos na semeadura direta e convencional. EMBRAPA, Comunicado Técnico Nº 4, UEPAE de Dourados (MS), 2 p.
- FAULKNER, E.H., 1943. Plowman's folly. New York, Grosset and Dunlop. University of Oklahoma Press, 155 p.
- FREE, G.R., 1953. Mulch tillage in New York. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 17: 165-170.

- FREE, G.R., 1960. Minimum tillage for soil and water conservation. Agric. Eng. 41: 96-99 e 103.
- FREE, G.R.; C.S. WINKELBLECH; H.M. WILSON e C.E. BAY, 1966. Time of planting in comparison of plow-plant and conventional seedbed preparation for corn. Agron. Journal, 58: 333-336.
- GARDEN, L.E. e J.S. Mc KIBBEN, 1973. "No till" crop production proving a most promising conservation measure. Outlook on Agriculture, 7 (4): 149-154.
- GRIFFITH, D.R.; J.V. MANNERING; H.M. GALLOWAY; S.D. PERSON e C. B. RICKEY, 1973. Effect of eight tillage planting systems on soil temperature, percent sand, plant growth and yield of corn on five Indiana Soils. Agron. Journal, 65: 321-326.
- GROHMANN, F., 1960. Análise de agregados de solos. Bragantia 19 (13): 201-213.
- GROHMANN, F. e A. CONAGIN, 1960. Técnica para o estudo da estabilidade de agregados do solo. Bragantia. 19 (22). 329 - 343.
- GROHMANN, F. e H.V. ARRUDA, 1961. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra roxa legítima. Bragantia, 20: (49): 1203-1209.

- HANES, G.L., 1961. Factores influencing the structure of some pleistocene terrace soils in Michigan. Soil and Fertilizers, 24 (4): 270.
- HARROLD, L.L.; G.B. TRIPLETT JR. e R.E. YOUKER, 1967. Watershed test of no-tillage corn. Journal of Soil and Water Conservation, 22 (3): 98-100.
- HARROLD, L.L. e W.M. EDWARDS, 1972. A severe rainstorm test of no-tillage corn. Journal of Soil and Water Conservation, 27 (1): 30.
- HAYS, O.E., 1961. New tillage methods reduce erosion and runoff. Journal of Soil and Water Conservation, 16: 172-175.
- HILL, J.D. e R.L. BLEVINS, 1973. Quantitative soil moisture use in corn grown under conventional and no-tillage methods. Agron. Journal, 65 (6): 945-949.
- JONES JR., J.N.; J.E. MOODY; G.M. SHEAR; W.W. MOSCHLER e J.H. LILLARD, 1968. The no-tillage systems for corn (Zea mays, L.). Agron. Journal 60: 17-20.
- JONES JR., J.N.; J.E. MOODY e J.H. LILLARD, 1969. Effects of tillage, no-tillage and mulch on soil, water and plant growth. Agron. Journal, 61 (5): 719-721.

- LARSON, W.E., 1962. Tillage requirement for corn. Journal of Soil and Water Conservation, 17: 3-7.
- LILLARD, J.H. e E.S. SMITH, 1971. No-tillage machinery and seedbed requirements. Virginia, Polytechnic Institute and State University, publication 419.
- MANNERING, J.V.; L.O. MEYER e C.G. JOHNSON, 1966. Infiltration and erosion as affected by minimum tillage for corn (Zea mays, L.). Soil Sci.Soc. Am. Proc., 30 (1): 101-105.
- MARQUES, J.Q.A. e J. BERTONI, 1961. Sistemas de preparo do solo em relação à erosão. Bragantia, 20: 403-459.
- MARQUES, J.Q.A.; J. BERTONI e G.B. BARRETO, 1961. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. Bragantia, 20 (47): 1143 - 1182.
- MEYER, L.D. e J.V. MANNERING, 1961. Minimum tillage for corn: its effect on infiltration and erosion. Agric. Eng., 42: 72-75 e 86-87.
- MOLDENHAUER, W.C. e M. AMEMIYA, 1969. Tillage practices for controlling cropland erosion. Journal of Soil and Water Conservation, 24 (1): 19-21.

- MOLDENHAUER, W.C.; N.P. SWANSON e H.D. CURRENCE, 1971. Effect of row grades and tillage systems on soil and water losses. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26 (5): 193-195.
- MOODY, J.E.; G.M. SHEAR e J.N. JONES JR., 1961. Growing corn without tillage. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25: 516-517.
- MORRIS, W.H.M., 1969. Production of corn without heavy tillage. The till-plant system. In: Proc. of 7th Congress of the Commission Internationale du Gênie Rural. Baden-Baden, Germanie.
- MOSCHLER, W.W.; G.M. SHEAR; D.L. HALLOCH; R.D. SEARS e G.D. JONES, 1967. Winter cover crops for sod-planted corn: their selection and management. *Agron. J.*, 59: 547-551.
- MOSCHLER, W.W.; G.M. SHEAR; D.C. MARTENS; G.P. JONES e R.R. WILMORATH, 1972. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventional tilled corn. *Agron. Journal*, 64 (2): 229-231.
- MUSGRAVE, R.B.; P.J. ZWERMAN e S.R. ALDRICH, 1955. Plow planting of corn. *Agric. Eng.*, 36: 593-594.

OLIVEIRA, J.B.; F. GROHMANN e J.P. QUEIROZ NETO, 1966. Características dos agregados de Solo Podzólico Vermelho-Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia*, 25 (40): 445-455.

ORTOLANI, A.F., 1977. Efeitos de diferentes tipos de preparo do solo sobre o comportamento do sistema solo-cultura de milho (Zea mays, L.). Jaboticabal, FCAV/UNESP, 100 p. (Tese de Livre-Docência).

OVERDAHL, C.J.; G.R. BLAKE; C.A. VAN DOREN e R.F. HOLF, 1959. Where do we stand on minimum tillage? *Minn. Farm and Home Sci.*, 16 (12): 14-22.

PAGE, J.P.; C.L. WILIARD e G.M. McCUEN, 1946. Progress report on tillage methods in preparing land corn. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 11: 77-80.

PAGE, J.P., 1949. Não se desfaça do arado. *A Fazenda*. 10: 36-37.

PHILLIPS, S.H. e H.M. YOUNG, 1973. No-tillage farming. *Reinman Associates, Milwaukee, Wisconsin*.

PRICE, V.J., 1972. Minimum tillage: looks like a winner. *Soil Conservation*, 38 (3): 43-45.

- QUEIROZ NETO, J.P. e F. GROHMANN, 1963. Estado de agregação da terra roxa (Série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. *Bragantia*, 22 (50): 635-646.
- RAMOS, M., 1976. Sistemas de preparo mínimo do solo: técnicas e perspectivas para o Paraná. Comunicado Técnico, Embrapa, Representação do Paraná, 23 p.
- ROBERT, A.P., 1972. Control of weeds in no-tillage crops. In: Proc. no-tillage systems. Ohio, Center for Tomorrow, 132 - 139.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1960. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 634 p. (Boletim 12).
- SHANHOLTZ, V.O. e J.H. LILLARD, 1968. Hidrologic aspects of no-tillage versus conventional systems for corn production. *Virginia Water Resources. Research Center Bulletin* 14, 31 p.
- SHANHOLTZ, V.O. e J.H. LILLARD, 1969. Tillage systems effects on water use deficiency. *Journal of Soil and Water Conservation*, 24 (5): 186-189.

- SHANHOLTZ, V.O. e J.H. LILLARD, 1970. A soil water model for two contrasting tillage systems. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg. Virginia, Bull., 38, 217 p.
- SHEAR, G.M., 1968. The development of the no-tillage concept in the United State. Outlook on Agriculture, 5 (6): 247-251.
- SHEAR, G.M. e W.W. MOSCHLER, 1969. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: a six years comparison. Agron. Journal, 61: 524-526.
- STRANĀK, H., 1969. Direct drilling of cereals from point of view of theory and practice. In: Proc. of 7th Congress of the Comission Internationale du Gēnie. Baden-Baden, Germany.
- TANCHANDRPHANGS, S. e J.M. DAVIDSON, 1970. Bulk density aggregate stability and organic content as influence two wheatland soil management practices. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34 (2): 302-305.
- THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHER, 1955. The water balance. Centerton, New Jersey, Laboratory of Climatology, 104 p. (Publication in Climatology, vol. 8, n<sup>o</sup> 1).

- TRIPLETT JR., G.B., 1963. Performance of two experimental planters for no-till corn culture. Reprinted from Agronomy Journal, vol. 55: 408-409.
- TRIPLETT JR., G.B.; D.M. VAN DOREN e W.H. JOHNSON, 1964. Non-plowed, strip-tilled corn culture. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 7: 105-107.
- TRIPLETT JR., G.B., 1966. Herbicide systems for no-tillage corn following sod. Agronomy Journal, 58 (1): 157-159.
- TRIPLETT JR., G.B.; D.M. VAN DOREN e B.L. SCHMIDT, 1968. Effect of corn stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. Agronomy Journal, 60 (2): 236-239.
- TRIPLETT JR., G.B. e D.M. VAN DOREN, 1969. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of no-tilled maize. Agronomy Journal, 61 (4): 637-639.
- TRIPLETT JR., G.B.; D.M. VAN DOREN e W.H. JOHNSON, 1970. Response of tillage systems as influenced by soil type. Trans. Am. Soc. Agr. Eng., 13: 765-767.
- VAN BAVEL, C.H.M., 1949. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 14: 2-23.

- VAN DOREN, D.M.; G.B. TRIPLETT e J.E. HENRY, 1976. Influence of long term tillage crop rotation, and soil type combinations on corn yield. Soil Sci. Soc. Amer. J., 40: 100-105.
- WINKELBLECH, C.S., 1957. How to build plow-plant equipment. Cornell Ext. Bull., 331, University of Cornell.
- WITTMUS, H.D., 1969. Development of till-plant system of minimum tillage. In: Proc. of 7th Congress of the Comission Internacionale du Gènèie Rural. Baden-Baden, Germany.
- WOODS, R.A., 1972. Evaluation of various equipment systems for minimum tillage chemical pasture renovation. In: Proc. of No-tillafe Symposium. The Ohio Agricultural Research and Development Center. Columbus, Ohio, USA, p. 55-68.
- YODER, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. J. Amer. Soc. Agron., 28: 337-351.
- YODER, R.E., 1937. The significance of soil structure in relation to the tilth problem. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 2: 21-23.