

NILVANIA APARECIDA DE MELLO

**AVALIAÇÃO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
DE UM CAMBISSOLO SUBMETIDO A TRÊS SISTEMAS DE
MANEJO COM TRACÇÃO ANIMAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração Ciência do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia
Orientador: Glaucio Roloff.

CURITIBA
1996

NILVANIA APARECIDA DE MELLO

**AVALIAÇÃO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
DE UM CAMBISSOLO SUBMETIDO A TRÊS SISTEMAS DE
MANEJO COM TRAÇÃO ANIMAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração Ciência do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia

CURITIBA
1996

A minha mãe, pelo exemplo
Ao Gustavo, por lançar as sementes
Ao Edilson, por ser quem é.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a algumas pessoas e instituições:

Ao Renato Dedecek pelo exemplo de desprendimento e pela ajuda.

Ao Glaucio Roloff, pela orientação e amizade.

Ao IAPAR pelo excelente treinamento enquanto bolsista de iniciação científica e a todos os pesquisadores daquela instituição que colaboraram, estimularam e acreditaram na realização deste trabalho, em especial aos pesquisadores do Pólo Regional de Ponta Grossa.

Ao funcionário do IAPAR - Ponta Grossa Noel Ferreira da Luz pela dedicação que demonstrou na elaboração da parte de campo deste trabalho, pela sua amizade e companheirismo.

A UEPG, na pessoa do Professor Valter Schulz por ceder os laboratórios para a realização de algumas análises.

Ao Edilson por ter estado presente desde o início até o final, sempre como um porto seguro iluminando meu caminho com seu sorriso claro.

Ao Gustavo Merten pela orientação deste e de outros trabalhos, sempre acrescentando tijolos no imenso muro que constrói um pesquisador.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS E FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 - EFEITOS DO CULTIVO SOBRE O SOLO	2
2.2 - INFILTRAÇÃO	5
2.3 - POROSIDADE	7
2.4 - SELO SUPERFICIAL	10
3 - MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 - LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA	12
3.2 - IMPLANTAÇÃO E MANEJO DO EXPERIMENTO	12
3.3 - ANÁLISES REALIZADAS A CAMPO	13
3.3.1 - <u>INFILTRAÇÃO</u>	13
3.3.1.1 - Frente de molhamento	14
3.3.2 - <u>COLETA DE ENXURRADA</u>	15
3.3.3 - <u>AVALIAÇÃO DE SELAMENTO SUPERFICIAL</u>	15
3.3.4 - <u>CONTINUIDADE E QUANTIDADE DE POROS <i>IN SITU</i></u>	16
3.4 - ANÁLISES REALIZADAS EM LABORATÓRIO	17
3.4.1 - <u>AMOSTRAS TIPO MONÓLITOS</u>	17
3.4.2 - <u>AMOSTRAS PONTUAIS</u>	18
3.5 - <u>ANÁLISES QUÍMICAS</u>	18
3.6 - <u>DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA</u>	19
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 - POROSIDADE	20
4.1.1 - <u>POROSIDADE COM AMOSTRAS PONTUAIS</u>	20
4.1.2 - <u>POROSIDADE COM AMOSTRAS TIPO MONÓLITOS</u>	21
4.1.3 - <u>POROSIDADE <i>IN SITU</i></u>	24
4.2 - DENSIDADE GLOBAL	31
4.3 - CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA	34
4.3.1 - <u>CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA COM AMOSTRAS PONTUAIS</u>	34
4.3.2 - <u>CURVA RETENÇÃO DE ÁGUA COM AMOSTRAS TIPO MONÓLITO</u>	37
4.4 - CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA	41
4.4.1 - <u>CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA PARA AMOSTRAS PONTUAIS</u>	41
4.4.2 - <u>CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SETURADA PARA AMOSTRAS TIPO MONÓLITO</u>	42
4.5 - SELO SUPERFICIAL	43
4.6 - TAXA DE INFILTRAÇÃO	47
4.6.1 - <u>TAXA DE INFILTRAÇÃO x POROS <i>IN SITU</i></u>	49
4.8 - PERDA DE SOLO NA ENXURRADA	52
5 - CONCLUSÕES	55

6 - BIBLIOGRAFIA

56

7 - ANEXOS

70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias de porosidade com amostras pontuais para perfil de 0 - 30 cm.-----	20
Tabela 2: Médias de porosidade com amostras monólitos para perfil de 0 - 30 cm.--	21
Tabela 3: Médias de macroporosidade obtidas com amostras pontuais e monólitos.--	22
Tabela 4: Porosidade total obtidas com amostras pontuais e monólitos.-----	23
Tabela 5: Média do volume total e porcentagem de macroporos observados a campo -----	25
Tabela 6: Coeficiente milimétrico e volume de macroporos por camadas observados a campo. -----	26
Tabela 7: Número de macroporos por classes de diâmetro observados a campo por camadas.-----	27
Tabela 8: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 0-10 cm e 10-20 cm. -----	28
Tabela 9: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 10-20 cm e 20-30 cm. -----	29
Tabela 10: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 0-10 cm e 20-30. -----	29
Tabela 11: Densidade global obtida com amostras pontuais. -----	31
Tabela 12: Densidade global obtida com amostras monólitos. -----	32
Tabela 13: Porcentagem de carbono para varias profundidades. -----	33
Tabela 14: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões de -0,10 a -1atm com amostras pontuais.-----	35

Tabela 15: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões de -3 a -15 com amostras pontuais.-----	37
Tabela 16: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -0,10 e -1 atm com amostras tipo monólito. -----	38
Tabela 17: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -3 e -15atm com amostras tipo monólito.-----	39
Tabela 18: Condutividade hidráulica saturada em mm h^{-1} , obtida em amostras pontuais.-----	42
Tabela 19: Condutividade hidráulica saturada em mm h^{-1} , obtida em amostras tipo monólito.-----	43
Tabela20: Médias de resistência a penetração em Nm^{-2} devido a formação de selo superficial -----	44
Tabela 21: Valores de pH em CaCl_2 para varias profundidades.-----	45
Tabela 22: Taxa de infiltração final, tempo de saturação e umidade antecedente.-----	47
Tabela 23: Taxa de infiltração após 60 minutos de chuva simulada (média de duas chuvas).-----	49
Tabela 24: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em Cambissolo sob plantio direto.-----	49
Tabela 25: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em minutos em Cambissolo sob plantio convencional.---	49
Tabela 26: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em minutos em Cambissolo sob pousio com queima.-----	50
Tabela 27: Análise de correlação entre taxa de infiltração, volume total de poros (mm^3) e porcentagem de poros.-----	50
Tabela 28: Análise de correlação entre taxa de infiltração e índice de formação de selo superficial para duas chuvas.-----	52
Tabela 29: Perda de solo por enxurrada em três chuvas.-----	53

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Quadro 1: Sistemas de preparo, culturas e adubos verdes.-----	13
Figura 1: Porcentagem de macroporos obtidos com amostras pontuais.-----	21
Figura 2: Porcentagem de macroporos obtidos com amostras tipo monólito.-----	23
Figura 3: Média do número de poros observados a campo.-----	25
Figura 4: Volume de poros por camada observados <i>in situ</i> . -----	30
Figura 5: Densidade global obtida com amostras pontuais.-----	32
Figura 6: Densidade global obtida com amostras tipo monólitos.-----	34
Figura 7: Curva de retenção de água obtidas com amostras pontuais para três camadas. -----	40
Figura 8: Curva de retenção de água obtida com amostras tipo monólito para três camadas. -----	41
Figura 9: Conteúdo de carbono.-----	45
Figura 10: Índices de deslocamento obtidos antes (1) e depois (2) da chuva simulada. -----	47

RESUMO

A maioria dos agricultores familiares da região Centro-Sul do Paraná cultivam áreas declivosas onde predominam os Cambissolos álicos. Esses produtores, devido as baixas condições econômicas usam métodos de cultivo inadequados.

Tradicionalmente usam o pousio de inverno com queima dos resíduos no verão e preparo com arado de tração animal ou o plantio convencional. Mais recentemente alguns produtores adotaram o plantio direto, também com tração animal. Este trabalho teve por objetivo comparar estes três sistemas, usando como indicador a capacidade de infiltração e as características que regem, ou podem interferir, neste processo no solo. O solo utilizado foi um Cambissolo álico. Os tratamentos procuravam simular as mesmas condições dos produtores, citadas acima, e foram instalados em 1990. O sistema plantio direto foi o mais eficiente em taxa de infiltração, devido a porosidade maior e mais contínua. A cobertura vegetal permanente sobre este tratamento permitiu melhor agregação do solo não ocorrendo formação significativa de selo superficial quando o solo foi exposto a ação das gotas da chuva. O plantio convencional apresentou taxa de infiltração menor que o plantio direto. Os poros deste sistema concentravam-se nos primeiros dez centímetros amostrados. O pousio com queima apresentou boa porosidade. Mesmo assim este sistema apresentou as menores taxas de infiltração por apresentar elevada formação de selo superficial. No pousio com queima o processo de infiltração foi regido pelo selo superficial, e não pela quantidade/continuidade dos poros. Assim, o plantio direto com tração animal mostrou ser o sistema que melhor mantém as características agronômicas desejáveis do solo para as condições estudadas.

ABSTRACT

Some farmers of Center South region in Paraná - BRA till areas with slope above 18%, with Typic Haplumbert. These farmers use low level of technology for the cropping. Traditionally they use the burn of the native vegetation+plow till in the summer or conventional tillage, both with animal traction equipments. Recently some farmers have adopted the no-tillage with animal traction. This work evaluated some physical characteristics of these systems. The efficiency of the systems were evaluated by infiltration rate and other physical properties that influence the processes of infiltration in the soil. The obtained results showed that no-tillage was the most efficient system. The infiltration rate was high when the macroporosity was more uniform and continuous, and absence of seal formation. The conventional tillage had more macropores in his first layer, equivalent to the depth of revolvment. The infiltration rate in this system is smaller than the infiltration rate in no till. The system burn of the native vegetation+plow till had the smallest infiltration rate. The macroporosity was good, however the ashes formed by the burn increase the pH values, generating surface seal. In this system the infiltration process was controlled by the surface seal, decreasing consequentelly.

1 INTRODUÇÃO

A região Centro-Sul do Paraná caracteriza-se por apresentar relevo forte ondulado onde predominam os Cambissolos álicos. Sobre esta classe de solos encontram-se pequenas propriedades que exploram principalmente milho, feijão, cebola e fumo, quase sempre em situações de uso conflitivo com a aptidão agrícola destas terras. Associado a isso os resíduos culturais de verão são queimados para facilitar a aração com uso de tração animal. A consequência deste manejo inadequado é a degradação destes solos provocada principalmente pela erosão hídrica.

Parte da solução para este problema depende da adoção por parte destes agricultores de um conjunto de técnicas que mantenham o máximo de resíduos na superfície do solo e que simulem as condições naturais a que ele estava submetido.

Os sistemas de preparo do solo podem contribuir basicamente de duas formas para controlar a erosão:

- 1- Em função da quantidade de resíduos que permanecem na superfície do solo;
- 2- Pelo efeito da rugosidade superficial;

Em consequência, facilita-se a infiltração de água no solo.

Os efeitos de implementos mecanicamente tracionados sobre as condições citadas acima são conhecidos mas pouco se sabe sobre tração animal, ainda muito utilizada por agricultores no Centro-Sul e Sudoeste do Paraná.

Esta dissertação teve como propósito avaliar algumas características físicas (infiltração, porosidade e selamento superficial) de um Cambissolo álico submetido a diferentes sistemas de preparo do solo e manejo de coberturas vegetais com uso de tração animal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O solo mantém características determinadas por diversos fatores (posição no relevo em que formou-se, o processo predominante em sua formação, o material de origem, e clima entre outros). Algumas destas características são agronomicamente desejáveis e outras não, como a acidez por exemplo. As características podem ser alteradas cada vez que o solo passa por alguma forma de exploração, como o deflorestamento ou exploração de minérios ou ainda pelo cultivo (DERPSCH et al., 1991; FAVARIN e FANCELLI, 1987; RUSSEL e RUSSEL, 1959) quando é preparado com implementos mecânicos (MARTINO e SHAYKEWICH, 1994; CASSEL, 1983).

Os sistemas de manejo tem atuação sobre importantes características físicas do solo relacionadas com a capacidade de absorção, infiltração e armazenamento de água (BONNE, 1988; LEITE e FERNANDES MEDINA, 1984).

Grande número de agricultores do Terceiro Mundo trabalham com equipamentos que utilizam a tração animal. Este sistema na maioria das vezes causam menor dano ao solo (KRAUSE et al., 1984; MUNZINGER, 1982; AMORIM e SOUZA, 1982; FAO, 1972), pois embora o peso esteja concentrado sobre as patas do animal este é menor que os implementos de tração mecânica e também porque a capacidade de revolvimento dos equipamentos a tração animal é menor.

Quanto menor for o revolvimento do solo maior será o teor de cobertura na superfície e, conseqüentemente, mais preservada estará a estrutura deste, acarretando maiores taxas de infiltração e melhor crescimento de raízes (ROTH et al., 1988; LINDSTRORN e ONSTAD, 1984; MANNERING et al., 1968; CLARCK et al., 1967). Muitos trabalhos com tração mecânica relacionam os efeitos do cultivo sobre as características do solo e as mudanças que nele ocorrem pela adoção de um ou outro sistema, entretanto há poucas informações sobre tração animal. Para elaborar este trabalho, dada a escassez de informações específicas, utilizou-se pesquisas que avaliaram as mesmas características em sistemas com tração mecânica e que tinham o efeito da compactação isolado/conhecido e aqueles que utilizavam tráfego controlado.

2.1 EFEITOS DO CULTIVO SOBRE O SOLO

A alteração causada no solo pelo cultivo mecanizado tem sido bastante estudada e já se conhece bem alguns de seus efeitos quantitativos que podem inclusive ser previstos por meio

de equações (SCHAFER e JOHNSON, 1980), mas muito pouco sabe-se sobre tração animal. LAL et al., (1989) afirmam que os efeitos do cultivo dependem de algumas características iniciais do solo, como tipo de argilas predominantes, e também do clima.

Os efeitos dos sistemas de preparo mecanizados sobre as propriedades hidráulicas foram bem descritos na revisão feita por KLUTE (1980). Com relação a densidade aparente e compactação, CASSEL (1980) concluiu que essas características apresentam grande variabilidade espacial e temporal devido as mudanças ocorridas pela alteração das propriedades do solo tais como textura, estrutura e conteúdo de matéria orgânica, e pelo manejo do solo em estado inadequado de umidade. Em geral o cultivo mecanizado do solo não é uniforme, ocorrendo uma grande variação. Neste aspecto o cultivo com tração animal é vantajoso pois revolve menos o solo. Por trabalhar com menor peso e baixa potência tem menor capacidade de desestruturar camadas. A profundidade de revolvimento fica em torno de 10 cm, enquanto que a tração mecanizada pode revolver profundidades maiores. HENKLAIN et al., (1993) compararam plantio direto e convencional com tração animal combinados com diversas coberturas, avaliando a densidade de raízes. Embora o plantio direto apresentasse maior densidade global do solo em relação ao plantio convencional ambos tinham densidade de raízes semelhantes. Sabe-se que o aumento da densidade global é considerado limitante no plantio direto com tração mecânica porque interfere no desenvolvimento radicular, que afeta a produtividade das culturas embora não exista uma relação direta entre compactação e redução de produtividade no plantio direto.

Outro parâmetro afetado é a capacidade de retenção de água sendo que normalmente o plantio direto é mais eficiente (LAL et al., 1989; TOLLNER et al., 1984). SIQUEIRA et al., (1993) observaram que a maior macroporosidade estava no plantio convencional, mas o plantio direto tinha sempre a maior umidade, devido ao efeito da cobertura vegetal e pelo arranjo de poros melhor estruturado, gerando equilíbrio entre macro e microporos.

A estabilidade de agregados é afetada principalmente em seu diâmetro médio e resistência ao impacto da gota de chuva (VEIGA e AMADO, 1994; SHAINBERG et al., 1992; LAL et al., 1989; IKE, 1986; LYNCH E BRAGG, 1985; OADES, 1984; TISDALL E OADES, 1982; FAHAD et al., 1982; LAL et al., 1979). A estabilidade de agregados é relacionada ao conteúdo de matéria orgânica, compactação, teores de óxidos de ferro, que são afetados pelo manejo do solo. Quando estas características alteram-se negativamente ocorrem alterações também negativas nos agregados e estes tornam-se menos resistentes ao impacto da gota da

chuva. Sabe-se que um solo com agregados estáveis tem melhor sistema poroso e portanto melhor resistência a erosão (HAMBLIN, 1985; JOHNSON et al., 1979).

Os resíduos deixados sobre o solo o protegem-no da ação direta do impacto das gotas e diminuem o escoamento superficial. O plantio direto mantém elevada cobertura sobre o solo durante a maior parte do tempo, enquanto que o sistema convencional incorpora estes materiais. Neste caso, nos estágios iniciais da cultura o solo fica desprotegido. Entre estes dois sistemas há outros, intermediários, que utilizam sistemas com hastes e que mantêm parte dos resíduos culturais na superfície (OLIVEIRA, 1995; VEIGA e AMADO, 1994; DERPSCH et al., 1991; HOOGMOED e DERPSCH, et al., 1986; MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1986).

A compactação é a alteração do volume do solo pela aplicação de uma força resultante de uma carga (BRADFORD E GUPTA, 1986) que resulta num rearranjo dos poros. É outro fenômeno muito discutido para tração mecânica, mas pouco conhecido para tração animal. LAL (1989), encontrou valores elevados de compactação para plantio direto mecanizado conduzido por doze anos sobre um solo argiloso. Comparado ao plantio convencional mecanizado, que também apresentou compactação, os dados de densidade global do plantio direto eram 39% maiores para a primeira camada avaliada. ROTH et al., (1988) estudaram um Latossolo (Oxisol) submetido a cultivo com tração mecânica durante sete anos e encontraram alterações na densidade global, sendo que o plantio direto apresentou elevação para as primeiras camadas (de 0 a 30 centímetros), enquanto que o convencional apresentou elevação nas camadas de 20 a 30 centímetros . Estes resultados foram obtidos também por LAL et al., (1989); DERPSCH et al., (1986); SIDIRAS et al., (1984). Já HARGROVE et al., (1988); RADCLIFFE et al., (1988); TOLLNER et al., (1984) encontraram esta camada a cerca de 15 centímetros para o plantio direto e 25 centímetros para o convencional, sempre conduzidos com tração mecânica. Explica-se pelo efeito do tráfego (VOORHEES, 1983; VOORHEES E LINDSTROM, 1983) no plantio direto e pelo “pé de arado” no plantio convencional (DEXTER, 1988; TAYLOR e GILL, 1894; LINDSTROM et al., 1984; TAYLOR, 1983; GUPTA E LARSON, 1982). O peso médio do maquinário utilizado é alto, em torno de 7 toneladas, podendo atingir até 22 toneladas (GUPTA E ALLMARAS, 1986, citados por ROLLOF, 1986). Este fenômeno não ocorre nos sistemas com tração animal, pois embora o peso do animal fique concentrado sobre as patas, o seu peso é menor que o de um equipamento mecânico e a distribuição da força exercida, ou da carga, atinge a profundidade de cerca de 5 centímetros, como o implemento passa no solo após o animal, este fenômeno não ocorre quando há revolvimento do solo. Nos sistemas com tração

mecânica o plantio direto tem tráfego intenso, há muitas passadas de pulverizador, graneleiros, colheitadoras etc. A colheitadora é um dos equipamentos que mais causa compactação (TORMENA, 1991), enquanto que no plantio direto tração animal as aplicações de defensivos e a colheita normalmente são manuais, eliminando-se este efeito.

O efeito do cultivo sobre a temperatura do solo e condutividade térmica foi revisado por WIERENGA et al., (1980).

Em sua revisão sobre os efeitos do cultivo mecanizado sobre a capacidade de infiltração, EDWARDS (1980) enfatiza as alterações na superfície e subsuperfície do solo cultivado. Segundo este autor quanto maior o equipamento utilizado e quanto maior a sua capacidade de revolver o solo, mais rápida a degradação de sua estrutura natural. A capacidade de infiltração é dada por uma síntese de todas as características que podem ser influenciadas pelo manejo do solo.

2.2 INFILTRAÇÃO

É definida como o processo pelo qual a água entra no solo a partir da superfície (MOORE et al., 1980).

Após estar sobre a superfície do solo a água passa por dois momentos distintos:

a) infiltra-se, ou;

b) transforma-se em escoamento superficial podendo em algumas situações gerar erosão. Quando infiltra-se está subordinada a infiltrabilidade do solo, que consiste no fluxo de infiltração quando a água sob pressão atmosférica é colocada em contato com a superfície do solo em quantidade limitada (HILLEL, 1980a.). Este processo está condicionado aos seguintes fatores:

- 1- Tempo a partir do início da precipitação;
- 2- Umidade antecedente do solo;
- 3- Condutividade hidráulica;
- 4- Suscetibilidade ou não a formação de selo superficial;
- 5- Presença de camadas compactadas, poros descontínuos ou ausentes.

Com exceção do primeiro item, todos os outros são afetados de alguma forma pelo tipo de manejo (ROLLOF, 1986; HILLEL, 1980a). Assim a infiltração é um reflexo de todos os

outros parâmetros do solo, e as alterações causadas pelo manejo do solo refletem diretamente na taxa de infiltração.

A infiltração de água no solo tem considerável efeito agrícola, posto que é determinante na ocorrência dos processos de escoamento superficial e erosão (FERNANDES MEDINA e LEITE, 1985; HILLEL, 1980b).

Algumas propriedades devem ser levadas em consideração, tais como a condutividade hidráulica saturada e insaturada e a salinidade da água e do solo. KNIGHT, (1982) afirma que estas características podem ser medidas separadamente utilizando-se para isso modelos matemáticos. Outro fator importante é a rugosidade superficial (MWENDERA e FEYEN, 1993; LINDSTRORN e ONSTAD, 1984; BURWELL et al., 1966), que aumenta a superfície de contato e o tempo de empoçamento (VIEIRA, 1977; SILVA, 1986) aumentando a possibilidade de infiltração (SILVA, 1986).

A cobertura do solo tem importante papel durante o processo, quer seja por elevar o tempo de contato da água com o solo, pois pode agir como barreira reduzindo a velocidade do escoamento e aumentando o tempo de empoçamento, além de evitar a formação de selo superficial e contribuir pela sua própria capacidade de absorção de água (LOMBARDI NETO, 1988; ROTH et al., 1986, LINDSTROM e ONSTAD, 1984). Normalmente encontram-se taxas de infiltração maiores em solos conduzidos sob plantio direto que naqueles conduzidos sob plantio convencional, excetuando-se quando a avaliação é realizada logo após o preparo. Quanto maior a cobertura existente sobre o solo, maior a sua taxa de infiltração.

MORIN et al., (1989) encontraram efeito da umidade antecedente sobre a taxa de infiltração. Quanto maior a umidade antecedente mais rapidamente a taxa de infiltração tornava-se constante. YOUNG, (1983) cita ainda a importância de mensurar-se a redistribuição da água no solo, que é um reflexo dos macroporos.

A estrutura física desempenha um papel importante. O processo de infiltração divide-se em três estágios (BEVEN e GERMANN, 1982): quando a precipitação é menor que a infiltração na matriz toda a água na superfície é absorvida pelos microporos conectados a esta; quando a capacidade de água supera a capacidade dos microporos começa o escoamento pelas paredes dos macroporos e o fluxo só ocupará todo o volume dos macroporos se uma quantidade consideravelmente maior de água estiver disponível na superfície. Nesta fase inicia-se uma troca

lateral entre o macroporo e matriz. Se os macroporos não forem contínuos, ou não estiverem presentes inicia-se imediatamente o escoamento superficial.

Os equipamentos mais usados para mensurar a capacidade de infiltração de um solo são os infiltrômetros.

2.3 POROSIDADE

Num solo que não foi alterado os poros formam-se pela ação das raízes e meso/macro fauna. Esses poros são estáveis e contínuos. Em solos que foram alterados pelo homem, e que são periodicamente revolvidos, diminuem os poros formados por raízes e fauna do solo e surgem os poros formados pela ação mecânica de implementos. Estes poros são efêmeros e são destruídos rapidamente pelo tráfego de outros implementos ou pela acomodação natural das partículas.

A porosidade é um dos aspectos que melhor explica a taxa de infiltração de um solo, uma vez que a água flui pelos macroporos (HILLEL, 1980b). O solo possui dois tipos de poros, os micro e macroporos (BRADY, 1984). Tradicionalmente define-se os macroporos como caminhos de infiltração e drenagem da água e aeração do solo, submetidos a ação gravitacional, ou ainda como poros de diâmetro maior que 0,05 milímetros. Microporos seriam os responsáveis pela retenção de água e soluto (REICHARDT, 1987; HILLEL, 1980a; KIEHL, 1979).

Atualmente discute-se sobre qual o limite de tamanho destes macroporos, e como determiná-los. Para NELSON e BAVER, (1940) estes coincidiam com a porosidade não afetada pelo potencial matricial do solo ou pelas forças capilares, ou seja, aqueles que apresentavam diâmetro maior que 0,1 milímetros (BOUMA et al., 1977). Para HAMBLIN, (1985); GERMANN e BEVEN (1981); MARSHALL, (1959) o limite é 3 milímetros. E para LEWIS, (1977); EHLERS, (1975); AUBERTIN, (1971) é variável dependendo da origem do poro, quer seja por ação de raízes, minhocas ou rachaduras do solo. Entretanto todos concordam com o efeito destes poros sobre a taxa de infiltração do solo. Estudos neste sentido foram conduzidos por LUXMORE, (1981); EDWARDS et al., (1979); THOMAS e PHILIPS, (1979). Há ainda as classificações propostas por RUSSELL, (1973); EHLERS, (1975), descritas por KOBYIAMA, (1995).

Na classificação proposta por TAKESHITA, (1985) incluiu-se os poros muito grandes, maiores que 6 milímetros e que são chamados de canais de drenagem do solo, pois neles a água flui sofrendo influência apenas do potencial gravitacional, que é constante.

Para que o efeito dos macroporos seja efetivo é necessário que estes sejam contínuos ao longo do perfil (BOUMA, 1991; DEXTER, 1988; WHITE et al., 1986; WHITE, 1985). Quando isto não ocorre o perfil que contém os poros satura-se rapidamente, não há transmissão de água para as camadas subseqüentes e quando a matriz satura-se inicia o escoamento superficial (LEDDS-HARRISON et al., 1986; HOOGMOED e BOUMA, 1980). A continuidade dos poros é particularmente afetada pelo preparo do solo, que desestrutura a continuidade natural e dá origem a camadas adensadas ou estruturalmente descontínuas.

Os macroporos permitem o fluxo canalizado em condições de não equilíbrio (BEVEN e GERMANN, 1982), que se utiliza de caminhos preferenciais do solo. A origem destes poros está relacionada a atuação de raízes, fauna, principalmente minhocas (ZACHAMANN e LINDEN, 1989), e fissuras causadas por secamento/molhamento. Eles apresentam morfologia complexa e variável.

Algumas metodologias vem sendo propostas para determinar a quantidade, continuidade e forma dos macroporos no campo devido a dificuldade de retirar-se amostras representativas para determinação em laboratório (ROLOFF, 1986). A maioria dos métodos propostos utilizam água marcada com cloro e bromo (SMITH et al., 1995; CARTER et al., 1994; ISHIGURO, 1991; CULLEY, 1986; WHITHE et al., 1984; GISH E JURY, 1983; QUISENBERRY e PHILLIPS, 1978; ONKEN et al., 1977) e tem como dificuldade o fato de não fornecerem uma distribuição espacial detalhada, isto é possível quando utiliza-se marcadores fluorescentes ou corantes (BOUMA et al., 1982; OMOTI e WILD, 1979; RITCHIE et al., 1972). Este último autor utilizou adição de gesso num solo inundado após ter adicionado azul de metileno. Quando o gesso secou o solo foi escavado de modo a preservar as formas dos macroporos e permitir a sua visualização.

Atualmente utilizam-se resinas sintéticas e tomógrafos associados com tomadas e análise de imagens em computadores, mas estes métodos são caros e os equipamentos são bastante delicados dificultando os trabalhos a campo. COSTA LIMA e COSTA LIMA, (1995) trabalharam com amostras indeformadas coletadas até 100 centímetros de profundidade e impregnadas com resina de poliéster para obtenção de lâminas que foram analisadas como imagens através do programa de computador PCXAREA. Os autores encontraram alterações na trama e morfologia dos poros até a profundidade de 30 centímetros. Avaliações de porosidade utilizando imagens de computadores foram realizadas por XU et al., (1994); MAH et al., (1992);

MORAN e Mac BRATNEY, (1992); WILD et al., (1992); BUI e MERMUT, (1988); BULLOCK et al., (1985); FITZ, (1984) e KOOISTRA et al., (1984).

GOLABI et al., (1995) trabalharam com colunas de solo indeformadas retiradas com tubos de PVC. Determinaram a porosidade por tomografia, movimento de cloro e corantes (azul ultramarino), a infiltração e a condutividade hidráulica para plantio direto e convencional, ambos mecanizados. Os corantes foram utilizados para quantificar a distribuição dos macroporos. Após secarem as colunas de solo eram cortadas e fotografadas e a foto obtida era analisada em um sistema de análise de imagens. Para a tomografia a coluna de solo tinha que ser secada a 60^oC para que toda a água presente fosse retirada e houvesse somente ar nos macroporos, pois a água atenua os raios emitidos pelo tomógrafo. Esta metodologia baseia-se na capacidade de absorção de radiação, que gera um contraste na imagem final, mas o contraste gerado entre a matriz do solo e os macroporos, preenchidos por ar não foi suficiente para quantificar os macroporos. O uso de cloro foi mais efetivo, porém o cloro difundia-se e penetrava inclusive nos microporos e no espaço entre os pequenos agregados do solo. Com base nos resultados obtidos com estas metodologias os autores afirmam que no plantio direto os poros são contínuos e ultrapassam inclusive a camada compactada, o que permite uma drenagem eficiente, mesmo com a presença do adensamento, o que não ocorre no plantio convencional. Dados semelhantes foram obtidos por HARGROVE et al., (1988). A explicação para este fenômeno vem pelo teor de matéria orgânica, abundante no plantio direto, permitindo maior presença de mesofauna. A palhada é responsável pela recuperação da vida biológica do solo aumentando a população de minhocas e microorganismos que a transformam em matéria orgânica e provoca a formação de galerias e canais. Uma forma de estimar a porosidade de um solo é avaliando a presença de mesofauna, principalmente as minhocas (KASPER, 1995; KARLEN et al. 1994; CARTER, 1988).

SHIPITALO et al., (1990) observou a translocação de herbicidas em colunas indeformadas de solo submetido a plantio direto mecanizado. Parte das colunas foram submetidas a uma chuva simulada prévia feita dois dias antes da chuva de 30 milímetros e observou-se que as colunas que haviam recebido a chuva prévia apresentavam quantias menores de herbicidas, pois a chuva prévia havia contribuído para uma primeira distribuição de água e herbicidas nos macroporos e a segunda procedia uma “lavagem” retirando os herbicidas das colunas.

LEVANON et al., (1993) utilizou bromide em colunas de solo submetido a plantio direto e convencional mecanizado. O produto foi aplicado na superfície das colunas e estas foram encubadas por duas a seis semanas com pequenas adições de água. KLUITENBERG e

HORTON, (1990) compararam duas formas de adição de cloreto num solo sob plantio convencional e concluíram que ocorreram desvios de cloreto nos macroporos quando era adicionado somente o cloreto sobre o solo, o que pode mascarar os resultados.

O solo pode apresentar baixas taxas de infiltração mesmo com boa porosidade se apresentar selamento superficial (CHAVES et al., 1993; SHAINBERG et al., 1992; MORIN et al., 1989).

2.4 SELO SUPERFICIAL

A formação de crosta e selo superficial é um dos mecanismos de impedimento da infiltração. A crosta superficial consiste em agregados de diâmetro inferior a 200 μ (SHAIMBERG et al., 1992) dispostos de forma coesa, com poros muito pequenos entre eles. O selo forma-se pela desagregação do solo descoberto devido ao impacto das gotas de chuva. Ao destruir-se os pequenos agregados do solo origina-se areia fina silte e argila, formadores do selo (AGASSI et al., 1981) que obstrui os poros superficiais, entretanto o selo não é coeso, e pode ser carregado pelo escoamento superficial na forma de material desagregado. Outro fator importante é que o selamento superficial é um processo dinâmico (CHAVES et al., 1993; CHOW et al., 1988), o impacto da gota forma e destrói o selo de forma contínua, a crosta é um processo estático, por isso afirma-se que a crosta superficial surge quando o selo superficial seca.

O impacto das gotas de chuva contribui para redução da taxa de infiltração de duas formas:

- 1- Reduzindo a rugosidade superficial e com isto diminuindo a superfície de detenção;
- 2- Formando uma fina camada adensada na superfície, com condutividade menor que a camada subjacente (SHAINBERG et al., 1992; MORIN et al., 1989; DEXTER, 1988).

Tanto o selo quanto a crosta superficial apesar de sua pequena espessura, 1 a 5 mm normalmente, são responsáveis por reduções de até 90% na permeabilidade original (TACKETT e PARSON, 1964; Mc INTYRE, 1958).

REICHERT (1992) afirma que isto deve-se a pouca porosidade desta camada, devido a predominância de poros de pequeníssimo diâmetro. Poucos autores relacionam a capacidade de

infiltração de um solo com sua suscetibilidade ou não a formação de selo superficial (CHAVES et al., 1993).

Essa característica é também afetada pelo manejo que determina maior ou menor estabilidade de agregados e maior ou menor índice de cobertura do solo. MORIN et al., (1989) usando dois solos (Calcic Haploxeralf e Typic Chromoxerert) com pH acima de 7,0 e com revolvimento antes da chuva simulada encontrou formação de selo superficial quando os solos recebiam chuva diretamente sobre a superfície, e o Typic Chromoxerert apresentou maior formação em relação ao Calcic Haploxeralf por ser mais rico em sódio trocável. O mesmo autor observou que quando forma-se o selo superficial é esta característica que passa a reger o processo de infiltração e não mais a condutividade hidráulica. Quanto maior o teor de resíduos deixados sobre o solo menor a possibilidade de formação de selo. ROTH et al., (1988) afirmam que seriam necessários um mínimo de 4 a 6 ton/ha de resíduos no plantio direto para que não ocorresse a formação de selo superficial quando trabalharam com solo em clima subtropical. Coberturas desta ordem elevavam a taxa de infiltração nos sistemas plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo, pois impediam a formação do selo evitando a ação direta das gotas, por outro lado a manutenção desta quantia é possível apenas no sistema plantio direto, quando combina adubos verdes e rotação de culturas. Uma quantidade elevada de resíduos também garante um teor elevado de matéria orgânica e boa estabilidade de agregados, associada a uma maior resistência a formação de selo superficial (ROTH et al., 1986; 1987; 1988; KEMPER e DERPSCH, 1979).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Pólo Regional de Pesquisa do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) de Ponta Grossa, localizado a 25° 13' de latitude Sul e 50° 01' de longitude Oeste.

O clima da área de estudo segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb subtropical úmido mesotérmico com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas. Temperatura média do mês mais quente maior que 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C. A precipitação total anual encontra-se entre 1300 a 1800 mm.

A estratigrafia da região compõem-se basicamente de arenitos, siltitos e folhelhos originados na era Paleozóica, no período Devoniano (PARANÁ, 1986).

A vegetação constitui-se de campo subtropical de altitude (EMBRAPA, 1993).

O solo do local do experimento é um Cambissolo álico, relevo ondulado com 18% de declividade média. As características físicas seguem no anexo 1.

3.2 IMPLANTAÇÃO E MANEJO DO EXPERIMENTO

O experimento iniciou em 1990. Toda a área do ensaio foi revolvida com arado de aiveca tração animal e foram incorporados 7.480 kg ha⁻¹ de calcário. Distribui-se 66% deste total antes da aração, com calcariadora tração animal e depois 34% incorporados com grade de disco tração animal. Antes disso, durante cinco anos, a área encontrava-se submetida a um ensaio que também utilizava implementos de tração animal e antes dessa fase encontrava-se em pousio.

As parcelas do experimento eram de 5 m x 16 m e foram demarcadas seguindo o nível do terreno e entre elas foram instalados cordões de contorno vegetados com capim-limão para evitar perdas por erosão.

O experimento constitui-se de três tratamentos: Plantio direto, Plantio convencional com adubos verdes no inverno e Pousio de inverno com queima de resíduos e aração no verão.

Em todos os tratamentos as culturas de interesse econômico eram o feijão e o milho consorciados. Plantava-se o feijão com a semeadora adubadora “Gralha Azul” e o milho era plantado nas entrelinhas no período da pré-floração do feijão utilizando-se uma matraca. As variedades utilizadas foram feijão IAPAR-20, milho IAPAR-26 nos três primeiros anos, IAPAR-44 e IAPAR-51 no último ano. Na safra 94/95 foi plantado somente feijão.

A ervilhaca e a aveia utilizadas no plantio direto e convencional foram plantadas em sulcos, manualmente no primeiro ano e a lanço nos seguintes, e para manejá-las no plantio direto utilizou-se um rolo-faca de madeira. No plantio convencional eram incorporadas pela aração (arado de aiveca) e gradagem (grade de oito discos recortados).

No pousio com queima durante o inverno a parcela era abandonada e surgia sobre ela a vegetação espontânea. No verão esta vegetação era queimada de forma que restava cerca de 30% de resíduos vegetais sobre a parcela, que eram incorporados da mesma forma que os adubos verdes do plantio convencional.

O quadro um contém um resumo destas informações.

Quadro 1 - Sistemas de preparo, culturas e adubos verdes.

TRATAMENTO	SISTEMA DE PREPARO	CULTURAS	
		INVERNO	VERÃO
Plantio Direto	-x-	aveia+ervilhaca	feijão+milho
Plantio Convencional	A + G*	aveia+ervilhaca	feijão+milho
Pousio com queima	A + G*	pousio	feijão+milho

* ARAÇÃO+GRADE NIVELADORA

3.3 ANÁLISES REALIZADAS NO CAMPO

3.3.1 INFILTRAÇÃO

Os testes de infiltração realizaram-se em fevereiro de 1995 e foram feitas três repetições por tratamento com utilização de um simulador de chuva portátil tipo Goettingen modificado e melhorado (anexo 2). Sob o simulador era cravada uma parcela padrão do equipamento de 0.50 m x 0.50 m.

Antes do início da primeira chuva toda cobertura vegetal existente sobre o solo era retirada e adicionava-se sobre a parcela padrão um tela sombrite de malha 2 mm x 2 mm. Esta tela

impedia o impacto direto da gota da chuva simulada sobre o solo e era retirada ao final da segunda chuva.

Realizaram-se três chuvas sucessivas com intervalo de uma hora entre cada uma delas. A intensidade das três chuvas era de 70 mm h^{-1} .

A primeira chuva era conduzida até o ponto de saturação do solo, ou seja, até que as leituras de escoamento superficial fossem constantes e observando a frente de molhamento. A segunda e a terceira chuvas eram conduzidas por uma hora cada. Os resultados foram transformados em mm h^{-1} considerando o tamanho da parcela, a quantidade de água que caía sobre esta e quantidade de escoamento, sendo que a diferença entre a água aplicada e o escoamento é a quantidade infiltrada.

3.3.1.1 Frente de molhamento

Para certificar-se de que o solo estava saturado foi utilizada uma bateria de tensiômetros instalados 24 horas antes da primeira chuva nas profundidades de 10 cm, 20cm, 30cm e 40 cm. A cuba de mercúrio estava a 20 cm do solo para todos os tensiômetros.

Os resultados das leituras da coluna de mercúrio foram transformados em atmosferas com a equação abaixo:

$$\Psi = (-12,6h + h1 + h2)/1033 \quad \text{onde:}$$

h = leitura da coluna de mercúrio em cm

$h1$ = altura da cuba de mercúrio

$h2$ = profundidade em que encontrava-se a cápsula porosa

1033 = fator de correção de cm H_2O para atm

Antes do início da primeira chuva eram coletadas amostras em trincheira, nas mesmas profundidades de instalação dos tensiômetros para determinação de umidade por gravimetria em laboratório utilizando-se a equação abaixo:

$$U\% = [(P_u - P_s) / P_s] \times 100 \quad \text{onde:}$$

$U\%$ = umidade gravimétrica

P_u = peso da amostra úmida;

P_s = peso da amostra após secagem até peso constante.

3.3.2 COLETA DE ENXURRADA

A parcela padrão do simulador é dotada de um bico coletor onde foi acondicionado um frasco coletor de enxurrada. Este frasco era trocado a cada dois minutos e seu conteúdo era vertido para uma proveta graduada, após anotado o volume a enxurrada era armazenada em baldes plásticos até o final da chuva. A leitura de escoamento superficial era feita a cada dois minutos até o final de cada simulação. Após o final da chuva uma alíquota do total de enxurrada obtida era retirada do balde e encaminhada para laboratório para análise de sólidos em suspensão e solução utilizando para isto a metodologia empregada nos laboratórios do IAPAR.

3.3.3 AVALIAÇÃO DE SELAMENTO SUPERFICIAL

Mediu-se a formação de selo superficial com um penetrômetro de cone de queda livre de acordo com a metodologia proposta por Towner (1973). Ao final da segunda chuva removiam-se a tela sombrite e vinte minutos após o final da chuva realizava-se a primeira leitura posicionando-se o penetrômetro de cone de queda livre sobre a parcela. Eram feitas cinco leituras ao seu redor cada vez que este era fixado. O aparelho foi fixado nove vezes sobre cada parcela perfazendo 45 pontos de avaliação por parcela.

Após a leitura realizava-se a terceira chuva sem tela sombrite e ao final desta era feito novo intervalo de vinte minutos para cessar o escoamento superficial e procedia-se então a segunda leitura com o cone de queda livre para detectar a formação de selo superficial seguindo o mesmo esquema de leitura da primeira amostragem. Os resultados foram aplicados na equação abaixo:

$$S = K * Q / h^2 \quad \text{onde:}$$

S = índice de selo superficial em Nm^{-2} ;

K = constante relativa ao tipo de solo (adimensional);

Q = peso do cone e da haste utilizados, que neste caso era igual a 142,45 gramas;

h = deslocamento obtido no penetrômetro de cone de queda livre.

O valor de K adotado era 0,795, proposto por Towner (1973).

3.3.4 CONTINUIDADE E QUANTIDADE DE MACROPOROS *IN SITU*

Após a terceira simulação de chuva e após a leitura com penetrômetro de cone de queda livre passava-se sobre a parcela uma escova de dentes de forma a desfazer o selo superficial e adicionava-se sobre a parcela uma solução de gesso de secagem lenta e água numa proporção de 10 l de água para 1 kg de gesso. Agitava-se levemente a solução sobre a parcela para impedir a sedimentação do gesso sobre a superfície do solo. Após a completa infiltração a parcela era coberta com lona plástica e ao seu redor era feita uma vala para impedir a entrada lateral de água no caso de chuva, no dia seguinte à adição da solução retirava-se a parcela de metal, e a área a ser amostrada permanecia coberta para secar.

Após a secagem do gesso adicionado a leitura era realizada de 2 em 2 cm até 30 cm, e de 5 em 5 até 40 cm ou mais. Para isso utilizou-se uma lâmina plástica quadriculada (5 x 5 cm), sempre orientada no mesmo sentido em relação a parcela.

Para determinar o tamanho dos poros desenvolveu-se uma escala baseada naquelas propostas pela literatura consultada (item 2.3), considerando mais a acuidade da visão humana. Considerou-se que os poros eram cilíndricos e adotou-se como macroporos para avaliação aqueles de diâmetro superior a 2 mm até 6mm ou mais, que eram marcados na lâmina plástica com uma cor correspondente ao seu tamanho gerando quatro classes da seguinte forma:

Classe 1 = < 2 mm Cor azul.

Classe 2 = 2 a 4 mm Cor vermelha.

Classe 3 = 4 a 6 mm Cor verde.

Classe 4 = > 6 mm Cor marrom.

Os poros eram marcados no plástico com caneta de retroprojektor na cor correspondente ao tamanho do seu diâmetro.

Com os resultados obtidos foi elaborado o volume total dos poros. Considerando que a forma predominante era cilíndrica e adotando-se como valor numérico o menor valor da classe a que pertencia cada poro. Utilizando-se a equação abaixo:

$$V = [\pi (\varnothing^2)/4]x p \quad \text{onde:}$$

V = volume de poros observados a campo

\varnothing = somatório dos diâmetros dos poros por classe de uma dada camada;

p = profundidade amostrada.

O volume de poros foi calculado para as camadas 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm.

Com a soma dos diâmetros dos poros por camadas foi gerado um índice de descontinuidade dos poros subtraindo-se do valor total de uma camada adjacente o valor total da camada subsequente. As camadas consideradas foram 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm.

Foi também gerada a porcentagem de área coberta por poros no volume total de solo amostrado, considerando o volume total dos poros no volume total de solo amostrado.

3.4 ANÁLISES REALIZADAS EM LABORATÓRIO

3.4.1 AMOSTRAS TIPO MONÓLITOS

Os monólitos de solo eram coletados nas profundidades de 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm com 120 mm de diâmetro. Após esculpido no solo estas amostras eram colocadas em tubos de PVC de diâmetro 150 mm x 120 mm de altura e recebiam um molde de gesso. Foram coletados em trincheira aberta na parte superior da parcela padrão de infiltração e eram feitas três repetições para cada profundidade. Foram realizadas as seguintes análises nos monólitos: porosidade total, macro e microporosidade, curva de retenção de água, condutividade hidráulica saturada, densidade global e real. As amostras foram saturadas e levadas a mesa de tensão com sucção de 60 cm de coluna de água e a microporosidade foi considerada como o conteúdo de água equilibrada a esta tensão. A porosidade total foi obtida pela equação abaixo:

$$PT = [1 - D_g/D_p] \times 100 \quad \text{onde:}$$

PT = porosidade total

D_g = densidade global;

D_p = densidade de partícula.

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

A curva de retenção de água foi determinada em panela de pressão para as tensões maiores que -1 atm e em câmara de Richards para tensões inferiores a -1 atm. As tensões

avaliadas foram: -0,1; -0,2; -0,33; -0,50; -0,80; -1; -3; -5; -8; -10; -15 atm. A condutividade hidráulica foi determinada nas amostras saturadas com um dispositivo que mantinha a carga de água constante sobre as amostras. As leituras obtidas foram aplicadas na equação abaixo:

$$q = V/(A*t) = -K(\Delta h/\Delta z) \quad \text{onde:}$$

V = volume observado após 10 minutos;

A = área da amostra de solo;

t = tempo de 10 minutos;

Δh = altura da amostra;

Δz = altura da lâmina de água.

A densidade global foi obtida pela relação entre a massa e o volume da amostra e densidade de partícula foi obtida com o método do balão volumétrico.

Estas análises foram realizadas segundo a metodologia empregada pela rede de laboratórios do IAPAR.

3.4.2 AMOSTRAS PONTUAIS

As amostras coletadas em anéis volumétricos foram retiradas em trincheira no lado superior da parcela padrão de infiltração nas mesmas profundidade dos monólitos. Foram feitas quatro repetições para cada profundidade e nelas foram realizadas as mesmas análises feitas nos monólitos.

3.4.3 ANÁLISES QUÍMICAS

Foram coletadas amostras de solo em trincheira em cinco pontos ao redor de cada parcela de infiltração nas seguintes profundidades: 0-0,5 cm; 0,5-1 cm; 1-2,5 cm; 2,5-5cm; 5-10cm; 10-20cm; 20-30 cm. Nestas amostras foram realizadas análise de pH em CaCl_2 0,01 M e carbono pelo método de Walkley-Black, de acordo com a metodologia utilizada pelos laboratórios do IAPAR.

3.5 DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições. A homogeneidade das variâncias foi conferida pelo teste de Bartlett. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Foi estimado o coeficiente de correlação utilizando-se equação linear para o ajuste dos dados. A análise de correlação foi realizada para observações individuais entre porosidade *in situ*, taxa de infiltração e selamento superficial e umidade antecedente. O nível de significância adotado foi de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POROSIDADE

Para a porosidade foram realizadas análises com amostras pontuais, monólitos e *in situ*.

4.1.1 POROSIDADE OBTIDA COM AMOSTRAS PONTUAIS

Para as amostras pontuais a maior porosidade total encontrou-se no plantio direto. Para macroporosidade, o melhor resultado de média de perfil foi para plantio direto seguido do pousio com queima. A Tabela 1 mostra os dados da análise estatística (Teste de Tukey a 5%) considerando a média para as três profundidades amostradas.

Tabela 1: Médias de porosidade com amostras pontuais para perfil de 0- 30 cm.

Sist. manejo	Macroporo	Microporo	Porosidade total
Plantio Direto	11,1a	42,0a	53,0a
Pousio com Queima	9,3b	38,1b	47,4b
PlantioConvencional	9,3b	38,6b	47,9b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey

Na média do perfil não houve diferença entre o pousio com queima e o plantio convencional porque embora este sistema tenha porosidade maior, nos primeiros centímetros amostrados esta diminui ao longo do perfil. BALL e ROBERTSON, (1994a) avaliaram um solo argiloso submetido a plantio convencional e plantio direto e não encontraram diferença entre os dois sistemas nos primeiros cm amostrados, pois a aração dá origem a poros nas primeiras camadas enquanto que no plantio direto ocorre o efeito da compactação que diminui o número de macroporos, mas no plantio direto com tração animal não foi verificado este fenômeno, portanto é natural que o plantio direto, que preserva melhor as condições naturais do solo apresente maior porosidade. Os dados de porosidade para as três camadas avaliadas encontram-se no anexo 3. A Figura 1 contém os resultados de macroporosidade por camadas. A primeira camada amostrada

do plantio convencional apresentou mais poros que a mesma camada do plantio direto, e por último o pousio com queima.

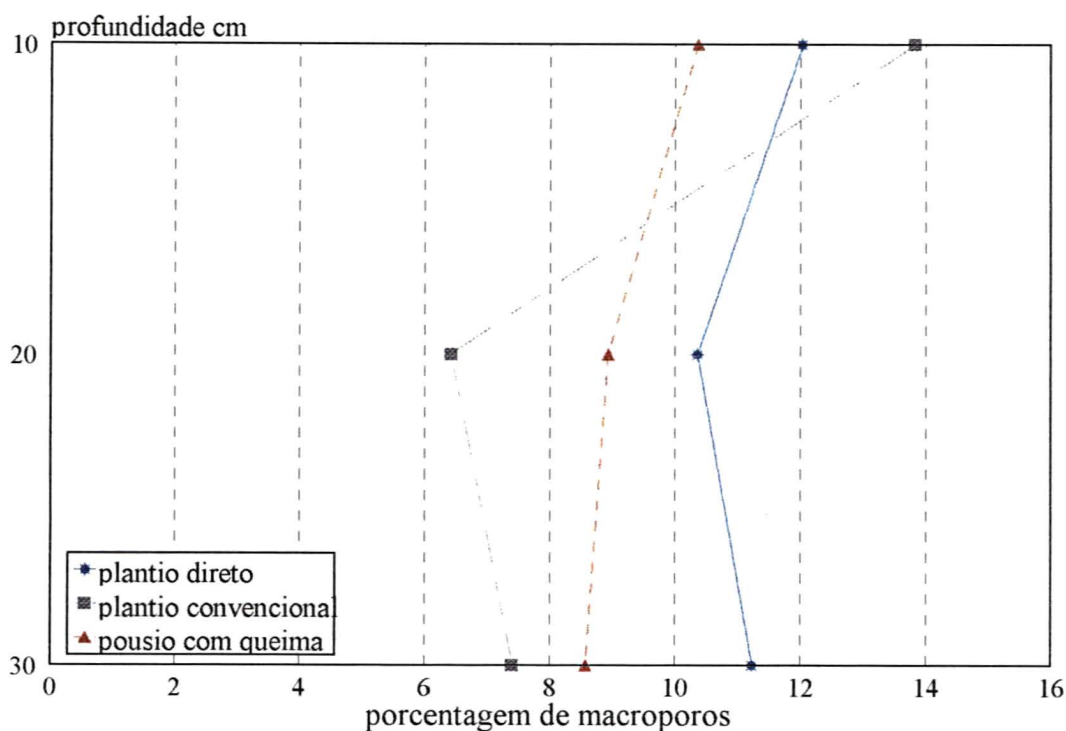


Figura 1: Porcentagem de macroporos obtidos com amostras pontuais.

Na segunda profundidade amostrada a quantidade de poros do plantio convencional reduz 53%, enquanto o plantio direto e o pousio com queima reduzem cerca de 13%.

4.1.2 POROSIDADE COM AMOSTRAS TIPO MONÓLITOS

Quando comparamos os resultados obtidos com os monólitos (Tabela 2) para todo o perfil avaliado, percebe-se que a diferença entre pousio com queima e convencional passa a ser significativa para macroporosidade e porosidade total.

Tabela 2: Médias de porosidade com amostras monólitos para perfil de 0-30 cm.

Sist. manejo	Macroporo	Microporo	Porosidade total
Plantio Direto	17,6a	41,4a	59,0a
Pousio com Queima	13,3b	39,8b	53,1b
Plantio Convencional	10,1c	38,1b	48,2c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Isso pode ser explicado pelo tamanho das amostras, o monólito avalia uma área maior e por ser uma amostra de coleta diferenciada não são descartadas as amostras que apresentam “furos”, embora estas possam gerar variações grandes na análise estatística, nas amostras coletadas em anéis quando isto ocorre a amostra é descartada. A maior quantidade de macroporos no pousio com queima deve-se provavelmente ao tipo de vegetação que surge sobre este tratamento durante o inverno. Como os adubos verdes não recebiam adubação tinham seu crescimento prejudicado devido a baixa fertilidade natural dos solos e a elevada capacidade de fixar fósforo que este apresenta, já a vegetação espontânea que surgia sobre a parcela está adaptada a esta condição e portanto é mais eficiente em produzir biomassa de raízes que não são destruídas durante a queima permanecendo no solo e gerando macroporos após sua decomposição. A maior área amostrada beneficiou o sistema pousio com queima, que apresenta porosidade mais contínua que o plantio convencional. Comparando os dados por camadas amostradas percebe-se que a porosidade do plantio convencional concentra-se nos primeiros 10 centímetros (Figura 2). O plantio convencional não demonstrou ganho de poros ao elevar-se o tamanho da amostra, sendo o único tratamento que estatisticamente não diferiu a macroporosidade na primeira camada nos resultados obtidos entre amostras pontuais e monólitos (Tabela 3) provavelmente isto deve-se a origem dos poros maiores, formados pela ação da fauna do solo e pelas raízes, no plantio convencional estes efeitos não existiam. Os dados de porosidade obtidos com monólitos encontram-se também no anexo 4.

Tabela 3: Médias de macroporosidade obtidas com amostras pontuais e monólitos.

Profundidade	Macroporosidade					
	Plantio direto		Plantio convencional		Pousio+queima	
cm	pontual	monólito	pontual	monólito	pontual	monólito
	%					
0-10	12,0b	18,4a	13,9a	12,5a	10,4b	17,1a
10-20	10,4b	17,5a	6,4b	9,0a	8,9b	10,7a
20-30	11,3b	16,9a	7,4a	8,7a	8,6b	12,2a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si nos blocos de linha a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Dados semelhantes foram obtidos por ALBUQUERQUE et al, (1995) quando comparou plantio convencional e plantio direto num Latossolo Vermelho Escuro durante três anos. Embora não

tenha encontrado diferença estatística entre os dois sistemas, provavelmente pelo tamanho das amostras utilizadas, o plantio direto apresentou maior número de poros.

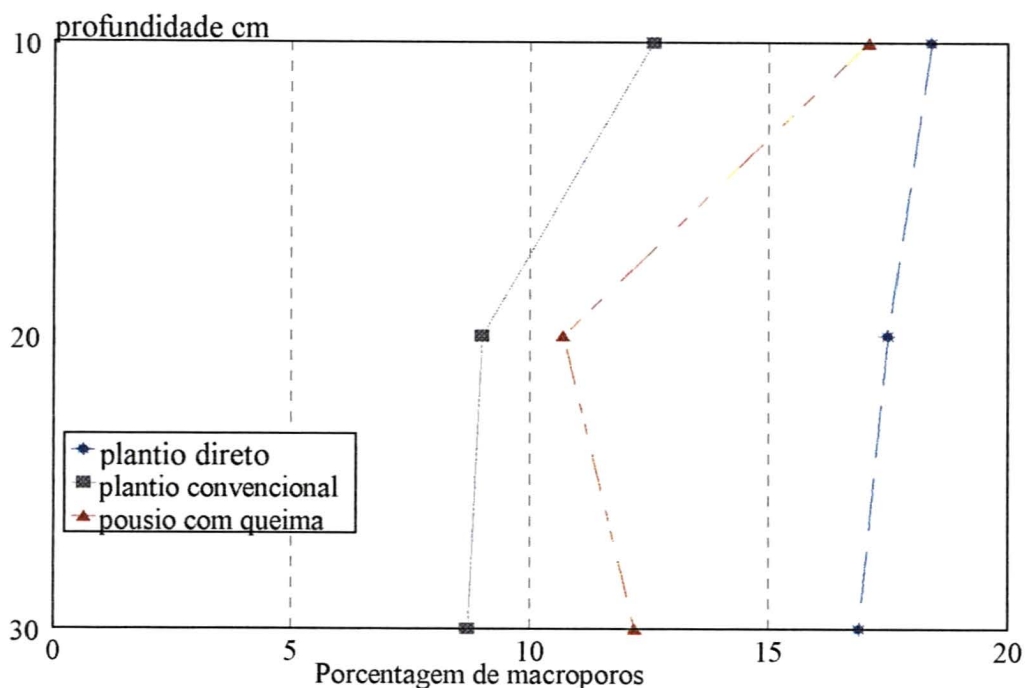


Figura 2: Porcentagem de macroporos obtidos com amostras tipo monólito.

Outro efeito que deve ser considerado ao comparar as amostras pontuais com monólitos é a direção das amostras. As pontuais eram coletadas perpendicularmente ao perfil, enquanto que os monólitos eram coletados paralelamente. BALL e ROBERTSON, (1994a) avaliaram o efeito da direção das amostras e concluíram que aquelas que são coletadas no mesmo sentido em que a maioria dos poros encontra-se no campo, ou seja verticalmente, os representam mais fielmente. O plantio direto foi o tratamento mais beneficiado pelas amostras tipo monólito, apresentando o maior ganho na porosidade total (Tabela 4).

Tabela 4: Porosidade total obtida com amostra pontuais e monólitos

Prof (cm)	Plantio direto		Plantio Convencional		Pousio com queima	
	pontual	monólito	pontual	monólito	pontual	monólito
10	54,1	59,3	52,35	52,0	48,0	55,5
20	52,8	59,2	47,5	47,1	47,2	54,4
30	53,3	58,5	45,3	45,7	46,8	52,5

4.1.3 POROSIDADE OBTIDA *IN SITU*

Na avaliação de continuidade de macroporos, realizada no campo o plantio direto destacou-se apresentando uma maior quantidade de macroporos contínuos.

O pousio com queima apresenta também uma boa quantidade de macroporos e o plantio convencional foi o que apresentou o menor índice de poros contínuos sendo que a maioria dos poros estão na camada 0-10 centímetros e poucos vão além desta profundidade, que equivale a profundidade de aração (Figura 3). Estes dados concordam com aqueles obtidos por CARTER, (1988) que avaliou três anos de plantio direto e plantio convencional num solo arenoso. Havia maior diferença na porosidade para os dois sistemas nos primeiros oito centímetros avaliados, sendo que o plantio convencional apresentava concentração de poros nesta camada, e os poros presentes tinham formato de fissuras. No plantio direto os poros estavam bem distribuídos e eram de formato arredondado.

Os estudos conduzidos por BALL e ROBERTSON, (1994b) em um Cambissolo comparando plantio convencional e plantio direto mostraram resultados semelhantes, embora o plantio direto tivesse menos poros na primeira camada estes atravessavam a camada adensada, comum em plantio direto mecanizado, o que não ocorria no plantio convencional. Quando amostras indeformadas foram submetidas a compactação em laboratório os poros do plantio direto não sofriam alteração de forma e arranjo por serem poros estáveis, a maioria dos poros do plantio convencional desfazia-se, pois eram poros efêmeros, gerados pelo preparo mecânico. Os mesmos resultados foram obtidos por BALL et al, (1981).

No pousio com queima a aração é realizada a uma mesma profundidade que no plantio convencional, cerca de 10 centímetros, porém as raízes das plantas espontâneas não são totalmente removidas pois a tração animal revolve menos o solo devido a baixa potência que trabalha, principalmente na região Centro-Sul do Paraná que utiliza muares e equinos. Além disto a biomassa das plantas espontâneas é elevada. O papuã, principal elemento da composição florística, produz até 6.000 kg de massa seca/ha e teoricamente produz quantidade semelhante de raízes.(MERTEN, 1994)

Os resultados obtidos com a avaliação dos poros no campo demonstraram que o sistema plantio direto é mais eficiente em quantidade e continuidade de poros, seguido do pousio com queima e por último o plantio convencional.

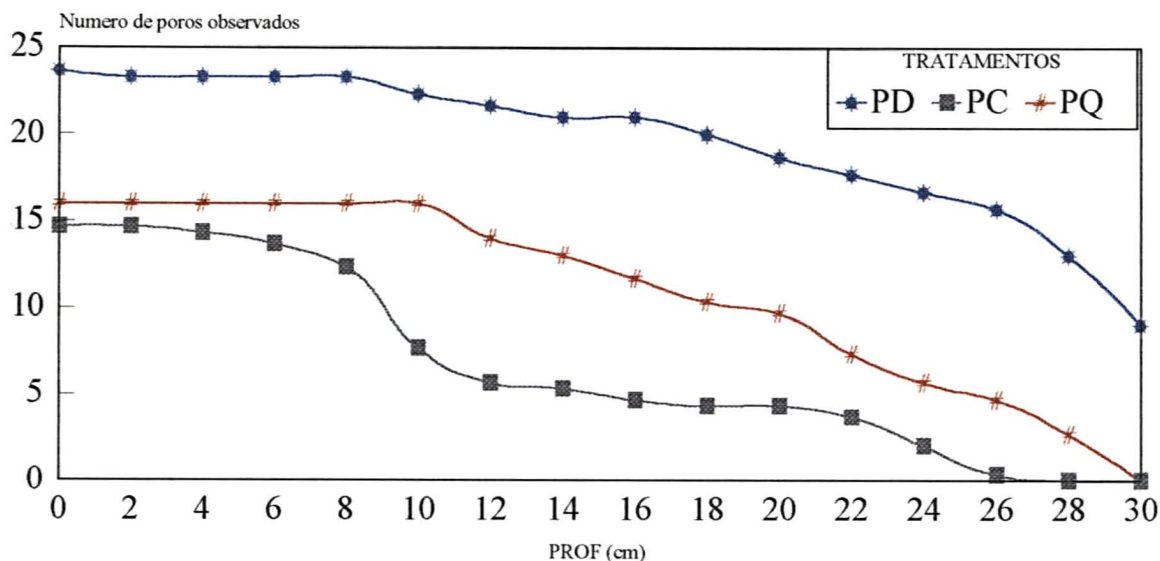


Figura 3: Média do número de poros observados a campo.

Quando gerou-se o volume de poros, baseando-se na quantidade de macroporos medidos *in situ*, na profundidade e na área coberta por macroporos dentro da parcela observou-se que mais uma vez o plantio direto obteve a melhor média, seguido do pousio com queima e por último o plantio convencional. Os resultados da análise estatística com as médias das profundidades totais avaliadas encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Média do volume total e porcentagem de macroporos observados a campo.

Tratamento	volumemmm ⁻³	%
Plantio Direto	99981,2a	1,3a
Plantio Convencional	37180,5c	0,50c
Pousio com Queima	52909,7b	0,70b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

O volume total de macroporos observados foi obtido considerando-se que os poros tinham formato cilíndrico e somando-se todos os poros de uma mesma classe em todas as camadas amostradas. No plantio direto o volume de poros obtidos cobre 1,3% do volume da parcela, no pousio com queima, que obteve a segunda melhor média os poros representam 0,70% do volume amostrado e no plantio convencional, que teve o pior desempenho cobre apenas 0,50% do volume amostrado. Provavelmente pelos mesmos motivos que geraram resultados semelhantes nas amostras pontuais e monólitos. O coeficiente milimétrico foi gerado somando-se

o diâmetro de todos os poros observados. A Tabela 6 contém os resultados de volume total e coeficiente milimétrico expressos em camadas.

Para o plantio direto o volume de poros é mais constante ao longo das profundidades amostradas, não ocorrendo diferença estatística nas três profundidades. O plantio convencional mostra diferença entre as três camadas e o pousio com queima difere entre as duas primeiras profundidades no coeficiente milimétrico e não no volume final. O coeficiente milimétrico é a soma aritmética dos diâmetros e altera-se quando os poros encerram-se ao longo do perfil enquanto o volume, por ser multiplicativo e considerar a área e a profundidade do poro, sofre alterações quando os poros de diâmetro maior encerram-se. Por isso não há diferença significativa entre o volume de poros das duas primeiras camadas do pousio com queima, pois este tratamento perde alguns poros de diâmetro menor mas mantém os de diâmetro maior. O plantio convencional perde a maioria dos poros grandes já na primeira camada. A Tabela 7 contém estes dados.

Tabela 6: Coeficiente milimétrico e volume de macroporos por camadas observados a campo.

-----Plantio Direto-----		
profundidade	vol. total de poros mm ³	coef/mm
0-10	33845,4a	474,0a
10-20	33005,6a	442,0a
20-30	29053,8a	354,0b
-----Plantio Convencional-----		
profundidade	vol total de poros mm ³	coef/mm
0-10	24143,0b	301,0b
10-20	10504,0c	145,0d
20-30	2503,5e	53,0e
-----Pousio com Queima -----		
profundidade	vol total de poros mm ³	coef/mm
0-10	22201,0b	315,0b
10-20	20448,0b	257,0c
20-30	10346,2c	140,0d

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 7: Número de macroporos por classes de diâmetro observados a campo por camadas.

-----Plantio Direto-----				
profundidade	C1	C2	C3	C4
0-10	28,3a	26,7a	30,0a	33,3a
10-20	13,7c	24,3b	27,3a	27,0a
20-30	8,7c	12,6c	21,0b	32,3a
-----Plantio Convencional-----				
profundidade	C1	C2	C3	C4
0-10	12,3c	16,6c	17,0c	25,7ab
10-20	2,7d	3,7d	9,7c	12,3c
20-30	0,3e	1,6d	0,7e	3,3d
-----Pousio com Queima -----				
profundidade	C1	C2	C3	C4
0-10	20,0b	16,7c	16,7c	21,7b
10-20	10,3c	12,3c	14,0c	21,3b
20-30	0,7e	2,00	11,0c	11,3c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

C1= $\varnothing < 2$ mm C2= $\varnothing 2$ a 4mm C3= $\varnothing 4$ a 6 mm C4= $\varnothing > 6$ mm

Ao desdobrar os dados em camadas, gerando um coeficiente de descontinuidade que foi feito subtraindo o volume total de poros de uma camada em relação a outra iniciando pelas camadas 0-10 e 10 -20 centímetros (Tabela 8) observamos que a diferença entre o diâmetro total de poros da primeira camada para a segunda camada no plantio direto era de apenas 32 milímetros o que significa que apenas 3,22% dos poros que iniciaram na primeira camada não chegaram até a camada subsequente. Ou seja, do diâmetro milimétrico iniciado na primeira camada perde-se apenas 32 milímetros, ou em volume dos $99.981,20 \text{ mm}^{-3}$ apenas $839,70 \text{ mm}^{-3}$ não chegam até a segunda camada avaliada (10 a 20 cm).

O pousio com queima perdeu 8,4% dos poros que iniciaram na primeira camada e o plantio convencional foi o que registrou a maior perda de poros entre a primeira e a segunda camada amostrada, perdeu 57% dos poros, o que significa um redução volumétrica de $13.633,4 \text{ mm}^{-3}$ entre estas duas camadas evidenciando o efeito da aração sobre os poros. A primeira camada, onde concentram-se os poros do plantio convencional é equivalente a profundidade de aração.

Tabela 8: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 0-10 e 10-20 cm.

Sist. manejo	coef/mm	vol.mm ⁻³	% poro perdido
Plantio Direto	32a	839,7a	2,5a
Plantio Convencional	156c	13633,4c	56,5c
Pousio com Queima	58b	1752,70b	7,9b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Dados semelhantes foram obtidos por RASIAH, (1995) quando comparou plantio direto e plantio convencional utilizando a teoria fractal. Os poros menores, tipo fissura, típicos de aração, aumentavam a dimensão fractal, enquanto que os poros maiores e mais cilíndricos diminuía a dimensão fractal. O plantio convencional gerava variações no valor da dimensão fractal ao longo do perfil avaliado enquanto o plantio direto apresentava os mesmos valores em toda a extensão analisada. Os resultados tornavam-se mais claros quando o solo avaliado era argiloso.

SMITH et al., (1995) avaliaram a porosidade dos mesmos sistemas utilizando bromo e atrazina para verificar a continuidade dos poros. CARTER et al., (1994) usaram somente bromo. XU et al., (1994); WILD et al., (1992) usaram lâminas de solo que foram avaliadas em computador. ALBUQUERQUE et al., (1995); BALL e ROBERTSON, (1994); DATIRI e LOWERY, (1991); CARTER, (1988) usaram amostras indeformadas em tubos de PVC e encontraram resultados semelhantes, evidenciando a perda de macroporos no plantio convencional entre as camadas revolvidas mecanicamente e não revolvidas. A Tabela 9 contém os resultados da mesma análise entre as camadas de 10-20 e 20-30 centímetros.

Entre estas camadas não houve diferença estatística para as camadas avaliadas no plantio direto e pousio convencional. Isso deve-se ao pequeno número de poros do plantio convencional que chega até a camada 10-20 cm reduzindo assim o valor do coeficiente de diâmetro, mas a maioria dos poros perdidos são de diâmetro grande, o que faz com que o volume final continue elevado, 77.556,4 mm, resultando que 77,5% do volume de poros da camada 10-20 não chegam na camada 20-30 centímetros.

Tabela 9: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 10-20 e 20-30 cm.

Sist. manejo	coef/mm	vol.mm ⁻³	% poro perdido
Plantio Direto	88a	3951,8a	14,5a
Plantio Convencional	92a	77556,4 c	77,5c
Pousio com Queima	117b	10101,8b	47,7b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

O pousio com queima difere estatisticamente do plantio direto, mas perde entre as duas camadas 47,7% dos poros. Mais uma vez salienta-se a capacidade de emitir mais raízes heterogêneas das plantas espontâneas e seu efeito benéfico sobre a estrutura do solo.

A Tabela 10 contém a análise dos resultados obtidos entre as camadas 0-10 cm e 20-30 cm.

Tabela 10: Coeficiente de descontinuidade, volume e % de poros perdidos entre as camadas 0-10 e 20-30 cm.

Sist. manejo	coef/mm	vol.mm ⁻³	% poro perdido
Plantio Direto	116,7a	4829,6 a	13,9a
Plantio Convencional	268,7c	21189,9 c	89,7c
Pousio com queima	175,3b	11854,4b	52,3b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Ao longo de todo o perfil avaliado o plantio direto perdeu apenas 13,9% dos poros evidenciado a boa estrutura da porosidade neste sistema. O não revolvimento permite que surja uma estrutura semelhante àquela natural, de solos não alterados pelo homem.

O pousio com queima perdeu 52,3% de seus poros. Os poros superficiais, gerados pela aração perdem-se mas aqueles formados pelas raízes permanecem. HAMBLIN, (1985) e EHLERS et al, (1983) enfatizam o papel das raízes em criar poros. Esses canais mantêm-se num ciclo contínuo, as culturas lançam novas raízes nos canais deixados pela plantas que ocupavam a área anteriormente, mais tarde essas plantas lançarão raízes nos canais deixados pela cultura e assim sucessivamente. Além disso quando a planta está bem adaptada ela emite mais raízes, gerando um número maior de canais em relação aqueles gerados por organismos. Os adubos verdes foram menos eficientes em função da baixa fertilidade do solo e produzem menos biomassa nesta situação, acabando por produzir menos que a vegetação espontânea (IAPAR, 1995). Isto

permite concluir que estruturalmente o pousio com queima é menos prejudicial que o plantio convencional, pois estabelece uma espécie de equilíbrio entre o solo de baixa fertilidade e a vegetação espontânea, plenamente adaptada a estas condições.

O tratamento mais pernicioso do ponto de vista estrutural foi o plantio convencional, apenas 10,3% dos poros superficiais chegaram até a última camada. Isso permite inferir que o plantio convencional reduz a porosidade de aeração abaixo de 10 cm e não possui este tipo de poros abaixo de 20 centímetros, o que gera concentração de raízes na primeira camada (HENKLAIN et al., 1996; MELO et al., 1996; ERICSSON, 1982). A Figura 4 traz um resumo destas informações.

A boa porosidade do plantio direto pode ser atribuída a diversos fatores, a iniciar pela ausência de compactação na tração animal (FAO, 1972; MUZINGER, 1982; AMORIN E SOUZA, 1982; KRAUSE et al., 1984; PERDOK e KOUWENHOVEN, 1994), ao acúmulo de matéria orgânica e seus efeitos benéficos sobre a estrutura física (CALEGARI et al., 1996; OLESCHKO, 1996; CARTER et al., 1994; BALL e ROBERTSON, 1994b; DINEL et al., 1991; LAL et al., 1989; CARTER, 1988) e a presença de mesofauna no solo, principalmente minhocas (KASPER, 1995; CARTER et al., 1994; KARLEN, 1994; HAMBLIN, 1985; BEVEN e GERMAN, 1982; BOUMA et al., 1982).

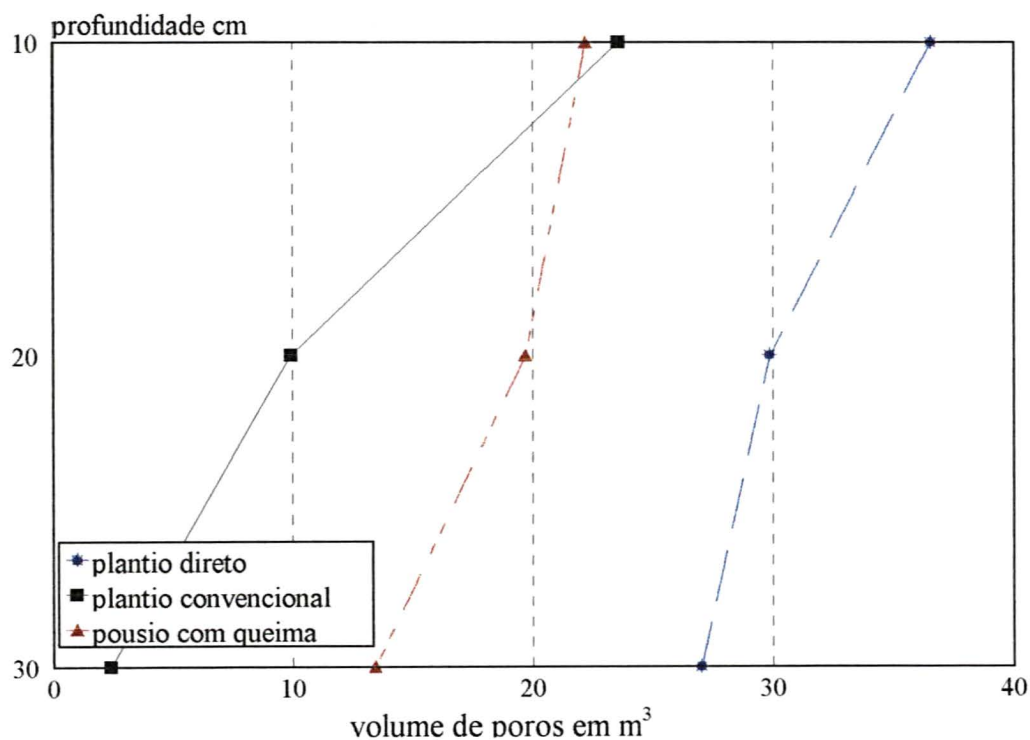


Figura 4: Volume de poros por camadas observados *in situ*.

4.2 DENSIDADE GLOBAL

SIDIRAS e VIEIRA, (1984) afirmam que em alguns casos o aumento da densidade global pode ser benéfico, pois acarreta uma melhor condição de armazenamento de água, principalmente em solos de densidade muito baixa, devido ao aumento dos microporos. Por outro lado um adensamento muito grande pode gerar dificuldade para a penetração de raízes (PHILLIPS e KIRKHAM, 1962; VOORHEES et al. 1975; BLAKE et al, 1976; VOORHES et al., 1978; BAUDER et al., 1981; VOORHEES, 1983; ONI e ADEOTI, 1986; CARTER, 1988; GRANT e LAFOND, 1993).

Os dados de densidade obtidos são concordantes com os dados de porosidade. A densidade é um indicativo do volume de poros (VOORHEES, 1983), ou ainda, a ausência ou redução do tamanho e quantidade dos poros eleva a densidade do solo (COSTA LIMA, 1995).

Houve diferença estatística para o plantio direto, demonstrando que este sistema é mais adensado quando comparado com o plantio convencional e o pousio com queima em amostras pontuais. Estes dados estão na Tabela 11

Tabela 11 - Densidade global obtida com amostras pontuais

Profundidade (cm)	Plantio direto	Plantio convencional	Pousio com queima
10	1,3c	1,1b	1,0a
20	1,3c	1,2b	1,0a
30	1,3c	1,2b	1,0a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Esses dados concordam com os obtidos por MOHANTY et al., (1996); OLESCHKO (1996); SIQUEIRA et al., (1996); LOGSDON e KASPER, (1995); BONARI et al., (1995); HUBBARD et al, (1994); ACHAYIA e SHARMA, (1994); CHAMEN e CAVALLI, (1994); JORGE et al., (1992); LAL et al., (1989); ROTH et al., (1988); AHYIA et al., (1988); IKE, (1986) em condições semelhantes. Não foi realizada comparação entre os resultados obtidos para o plantio direto e um Cambissolo que não tenha sido cultivado. É provável que a densidade do sistema plantio direto aproxime-se mais da densidade global de um solo nesta situação, o que permitiria concluir que não é o plantio direto que sofreu aumento na densidade global, mas sim os

demais tratamentos acabaram por diminuir a densidade natural. A Figura 5 contém os resultados da densidade global obtida com amostras pontuais para as três profundidades amostradas.

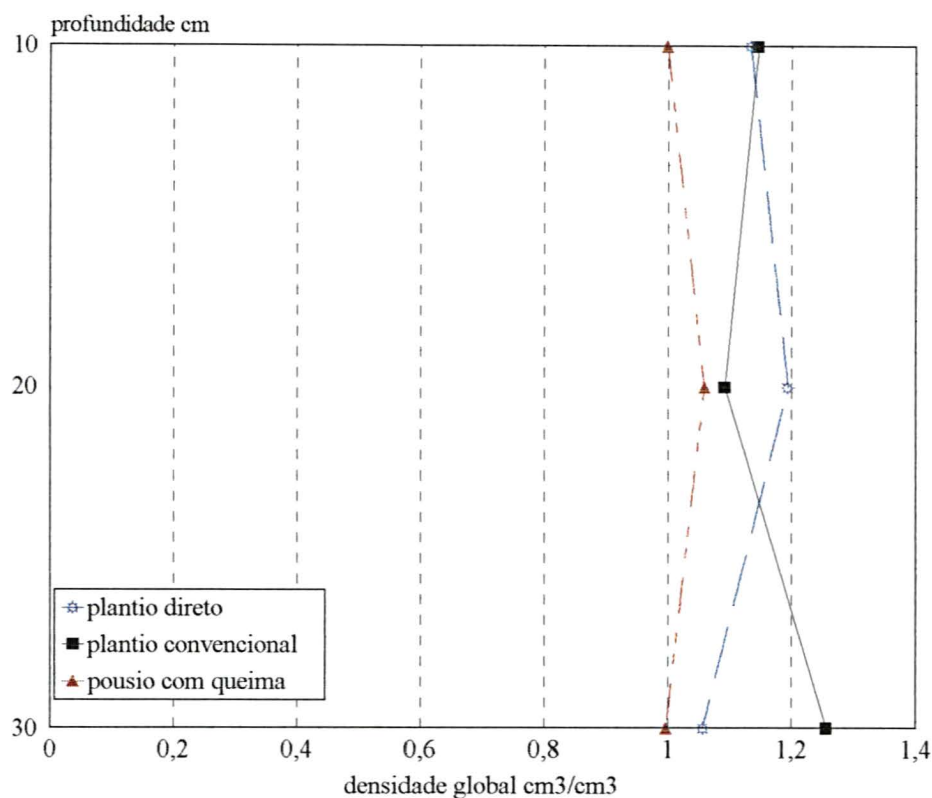


Figura 5: Densidade global obtida com amostras pontuais .

Quando avalia-se os resultados obtidos com monólitos (Figura 6) este efeito dissipa-se novamente pela maior área abrangida pela amostra, aumentando a possibilidade de poros no interior desta, fato que beneficia o plantio direto. A análise estatística dos resultados obtidos com monólitos encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Densidade global obtida com amostras monólitos

Profundidade (cm)	Plantio direto	Plantio convencional	Pousio com queima
10	1,1b	1,1b	1,0a
20	1,2c	1,1b	1,0a
30	1,1b	1,2c	1,0a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nas amostras tipo monólito foi encontrada densidade global mais elevada para a segunda camada amostrada, o que pode ser relacionado com a distribuição de cargas (HAMMEL,

1989; CARTER, 1987; CASSEL, 1983) que pode ter iniciado um leve processo de adensamento do solo, entretanto os dados não permitem concluir estatisticamente de forma afirmativa.

A baixa densidade do pousio com queima deve-se a atuação das raízes, em maior quantidade em relação ao plantio convencional e a aração em relação ao plantio direto. Ou seja, o sistema apresenta dois fatores (ação das raízes e aração) capazes de diminuir a densidade global.

COSTA LIMA, (1995) encontrou influência do conteúdo de carbono na elevação da densidade global. Este efeito não foi constatado. O pousio com queima, que apresenta a menor quantidade de carbono nos primeiros cm (Tabela 13) foi o tratamento que apresentou a menor densidade global, excetuando-se a camada 10-20 cm avaliada com amostras tipo monólito.

Tabela 13: Porcentagem de carbono para várias profundidades.

prof(mm)	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
5	3,12a	2,40b	2,09c
10	2,92a	2,40b	2,07c
25	2,89a	2,36bc	2,40b
50	2,69b	2,30c	2,40b
100	2,44b	2,30c	2,36bc
200	2,35c	2,10d	2,25c
300	2,16d	2,10d	2,13d

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

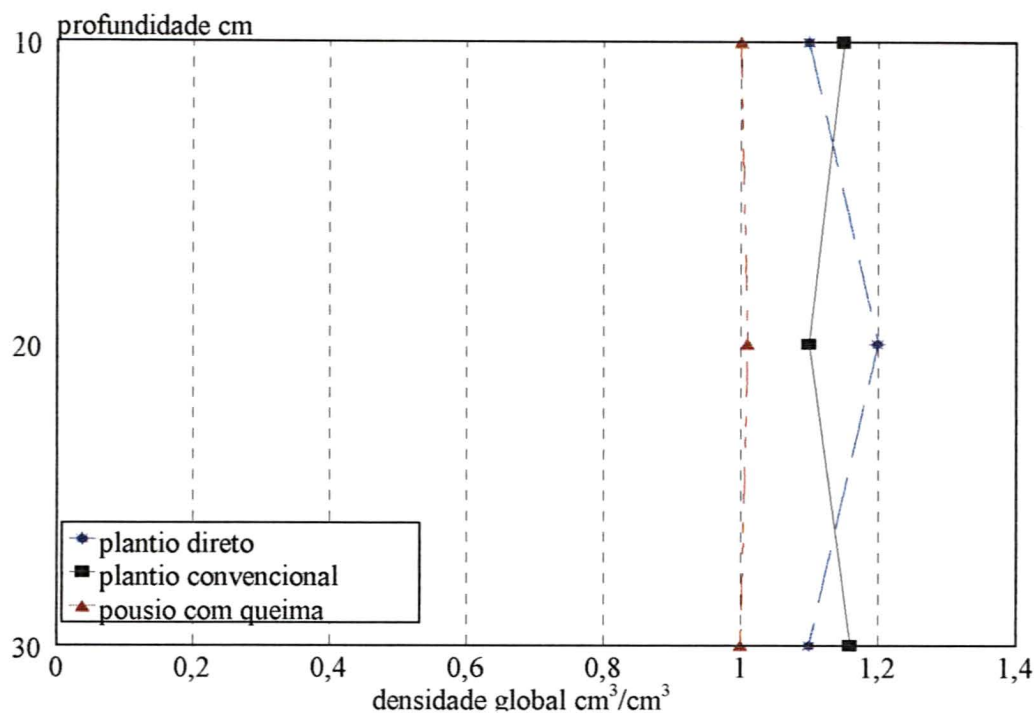


Figura 6: Densidade global obtida com amostras tipo monólitos

4.3 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA

A curva de retenção de água é uma relação entre a umidade do solo e uma certa sucção exercida sobre o mesmo, e representa o tamanho e a distribuição dos poros (VOMOCIL, 1965).

4.3.1 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA COM AMOSTRAS PONTUAIS

Quando comparamos avaliações para as três profundidades nas tensões entre -0,1 e -1 atmosfera com amostras pontuais (Tabela 14), percebe-se que o plantio direto é mais eficiente em armazenar água em todo o perfil, ou seja nas três camadas amostradas.

Estes dados discordam dos dados de porosidade, pois como o plantio direto tem mais macroporos compondo a porosidade total em relação aos demais tratamentos (Anexo 3 e 4) era de esperar que pelo menos na primeira camada sua capacidade de retenção de água fosse menor evidenciando o efeito de drenagem dos macroporos.

Tabela 14: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -0,10 e -1 atm com amostras pontuais.

atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----0 a 10 cm-----			
-0,10	0,54a	0,49a	0,44b
-0,33	0,52a	0,46b	0,43b
-0,50	0,51a	0,42b	0,41b
-0,80	0,50a	0,42b	0,41b
-1	0,47a	0,39b	0,39b
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----10 a 20 cm-----			
-0,10	0,53a	0,40b	0,43b
-0,33	0,52a	0,38c	0,41b
-0,50	0,51a	0,37c	0,40b
-0,80	0,49a	0,36c	0,38c
-1	0,48a	0,34c	0,36c
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----20 a 30 cm-----			
-0,10	0,50a	0,39b	0,40b
-0,33	0,48a	0,37c	0,38c
-0,50	0,47a	0,35c	0,37c
-0,80	0,45a	0,34c	0,36c
-1	0,43a	0,32c	0,34c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Este efeito pode ser creditado a capacidade de retenção de água da matéria orgânica, capaz de reter até três vezes o seu peso em água e elevando a capacidade de retenção do plantio direto nas primeiras tensões. A Tabela 13 contém as médias de carbono para os três tratamentos.

Não houve diferença significativa entre plantio convencional e pousio com queima. O primeiro difere do plantio direto em todas as profundidades e tensões, (excetuando-se a primeira avaliação na primeira camada) evidenciando que armazena menos água talvez pelo menor

conteúdo de carbono orgânico (Tabela 13). Além disto sofre uma mudança significativa na quantidade de água retida entre as camadas de 0-10 e 10-20 cm.

O pousio com queima diferiu do plantio direto, também pelo menor conteúdo de matéria orgânica na primeira camada, mas não diferiu do plantio convencional, mesmo diferindo no conteúdo de carbono orgânico (Tabela 13) provavelmente devido ao melhor arranjo poroso, principalmente em relação a microporos.

O plantio direto tem um conteúdo de carbono maior ao longo do perfil, principalmente nos primeiros dez cm, o que eleva a capacidade de reter água nas primeiras tensões. A capacidade de reter mais água nas primeiras tensões, acima de -1 atmosfera, é muito importante para o sistema, pois as plantas absorvem a água retida a estas tensões, acima disso a água passa do estado capilar para o estado adsorvido exigindo muito mais energia para ser absorvida pela planta, ou seja, acaba tornando-se indisponível (REICHARDT, 1987). Outro fator importante é que muitos pequenos agricultores cultivam solos de pouca profundidade, como os Litólicos e Cambissolos e a maior capacidade de armazenar água é fundamental nestas condições.

Quando avalia-se tensões abaixo de -3 atmosferas há diferença significativa entre os tratamentos para as amostras pontuais sendo que o plantio direto obteve as melhores médias e para -15 atmosferas não houve diferença significativa para nenhum dos tratamentos. Abaixo de -10 atmosferas há mais influência da textura na capacidade de retenção de água, como as amostras pontuais são menos fiéis em representar a estrutura do solo só houve influência da textura do solo, igual em todos os tratamentos.

A Tabela 15 contém os dados para amostras pontuais com tensões abaixo de -1 atmosferas.

Tabela 15: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -3 e -15 atm com amostras pontuais.

atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----0 a 10 cm-----			
-3	0,45a	0,38b	0,37b
-10	0,40a	0,29c	0,34b
-15	0,30a	0,28a	0,31a
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----10 a 20 cm-----			
-3	0,45a	0,33b	0,35b
-10	0,39a	0,29b	0,31b
-15	0,33a	0,28a	0,30a
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----20 a 30 cm-----			
-3	0,40a	0,30b	0,33b
-10	0,36a	0,26b	0,28b
-15	0,30a	0,25ab	0,28a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

4.3.2 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA COM AMOSTRAS TIPO MONÓLITOS

Para os monólitos o plantio direto teve mais capacidade de armazenar água em todas as tensões, com exceção de -15 atmosferas pelos mesmos motivos das amostras pontuais. A Tabela 16 contém os dados para as tensões maiores e iguais a -1 atmosfera.

Quando comparamos as amostras pontuais com os monólitos o tratamento que teve maior ganho foi o plantio direto.

Tabela 16: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -0,10 e -1 atm com amostras tipo monólito.

atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----0 a 10 cm-----			
-0,10	0,78a	0,52c	0,59b
-0,33	0,75a	0,50c	0,57b
-0,50	0,73a	0,49c	0,56b
-0,80	0,72a	0,48c	0,54b
-1	0,69a	0,46c	0,51b
-----10 a 20 cm-----			
-0,10	0,70a	0,48c	0,54b
-0,33	0,68a	0,46c	0,56b
-0,50	0,64a	0,45c	0,52b
-0,80	0,63a	0,43	0,50b
-1	0,62a	0,42c	0,48b
-----20 a 30 cm-----			
-0,10	0,60a	0,42c	0,52b
-0,33	0,56a	0,41c	0,50b
-0,50	0,54a	0,40c	0,48b
-0,80	0,52a	0,39c	0,47b
-1	0,51a	0,38c	0,45b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nas tensões menores que -1 atmosfera, em monólitos (Tabela 17) novamente o plantio direto foi mais eficiente devido provavelmente ao maior conteúdo de matéria orgânica e melhor atuação dos intragregados. E para as tensões menores que -10 atmosferas onde é mais importante a textura do solo não houve diferença significativa entre os três tratamentos uma vez que não foi constatada mudança de textura em nenhum deles. COSTA LIMA, (1995) encontrou diferença no conteúdo de água disponível de solos cultivados de acordo com o grau de modificação impostos ao solo pelo cultivo. Atribuiu-se este fenômeno as alterações que o cultivo

imprime na porosidade e na densidade do solo. De fato o sistema que apresentou a melhor porosidade e maior concentração de carbono orgânico foi também o que teve melhor desempenho em armazenar água em todas as tensões avaliadas.

Tabela 17: Retenção de água em cm^3/cm^3 para as tensões entre -3 e -15 atm com amostras tipo monólito.

atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----0 a 10 cm-----			
-3	0,60a	0,44b	0,49b
-10	0,57a	0,38c	0,44b
-15	0,39a	0,35a	0,38a
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----10 a 20 cm-----			
-3	0,57a	0,40b	0,46b
-10	0,55a	0,36b	0,43b
-15	0,38a	0,34a	0,36a
atm	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
-----20 a 30 cm-----			
-3	0,50a	0,36b	0,43b
-10	0,45a	0,32b	0,37b
-15	0,35a	0,30ab	0,34a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Observando as curvas de retenção de água (Figuras 7 e 8), percebe-se que tanto para as amostras pontuais quanto para as amostras tipo monólito não há queda acentuada na curva para nenhum dos tratamentos. Isso deve-se provavelmente ao conteúdo de argila do solo avaliado, capaz de reter naturalmente conteúdo maior de água (SIDIRAS et al., 1984). Dados semelhantes foram observados por COSTA LIMA, (1995).

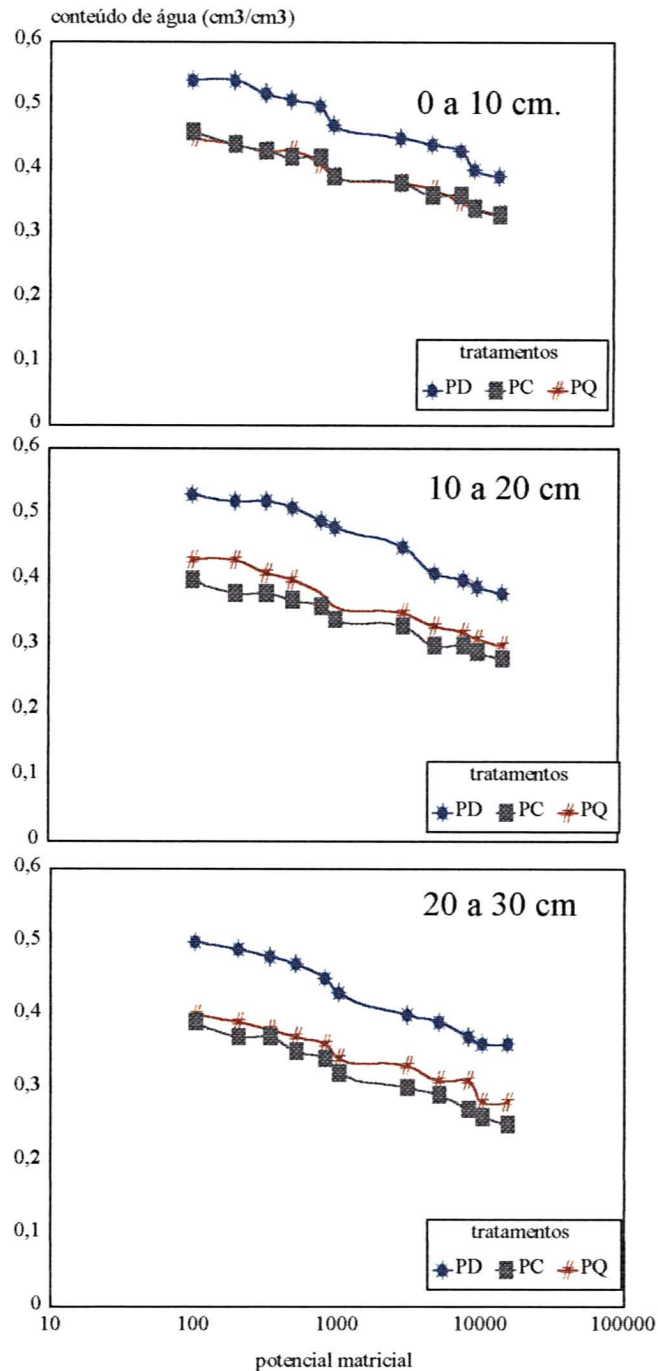


Figura 7: Curvas de retenção de água obtidas com amostras pontuais para três camadas.

Excetuando-se a elevada capacidade de retenção de água do plantio direto, que provavelmente foi ampliada pelo conteúdo de matéria orgânica e o efeito de descontinuidade dos poros do plantio convencional pode-se inferir que nenhum dos tratamentos alterou severamente de forma negativa a capacidade de retenção de água no solo.

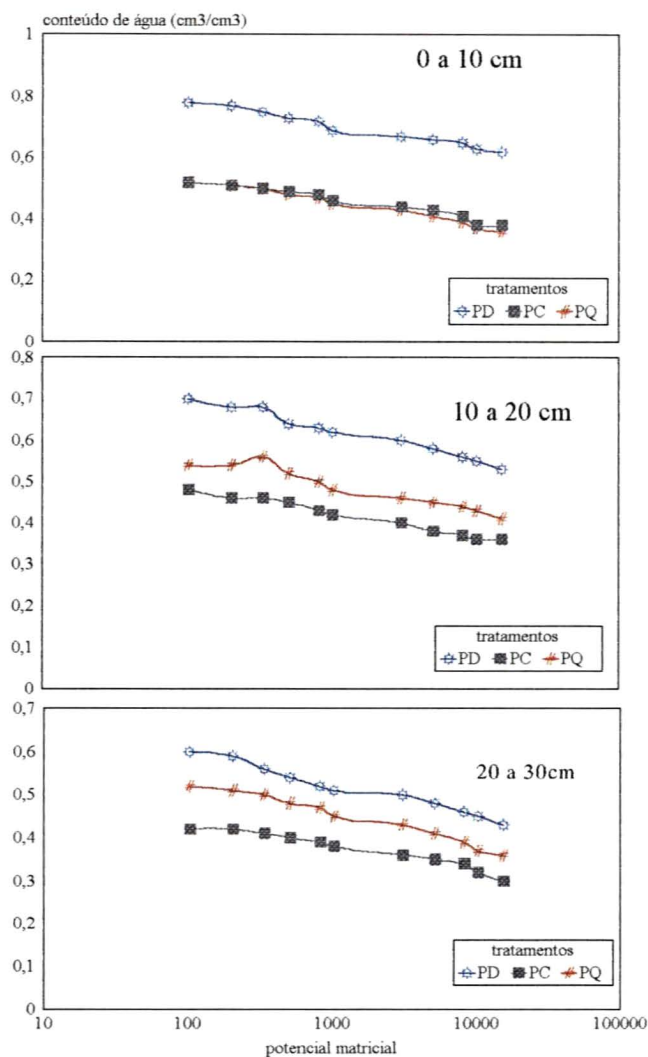


Figura 8: Curvas de retenção de água obtidas com amostras tipo monólitos para três camadas.

4.4 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA

4.4.1 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA PARA AMOSTRAS PONTUAIS

A condutividade hidráulica expressa a capacidade do solo de transmitir água. É um reflexo do gradiente matricial do solo e de sua estrutura (REICHARDT, 1987). Quando avalia-se a condutividade saturada elimina-se o efeito do gradiente matricial e obtém-se o efeito da estrutura do solo, principalmente da porosidade (AHUYIA et al., 1988).

Tabela 18: Condutividade hidráulica saturada em mm h^{-1} , obtida em amostras pontuais.

prof (cm)	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
	mm h ⁻¹		
00 -10	65,2a	58,8b	50,5b
10 - 20	62,7a	33,6c	59,5b
20 - 30	59,2b	34,8c	56,0b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os dados obtidos com amostras pontuais (Tabela 18) são concordantes com os dados de continuidade da porosidade para o plantio direto e pousio com queima. PACHEPSKY et al., (1995) usou a teoria fractal em solos sob plantio direto e convencional e observou que a porosidade era o fator que mais afetava a condutividade hidráulica. BENGT, (1990) usou cem amostras, provenientes de seis solos diferentes sob sistemas com e sem revolvimento e avaliou os fatores que influenciam a condutividade. A maior correlação foi obtida com macroporosidade.

Não houve diferença estatística entre as duas primeiras camadas do plantio direto, como não houve entre a porosidade total das duas camadas (Anexo 3), mas existiu entre a macroporosidade. Para o plantio convencional houve diferença, ocorreu um redução de 57 % na capacidade de transmitir água da camada 0-10 para a camada 10-20 centímetros. Estes dados não concordam com os dados de porosidade total em amostras pontuais (Anexo 3), onde não houve diferença estatística entre as camadas, mas concordam com a macroporosidade. O pousio com queima teve a condutividade concordante com a porosidade. JORGE et al., (1992) encontravam resultados semelhantes para plantio convencional e atribuíram este efeito a compactação nas ruas entre a cultura e a descontinuidade de camadas nas áreas sem tráfego. Para DATIRI e LOWERY, (1991) o plantio convencional teve melhor desempenho infiltrando uma quantidade maior de água, pois havia sido recém revolvido, mas o plantio direto demorava mais para atingir a taxa constante, o que segundo o autor é um efeito benéfico, pois evidencia poros mais uniformes.

4.4.2 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA COM AMOSTRAS TIPO MONÓLITO

A tabela 19 apresenta as médias e a análise estatística para os dados obtidos com monólitos.

Tabela 19: Condutividade hidráulica saturada em mm h^{-1} , obtida em amostras tipo monólito.

prof (cm)	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pousio com Queima
	mm h ⁻¹		
00 -10	132,4a	79,6c	80,4c
10 - 20	124,0a	66,3d	85,5c
20 - 30	100,5b	65,0d	79,0c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Ao avaliar-se a condutividade hidráulica em monólitos ocorreu um aumento na média obtida para todos os tratamentos. O maior aumento na média das camadas foi de 52% para o plantio direto. O melhor desempenho neste tipo de amostra foi também do plantio direto.

O plantio convencional apresentou comportamento semelhante nas amostras pontuais para a condutividade hidráulica, porém nos monólitos houve concordância entre a condutividade e a macroporosidade e porosidade total das amostras (Anexo 4). Aparentemente a condutividade hidráulica é um parâmetro mais seguro para estimar a estrutura de um solo em relação a porosidade em amostras pontuais e os monólitos são mais eficientes que as amostras pontuais para avaliar ambas as características.

O pousio com queima apresentou condutividade menor na camada 0-10 centímetros em relação a camada 10-20 centímetros, embora não tenham diferido estatisticamente. Isso deve-se a dois fatos: a orientação da coleta da amostra no sentido vertical (BALL e ROBERTSON, 1994), e o tamanho da amostra, que abrange uma superfície maior isto faz com que a amostra represente de forma mais fiel o que ocorre no campo. Uma amostra coletada horizontalmente descartaria a camada superficial, como isto não ocorreu houve a formação de selo.

4.5 SELO SUPERFICIAL

Para selo superficial foi considerado o índice obtido para cada tratamento. As médias de resistência encontram-se na Tabela 20. Um índice com valor numérico menor significa que o solo ofereceu maior resistência a penetração do cone pela presença de selo superficial.

Tabela 20: Médias de resistência a penetração em Nm^{-2} devido a formação de selo superficial.

Tratamento	antes da chuva	depois da chuva
Plantio Direto	114,7aA	104,2aA
Plantio Convencional	88,1bB	75,3bB
Pousio com Queima	75,4cC	52,1cD

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

O tratamento que apresentou os melhores resultados de resistência foi o plantio direto, as médias mais elevadas em relação aos demais demonstram que não houve resistência a penetração do cone porque não houve formação de selo. Isso deve-se a este tratamento manter o solo permanentemente coberto, o que impede a ação do impacto da gota sobre o solo, não havendo portanto desagregação de partículas que poderiam gerar selo superficial. Outro fator benéfico é o elevado conteúdo de matéria orgânica nos primeiros cm, o que sabidamente beneficia a resistência dos agregados. A média da segunda leitura, logo após a chuva não diferiu significativamente para o plantio direto não havendo portanto formação significativa de selo superficial quando este tratamento foi exposto a ação direta da gota, como pode ser visto na Tabela 20.

O plantio convencional apresentou mais resistência a penetração que o plantio direto e apresentou formação de selo quando a superfície do tratamento foi exposta a ação da gota, embora não tenha ocorrido diferença estatística entre as médias obtidas antes e depois da chuva simulada. O fato deve-se ao menor conteúdo de matéria orgânica em relação ao plantio direto e ao fato de permanecer mais tempo descoberto que os demais tratamentos, uma vez que os adubos verdes levam mais tempo para estabelecerem que a vegetação espontânea que surge no pousio com queima, permitindo dispersão das argilas pelo impacto da gota. Dados semelhantes foram obtidos por LAL et al., (1989); SHAINBERG et al., (1992); FREESE et al, (1993).

Além disso o plantio convencional tem menos carbono quando comparado com o plantio direto e perde para o pousio com queima apenas nos primeiros centímetros (Figura 9).

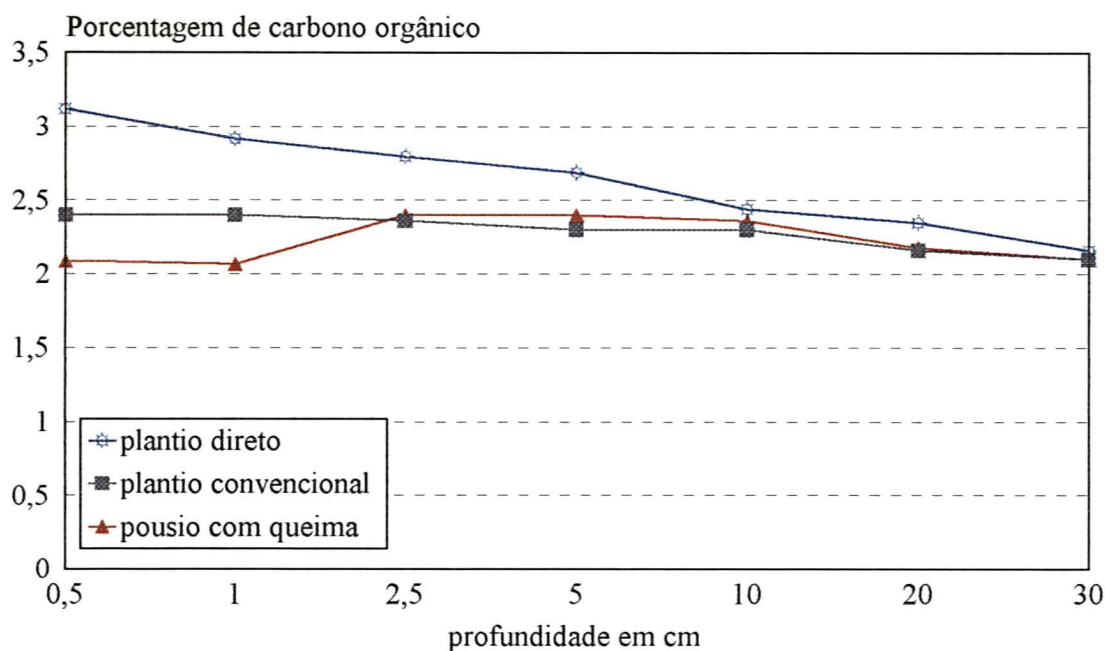


Figura 9: Conteúdo de carbono.

O pousio com queima foi o tratamento que apresentou o maior índice e a maior formação de selo após ser exposto ao impacto da gota. A Tabela 20 demonstra que a maior diferença nos resultados obtidos antes da chuva e depois desta ocorreu no pousio com queima. Isto deve-se provavelmente ao pH do solo submetido a este tratamento. MELLO e MERTEN, (1995) quando trabalharam com o mesmo tipo de solo testando vários níveis de calagem encontraram maior formação de selo superficial nos tratamentos que receberam as maiores doses de calagem e apresentavam maior elevação do pH. DEXTER, (1988) também encontrou a menor dispersão de argilas e conseqüentemente menor selo superficial quando o pH era menor em solos argilosos.

Tabela 21: Valores de pH em CaCl_2 para varias profundidades.

prof(mm)	Plantio Direto	Plantio Direto	Pousio com Queima
5	4,5c	4,7b	6,1a
10	4,5c	4,8b	6,0a
25	4,5c	4,8b	5,5b
50	4,6c	4,8b	5,0b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

A Tabela 21 mostra os valores de pH para os três tratamentos. Os valores maiores são os relativos aos primeiros cm do pousio com queima. Esse fato pode ser explicado pelo poder alcalino das cinzas, geradas pela queima dos resíduos de plantas espontâneas que vegetam sobre a

parcela no inverno, o que eleva o pH. Esta elevação de pH acaba por causar dispersão das argilas o que favorece a formação do selo superficial..

SMYTH e BASTOS, (1984) compararam os teores de nutrientes na biomassa e na cinza e no solo antes e depois da queima de mata, capoeira e cadzu tropical. A capoeira gerava metade da biomassa da mata, mas os nutrientes presentes nas cinzas geradas após a queima eram os mesmos em menor proporção. Após a incorporação da cinzas foi verificado um aumento de cálcio, magnésio potássio e fósforo, além de queda na saturação de alumínio. Isso ajuda a entender também porque as plantas daninhas que surgem espontaneamente sobre a parcela tem melhor desempenho que os adubos verdes. Os Cambissolos álicos imobilizam muito fósforo (IAPAR, 1994), e o efeito das cinzas acaba por disponibilizar este nutriente.

BRINKMANN e NASCIMENTO, (1973) avaliaram o efeito queima na região central da Amazônia e encontraram os mesmos efeitos, principalmente elevação de pH e soma de base trocáveis embora em valores menores seguiram a mesma tendência devido a amostragem das cinzas ter sido realizada após uma chuva . No solo os resultados eram semelhantes.

SILVA, (1981) avaliou o efeito da queima da mata em Latossolo da Bahia e SEUBERT et al., (1977) avaliou os efeitos sobre um podzólico no mesmo Estado e também encontraram resultados semelhantes, com elevação de pH e soma de bases.

Nenhum destes autores avaliou os efeitos da elevação repentina do pH sobre as características físicas do solo, entretanto sabe-se que o fenômeno de dispersão é controlado pela espessura da dupla camada difusa, que no solo é composta por cargas em geral eletronegativas que ficam na superfície das argilas (GAVANDE, 1976; TAN, 1982; FASSBENDER, 1986). Quando aumenta-se a espessura da dupla camada, ou seja quando há mais cargas aderidas ocorre a dispersão, e quando diminui-se ocorre a floculação. BRADY (1989) afirma que a elevação do pH ocasiona aumento das cargas negativas, aumento da repulsão entre partículas e conseqüentemente aumento da dispersão. EL-SWAIFY et al., (1970); BUTIERRES, (1980); GUPTA et al., (1984); ROSA Jr., (1984); JUCKSCH, (1986) encontraram resultados semelhantes, sendo que os dois últimos autores encontram o maior grau de dispersão quando o material adicionado para elevar o pH era rico em cálcio e magnésio. Também foram registrados efeitos neste sentido para o potássio. Esses três cátions são os principais resultantes da queima de resíduos vegetais. A Figura 10 traz os valores de índice de selamento superficial, em Nm^{-2} obtido com a equação aplicada as médias de resistência a penetração com os valores de pH nas situações antes e depois da chuva simulada.

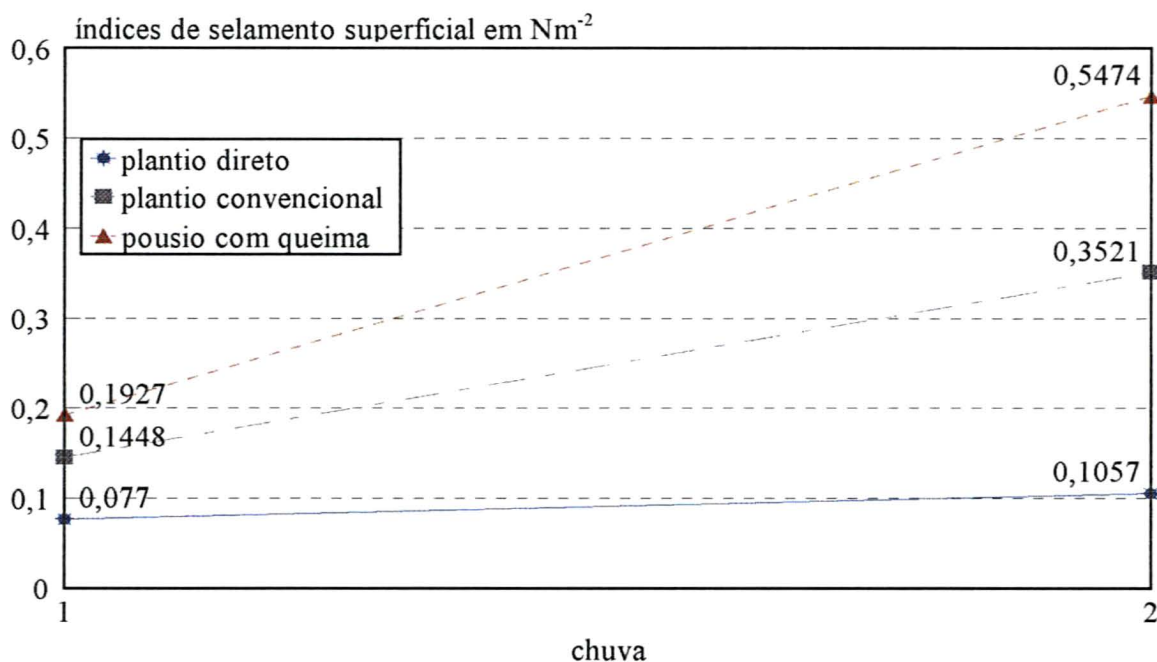


Figura 10: Índices de selamento superficial obtidos antes (1) e depois (2) da chuva simulada.

O índice de selamento superficial apresenta comportamento inverso ao das médias de deslocamento, ou seja, valores maiores indicam maior resistência a penetração do cone devido a maior formação de selo superficial

4.6 TAXA DE INFILTRAÇÃO

A Tabela 22 contém as médias de infiltração obtidas, o tempo de saturação e a umidade antecedente para cada tratamento e o resultado da análise estatística.

Tabela 22: Taxa de infiltração final, tempo de saturação e umidade antecedente.

tratamento	taxa de infiltração mm h ⁻¹	tempo saturação (min)	umidade antecedente (%)
Plantio Direto	26,0a	8,7c	35,7c
Plantio Convencional	12,9b	54,7c	27,8b
Pousio com Queima	8,70	73,0a	25,0a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

O plantio direto apresentou a melhor taxa de infiltração mesmo com a média de umidade mais elevada (Anexo 5). Não houve efeito da umidade do solo na taxa final média de infiltração.

O plantio convencional foi o primeiro perfil a saturar, provavelmente pela presença de macroporos responsáveis pela drenagem somente na primeira camada amostrada.

O pousio com queima teve a menor taxa de infiltração, devido a formação de selo superficial. SHAINBERG et al., (1992) encontrou o mesmo efeito num solo com excesso de sódio trocável. O autor realizou uma chuva com simulador e percebeu que apenas 9 mm de chuva eram necessários para que se iniciasse a desagregação das partículas. Com 40 mm de chuva havia selo formado sobre a superfície do solo impedindo a infiltração. MAH et al., (1992) encontrou formação de selo em solo com elevado conteúdo de sódio em 10 minutos de aplicação de chuva de 50 mm, o que reduzia a taxa de infiltração. MORIN et al., (1989) encontraram redução da taxa de infiltração quando havia formação de crosta sobre o solo, o que ocorria em solos ricos em cálcio e sódio, devido a dispersão das argilas.

MWENDERA e FEYEN, (1993) avaliaram monólitos de solo recém preparado em comparação com plantio direto. O solo recém preparado inicialmente infiltrava mais, mas a medida que a partículas desagregadas iam “acomodando-se” e formando selo superficial a taxa de infiltração diminuía até perder 70% da capacidade inicial de infiltração. LEVY et al., (1993) encontraram reduções na taxa de infiltração devido a formação de selo superficial em solo com sódio trocável. Resultados semelhantes foram obtidos por FREESE et al., (1993) ao comparar plantio direto com plantio convencional. Na segunda chuva realizada a taxa de infiltração decresceu 68% em relação a taxa de infiltração da primeira chuva devido a formação de selo superficial no plantio convencional.

BETZABEL et al., (1995) concluíram que quando um solo apresenta um ou mais fator que facilite a formação de selo superficial, e sua superfície estiver descoberta, dificilmente apresentara boas taxas de infiltração

Nas duas chuvas seguintes, com o solo já saturado o plantio direto ainda obteve a melhor taxa de infiltração (Tabela 23).

Tabela 23: Taxa de infiltração após 60 minutos de chuva simulada (média de duas chuvas).

tratamento	taxa de infiltração mm h ⁻¹
Plantio Direto	19,0a
Plantio Convencional	7,6b
Pousio com Queima	6,0b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Mesmo após duas chuvas de 60 minutos cada, o plantio direto manteve uma boa taxa de infiltração, devido a sua estrutura. Quando o solo está saturado o potencial matricial é nulo e o potencial gravitacional é máximo, portanto quem rege o processo são os macroporos que devem permitir o fluxo de água através do solo. No pousio com queima, embora apresente boa porosidade, este fenômeno não ocorre, devido a formação de selo superficial.

Não houve diferença significativa entre o pousio com queima e o plantio convencional devido a formação de selo no primeiro e a descontinuidade dos poros no segundo.

4.6.1 TAXA DE INFILTRAÇÃO x POROS *IN SITU*

O efeito dos poros pode ser avaliado ao compararmos as taxas de infiltração isoladas para cada parcela e o resultado da avaliação de poros *in situ*. A Tabela 24 contém estes dados para o plantio direto, Tabela 25 para plantio convencional e Tabela 26 para pousio com queima.

Tabela 24: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em minutos para Cambissolo sob plantio direto.

parcela	tx inf mm h ⁻¹	% poros	% poros perdidos	t' saturação
1	23,2	1,2	26,0	75
2	23,8	1,3	11,4	80
3	31,0	1,5	4,4	85

Para o plantio direto a parcela 3, que apresentou o maior número de poros e os poros mais contínuos ao longo do perfil amostrado foi também a que apresentou a maior taxa de infiltração, mesmo apresentando elevada umidade antecedente (Anexo 5).

Tabela 25: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em minutos em Cambissolo sob plantio convencional.

parcela	tx inf mm h ⁻¹	% poros	% poros perdidos	t' saturação
1	11	0,42	97,6	50
2	14	0,60	86,6	55
3	13,6	0,46	84,8	55

Tabela 26: Comparação entre a taxa de infiltração, continuidade e quantidade de poros e tempo de saturação em minutos em Cambissolo sob pousio com queima.

parcela	tx inf mm h ⁻¹	% poros	% poros perdidos	t' saturação
1	9	0,76	35	68
2	7	0,72	60	73
3	10	0,63	62	75

Houve 100% de correlação para a porosidade observada e a taxa de infiltração no plantio direto (Tabela 27). Isso indica que o fluxo de água ocorre pelos poros grandes, e que é importante que estes sejam contínuos ao longo do perfil. A parcela que perdeu menos poros (parcela 3) obteve melhor taxa de infiltração e maior tempo de saturação. O mesmo ocorreu com o plantio convencional.

Tabela 27: Análise de correlação entre taxa de infiltração, volume total de poros (mm³) e porcentagem de poros perdidos.

-----Plantio Direto-----				
parcela	tx inf mm h ⁻¹	vol total de poros	%poros perdidos	coef. correlação (r)
1	23,2	91341,8	26,0	0,999
2	23,8	96101,3	11,4	0,999
3	31,0	112500,4	4,4	0,999
-----Plantio Convencional-----				
parcela	tx inf mm h ⁻¹	vol total de poros	%poros perdidos	coef. correlação (r)
1	11,0	31823,5	97,6	0,999
2	14,0	45474,6	86,6	0,999
3	13,6	34243,4	84,8	0,999
-----Pousio com Queima -----				
parcela	tx inf mm h ⁻¹	vol total de poros	%poros perdidos	coef. correlação (r)
1	9,0	53925,4	35,0	0,021
2	7,0	57067,3	62,0	0,021
3	10,0	47736,5	60,0	0,021

MOHANTY et al., (1996) avaliou um solo de deposição submetido a plantio direto com tráfego controlado. Menos de 3% da área total estava associada com macroporos, o autor considerou como macroporos aqueles poros com mais de 1mm de diâmetro, mas onde havia presença destes 90% da infiltração ocorria por estes canais, elevando a taxa de infiltração. BAER et al., (1992) avaliou a translocação de atrazina em amostras indeformadas e no campo. Nos testes realizados em laboratório houve correlação entre o número de poros e sua continuidade e a quantidade de atrazina que saía da amostra. O plantio direto que possuía melhor estrutura transportava mais atrazina e mais rapidamente que o plantio convencional. No campo os autores

não detectaram este efeito porque não houve precipitação suficiente para que os resultados fossem confiáveis.

O elevado tempo de saturação também é um indicativo do efeito da continuidade dos poros, pois reflete a capacidade de drenagem rápida do solo. Considerava-se como solo saturado o momento em que o tensiômetro da última camada amostrada apresentava leitura inferior ou igual a 2 centímetros. Como o plantio direto possui poros além da maior profundidade monitorada, é provável que a drenagem da água aplicada tenha contribuído para elevar o tempo de saturação. ISHIGURO, (1991) encontrou resultados semelhantes ao avaliar a translocação de bromo em amostras indeformadas. A água marcada era aplicada sobre a amostra e era rapidamente translocada, deixando pouco bromo nos poros, e quando era aplicada sobre a matriz do solo o transporte era mais lento e deixava quantidade maior de resíduos. O autor concluiu que os poros verticais e de formato cilíndrico eram responsáveis pela rápida translocação da água no solo.

Houve correlação entre a umidade antecedente e a taxa de infiltração para a parcela 1, que apresentava a maior umidade e saturou em menor tempo (Anexo 5).

Para o plantio convencional houve correlação para a quantidade de poros, para a quantidade de poros perdidos e para umidade antecedente (Tabela 24). O tempo de saturação mais elevado na parcela 1, que perdeu mais poros, deve-se ao maior tempo necessário para umedecer a última camada, uma vez que o transporte da água na ausência de poros ocorre através da matriz do solo. A parcela 1, primeira a saturar, apresentava a maior umidade antecedente e tinha menos poros.

É difícil isolar o efeito umidade antecedente / porosidade. Um solo que apresenta pouca capacidade de drenar água naturalmente inicia o escoamento superficial antes, pois seus poros ficam “cheios” antes. No campo é comum áreas sob plantio convencional não apresentarem escoamento sob uma chuva de intensidade razoável, mas se em seguida ocorre uma chuva, mesmo que de intensidade menor, ocorre o escoamento e seus efeitos negativos.

Aparentemente a umidade antecedente tem influência apenas quando a estrutura porosa está danificada

Tabela 28: Análise de correlação entre taxa de infiltração e índice de formação de selo superficial para duas chuvas.

-----Plantio Direto-----				
parcela	tx inf mm ^{h-1}	índice 1	índice 2	coef. correlação (r)
1	23,2	0,0770	0,1057	0,003
2	23,8	0,0700	0,0771	0,000
3	31,0	0,1153	0,1372	0,000
-----Plantio Convencional-----				
parcela	tx inf mm ^{h-1}	índice 1	índice 2	coef. correlação (r)
1	11,0	0,1448	0,2073	0,005
2	14,0	0,1612	0,2234	0,009
3	13,6	0,1267	0,1642	0,007
-----Pousio com Queima-----				
parcela	tx inf mm ^{h-1}	índice 1	índice 2	coef. correlação (r)
1	9,0	0,1927	0,3547	0,893
2	7,0	0,2189	0,4613	0,990
3	10,0	0,1782	0,4250	0,900

Índice 1= Valor em Nm⁻² obtido antes da chuva simulada sem tela sombrite

Índice 2= Valor em Nm⁻² obtido depois da chuva simulada sem tela sombrite

Para o pousio com queima não houve correlação entre a porosidade, mas houve correlação com a formação de selo superficial (Tabela 28) na parcela 2, que teve a menor taxa de infiltração, foi a que apresentou a maior formação de selo superficial, indicando que para o pousio com queima o processo da infiltração é regido pelo selo superficial e não pelo arranjo dos poros como nos demais tratamentos.

Dados semelhantes foram obtidos por BETZABEL et al., (1995); LEVY et al., (1993); MWENDERA et al., (1993); MAH et al., (1992); FREESE et al., (1993).

O pousio com queima tem estrutura porosa melhor que o plantio convencional, devido a ação da vegetação espontânea, mas perde em taxa de infiltração, que gera escoamento superficial. A boa porosidade não tem efeito quando há formação de selo superficial. A localização das áreas dos agricultores que utilizam este sistema, como já foi citada, normalmente é em vertentes declivosas. A associação destes fatos, selamento superficial, material desagregado e áreas declivosas gera perdas de solo.

4.8 PERDA DE SOLO NA ENXURRADA

A água que não infiltra esco sobre a parcela e tem a capacidade de transportar sedimentos. A Tabela 29 contém os dados médios de solo perdido para os três tratamentos e a análise estatística.

Tabela 29: Perda de solo por enxurrada em três chuvas.

trat	1ª chuva	2ª chuva	3ª chuva
	-----g/500ml-----		
Plantio Direto	0,1a	0,4a	0,5a
Plantio Convencional	0,7b	0,9b	1,3b
Pousio com Queima	2,0c	2,7c	5,4d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey

O plantio direto perde pouco solo devido a elevada taxa de infiltração e a agregação de partículas conferida pelo conteúdo elevado de matéria orgânica nos primeiros cm. Além disso a permanente cobertura do solo protege os agregados do impacto das gotas da chuva. Para a realização dos testes de infiltração toda a cobertura foi retirada, mas os benefícios que este sistema confere aos agregados do solo permanecem.

O plantio convencional perde mais solo que o plantio direto em decorrência do maior escoamento superficial que apresenta devido a pouca porosidade que faz com que o perfil sature antes e o escoamento inicie antes, transportando e exercendo uma ação cizalhante sobre o solo. Além disso este era o sistema que permanecia mais tempo descoberto e portanto possui agregados mais expostos a ação da gota da chuva. Estes dados concordam com os resultados obtidos por LAL et al., (1989); MWENDERA e FEYEN, (1993).

HERNANI e FLETZ, (1994) avaliaram um ensaio de 7 anos sobre um Latossolo roxo, comparando escarificação + grade niveladora, grade pesada + grade niveladora, arado de discos + grade nivelador e plantio direto. O sistema plantio direto apresentou as menores perdas de solo, seguido da escarificação, grade pesada e finalmente o plantio convencional, que perdeu mais solo que a grade pesada por ser mantido descoberto. Havia correlação entre a perda de solos e a porosidade, que elevava a capacidade de infiltração (macroporos), diminuindo as perdas, enquanto aumentos na densidade global ou microporosidade aumentava as perdas de solo.

Solos bem estruturados e com altos níveis de matéria orgânica normalmente perdem menos sedimentos. SANTOS et al., (1994) trabalharam com um Cambissolo e obteve perdas de solo bastante baixas quando comparadas com dados obtidos em condições semelhantes, sendo que o plantio direto perdia menos solo que o plantio convencional. SANTANA et al., (1994) encontrou resultados semelhantes, mas as menores perdas ocorreram no solo sob pastagem, que havia sido revolvido apenas na implantação do ensaio.

O revolvimento do solo tem efeito negativo sobre a estrutura, pois favorece a desagregação das partículas, desestrutura o arranjo poroso natural e pode aumentar a densidade global do solo, sendo que estes fatores que acabam elevando a perda de sedimentos.

O pousio com queima apresentou as maiores perdas. Mesmo nas primeiras chuvas quando o solo estava coberto com a tela sombrite e portanto não havia o efeito das gotas da chuva. Esse efeito deve-se provavelmente a dispersão das argilas, ou seja o selo que forma-se sobre o solo é composto de material completamente desagregado e portanto pronto para o arraste. Por outro lado esta mesma camada impede que a água que caía sobre a parcela infiltrasse, mesmo quando o solo estava seco e portanto, ávido por água, gerando o escoamento superficial. Na última chuva realizada, sem a cobertura houve de fato a atuação da gota sobre a parcela arrastando mais partículas. Associando isto ao fato da parcela encontrar-se saturada, e portanto favorecer o escoamento superficial explica-se a elevada perda ocorrida na terceira chuva.

LEVY et al., (1993) encontraram os mesmos resultados avaliando solos dispersos em condições semelhantes, entretanto a impossibilidade de afirmar se a elevada perda de solo na enxurrada era devida a ação da gota ou a reação do sódio trocável com a água dos testes de infiltração levaram os autores a descartar os resultados. MAH et al., (1992) avaliaram um solo sob pastagem. A primeira chuva teve o processo de infiltração regido pelos poros, na segunda chuva formou-se selo superficial, que passou a reger o processo causando redução na taxa de infiltração e perdas de solo elevadas.

5 CONCLUSÕES

A avaliação dos resultados obtidos com este trabalho permitiu concluir:

1° - O plantio direto foi o tratamento que apresentou o maior taxa final de infiltração, maior volume, quantidade e continuidade de poros e ainda a menor formação de selo superficial.

2° - O plantio convencional evidenciou a tendência de concentrar os poros na primeira camada, equivalente a profundidade de aração, sendo este fato prejudicial ao desempenho do tratamento em relação a taxa de infiltração.

3° - O pousio com queima apresentou boa quantidade e continuidade de poros e densidade global entretanto o elevado pH dos primeiros cm gera selo superficial, causando baixas taxas de infiltração e elevadas perdas de material desagregado.

4° - Nenhum dos tratamentos apresentou camada adensada, o plantio direto teve em média densidade global mais elevada. Isso permite concluir que a tração animal é uma boa alternativa para pequenos produtores.

5° - A vegetação espontânea das parcelas de pousio com queima, do ponto de vista de formação de poros, teve melhor desempenho que os adubos verdes, prejudicados pela baixa fertilidade do solo.

6° - A prática de queimar os resíduos vegetais do pousio mostrou-se altamente prejudicial, e portanto deve ser evitada.

7° - As metodologias propostas mostraram-se eficientes e sensíveis para os parâmetros avaliados

6 BIBLIOGRAFIA

- ACHAYIA, C.L.; SHARMA, P.D. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north west India. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **32**:(4)291-302, 1994.
- AGASSI, M; SHAINBERG,I; MORIN,J. Effects of eletrolyte concentration and soil sodocity on soil infiltration rate and crust formation. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **45**: 848-851. 1981.
- AHUYA, L.R.; BRUCE, R.R.; CASSEL, D.K.; RAWLS, W.J. Simples field measurement and estimation of soil hydraulic properties and their spatial variability for modelling. p 19-32. In: **Proc. International Symposium of Modeling Agriculture for Rangeland Hidrology**. Chicago, dec. 1988, W. J. Rawls (ed) ASAE, St Joseph, MI, 1988.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINARDT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. Efeito sobre a forma de estrutura do solo ao final de sete anos. **Rev. Bras. Ci. Solo**. Campinas, **19**(1)115-19, 1995.
- AMORIN,P.C.; SOUZA,A.A. Bibliografia de mecanização agrícola - tração animal. **EMBRAPA, DIDI**, Brasília, 1982.
- AUBERTIN, G.M. **Nature and extent of macropores in forest soils and their influence on subsurface water movement**. USDA. Forest Service Research Paper. Northeast Forest Exp.Sta. Upper Darby, NE192, 1971, 33p
- BAER, J.V.; POWERS,W.L.; SHEA, P.J.; STUEFER-POWEL, C.L. Pore size distribution index as an indication of atrazine movement in cret silt loam soil. **Soil Sci**. Baltimore, **154**(5), 1992.
- BALL, B.C.; HARRIS, W.; BURTFORD, J.P. A laboratory method to mensure gas diffusion and flow in soil and other porus material. **Journal of Soil Science** **32**:323-33, 1981.
- BALL ,B.C.; ROBERTSON, E.A.G. Effects of soil water hysteresis and direction of sampling on aereation and pore function in relation to soil compaction and tillage. **Soil & Tillage Research**. Amsterdã **32**:(1)51-60, 1994a.
- BALL, B.C.; ROBERTSON, E.A.G. Effects of a uniaxial compaction on aeration and estrutura of ploughed or direct drilled soils. **Soil & Tillage Research** Amsterdam,**31**(2-3)135-48, 1994b
- BAUDER, J.W.; RANDALL,G.W.; SWANN,J.B. Effects of four continuous tillage systems on mechanical impedance of a Clay Loam Soil. **Soil Sci. Soc.Am. J. Madison**, **45**(4)802-06. 1981.

- BENGT, E. An analysis of saturated hydraulic conductivity in a forest glacial till slope. **Soil Sci. Baltimore**, **150**(2)485-94, 1990.
- BEVEN, K; GERMANN,P. Macropores and water flowing soils. **Water resources Research** n18, 1982.
- BETZABEL, I.; MORIN, J.; BENYAMINI, Y.; AGASSI, M.; SHAINBERG, I. Water drop energy and soil seal properties. **Soil Sci. Baltimore**, **159**(1)13-22, 1995.
- BLAKE,G.R.; NELSON,W.W.; ALLMARAS,R.R. Persistence of subsoil compaction in a Mollisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **40**(6)943-48.
- BONARI, E.; MAZZONCINI, M.; PERUZZI, A. Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in a sandy soil. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam **33**(2)91-108, 1995.
- BOONE F.R Weather and other enviromental factors influencing crop responses to tillage an trafic. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **41**:283-324, 1988.
- BOUMA,J. Influence of soil macroporosity on environmentce quality. **Advances in Agronomy**. **46**:(1)37, 1991.
- BOUMA, J. BELMAN, C.F.M., DEKKER,L.W. Water infiltration and redistribution in a silt loam subsoil with vertical worm channel. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **46**:1917-21, 1982.
- BOUMA,J.; JONEERIUS,A.; BOERSMA,O.; JAGER,A.; SHOONDERBEECK,D. The function of differentes types of macropores during saturated flow trough four swelling soil horizons. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **41**:945-50, 1977.
- BRADFORD, J.M. GUPTA,S.C. Soil compressibility. In: **Methods of soil analysis** 2^a ed. Madison, Wisconsin, ASA, Agronomy Series n.9
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro. ed.Freitas Bastos, 1989, 647p.
- BRINKMANN, W.L.; NASCIMENTO, J.C. The effects of slask an burn agriculture on plant nutrientets in the Tertiary region of centrl Amazonia . **Turrialba**, Costa Rica, **23**:284-90, 1973.
- BUI, E.N.; MERMUT, A.R. Orientation of planar voids in Vertisols and soil with vertic properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **52**:171-78., 1988.
- BULLOCK, P.A.; FEDOROFF. A.; JONGERIUS, A. STOOPS, G.; TURSINA, T. **Handboock for soil thin section description**. Waine Res, Wolverhanpton, VK. 1985.
- BURWELL,R.E.; ALLMARAS,R.R.; SLONDER,L.L. Strctural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. **Journal of Soil and Water Conservation**. **21**:(2), 1966.

- BUTIERRES, M.F.M. **Efeito do calcário, fosfato e potássio no ponto de carga zero (PCZ) e grau de floculação em três solos do Rio Grande do Sul.** Santa Maria, UFSMPS. 1980, 59p (dissertação de mestrado)
- CALEGARI, A.; ASSMANN, A.L.; SANGUANINI, J.N. Influência do sistema de cultivo e da adubação verde na agregação do solo. In: I Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável. Ponta Grossa, 18 a 22/03/96. **Resumos Expandidos do I Cong...** IAPAR, Ponta Grossa, 1996, 158p.
- CARTER, M.R. Penetration resistance to characterize the depth and persistence of soil loosening in tillage studies. **Canadian Journal of Soil Science.** Ottawa **68**(4)657-68, 1988a.
- CARTER, M.R. Physical proprieties of some Prince Edward Island soils in relation to their tillage. **Canadian Journal of Soil Science.** Ottawa, **67**:473-83, 1987.
- CARTER, M.R. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **12**(1)37-51, 1988b
- CARTER, M.R.; MELE, P.M.; STEED, G.R. The effects of direct drilling and stubble retention on water and bromide movement and earthworm species in a duplex soil. **Soil Sci. Batimore**, **157**(4)224-31, 1994.
- CASSEL, D.K. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedances. In : **Predicting tillage effects on soil physical proprieties and processes.** ed. David M. Kral. ASA, sp. n. 44, 1980.
- CASSEL, D.K. Spatial and temporal variability of soil physical proprieties following tillage of Norfolk Loamy Sand. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **42**(2)196-201, 1983.
- CHAVES H.M.L.; ORLOWSKI, E. ROLOFF, G. Previsão de infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, **17**(2)141-147, 1993.
- CHAMEN, W.C.T. CAVALLI, R. The effects of soil compaction on mole plough draught. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **32**:(4) 303-11, 1994.
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. **Applied hydrology** New York, McGraw-Hill, 1988, 572p.
- CLARCK, A.L.; GRENLAND, D.J.; QUIRK, J.P. Changes in some physical of surface an impoverished red brown earth under pasture. **Australian Journal of Soil Research.** **5**:59-68, 1967.
- COSTA LIMA J.M.J. **Alterações de propriedades de solos cultivados com cana-de-açúcar.** Piracicaba, SP, 1995, 173p (Tese de doutorado).

- COSTA LIMA, J.M.J.; COSTA LIMA, V. Modificações na trama e morfologia dos poros do solo pelo efeito do cultivo. In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento sustentado. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 23 a 29/07/1995, Viçosa - MG. **Resumos Expandidos do XXV** Viçosa, UFV, 1995.
- CULLEY, L.B.J. **Water regimes and shear strength of a Typic Haplaquoll under conventional and no-tillage** St. Paul, Department of Soil Science, University of Minnesota. 1986 (tese de doutorado)
- DATIRI, B.C.; LOWERY, B. Effects of conservation tillage on hydraulic properties of a Griswold silt loam soil. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam **21**:(3-4)257-71, 1991.
- DEBARBA, L.; AMADO, T.J.C. Sistemas de produção de milho adaptados a conservação do solo. II - Influência sobre a infiltração de água no solo. In: X Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água. Florianópolis, 24 a 29/07/94. **Resumos da X Reunião....** SBCS, Florianópolis, 1994, 428p.
- DERPSCH R.; ROTH, C.H. SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo** Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 control erosion by cover and no-tillage techniques in Paraná-Brazil. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **8**:253-63, 1986.
- DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, n.11, 199-238, 1988.
- DINEL, H.; MEHUYS, G.R.; LEVESQUE, M. Influence of humic and fibric material on aggregation and stability of a lacustrine silt clay. **Soil Sci**. Baltimore, **151**(3)228-39, 1991.
- EDWARDS, W.M. Predicting tillage effects on infiltration. In: **Predicting tillage effects on soil physical properties**. ed. David M. Kral, ASA, sp n. 44, 1980.
- EDWARDS, W.M.; Van De PLOEG, R.R.; EHLERS, W. A numerical study of the effects on noncapillary-sized pores upon infiltration. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **43**:851-56, 1979.
- EHLERS, W. Observation on earthworms channels and infiltration on tilled and untilled loess soils. **Soil Science**. Baltimore, **19**:242-248, 1975.
- EHLERS, W.; KÖPKE, U.; HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and root growth of oats tilled and untilled loess soil. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, **3**:261-75, 1983.
- EL-SWAIFY, S.A. AHMED, S. SWINDALE, L.D. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red and tropical black earths II. Liquid limit, degree of dispersion and moisture retention. **Journal of Soil Science**. London, **21**:188-98.

- EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. Mapa do delineamento macroecológico do Brasil. 1993.
- ERICKSON, A.E; Tillage effects on soil aeration. In: Predicting tillage effects on soil physical proprieties and processes. Madison, 1982. **Prociodings of** Madison, ASA, 1982, p.91-104.
- FAHAD,A.A.; MIELKE,L.N.; FLOWERDAY,A.D.; SWARTZENDRUBER,D. Soil physical proprieties as affected by soybeans and other cropping sequences. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **46**:377-81. 1982.
- FAO The employments of draught animal in agriculture. **FAO**, Roma, 1972.
- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos**. 5ª ed. Turrialba, Matilde de la Cruz. 1986, 340p.
- FAVARIN,J.L.; FANCELLI,A.L. Alterações nas propriedades físicas químicas e biológicas de solos cultivados. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO (I:1987:Piracicaba) **Anais do** Piracicaba , ESALQ, 1987,p19-31.
- FERNANDES MEDINA, B. ; LEITE J.A. Influência de três sistemas de manejo e duas coberturas vegetais na infiltração de água em um LA de Manaus - AM. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, **20**(11)1331. 1985
- FITZ PATRICK, E.A. **Micromorphology of soils**. Chapman, an Hall, London, 1984.
- FRESSE, R.C.; CASSEL, D.K.; DENTON, H.P. Infiltration in Piedmont soil under three tillage systems **Journal of Soil and Water Conservation** **48**:(6)527-33, 1993.
- GAVANDE,S.A. **Física de suelos: principios y aplicaciones**. México, Limura. 1976, 351p
- GERMANN, P. BEVEN,K. Water flow in soil macropores 1. An experimental approach. **Journal of Soil Science**. Oxford, **32**:1-13, 1981.
- GISH, T.J.; JURY, W.A. Effects of plant roots and root channels on solute transport. In: **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**. **26**: 440-51, 1983.
- GOLABI, M.H.; RADCLIFE, D.E.; HARGROVE; W.L.; TOLLNER, E.W. Macropore effects in conventional tillage and no-tillage soils. **Journal of Soil and Watter Conservation**. **50**(2)205-10, 1995.
- GRANT,C.A.; LAFOND,G.P. The effects of tillage systems and crop rotation on soil chemical proprieties of a Black Chernozemic soil. **Canadian Journal of Soil Science**. Ottawa **74**(3)301-6
- GUPTA, R.K.; BHUMBLA,D.K.; ABROL, I.P. Effects of sodicity pH organic matter and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils . **Soil Science**. Maryland, **137**:245-51, 1984.

- GUPTA,S.C.; ALLMARAS,R.R. Soil compaction and hydraulic process in a Oxisol. **Water Resources Research**. **12**:720-24, 1986.
- GUPTA,S.C.; LARSON,W.E. Mechanical impedance by traffic. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **40**:7-11, 1982.
- HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**. New York, **38**:95-152, 1985.
- HAMMEL, J.E. Long term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Northern Idaho. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **53**:1515-19, 1989
- HARGROVE,W.I. ;BOX,J.E.,; RADCLIFFE,D.E.; JOHNSON,J.W. ROTHROCK,C.S. Influence of long term no tillage on crop rooting in a Vertisol. In: **Proceedings of Southern Conservation Tillage Conference**. August,10 -12/1988. Tupelo, MS. Special Boletin 88-1, Mississippi. Mississippi State, 1988
- HENKLAIN, J.C.; GUIMARÃES, M.F.; VIEIRA, M.J.; MEDINA, C.C. Efeito do preparo do solo no desenvolvimento radicular. In: I Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável. Ponta Grossa, 18 a 22/03/96. **Resumos Expandidos do I Cong...** IAPAR, Ponta Grossa, 1996, 158p.
- HENKLAIN, J.C.; YAMAOKA, R.S.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo no desenvolvimento radicular do algodoeiro. In I Encontro Latino-Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade. Ponta Grossa, 22 a 26/11/93. **Anais do I Encontro.....** IAPAR, Ponta Grossa, 1993. 428p
- HERNANI, L.C.; FLETZ, C.R. Perdas de sol opor erosão hídrica, sistemas de manejo e alguns atributos físicos ed um latossolo roxo muito argiloso de Dourados. In: X Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água. Florianópolis, 24 a 29/07/94. **Resumos da X Reunião....** SBCS, Florianópolis, 1994, 428p.
- HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York, Academic Press, Inc, 1980a
- HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, Inc, 1980b
- HOOGMOED,W.B.; BOUMA,J. A simulation model for predicting infiltration into craked clay soil. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **44**:458-61, 1980.
- HOOGMOED,W.B.; DERPSCH, R. Chisel ploughing as an alternative tillage system in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research Amsterdam**, **6**(1)53-67, 1985.
- HUBBARD, R.K.; HARGROVE, W.L.; LOWRENCE,R.R.; WILLIANS, R.G.; MULLINIX, B.G. Physical proprieties of clayey coastal plain soil as affected by tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**. **49**(3)276-83, 1994.

- IAPAR Avaliação de sistemas de preparo do solo a tração manual e animal incluindo uso de adubos verdes **Relatório Final de Experimento**. IAPAR, Ponta Grossa, 1995, 30p
- IKE,I.F. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savanna. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, n.6,261-76, 1986.
- ISHIGURO, M. Solute transport through hard pans of paddy fields. 1: Effects of vertical tubular pores made by rice roots on solute transport. **Soil Sci. Baltimore** **152(6)**432-39, 1991.
- JOHNSON, C.A.; MANNERING,J.V.; MOLDENHAUER,W.C. Influence of surface roughness and clod size and stability on soil and water losses. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **43**:772-77. 1979.
- JORGE, J.A.;RHOADS, F.M.; BLOOM, S.A.; HOMMOND, L.C. Compaction of a fallow sandy loam soil by tractor tires. **Soil Sci.** Baltimore**153(4)**322-30, 1992.
- JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão ed argilas em amostras de um Latossolo Vermelho escuro**. Viçosa, UFV, 1987, (Dissertação de Mestrado).
- KARLEN, D.C.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BARRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Crop residue effects on soil quality following 10 years of no-till corn. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **31**:(1-2)149-67, 1994.
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. Estudos sobre susceptibilidade dos solos á erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná. XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, 21a 28/07/1978. **Anais do XVII Congresso....** Manaus, 1979.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia - Relação solo-planta**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1979.
- KLUITEMBERG,G.J.; HORTON,R. Effects of solute application method on preferential transport of solutes in soils.In: **Methods of soil analysis** p687-734. ed. A.Klute, part1, 2^a ed. ASA, Madison, Geoderma, n.46, ,1990.
- KNIGHT, J.H., Infiltration functions from exact and approximate solution of Richard's equation. In: **Advances in infiltration**. ASA, Chicago, Illinois, 1983.
- KOBYIAMA, M. **Influência da minhoca louca (*Amyntas spp.* Rosa, 1981) sobre o movimento de água no solo relacionado ao crescimento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)** UFPR,Curitiba, 1994, 88p (tese de doutorado)
- KOOISTRA, M.J.; BOUMA, J.; BOERSMA, O.H.; JAGER, A. Physical; and morphological characterization of undisturbed plough pans in a sandy loam soil. **Soil & Tillage Research**. Madison, **4**:405-17. 1984
- KRAUSE, R. Effects of soil tillage. In: **Soil tillage in the trópics and subtropics**. GTZ, Eschborn, 1984.

- KLUTE, a. Tillage effects on hydraulic proprieties of soil: A review. In: **Predicting tillage effects on soil physics proprieties and processes** ed. David M. Kral, ASA, sp n44, 1980.
- LAL,R. ;LOGAN,T.J.; FAUSEY,N.R. Long term tillage and whell traffic effects on a poorly drained Mollic soil in Nortwest of Ohio. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, n.14, 341-58, 1989.
- LAL, R.; WILSON, G.F.; OKIGBO, B.N.Changes in properties of an Alfisol produced by various crop cover. **Soil Science**, Baltimore, **127**:377-82, 1979
- LEITE, J.A. ; FERNANDEZ MEDINA, B. Efeitos dos sistemas de manejo sobre as propriedades fisicas de um Latossolo. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, **19**(8)497-502, 1984.
- LEVANON,D.; CODLING,E.E.; MEISINGER,J.J.; STARR,J.I. Mobility of agrochemicals trough soil from two tillage systems. **Journal of Environmental Quality**. n.22, 155-161, 1993.
- LEVY, G.J.; EISENBERG, H. SHAINBERG, I. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. **Soil Sci.** Baltimore, **155**:(1) , 1993.
- LEWIS,D.T. Subgroup designation of three Udolls in southern Nebraska. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **41**:940-45, 1977.
- LINDSTROM, M.J.; ONSTAD, C.A. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. **Journal of Soil and Water Conservation**. **39**(2), 1984.
- LINDSTROM, M.J.; VOORHEES, W.B.; ONSTAD, C.A. Tillage effects and residue cover effects on infiltration in northwestern Corn Belt soils **Journal of Soil and Water Conservation**, **39**(1) 64-8. 1984.
- LOGSDON, S.D.; KASPER, T.C. Tillage influences as mesured by ponded an tensuion infiltration. **Journal of Soil and Water Conservation** **50**:(5)571-75, 1995.
- LOMBARDI NETO,F.; MAIA,I.C.; CASTRO,O.M.; DECHEN,S.C.F.; VIEIRA,S.R. Efeito da quantidade de residuos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Rev.Bras.Ci.Solo**. Campinas, **12**:(1), 1988.
- LUDS-HARRISON,P.B.; SHIPWAY,C.J.P.; JAVIS,N.J.; YOUNGS,E.G. The influence of soil macroporosity on water retention, transmission and drainage in a clay soil. **Soil Use and Management**. n.47, 1986.
- LUXMOORE,R.J. Micro-, meso-, and macroporosity of soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **45**:671-72. 1981.
- LYNCH,J.M.; BRAGG,E. Microorganisms and soil aggregates stability. **Advances in Soil Sciences** **2**:133-71. 1985.

- MAH, M.G.C.; DOUGLAS, L.A.; RINGROSE-VOOSE, A.J. Effects of crust development and surface on erosion by rainfall. **Soil Sci.** Baltimore, **154**(1)37-43, 1992.
- MANNERING, J.V.; MEYER, D. JOHNSON, C.B. Effects of cropping intensity on erosion and infiltration. **Agron. J.** 20:206-209. 1984.
- MARSHALL, T.J. Realtions between water and soil harpeden: **Commom Wealth Bureau of Soil.** (Technical Communication, n.50), 1959.
- MARTINO, D.L.; SHAYEKEWICH,C.F. Root penetration profiles of wheat and barley affected by soil penetration resistance in field conditions. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, **74**(2) 193-200. 1994.
- MAZUCHOWSKI, J.Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas** Curitiba, ACARAPA, 1984.
- McINTYRE, D.S. Soil splash and the formation of surface crust by raindrop impact.**Journal Soil Science** **85**:185-89 1958.
- MELLO, N.A.; MERTEN, G.H. Calagem e formação de selo superficial em dois horizontes de um Cambissolo álico.In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Resumo expandidos do XXV Cong...** Vol. 4, .p2130-32., 1995.
- MELO, F.B.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E.A. Manejo de um solo aluvila eutrófico cultivado com caupi I- Influência nas propriedades físicas do solo e desenvolvimento do sistema radicular. In: I Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável. Ponta Grossa, 18 a 22/03/96. **Resumos Expandidos do I Cong...** IAPAR, Ponta Grossa, 1996, 158p.
- MERTEN, G.H. Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro-Sul do Paraná. **IAPAR.** (IAPAR, circular n.48) 112p, Londrina, 1994.
- MESQUITA, M.G.B.F. **Dispersão da fração argila e estabilidade de agregados em função da aplicação de calcário e gesso agrícola em latossolo da região dos campos das vertentes (MG), cultivado com andropogon e estilosantes.** ESAL, Lavras, MG, 1992, 112p (Dissertação de Mestrado).
- MOHANTY, B.P.; HORTON, R.; ANKENY, M.D. Infiltration and macroporosity under a row crop agriculture field in a glacial till soil. **Soil Ci.** Baltimore, **161**(4)205-13, 1996.
- MOORE,I.D.; LARSON,C.L.; SLACK,D.C. **Predicting infiltration and micro-relief surface storage for cultivated soils.** St. Paul, Water Resources Research center , University of Minnesota, Bulletin n.102. 1980.
- MORAN, C.J.; MAcBRATNEY, A.B.. Acquisition and analysis of tree component digital images of soil pore structure I. Method . **Journal of Soil Science** **43**:541-49, 1992.

- MORIN, J.; KAREN, R.; BENJAMINI, Y.; BEN-HUR, M.; SHAINBERG, I. Water infiltration as affected by soil crust and moisture profile. **Journal of Soil Science**. **148**:(1)53-54, 1989.
- MUZINGER, P. Animal traction in Africa. **Schuffenreihe der GTZ**, n.120. Eschborn, 1982.
- MWENDERA, E.J.; FEYEN, J. Tillage and rainfall effects on infiltration and predictive applicability of infiltration equations. **Soil Sci. Baltimore**, **156**(1) 20-27, 1993.
- NELSON, W.R.; BAVEN, L.D. Movement of water through soils in relation to the nature of the pores. **Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison**, **5**:69-76, 1940.
- NELSON, L.A.; MACCRACKEN, R.J. Properties of Norfolk and Portsmouth soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison**, **26**:497-502. 1962.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil** **76**: 319-37, 1984.
- OLESCHKO, C.; ETCHEVERS BARRA, J.D.; HERNANDEZ CARRETERA, A.R. Structure and pedofeatures of Guanajauto (Mexico) Vertisol under different cropping systems. **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **37**(1)15-35, 1996
- OMOTI, U.; WILD, A. Use of fluorescent dyes to mark the pathways of solute movement through soils under leaching conditions 1. Laboratory experiments. **Soil Science Baltimore**, **128**:28-33 1979
- ONI, K.C.; ADEOTI, J.S. Tillage effects on differently compacted soil and on cotton yield in Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, **8**:89-100, 1986.
- ONKEN, A.B.; WENDT, C.W.; HARGRAVE, R.S.; WILKE, O.C. Relative movement of bromide and nitrates in soils under three irrigation systems. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **35**:50-52.
- PACHEPSKY, Y.A.; SHCHERBAKOV, R.A.; KORSUNSKAYA, L.P. Scaling of soil water retention using a fractal model. **Soil Sci.** **159**:(2)99-104, 1995.
- PARANÁ. Mapa dos depósitos minerais do Estado do Paraná. Secretaria de Estado, Indústria e Comércio. **MINEROPAR.**, 1986.
- PERDOK, U.D.; KOWENHOVEN, J.K. Soil-tool interactions and field performance of implements **Soil & Tillage Research** Amsterdam, **30**:283-326, 1994.
- PHILLIPS, R.E.; KIRKHAM, D. Soil compaction in field and growth. **Agronomy Journal**. Madison, **54**(1)29-34, 1962.
- QUISENBERRY, Y. PHILLIPS, R.E. Displacement of soil water by simulated rainfall. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, **42**:675-79

- RADCLIFFE, D.E.; TOLLNER, E.W.; HARGROVE, W.I.; CLARCK, R.I.; GOLABI, M.H. Effects of tillage practices on infiltration and soil strength of a typical Hapludult soil after ten years. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **52**: 798-804 1988.
- RASIAH V. Fractal dimension of surface connected macropore count size distribution. **Soil Sci. Baltimore**, **159**:(2)105-08, 1995.
- REICHARDT, K. **Água em sistemas agrícolas**. São Paulo, ed. Manole Ltda. 1987.
- REICHERT, J.M. Selamento superficial e infiltração de água em solos do RS. **Rev. Bras. Ci. Solo**. Campinas **16**(3)289-298. 1992.
- RITCHIE, J.T.; KISSEL, D.E.; BURNET, E. Water movement in undisturbed swelling clay soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **36**:874-79. 1972
- ROLOFF G. **Dinâmica da estrutura de solos agrícolas e seu estudo**. Embaixada do Brasil em Washington, 1986.
- ROSA Jr. E.F. **Efeito de sistemas de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no município de Ponta Porã**. Viçosa, UFV, 1984, 89p (Dissertação de Mestrado).
- ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, H.G.; DERPCH, R. The effects of different soya beans tillage systems on infiltration and erosion, susceptibility of an Oxissol in Paraná, Brazil. **Journal of Agronomy & Crop Science**. n.157, 217-226, 1986.
- ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, H.G.; DERPCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltration and others soil physical proprieties. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, n.11, 81-91, 1988.
- ROTH, C.H.; VIEIRA, M.J.; DERPCH, R.; MEYER, B.; FREDE, H.G. Infiltrability of an soil in Paraná, Brazil influenced by different crop rotations. **Agronomy & Science**. n.59, 186-91, 1986.
- RUSSEL, E.W. **Soil conditions and plant growth**. New York, 1973, 847p
- RUSSEL, E.J.; RUSSEL, E.W. **Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas**. Madrid, Ed Aguilar, 1959.
- SANTANA, D.P.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANS, L.M.A.; ALVARENGA, R.C. Perdas de solo e água e modificações de características de um Latossolo vermelho-escuro submetido a diferentes métodos de manejo. In: X Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água. Florianópolis, 24 a 29/07/94. **Resumos da X Reunião....** SBCS, Florianópolis, 1994, 428p.
- SANTOS, D.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, E.J.S.; KRUNWALD, L.; GIACAOMINI, L.A. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo num Cambissolo húmico do planalto catarinense. In: X Reunião Brasileira de manejo

e conservação do solo e da água. Florianópolis, 24 a 29/07/94. **Resumos da X Reunião....** SBCS, Florianópolis, 1994, 428p.

SCHAFER, R.L.; JOHNSON, C.A. Changing soil conditions. The soil dynamics of tillage. In: **Predicting tillage effects on soil physical proprieties and processes.** ed. David M. Kral. ASA, sp n. 44, 1980.

SEUBERT, C.C.; SANCHEZ, P.A.; VALVERDE, C. Effects of land clearing methods on soil proprieties of an Ultisol and crop performance in Amazon jungle of Peru. **Tropical Agriculture** , Trinidad, **54**:307-21, 1977.

SHAINBERG, I.; LEVY, G.J.; RENGASAMY, P.; FRENKEL, H. Aggregates stability and seal formation as affected by drops impact energy and soil amendments. **Journal of Soil Science.** **154**:(2) , 1992.

SHIPITALO, M.J.; EDWARDS, W.M.; DICK, W.A.; OWENS, L.B. Initial storm effects on macropores transport of surface applied chemicals in no-tilled soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, n.54, 1530-36, 1990.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, M.J. Comportamento de um Latossolo Roxo Distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, **19**(10)1285-93, 1984.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinações de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **R.Bras. Ci. Solo.** Campinas, **8**:(3)265-68, 1984.

SILVA, H.P. **Infiltração da água em um Podzólico Vermelho- Escuro fisicamente degradado em processo de recuperação.** UFRGS, Porto Alegre, 1986. (Tese de mestrado) 109p.

SILVA, L.F.; Alterações edáficas em “solo de tabuleiro” (Haplortoxs) por influência do desmatamento seguido de queima e sistema de manejo. **Revista Theobrama** Itabuna, **11**:5-19, 1981.

SIQUEIRA, N.S.; SOUZA, C.M.; GALVÃO, J.C.C. Sistemas de preparo e propriedades físicas do solo. In: I Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável. Ponta Grossa, 18 a 22/03/96. **Resumos Expandidos do I Cong...** IAPAR, Ponta Grossa, 1996, 158p.

SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R.S.; CASÃO JUNIOR, R.; MEDEIROS, G.B.; HAMAKAWA, P.J.; LADEIRA, A.S. Sistemas de preparo do e coberturas vegetais em um solo ed baixa aptidão agrícola. In: I Encontro Latino-Americano de Plantio Direto na Pequena propriedade. Ponta Grossa, 22 a 26/11/93. **Anais do I Encontro....** IAPAR, Ponta Grossa, 1993. 428p

SMITH, E.A.; POWERS, W.L.; SHEA, P.J. Relationship of bromide and atrazine movement in soil to pore size distribution compaction and saturation cycles. **Soil Sci.** Baltimore, **159**:(1) 1995

- SMYTH, T.J.; BASTOS, B. Alterações na fertilidade de um latossolo amarelo álico pela queima da vegetação. **Rev. Bras. Ci. Solo**. Campinas, **8**:(1)127-32, 1984.
- TACKETT, J.L.; PARSON, R.W. Some characteristics of soil crust formed by simulated rainfall. **Soil Sci**. Baltimore, **99**:407-413. 1964.
- TAKESHITA, K. Some considerations on the relation between forest soil and control function to river discharge. **Japanese Journal of Forest Environment**. Tehyo, **27**:19-26, 1985.
- TAN, K.H. **Principles of soil chemistry**. New York, Macel Rekker., 1982, 267p.
- TAYLOR, J.H. Benefits of permanent traffic lanes in a controlled traffic crop production system. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, **3**:385-95, 1983.
- TAYLOR, J.H.; GILL, W.R. Soil compaction: state-of-art report. **Journal of Terramechanics**. **21**:195-213. 1985.
- THOMAS, G.P.; PHILLIPS, R.E. Consequences of water movement in macropores. **Journal of Environment Quality**. Madison, **8**:149-52. 1979.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The effects of crop rotation on aggregation in a Red-Brown Earth. **Australian Journal of Soil Research**. **18**:423-34, 1980.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science** **33**:141-63, 1982.
- TOLLNER, E.W.; HARGROVE, W.I.; LANGDALE, G.W. Influence of conventional and no-tillage practices on soil physical proprieties in the Shouthern Piedmont. **Journal of Soil and Water Conservation**. n39, 73-76, 1984.
- TORMENA, C.A. **Resistência á penetração e porosidade em plantio direto influenciados por preparos pré-implantação, calagem e tráfego**. UFPR, Curitiba, 1991 (Tese de mestrado)
- TOWNER, G.D. An examination of the fall-cone method for the determination of some strength properties of remoulded agricultural soils. **Journal of Soil Science** **24**(4)471-79, 1973.
- VEIGA, M.; AMADO, T.J. Preparo do solo In: Santa Catarina. Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e água**. Florianópolis, EPAGRI, 1994, p165-87.
- VIEIRA, M.J. **Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (*Glicine Max*) em condições de chuva simulada**. UFRGS, Porto Alegre, 1977 (Tese de mestrado) 1977.
- VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **47**(1)129-33, 1983.

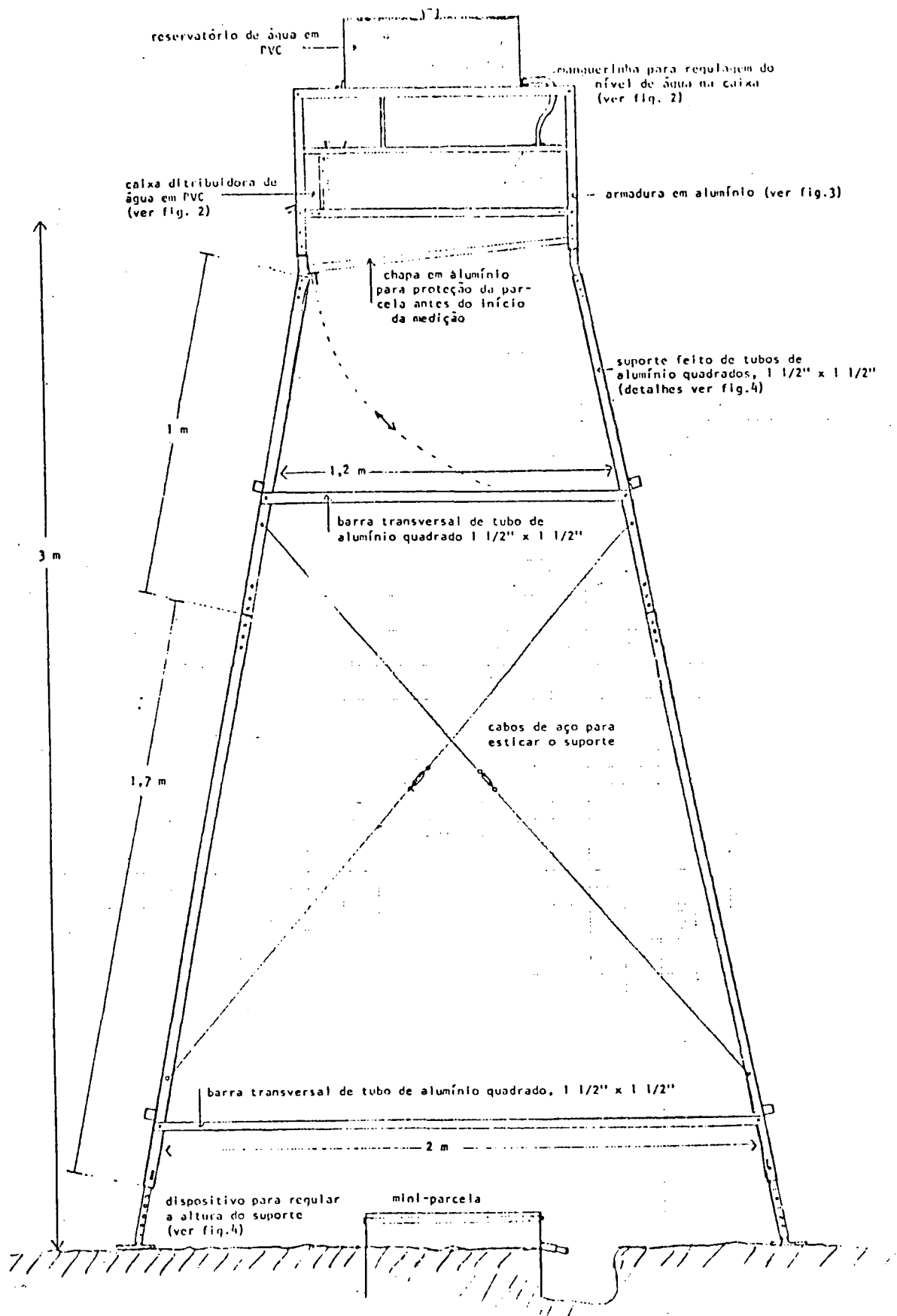
- VOORHEES, W.B.; FARRELL, D.A.; LARSON, W.E. Soil strength and aeration effects on root elongation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, **39**(6)948-53, 1975.
- VOORHEES, W.B.; LINDSTROM, M.J. Soil compaction constraints on conservation tillage in the northern Corn Belt **Journal of Soil and Water Conservation** **38**:307-11, 1983.
- VOORHEES, W.B.; SENST, C.G.; NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern Corn Belt. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **42**(2)344-349, 1978.
- XU, J.G.; FENG, Y.; McNABB, D.H.; JOHNSON, R.L. A method of distinguishing minerals from pores in soil thin sections. **Soil Sci.** Baltimore, **158**(3)224-27, 1994.
- YOUNG, E.G. The use of similar media theory in the consideration of soil water redistribution in infiltrated soils. In: **Advances in infiltration**. ASA, Chicago, Illinois, 1983.
- WHITE, R.E. The influence of macropores on the transport of dissolved and suspended matter through soil. In: **Advances in soil science**. vol.2, New York, 1985.
- WHITE, R.E.; DYSON, J.S. HAIGH, R.A. JURY, W.A. SPOSITO, G. a transfer function model of transport through soils 2: Illustrative applications. **Water Resources Research**. n22, 248-254, 1986.
- WIERENGA, P.J. Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity. In: **Predicting tillage effects on soil physics properties and processes**. ed, David M. Kral, ASA, sp n.44, 1980.
- WILD, M.R.; KOPPI, A.J.; MCKENZIE, A.C.; McBRATNEY, A.B. The effect of tillage and gypsum application on the macropore structure of an Australian Vertisol used for irrigated cotton. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, **22**(12) 55-71, 1992.
- ZACHAMANN, J.E.; LINDEN, D.R. Earthworms effects on corn residues breakdown and infiltration. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, **53**:1846-49, 1989.

ANEXOS

Anexo 1 - Caracterização (física, química e morfológica) de um Cambissolo álico em área próxima ao experimento.

Horiz	Prof cm	Composição granulométrica					Densidade		Porosidade			Capacidade de campo cm ³ /cm ³
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila dispersa em H ₂ O	Global	Das partículas	Total	Macro	Micro	
		%	%	%	%	%	g/cm ³		%			
Ap	0 - 13	7,6	9,8	16,0	56,0	41,0	1,0	2,5	56	13	43	29,6
BA	13 - 120	9,2	22,0	14,0	55,0	35,0	1,2	2,5	52	5	47	38,0
Bi	120 - 160	10,4	22,4	13,0	53,0	35,0	0,9	2,6	56	9	47	39,3

Anexo 2 - Visão geral do simulador de chuvas tipo Goettingen montado no campo.



Anexo 3 - Porosidade de Cambissolo submetido a três formas de manejo obtida com amostras pontuais.

prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- plantio direto -----				
10	54,10a	42,05a	12,03a	1,320c
20	52,82a	42,45a	10,36b	1,290c
30	52,33a	41,10a	11,23b	1,257c
prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- plantio convencional -----				
10	52,30a	38,52b	13,83a	1,056b
20	47,47b	39,38ab	6,42c	1,212b
30	45,28bc	37,85b	7,40c	1,242bc
prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- pousio com queima -----				
10	48,03b	37,67b	10,37b	0,987a
20	47,23b	38,30b	8,53c	1,007a
30	46,83b	38,27b	8,57c	1,010a

Anexo 4 - Porosidade de Cambissolo submetido a três formas de manejo obtida com amostras tipo monólito.

prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- plantio direto -----				
10	59,31a	42,93a	18,38a	1,134b
20	59,22a	41,73a	17,48a	1,194b
30	58,48a	41,60a	16,88a	1,057a
prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- plantio convencional -----				
10	51,98b	39,43b	12,55b	1,146b
20	47,06c	38,02b	9,04c	1,092a
30	45,71c	36,93c	8,78c	1,256c
prof (cm)	PT	Miporo	Maporo	Dg
----- pousio com queima -----				
10	55,47b	38,36b	17,10a	0,993a
20	54,40b	43,40a	10,67b	1,059a
30	52,55b	40,33b	12,21b	1,097a

Anexo 5 - Coeficiente de correlação (r) entre umidade antecedente (%) e tempo de saturação (em minutos) para Cambissolo submetido a três formas de manejo:

parcela	t' saturação	umidade	r
-----plantio direto-----			
1	75	39,92	0,680
2	80	32,73	0,005
3	85	34,49	0.003
parcela	t' saturação	umidade	r
-----plantio convencional-----			
1	50	29,28	0,980
2	55	27,60	0,890
3	55	26,61	0.950
parcela	t' saturação	umidade	r
-----pousio com queima-----			
1	68	24,10	0,980
2	73	28,57	0,890
3	75	22,34	0.950

Anexo - 6 Resistência a penetração de cone de queda livre antes (1) e depois (2) de chuva simulada para Cambissolo submetido a três formas de manejo

parcela	chuva 1	chuva 2
-----plantio direto-----		
1	120,07	102,51
2	126,00	120,03
3	98,16	90,00
parcela	chuva 1	chuva 2
-----plantio convencional-----		
1	87,60	73,22
2	83,02	70,53
3	93,65	82,25
parcela	chuva 1	chuva 2
-----pousio com queima-----		
1	75,93	55,97
2	71,25	49,08
3	78,97	51,13

Anexo 7 - Condutividade hidráulica saturada em mm h⁻¹ com amostras pontuais para três profundidades em cm em Cambissolo submetido a três formas de manejo

parcela	0-10	10-20	20-30
-----plantio direto-----			
1	60,3	50,4	52,0
2	71,0	62,4	65,3
3	64,3	75,2	60,4
parcela	0-10	10-20	20-30
-----plantio convencional-----			
1	38,5	28,6	28,4
2	72,8	30,2	35,3
3	65,1	42,0	40,7
parcela	0-10	10-20	20-30
-----pousio com queima-----			
1	50,4	53,9	49,8
2	50,8	72,3	68,3
3	50,4	52,3	50,0

Anexo 8 - Condutividade hidráulica saturada em mm h⁻¹ com amostras monólitos para três profundidades em cm em Cambissolo submetido a três formas de manejo

parcela	0-10	10-20	20-30
-----plantio direto-----			
1	170,2	162,4	101,0
2	120,8	117,3	100,5
3	100,3	98,7	100,0
parcela	0-10	10-20	20-30
-----plantio convencional-----			
1	75,6	57,8	57,0
2	82,9	71,2	70,0
3	80,3	70,9	68,0
parcela	0-10	10-20	20-30
-----pousio com queima-----			
1	75,4	72,3	71,9
2	75,6	82,9	80,3
3	82,8	88,7	79,0

Anexo 9 - Frente de molhamento obtida com tensiômetros de cuba de mercúrio para cambissolo submetido a três formas de manejo.

PARCELA 1 PLANTIO DIRETO

tempo min	cmH2O10	atm10cm	c mHO-20	atm 20cm	c mH2O-30	atm-30	cmmH2O-40	atm-40cm
0	-562,2	-0,54	-539,6	-0,52	-529,6	-0,51	-481,8	-0,47
5	-537,0	-0,52	-539,6	-0,52	-517,0	-0,50	-456,6	-0,44
10	-511,8	-0,50	-527,0	-0,51	-491,8	-0,48	-418,8	-0,41
15	-474,0	-0,46	-476,6	-0,46	-479,2	-0,46	-381,0	-0,37
20	-436,2	-0,42	-464,0	-0,45	-454,0	-0,44	-355,8	-0,34
25	-411,0	-0,40	-438,8	-0,42	-441,4	-0,43	-318,0	-0,31
30	-360,6	-0,35	-413,6	-0,40	-416,2	-0,40	-280,2	-0,27
35	-310,2	-0,30	-375,8	-0,36	-378,4	-0,37	-242,4	-0,23
40	-272,4	-0,26	-325,4	-0,32	-340,6	-0,33	-217,2	-0,21
45	-222,0	-0,21	-275,0	-0,27	-290,2	-0,28	-179,4	-0,17
50	-171,6	-0,17	-212,0	-0,21	-239,8	-0,23	-141,6	-0,14
55	-108,6	-0,11	-161,6	-0,16	-164,2	-0,16	-132,0	-0,06
60	-70,80	-0,07	-73,40	-0,07	-76,00	-0,07	-78,20	-0,03
65	-20,40	-0,02	-23,0	-0,02	-25,60	-0,02	-66,00	0,01
70	17,40	0,02	23,20	0,01	12,20	0,01	-47,40	0,05
75	17,40	0,02	21,0	0,01	24,80	0,02	-25,40	0,04
80	16,00	0,01	17,4	0,01	17,40	0,01	19,00	0,01

PARCELA 2 PLANTIO DIRETO

tempo min	cmH2O-10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-511,8	-0,50	-501,8	-0,49	-479,2	-0,46	-418,8	-0,41
5	-486,6	-0,47	-489,2	-0,47	-454,0	-0,44	-456,6	-0,44
10	-474,0	-0,46	-489,2	-0,47	-428,8	-0,42	-406,2	-0,39
15	-461,4	-0,45	-476,6	-0,46	-391,0	-0,38	-355,8	-0,34
20	-436,2	-0,42	-464,0	-0,45	-353,2	-0,34	-343,2	-0,33
25	-411,0	-0,40	-451,4	-0,44	-302,8	-0,29	-318,0	-0,31
30	-385,8	-0,37	-451,4	-0,44	-265,0	-0,26	-255,0	-0,25
35	-335,4	-0,32	-438,8	-0,42	-239,8	-0,23	-204,6	-0,20
40	-297,6	-0,29	-413,6	-0,40	-214,6	-0,21	-166,8	-0,16
45	-259,8	-0,25	-401,0	-0,39	-189,4	-0,18	-116,4	-0,11
50	-234,6	-0,23	-338,0	-0,33	-164,2	-0,16	-66,00	-0,06
55	-196,8	-0,19	-300,2	-0,29	-139,0	-0,13	-53,40	-0,05
60	-171,6	-0,17	-237,2	-0,23	-126,4	-0,12	-53,00	-0,05
65	-133,8	-0,13	-174,2	-0,17	-101,2	-0,10	-47,40	-0,04
70	-96,00	-0,09	-73,40	-0,07	-88,60	-0,09	-46,00	-0,04
75	-45,60	-0,04	-23,00	-0,02	-38,20	-0,04	-27,40	-0,02
80	-20,40	-0,02	-2,20	0,00	-12,20	0,01	-10,00	-0,01
85	-20,40	0,03	1,00	0,00	11,10	0,00	20,00	0,03

PARCELA 3 PLANTIO DIRETO.

tempo min	cmH2O-10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-537,0	-0,52	-527,0	-0,51	-491,8	-0,48	-444,0	-0,43
5	-511,8	-0,50	-514,4	-0,50	-466,6	-0,45	-418,8	-0,41
10	-486,6	-0,47	-501,8	-0,49	-454,0	-0,44	-381,0	-0,37
15	-474,0	-0,46	-476,6	-0,46	-416,2	-0,40	-355,8	-0,34
20	-436,2	-0,42	-438,8	-0,42	-391,0	-0,38	-305,4	-0,30
25	-411,0	-0,40	-413,6	-0,40	-403,6	-0,39	-280,2	-0,27
30	-398,4	-0,39	-388,4	-0,38	-378,4	-0,37	-255,0	-0,25
35	-385,8	-0,37	-375,8	-0,36	-365,8	-0,35	-217,2	-0,21
40	-348,0	-0,34	-338,0	-0,33	-340,6	-0,33	-179,4	-0,17
45	-310,2	-0,30	-312,8	-0,30	-315,4	-0,31	-154,2	-0,15
50	-285,0	-0,28	-287,6	-0,28	-277,6	-0,27	-91,20	-0,09
55	-259,8	-0,25	-262,4	-0,25	-252,4	-0,24	-88,20	-0,08
60	-222,0	-0,21	-224,6	-0,22	-214,6	-0,21	-75,60	-0,07
65	-121,2	-0,12	-174,2	-0,17	-164,2	-0,16	-68,50	-0,07
70	-58,20	-0,06	-86,00	-0,08	-76,00	-0,07	-54,80	-0,05
75	-20,40	-0,02	-23,00	-0,02	-63,00	-0,06	-41,10	-0,04
80	-20,00	-0,02	21,40	-0,02	-37,40	-0,04	-40,40	0,04
85	-20,00	-0,02	20,00	0,02	-37,40	-0,04	-20,00	0,02
90	-3,0	0,00	-7,4	0,00	-5,0	0,00	-6,0	0,00

PARCELA I- PLANTIO CONVENCIONAL

tempo min	cmH2O-10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-436,2	-0,42	-426,2	-0,41	-416,2	-0,4	-355,8	-0,34
5	-411,0	-0,40	-426,2	-0,41	-416,2	-0,4	-355,8	-0,34
10	-385,8	-0,37	-413,6	-0,40	-403,6	-0,39	-343,2	-0,33
15	-360,6	-0,35	-401,0	-0,39	-391,0	-0,38	-305,4	-0,30
20	-348,0	-0,34	-401,0	-0,39	-391,0	-0,38	-280,2	-0,27
25	-247,2	-0,24	-388,4	-0,38	-378,4	-0,37	-255,0	-0,25
30	-209,4	-0,20	-375,8	-0,36	-378,4	-0,37	-229,8	-0,22
35	-159,0	-0,15	-375,8	-0,36	-378,4	-0,37	-192	-0,19
40	-96,0	-0,09	-363,2	-0,35	-365,8	-0,35	-179,4	-0,17
45	-58,2	-0,06	-350,6	-0,34	-353,2	-0,34	-154,2	-0,15
50	-20,4	-0,02	-325,4	-0,32	-328,0	-0,32	-103,8	-0,10
55	-17,8	-0,01	-237,2	-0,23	-239,8	-0,23	-53,4	-0,05
60	-17,4	0,00	-111,2	-0,11	-101,2	-0,10	-40,8	-0,04
65	-13,0	0,00	-35,6	-0,03	-38,2	-0,04	-34,8	0,03
70	-10,0	0,00	2,2	0,00	-12,2	0,00	-14,8	0,01

PARCELA 2 PLANTIO CONVENCIONAL

tempo min	cmH2O-10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-474,0	-0,46	-464	-0,45	-441,4	-0,43	-418,8	-0,41
5	-448,8	-0,43	-464	-0,45	-428,8	-0,42	-393,6	-0,38
10	-436,2	-0,42	-464	-0,45	-416,2	-0,40	-381,0	-0,37
15	-385,8	-0,37	-451,4	-0,44	-378,4	-0,37	-318,0	-0,31
20	-360,6	-0,35	-426,2	-0,41	-328,0	-0,32	-267,6	-0,26
25	-335,4	-0,32	-426,2	-0,41	-277,6	-0,27	-242,4	-0,23
30	-272,4	-0,26	-413,6	-0,40	-265,0	-0,26	-229,8	-0,22
35	-184,2	-0,18	-388,4	-0,38	-239,8	-0,23	-192,0	-0,19
40	-209,4	-0,20	-350,6	-0,34	-202,0	-0,20	-154,2	-0,15
45	-96,0	-0,09	-312,8	-0,30	-189,4	-0,18	-96,00	-0,09
50	-70,8	-0,07	-275	-0,27	-113,8	-0,11	-75,60	-0,07
55	-45,6	-0,04	-212	-0,21	-76,0	-0,07	-64,9	-0,06
60	-20,4	-0,02	-98,6	-0,10	-55,6	-0,05	-52,20	-0,05
65	-13,0	-0,01	-48,2	-0,05	-42,2	-0,04	-33,54	-0,03
70	-10,0	0,00	-14,8	-0,01	-31,1	-0,03	-17,40	-0,01
75	-7,0	0,00	-4,0	0,00	-17,4	0,01	-7,0	0,00

PARCELA 3 PLANTIO CONVENCIONAL

tempo min	cmH2O-10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-411,0	-0,40	-401,0	-0,39	-365,8	-0,35	-330,6	-0,32
5	-385,8	-0,37	-401,0	-0,39	-365,8	-0,35	-305,4	-0,30
10	-348,0	-0,34	-388,4	-0,38	-340,6	-0,33	-280,2	-0,27
15	-335,4	-0,32	-350,6	-0,34	-328,0	-0,32	-267,6	-0,26
20	-297,6	-0,29	-338,0	-0,33	-315,4	-0,31	-255,0	-0,25
25	-272,4	-0,26	-300,2	-0,29	-290,2	-0,28	-192,0	-0,19
30	-222,0	-0,21	-275,0	-0,27	-265,0	-0,26	-154,2	-0,15
35	-184,2	-0,18	-249,8	-0,24	-239,8	-0,23	-129,0	-0,12
40	-121,2	-0,12	-212,0	-0,21	-202,0	-0,20	-66,00	-0,06
45	-83,4	-0,08	-174,2	-0,17	-164,2	-0,16	-28,2	-0,03
50	-58,2	-0,06	-149,0	-0,14	-139,0	-0,13	-25,0	-0,02
55	-20,4	-0,02	-86,00	-0,08	-76,00	-0,07	-22,2	-0,01
60	-23,0	-0,02	-48,20	-0,05	-38,20	-0,04	-17,4	-0,01
65	-10,0	-0,01	-2,20	0,00	-23,01	-0,02	-12,8	-0,01
70	-3,0	0,00	-2,20	0,00	-10,1	-0,01	-2,0	0,00

PARCELA 1 POUSIO COM QUEIMA

tempo	cmH2O10	atm-10cm	cmHO-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-373,2	-0,36	-350,6	-0,34	-328	-0,32	-267,6	-0,26
5	-348,0	-0,34	-338,0	-0,33	-302,8	-0,29	-229,8	-0,22
10	-310,2	-0,30	-312,8	-0,30	-277,6	-0,27	-192,0	-0,19
15	-285,0	-0,28	-287,6	-0,28	-252,4	-0,24	-179,4	-0,17
20	-259,8	-0,25	-262,4	-0,25	-239,8	-0,23	-154,2	-0,15
25	-222,0	-0,21	-224,6	-0,22	-202,0	-0,20	-129,0	-0,12
30	-184,2	-0,18	-199,4	-0,19	-176,8	-0,17	-116,4	-0,11
35	-171,6	-0,17	-161,6	-0,16	-139,0	-0,13	-78,60	-0,08
40	-146,4	-0,14	-123,8	-0,12	-113,8	-0,11	-53,40	-0,05
45	-121,2	-0,12	-111,2	-0,11	-76,0	-0,07	-45,60	-0,02
50	-96,00	-0,09	-86,00	-0,08	-63,4	-0,06	-43,00	-0,03
55	-70,80	-0,07	-60,8	-0,06	-38,2	-0,04	-42,20	-0,03
60	-45,60	-0,04	-35,6	-0,03	-38,2	-0,04	-34,80	-0,03
65	-45,60	-0,04	-23,0	-0,02	-31,2	-0,04	-32,00	-0,03
70	-7,80	-0,01	-2,20	-0,01	-27,8	-0,03	-20,0	-0,01
75	-4,80	0,00	-14,8	-0,01	-24,8	-0,02	-10,0	-0,01
80	-4,80	0,00	-14,8	-0,01	-24,8	-0,02	-4,60	-0,00
85	-4,80	0,00	-14,8	-0,01	-20,0	-0,01	-3,80	-0,00

PARCELA 2 POUSIO COM QUEIMA

tempo	cmH2O10	atm-10cm	cmH2O-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O-40	atm-40cm
0	-348,0	-0,34	-338,0	-0,33	-302,8	-0,29	-292,8	-0,28
5	-335,4	-0,32	-338,0	-0,33	-302,8	-0,29	-280,2	-0,27
10	-310,2	-0,30	-325,4	-0,32	-290,2	-0,28	-280,2	-0,27
15	-285,0	-0,28	-300,2	-0,29	-277,6	-0,27	-255,0	-0,25
20	-272,4	-0,26	-275,0	-0,27	-265,0	-0,26	-229,8	-0,22
25	-247,2	-0,24	-249,8	-0,24	-239,8	0,23	-204,6	-0,20
30	-222,0	-0,21	-249,8	-0,24	-214,6	-0,21	-179,4	-0,17
35	-184,2	-0,18	-212,0	-0,21	-189,4	-0,18	-166,8	-0,16
40	-184,2	-0,18	-186,8	-0,18	-164,2	-0,16	-154,2	-0,15
45	-159,0	-0,15	-149,0	-0,14	-139,0	-0,13	-129,0	-0,12
50	-133,8	-0,13	-123,8	-0,12	-101,2	-0,10	-66,0	-0,06
55	-108,6	-0,11	-111,2	-0,11	-50,8	-0,05	-28,2	-0,03
60	-83,4	-0,08	-86,0	-0,08	-25,6	-0,02	-27,0	-0,02
65	-70,8	-0,07	-60,8	-0,06	-24,8	-0,02	-22,2	-0,02
70	-45,6	-0,04	-35,6	-0,03	-24,8	-0,02	-41,1	-0,04
75	-33,0	-0,03	-23,0	-0,02	-17,4	-0,01	-47,4	-0,05
80	-20,4	-0,02	-10,4	-0,01	-17,4	-0,01	-21,0	-0,02
85	-4,8	0,00	-14,8	-0,01	-5,0	0,00	-16,0	-0,01
90	-3,0	0,00	-7,4	-0,01	-5,0	0,00	-6,0	0,00

PARCELA 3 POUSSO COM QUEIMA

tempo	cmH2O-10	atm-10cm	cmH2O-20	atm 20cm	cmH2O-30	atm-30cm	cmH2O40	atm-40cm
0	-411,0	-0,40	-401,0	-0,39	-365,8	-0,35	-318,0	-0,31
5	-398,4	-0,39	-388,4	-0,38	-353,2	-0,34	-292,8	-0,28
10	-373,2	-0,36	-375,8	-0,36	-328,0	-0,32	-255,0	-0,25
15	-335,4	-0,32	-363,2	-0,35	-290,2	-0,28	-229,8	-0,22
20	-322,8	-0,31	-338,0	-0,33	-277,6	-0,26	-179,4	-0,17
25	-297,6	-0,29	-300,2	-0,29	-252,4	-0,24	-166,8	-0,16
30	-285,0	-0,28	-287,6	-0,28	-214,6	-0,21	-129,0	-0,12
35	-259,8	-0,25	-287,6	-0,28	-202,0	-0,20	-116,4	-0,11
40	-222,0	-0,21	-262,4	-0,25	-189,4	-0,18	-103,8	-0,10
45	-184,2	-0,18	-224,6	-0,22	-164,2	-0,16	-78,6	-0,08
50	-171,6	-0,17	-199,4	-0,19	-139,0	-0,13	-66,0	-0,06
55	-159,0	-0,15	-174,2	-0,17	-113,8	-0,11	-54,8	-0,04
60	-133,8	-0,13	-136,4	-0,13	-76,0	-0,07	-45,6	-0,02
65	-108,6	-0,11	-86,0	-0,08	-50,8	-0,05	-39,6	-0,03
70	-83,4	-0,08	-73,4	-0,07	-38,2	-0,04	-22,2	-0,01
75	-58,2	-0,06	-48,2	-0,05	-25,6	-0,02	-27,4	-0,01
80	-33,0	-0,03	-35,6	-0,03	-24,0	-0,01	-26,0	-0,01
85	-7,8	0,00	-2,20	0,00	-12,2	-0,01	-22,0	-0,01
90	-3,0	0,00	-2,0	0,00	-3,4	0,00	-16,0	-0,01