

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**RETENÇÃO DE UMIDADE, DENSIDADE, MICROPOROSIDADE E
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO
DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO**

PAULO ROBERTO SILVA FIORINI

ELIAS NASCENTES BORGES
(Orientador)

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia - MG
Novembro - 2003

**RETENÇÃO DE UMIDADE, DENSIDADE, MICROPOROSIDADE E
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO
DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 20/11/2003

Prof. Dr. Elias Borges Nascentes
(Orientador)

Eng. Agr. Ricardo Falqueto Jorge
(Membro da Banca)

Prof. Dr. Berildo de Melo
(Membro da Banca)

Uberlândia-MG
Novembro – 2003

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a minha mãe Marlinda Fiorini ao meu pai Antônio Fiorini e minha irmã Carolina Fiorini que sempre me deram força e apoio em minha decisão profissional. A todos os meus amigos do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, principalmente os amigos Carlos Alberto e Marcos Bruxel que sempre estiveram prontos a me ajudar.

Ao meu orientador Elias Nascentes ao professor Renato Passos e a todo pessoal do laboratório de manejo que sempre me serviram com boa vontade.

Aos meus avós João Fiorini, Maria de Carvalho Fiorini, José Vitorino e Dalziria Vitorino(in memorian) que foram a base da minha família e sempre acreditaram em min.

A minha tia Marli Vitorino e meu tio Divoni Borges que me apoiaram muito quando cheguei em Uberlândia para iniciar os estudos na Faculdade.

E a minha madrinha Dejanira Fiorini que além de apoio me ajudou durante todo o curso e sou muito grato por isso. E a todas essas pessoas citadas eu ofereço esse trabalho.

ÍNDICE

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Localização	13
3.2. Delineamento Experimental.....	13
3.3. Tratamentos.....	13
3.4. Características do solo e adequação corretiva do solo.....	14
3.5. Caracterização Climática.....	16
3.6. Semeadura e adubação	17
3.7. Tratos culturais	17
3.8. Atributos avaliados	18
3.8.1. Umidade do solo base em peso seco	18
3.8.2. Compactação do solo	18
3.8.3. Densidade do solo	19
3.8.4. Microporosidade do solo	19
3.9. Análises estatísticas	20
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	21
4.1. Umidade do solo	21
4.2. Microporosidade do solo	23
4.3. Densidade do solo	24
4.4. Resistência a penetração do solo	26
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMO

Os diferentes sistemas de preparo do solo em uso no país são muito discutidos atualmente. Existem muitas dúvidas sobre qual a melhor opção em relação a preservação dos recursos naturais e que seja economicamente viável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a retenção de umidade do solo na camada de 0 a 20 cm; a densidade do solo, a microporosidade e a resistência a penetração da agulha de cone do penetrometro de impacto nas profundidades de 0 a 5cm, 5 a 15cm e 15 a 30cm. Os tratamentos foram instalados e avaliados na Fazenda Experimental do Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia, entre Novembro de 2002 e Março de 2003, sendo o uso dos corretivos calcário + gesso e/ou somente calcário, combinado aos sistemas: cultivo convencional, plantio direto, cultivo mínimo e ausência de preparo. As amostras para avaliar a umidade atual foram retiradas em intervalos regulares, ao longo do desenvolvimento da cultura, totalizando 6 no decorrer do experimento. As determinações de microporosidade, densidade e resistência a penetração foram efetuadas uma única vez, no período médio do estágio de pleno desenvolvimento da cultura. Os dados sobre retenção de umidade, microporosidade e densidade do solo não diferiram entre si em relação aos diferentes tratamentos de preparo do solo e profundidade de determinação. A resistência do solo a penetração, avaliada com penetrometro de impacto, foi diferente somente na profundidade de 5 a 15cm no tratamento com ausência de preparo do solo com calcário aplicado superficialmente, apresentando maior resistência, por outro lado o cultivo convencional com calcário e gesso incorporados com grade pesada apresentou a menor resistência a penetração.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) foi uma das primeiras fontes de alimento utilizadas pelas civilizações do continente americano, sendo também uma das primeiras culturas a ser domesticadas e cultivadas com interesse econômico (AGRIANUAL, 2000).

No Brasil, o rendimento médio da cultura do milho é de apenas 3.133 kg/ha (AGRIANUAL, 2002). Grande parte da área cultivada com milho encontra-se localizada no ecossistema do cerrado, o qual apresenta além das condições topográficas adequadas a mecanização, condições climáticas favorável pelo menos para um cultivo ano.

Nas áreas cultivadas com milho, predomina ainda como principal sistema de manejo do solo o sistema convencional, mas com crescimento rápido de sistemas alternativos e mais sustentáveis como é o caso do plantio direto seguido dos sistemas de manejo cultivo mínimo e o sistema ausência de preparo, os quais estão ainda em fase de estudos.

A maioria das lavouras de milho que estão em áreas de cerrado são de sequeiro, portanto com uma grande dependência de chuvas e do armazenamento de umidade pelo solo. Cada sistema de manejo do solo e mesmo da cultura certamente poderá influenciar

nesta capacidade de armazenamento e fornecimento de água para as culturas bem como os atributos físicos relacionandos, necessitando de estudos mais detalhados a respeito.

O objetivo do trabalho foi o de avaliar o teor de água disponível no solo nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta, valores de densidade do solo, microporosidade, resistência do solo à penetração, comparando-os entre os diferentes sistemas de manejo do solo com e sem aplicação de gesso agrícola misturado com calcário dolomítico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A habilidade das plantas em explorar o solo, em busca de fatores de crescimento, depende grandemente da existência e distribuição de raízes no perfil do solo, que por sua vez, são dependentes das condições físicas e químicas, as quais, são passíveis de alterações em função do manejo aplicado (Sidiras et al., 1983; Vepraskas e Wagger, 1990; Rosolem et al., 1992).

Canalli e Roloff (1997) afirmam que o crescimento das plantas dependem grandemente das condições físicas de um solo, pois estas influenciam diretamente a disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio absorvidos pelo sistema radicular.

Sendo os atributos físicos do solo condições que caracterizam seus processos de retenção e transmissão de água, oxigênio e nutrientes, eles podem ser utilizadas como parâmetros para avaliação funcional do efeito das modificações impostas à estrutura do solo pelos diversos sistemas de manejo do solo atualmente em uso (Canalli e Roloff, 1997).

Considerando que os atributos físicos do solo, exceção da textura, são interdependentes, a ocorrência de modificações em uma delas normalmente leva a mudanças em todas as outras. Desse modo, dar-se-á maior ênfase em alguns atributos físicos que são alterados pelos diferentes sistemas de preparo do solo.

Estudos de Derpesch et al., (1991) em LR do Paraná possibilitaram afirmar que os métodos de preparos levaram a compactação em relação as condições naturais do solo. No plantio direto as maiores densidades foram localizadas entre 0 e 20 cm ao passo que sob preparo convencional entre 20 e 30 cm. Valores de densidades superiores a $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ proporcionavam dificuldades para o crescimento radicular e a infiltração de água. Maior densidade do solo observada na camada superficial, conquanto possa facilitar a formação de enxurrada, foi responsável pela maior retenção de água às plantas.

Derpesch et al., (1986), observaram que a porosidade do solo comporta-se inversamente à densidade do mesmo. Maior volume de porosidade foram medidos sob preparo convencional do solo e o mais baixo no plantio direto. As diferenças explicam-se pela diminuição de macroporos no preparo reduzido e aumento dos poros de calibre médio e pequeno, acarretando em maior retenção e disponibilidade de água para as plantas. Sidiras et al., (1983), verificaram que, no inverno seco, a água disponível nas profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm no preparo convencional havia-se esgotada, enquanto que no plantio direto ainda não. Esta maior disponibilidade deve-se à diminuição as perdas por evaporação, além da maior retenção pela matéria orgânica e microporos, no plantio direto, a cobertura morta, promove menores oscilações e menores temperaturas. Observou-se que no preparo convencional as temperaturas rapidamente ultrapassavam a 40° C , alcançando

valores de até 47° C, com efeitos negativos não só sobre plantas e raízes mas também na atividade biológica e evaporação de água.

Segundo Muzilli (1985) a cobertura morta mantida sobre a superfície do solo pelo sistema de plantio direto atua como isolante, impedindo oscilações bruscas e acentuadas de temperatura, contribuindo para uma menor evaporação da água do solo, permitindo, segundo este pesquisador, uma economia de 10 a 20 % de água no solo. Melhor conservação da água no solo garantirá melhor germinação e crescimento mais rápido, com economia de até 15 % nos gastos com sementes.

O selamento da camada superficial do solo, pelo impacto das gotas de chuvas, é sem dúvida o maior responsável pelo estabelecimento dos processos erosivos e menor desenvolvimento das plantas. Isto por que a baixa infiltração da água da chuva, além de favorecer a formação de enxurrada, irá reduzir a disponibilidade de água pelas planta. Assim, a resistência e a estabilidade dos agregados ao impacto das gotas de chuva é fundamental para evitar o selamento e formação de crosta na superfície e conseqüentemente a redução na disponibilidade de água (Derpsch et al., 1991).

Observações feitas por Zai et al., (1990) também atestam que a o conteúdo médio de água no solo, no tratamento sob plantio direto, a longo prazo, foi maior que no convencional, durante todo o ciclo da cultura do milho, acarretando maior produtividade em condições de chuva natural.

Almeida e Rodrigues (1985) enfatizam que o aumento dos teores de M.O. no solo possibilita um aumento da população macrobiana do solo, os quais movimentaram grande quantidade de terra em busca de alimentos ou para deposição de seus ovos. Nesses percursos abrem galerias contribuindo para aumentar permeabilidade do terreno,

permitindo além de uma melhor drenagem com infiltração do excesso de água a descida em profundidade do cálcio e magnésio presentes no calcário e de outros elementos, como fósforo, potássio, enxofre dentre outros presentes nos adubos.

Práticas de manejo tais como preparo do solo, adubações e calagens sendo executadas de modo incorreto, ocasionam alterações físicas do solo, com reflexos nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e atividades biológicas (Carvalho Júnior, 1995).

O efeito de sistemas de uso e manejo sobre propriedades físicas do solo têm sido temas de várias pesquisas (Anjos et al., 1994; Bertol, 1994; Carvalho Júnior, 1995; Melo Filho e Silva, 1993; Pimentel e Chaves, 1993), abrangendo diferentes ecossistemas.

Determinados manejos têm comprometido, particularmente na camada arável, as qualidades físicas, principalmente aquelas que decorrem da porosidade efetiva (permeabilidade ao ar, drenagem, água disponível, erodibilidade, densidade solo, consistência, espaço para crescimento radicular) e, conseqüentemente, o funcionamento destes solos para produções agrícolas satisfatórias. Esse comprometimento da estrutura em função do tipos de manejo varia para as diferentes classes de solos, do ambiente cerrado (Bertol, 1994; Melo Filho e Silva, 1993; Reichert et al., 1993).

Comparando o solo em seu estado natural, pode-se verificar que determinados tipos de manejo tem proporcionado aumento da densidade, devido à compactação, dificultando as trocas gasosas, a infiltração e o movimento de água, o crescimento de raízes, à atividade de microrganismos decompositores e/ou fixadores de nitrogênio conforme enfatizam Borges et al. (1997) e Freitas (1994).

Camargo e Alleoni (1997), afirmam que sintomas de estresse hídrico aparecem em solos compactados devido ao arranjo compacto das raízes em pequeno volume do solo como observado com a cultura de milho, onde o comprimento das raízes por unidade de volume de solo foi cerca de vinte vezes menor na entrelinha compactada de um solo franco-argiloso do que na linha e na entrelinhas não compactada.

Em um solo compactado ocorre diminuição na porosidade livre de água, com conseqüente decréscimo em sua permeabilidade tanto a água como às trocas gasosas. A baixa aeração induz à ramificação das raízes adventícias superficiais, tornando-as menos eficientes na absorção de água, nutrientes e trocas gasosas conforme afirmam Camargo e Alleoni (1997).

Borges (1995), ao promover a compactação do solo, elevando os valores de densidade de $1,32 \text{ kg/dm}^3$ para $1,77 \text{ kg/dm}^3$ em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, observou que a porosidade total de 51,39%, distribuída em 17,7% para a retenção de água e 33,69% para trocas gasosas, foi reduzida à 34,27%. Desse total, 22,9% eram destinados a retenção de água e 11,3% destinados à aeração. Percebe-se então que a compactação reduziu a aeração em aproximadamente 5,8 vezes, enquanto que a umidade volumétrica foi aumentada em 1,58 vezes, comprometendo o crescimento das plantas e até dos microrganismos.

Grable e Siemer (1968) afirmam que valores elevados de densidade do solo, por meio da compactação, podem inibir tanto o crescimento radicular como a macro e microfauna do solo. Segundo Taylor e Gardner (1963) isto ocorre em virtude do aumento do número de pequenos poros e conseqüentemente da diminuição dos macroporos. Pouco aproveitamento da

água da chuva ou da irrigação, com constante saturação do perfil, causando danos às raízes por condições de redução química, toxidez de ferro e/ou manganês, menor transporte de nutrientes em direção às raízes são algumas das conseqüências advindas da compactação.

Voorhees (1977) observou que o trigo cultivado na presença de camadas compactadas apresentava maior estresse hídrico. Segundo o autor, a compactação aumenta o conteúdo volumétrico de água, mas não aumenta sua disponibilidade para as plantas e organismos vivos do solo. Tal fato, deve-se à quebra de continuidade dos poros que trazem a água das camadas inferiores para a superfície e a maior força de retenção da água pelos finos poros produzidos pela compactação, de maneira geral não explorados pelas raízes e organismos do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

Os dados deste trabalho foram obtidos do experimento de campo instalado na Fazenda Experimental do Glória, Município de Uberlândia-MG, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia, ano agrícola 2002/2003.

3.2. Delineamento Experimental

Foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas experimentais. Cada parcela com dimensão de 11x25 m, totalizando uma área de 275 m².

3.3. Tratamentos

- 1) Sistema de Manejo em Cultivo Convencional, com calcário + gesso agrícola incorporados com grade pesada (CCCGI);

- 2) Sistema de Manejo em Cultivo Convencional, com calcário incorporado com grade pesada (CCCI);
- 3) Sistema de Manejo com Ausência de Preparo do Solo e calcário+gesso agrícola aplicados na superfície (sem incorporação) (APCGS);
- 4) Sistema de Manejo em Cultivo Mínimo, com calcário parcialmente incorporado com o arado escarificador (CMCI);
- 5) Sistema de Manejo em Cultivo Mínimo com calcário+gesso agrícola parcialmente incorporados com arado escarificador (CMCGI);
- 6) Sistema de Manejo com Ausência de Preparo do Solo e calcário aplicado na superfície (sem incorporação) (APCS);
- 7) Sistema de Manejo em Plantio Direto com calcário+gesso agrícola incorporados com grade no primeiro ano agrícola (PDCG).

3.4. Características do solo e adequação corretiva do solo

O experimento foi realizado em uma área constituída de um Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999) textura argilosa (Quadro 1).

QUADRO 1. Caracterização Física do Latossolo Vermelho Distrófico, pertencente a área do experimento

Profundidade	Argila	Silte	Areia
—— cm ——		g/g	
0 – 20	55,0	3,0	42,0

No mês de setembro de 2002, coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em todas as parcelas experimentais para caracterização química (Quadro 2), para fins de avaliação e definição da necessidade de calagem, gessagem e adubação química do solo, visando o cultivo do milho no ano agrícola 2002/2003.

QUADRO 2. Caracterização química do solo coletado nas parcelas experimentais do Latossolo Vermelho Distrófico na profundidade de 0 a 20 cm

Característica	Tratamentos ¹						
	CCCGI	CCCI	APCGS	CMCI	CMCGI	APCS	PDCG
PH em água (1:2,5)	6,38	6,37	5,42	5,43	5,29	5,13	5,74
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	2,06	1,97	1,30	1,17	1,19	1,18	1,52
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,59	0,78	0,40	0,49	0,43	0,47	0,65
K (mg.kg ⁻¹)	112	56	82	108	72	76	70
P (mg.kg ⁻¹)	8,58	10,68	6,40	5,70	8,95	9,83	9,80
Al (cmol _c .dm ⁻³)	0,04	0,00	0,06	0,09	0,11	0,16	0,11
H+Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,88	2,10	3,25	3,35	3,35	4,05	2,53
V (%)	60,94	57,89	36,92	36,58	34,90	31,21	48,11

¹Média de 4 repetições

Neste mesmo mês procedeu-se a roçagem da braquiária nas parcelas de cultivo mínimo, ausência de preparo e plantio direto, visando maior eficiência do herbicida Glifosato Nortox (Glyphosate, 480 g/L), aplicado na dosagem de 4 L/ha, e em seguida aplicou-se o calcário dolomítico nas parcelas experimentais (Quadro 3) visando atingir 60% da saturação por bases (V=60%). A quantidade de gesso agrícola aplicada nas parcelas que preconiza seu uso foi de 18 kg/parcela de 275 m², ou seja, de 0,65 t/ha, tomando como base recomendação contida na 5^a Aproximação da Comissão de Fertilidade do solo de Minas Gerais (1999). A incorporação do(s) corretivo(s) foi feita com grade pesada e escarificador, respectivamente, para as parcelas de cultivo convencional e cultivo mínimo. Nas parcelas de ausência de preparo e plantio direto o(s) corretivos(s) aplicados não foram incorporados.

QUADRO 3. Quantidade de calcário dolomítico aplicada nas parcelas experimentais de um Latossolo Vermelho Distrófico, Uberlândia-MG, ano agrícola de 2002/2003 para elevar a saturação de bases a 50 %.

Tratamento	Dose de Calcário dolomítico (kg/parcela 275 m²) para elevar V a 50 %
CCCGI	----
CCCI	3,00
APCGS	35,60
CMCI	36,49
CMCGI	38,71
APCS	50,77
PDCG	17,33

3.5. Caracterização Climática

O clima predominante na área, pela classificação de Köppen, é o Aw, que se caracteriza como clima tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco (EMBRAPA, 1982).

QUADRO 4. Dados climatológicos da Fazenda do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, período de Outubro de 2002 a Fevereiro de 2003

Dados climatológicos da Fazenda do Glória UFU						
Meses	Dias	TEMPERATURA (°C)		UR (%)	ECA (mm/dia)	PRECIPITAÇÃO (mm)
		Mínima	Máxima			
Out/02	1-10	21,10	31,70	60,50	10,39	18,00
	10-20	22,00	33,94	61,88	15,25	5,80
	20-31	21,14	31,14	74,36	9,95	25,60
	Média	21,41	32,26	65,58	11,86	Total 49,40
Nov/02	1-10	18,778	26,278	95,889	8,789	40,500
	10-20	20,167	27,417	98,500	3,542	124,450
	20-31	20,786	29,071	94,000	5,644	93,100
	Média	19,910	27,589	96,130	5,992	Total 258,050

“...continua...”

“Quadro 4, Cont.”

Dados climatológicos da Fazenda do Glória UFU						
Meses	Dias	TEMPERATURA (°C)		UR (%)	ECA (mm/dia)	PRECIPITAÇÃO (mm)
		Mínima	Máxima			
Dez/02	1-10	21,89	33,00	88,56	8,14	102,04
	10-20	20,00	26,38	94,75	5,69	146,23
	20-31	20,75	26,00	91,17	6,48	148,55
	média	20,88	28,46	91,49	6,77	Total
Jan/03	1-10	21,17	24,00	92,83	43,76	326,50
	11-20	20,58	26,92	91,00	21,10	212,80
	21-31	20,17	25,72	93,00	11,87	207,00
	Média	20,64	25,55	92,28	25,58	Total
Fev/03	1-10	19,33	29,42	93,33	10,83	5,30
	11-20	20,25	26,80	94,80	7,08	58,44
	21-31	19,50	27,75	90,00	6,57	19,20
	Média	19,69	27,99	92,71	8,16	Total

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental do Glória.

3.6. Semeadura e Adubação

Em novembro de 2002 realizou-se a semeadura do milho híbrido NB-7240 – HE da Syngenta, utilizando semeadora de plantio direto SHM 17, com espaçamento entre linhas de 0,90 m e 6 plantas de milho por metro linear. A adubação de semeadura foi de 400 kg do formulado 04-30-16/ha, a qual correspondeu à aplicação de 16 kg N/ha, 120 kg P₂O₅/ha e 64 kg K₂O/ha.

3.7. Tratos Culturais

Na adubação de cobertura aplicou 19,25 Kg de sulfato de amônio por parcela (140 Kg de N por hectare).

O controle de plantas daninha foi realizado pela aplicação da mistura de dois herbicidas, Primóleo (Atrazine+Óleo) + Sanson (Nicosulfuron), na dose de 3,0 l/ha e 0,5 l/ha respectivamente.

3.8. Atributos Avaliados

3.8.1. Umidade do solo base em peso seco- g/g solo(W)

As coletas de solo para análises da umidade do solo foram realizadas com trado holandês, na profundidade de 0 a 20 cm, e acondicionadas em latas de alumínio com tampa e vedadas com fita adesiva até chegarem ao laboratório para obtenção dos teores de umidade. Estas determinações consistiam em pesar as latas de alumínio de 150 cc contendo as amostras de solo de cada tratamento coletado nas diferentes parcelas, em seguida eram colocadas para secar em estufa por 24 horas na temperatura de 105 °C. Após secagem elas foram pesadas novamente, e com esse novo valor foram feitos os cálculos para determinar o teor de umidade em g/g conforme fórmula (EMBRAPA, 1997) :

$$W = (TU - TS) / TS, \text{ onde}$$

$$TU = \text{Peso solo úmido e } TS = \text{Peso solo seco}$$

3.8.2. Compactação do solo

As análises para avaliar a compactação do solo nos diferentes sistemas de manejo foram realizadas com o penetrômetro de impacto na época da condução do experimento, ou seja, no período propício a análise foliar no pendoamento da cultura, nas profundidades de 0 a 5cm, 5 a 15cm e 15 a 30cm.

A fórmula de calibração do penetrômetro de impacto agrícola (Stolf, 1991) utilizado para determinar resistência à penetração foi:

$$R=(M*g*h/x*A)*(M/M+m)+((M+m).g/A)$$

onde,

R=Resistência do solo à penetração a agulha de cone(Kgf/cm²); M=Peso do Embolo(3,860 Kg); m= Peso do restante do conjunto(3,180 Kg), g=Gravidade(1 cm²/s), D=Altura de Queda do Embolo(41,2 cm), x=Penetração após impacto(cm), A=Área da agulha(1,29 cm²)

3.8.3. Densidade do solo

Para avaliação da densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas do mesmo, nos diferentes sistemas de manejo, utilizando anéis volumétricos, em uma única determinação no período de desenvolvimento médio da cultura (+ou- 65 dias após implantação). As análises foram realizadas pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) no laboratório de manejo de solos da UFU.

3.8.4. Microporosidade do solo

Para avaliar a microporosidade foram utilizadas as mesmas amostras para determinação da densidade do solo. As determinações foram realizadas no aparelho extrator de Richards com pressão de sucção correspondente a pressão de uma coluna de 60 cm de água e os cálculos realizados pelo manual da EMBRAPA (1997).

3.9. Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram realizadas de acordo com os modelos matemáticos apropriados para o delineamento adotado. O software utilizado foi o SANEST. O teste utilizado foi o de Tukey com significância a 5% de probabilidade.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Umidade do solo

Na avaliação da umidade do solo nos diferentes tipos de manejo, em seis épocas diferentes, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, a mesma não diferiu estatisticamente em nenhum dos tratamentos estudados para todas as épocas de avaliação (quadro 5), conquanto os sistemas de manejo estudados produzam no solo alterações de atributos físicos diferenciados entre si, em função do grau de mobilização imposto por cada um, a constatação de um armazenamento de água, pelo solo pode estar relacionado com a grande oferta de água pelas chuvas ocorridas no período (Quadro 4). Salienta-se que não obstante a ocorrência de veranicos no mês de Janeiro seja de ocorrência comum, especificamente para este ano não foi constatado tal fenômeno.

Diversos pesquisadores como Derpesch et al.(1991), afirmam que sistemas de manejo como o convencional e o plantio direto empõem alterações diferenciados ao solo, com reflexo não só no desenvolvimento das raízes e trocas gasosas, mas também na retenção e disponibilidade de água para o plantio.

Para as condições desta área experimental, há de considerar que a não constatação de retenção diferenciada entre os sistemas de manejo distintos poder estar ainda relacionado com o curto período de condução da pesquisa, não sendo o tempo suficiente para que cada sistema de manejo imponha suas particularidades, principalmente em que se refere as alterações físicas do solo. Esta afirmação pode ser confirmada observando a distribuição da microporosidade (Quadro 6) nos diferentes sistemas de manejo do solo, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si.

Há também de considerar o fator referente aos atributos físicos do solo, que são praticamente iguais em os todos os tratamentos, pois o experimento foi instalado sobre uma área homogênea de um latossolo vermelho distrófico (Quadro 1), estando a retenção de umidade intimamente ligada a parte física do solo. Dessa forma, a variação de umidade de um tratamento para outro não diferiu estatisticamente pois a estrutura física nos tratamentos é semelhante, além do mais a área de plantio é nova, estando no seu terceiro cultivo e com isso os sistemas de preparo do solo ainda não estão bem diferenciados uns dos outros, não apresentando dessa maneira diferenças no que diz respeito a sua estruturação e conqumentemente na retenção de umidade.

Quanto a comparação entre as diferentes épocas a avaliação dos teores de umidade do solo, no decorrer do desenvolvimento da cultura, observa-se diferenças significativas entre as mesmas em todos os tratamentos (Quadro 5), verifica-se que a maior umidade foi observada nas coletas realizadas em 21/12/02 e 10/01/03, seguidas pelas duas últimas coletas de 05/02/03 e 25/02/03 coincidindo com o período de maior precipitação na área. A menor retenção de umidade pelo solo em teste ocorreu no período inicial de desenvolvimento da cultura sendo 14/11/02 e 02/12/02, contudo, indo com as necessidades

da cultura (Quadro 4). Desse modo a retenção de umidade pelo solo variou da época para época em função de diferentes índices pluviométricos ocorridos nesta região.

QUADRO 5. Umidade do solo em g.g⁻¹ nos diferentes tratamentos em seis épocas distintas de coleta de amostras

Tratamentos	Umidade do Solo (g.g ⁻¹)					
	14/11/02	02/12/02	21/12/02	10/01/03	05/02/03	25/02/03
CCCGI	0,14 A c	0,14 A c	0,21 A a	0,19 A ab	0,16 A bc	0,17 A abc
CCCI	0,17 A bc	0,15 A c	0,22 A a	0,22 A a	0,19 A ab	0,18 A bc
APCGS	0,14 A c	0,15 A c	0,20 A a	0,19 A ab	0,15 A c	0,16 A bc
CMCI	0,17 A b	0,16 A b	0,21 A a	0,21 A a	0,18 A b	0,17 A b
CMCGI	0,15 A b	0,15 A b	0,20 A a	0,19 A ab	0,16 A ab	0,16 A ab
APCS	0,16 A c	0,15 A c	0,21 A a	0,20 A ab	0,17 A bc	0,16 A c
PDCG	0,15 A bc	0,13 A c	0,20 A a	0,18 A ab	0,16 A abc	0,17 A abc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

4.2. Microporosidade do solo

Quanto aos valores da microporosidade do solo (Quadro 6), verifica-se não haver diferenças estatísticas significativas no que diz respeito aos diferentes tratamentos nas diferentes profundidades de coleta. Isso pode ser explicado pelo fato do solo apresentar homogeneidade, pois a área é um cerrado como um todo e por ser um latossolo o mesmo é bem igual quanto aos valores da microporosidade do solo, verifica-se (Quadro 6) que estatisticamente não ocorrem diferenças entre os diferentes sistemas de manejo nas profundidades estudadas. Esta relativa homogeneidade da microporosidade tanto em profundidade quanto nos sistemas de manejo possivelmente está relacionado a homogeneidade do solo da área e a implantação da pesquisa na área ter ocorrido somente a três anos.

QUADRO 6. Microporosidade do solo em $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ dos diferentes sistemas de manejo do solo e em três profundidades distintas de coleta

Tratamento	Microporosidade ($\text{m}^3.\text{m}^{-3}$)		
	0 a 5 cm	5 a 15 cm	15 a 30 cm
CCCGI	0,33 a A	0,28 a A	0,30 a A
CCCI	0,34 a A	0,31 a A	0,30 a A
APCGS	0,29 a A	0,30 a A	0,29 a A
CMCI	0,29 a A	0,31 a A	0,31 a A
CMCGI	0,32 a A	0,29 a A	0,28 a A
APCS	0,32 a A	0,30 a A	0,32 a A
PDCG	0,31 a A	0,29 a A	0,30 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

4.3. Densidade do solo

Observa-se (Quadro 7) que nos diferentes sistemas de manejo do solo a densidade não diferiu em nenhum deles, comportamento semelhante pode ser observado para as diferentes profundidades estudadas, ou seja, não existe diferenças estatísticas entre as profundidades estudadas. Observa-se que os valores de densidade estão relativamente elevado, não obstante o solo apresentar valores de umidade (Quadro 4) relativamente altos, provavelmente com baixos valores de macroporosidade. E também a fato de nenhuma das três profundidades de coleta terem apresentado diferenças estatísticas pode ser explicado observando a estrutura física do solo que é semelhante em todos os tratamentos e também o tempo de cultivo nessa área que realizou-se o experimento ser relativamente curto, dessa forma a variação na parte física entre os sistemas ainda é muito pequeno.

Dados de Viera et al. (1978), Vieira e Muzzili (1984) ; CASTRO (1989) evidenciam maiores valores de densidade do solo e de microporosidade com conseqüente diminuição no volume de poros totais e macroporos no sistema de plantio direto, quando as

observações situavam até a profundidade de 15 cm, existindo semelhança nos valores desses parâmetros abaixo dessa profundidade. Tal fato justifica-se pelo tráfego de pulverizadores, semeadeiras, colhedeiras e o não revolvimento do solo nas camadas superficiais. Estes pesquisadores enfatizam, no entanto, que esses problemas de compactação superficial são mais evidentes e prejudiciais em solos argilosos, onde não é possível formar uma adequada camada de restos vegetais. Segundo Vieira e Muzzili (1984), apesar desta alterações em densidade, macroporosidade e porosidade total o crescimento radicular das plantas tem apresentado melhor distribuição no solo sob plantio direto do que no convencional.

Machado e Brum (1978), verificaram que o sistema convencional de preparo do solo reduz a porosidade total, a macroporosidade e a percentagem de matéria orgânica, aumentando a microporosidade e a densidade. Reichert et al. (1993) observou uma maior produção de raízes em culturas na semeadura direta que no convencional, no entanto, a maior quantidade das raízes ficaram concentradas nos primeiros 15 cm do solo.

QUADRO 7. Densidade do solo em Kg.m^{-3} nos diferentes tipos de preparo avaliada aos 70 dias após o plantio do milho em três profundidades de coleta

Tratamentos	Densidade do Solo(Kg.m^{-3})		
	0 a 5 cm	5 a 15 cm	15 a 20 cm
CCCGI	1,49 a A	1,45 a A	1,49 a A
CCCI	1,40 a A	1,47 a A	1,43 a A
APCGS	1,44 a A	1,51 a A	1,44 a A
CMCI	1,38 a A	1,44 a A	1,43 a A
CMCGI	1,400 a A	1,47 a A	1,42 a A
APCS	1,49 a A	1,43 a A	1,44 a A
PDCG	1,49 a A	1,50 a A	1,45 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

4.4. Resistência do solo à penetração a agulha de cone do penetrômetro de impacto.

Quanto a resistência do solo a penetração, verifica-se que na camada superficial de 0 a 5 cm, não houve diferença estatística (Quadro 8), possivelmente, nesta camada, os elevados teores de umidade observado na época da avaliação tenha contribuído (Quadro 4) para reduzir os índices de resistência nos diferentes sistemas de manejo, em especial nos sistemas de manejo que não exigem revolvimento da camada superficial.

Com relação a resistência ao penetrógrafo seria esperado maior compactação superficial na semeadura direta e formação de pé-de-grade nos tratamento com grade pesadas, conforme já observados por Cannel, 1985 e Hakoyama et al., (1981). Contudo, Rosolem et al., (1992), não detectaram diferenciação dos diferentes tipos de preparos na resistência do solo a penetração com penetrógrafo, ocorrendo, no entanto, aumentos lineares da resistência a penetração até 20-25 cm em todos sistemas de preparo, a partir daí a resistência estabilizou-se em aproximadamente 4,5 Mpa.

Estudos de Derpesch et al., (1991) em LR do Paraná possibilitaram afirmar que os métodos de preparos levaram a compactação em relação as condições naturais do solo. No plantio direto as maiores densidades foram localizadas entre 0 e 20 cm ao passo que sob preparo convencional entre 20 e 30 cm. Valores de densidades superiores a $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ proporcionavam dificuldades para o crescimento radicular e a infiltração de água. Maior densidade observada na camada superficial, conquanto possa facilitar a formação de enxurrada, foi responsável pela maior retenção de água a plantas.

Dados de Sidiras (1983) com amostragem orientadas nos horizontes, em LR de Londrina-PR, mostraram que no plantio direto as densidades máximas poderiam chegar a $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$ em profundidade menores que 10 cm, enquanto que no preparo convencional

as densidades máximas chegavam a $1,29 \text{ kg.m}^{-3}$ em profundidade superior a 20 cm. A manutenção e em alguns caso melhoria da estrutura porosa do solo é essencial para uma adequada correção química e desenvolvimento de raízes em profundidade.

Quanto a resistência do solo a penetração na camada de 5 a 15 cm, observa-se (Quadro 8) que o sistema de manejo em cultivo convencional com calcário mais gesso incorporado foi significativo menor em relação ao sistema de manejo com ausência de preparo, não diferindo, no entanto dos outros sistemas de manejo estudados.

Estes dados evidenciam que nas condições naturais ocorre eluviação de materiais de solo com deposição nesta camada. Esta situação é importante se considerar que nesta região pode concentrar o crescimento radicular das plantas.

O tipo de preparo de solo que teve maior resistência quanto a penetração da agulha, foi o ausência de preparo, com aplicação de calcário superficialmente. Contudo, dados de caracterização inicial do solo por ocasião da implantação da pesquisa evidencia que esta área estava naturalmente mais compactada, evidenciando a importância da manutenção das plantas de cobertura para melhoria das condições físicas do solo.

O sistema de manejo que apresentou menor resistência a penetração foi o cultivo convencional com calcário e gesso incorporado, daí o fato desse preparo revolver o solo todos os anos na camada de 0 a 20 centímetros, tornando-o mais friável e conseqüentemente menos compacto na camada arável em relação aos outros sistemas de manejo. Assim, é de suma importância o estudo dos demais atributos físicos dejesáveis ao solo, para o monitoramento da qualidade ambiental dos sistemas agrícolas, possibilitando uma maior sustentabilidade dos agroecossistemas.

QUADRO 8. Resistência do solo (Kgf.cm^{-2}) a penetração da agulha de cone utilizando-se penetrômetro de impacto, nos diferentes manejos do solo em três profundidades, com 22% de umidade média

Tratamentos	Resistência a penetração(Kgf.cm^{-2})		
	0 a 5 cm	5 a 15 cm	15 a 30 cm
APCS	18,63 a	25,61 a	29,25 a
APCGS	18,63 a	22,51 ab	23,81 a
PDCG	18,63 a	18,24 ab	24,58 a
CMCI	18,63 a	18,24 ab	25,88 a
CMCGI	18,63 a	17,07 ab	23,81 a
CCCI	18,63 a	16,68 ab	25,88 a
CCCGI	18,63 a	13,59 b	23,81 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÃO

A umidade do solo diferiu nas diferentes épocas de coleta, refletindo a distribuição de chuva no período. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos na mesma época de coleta.

A densidade e microporosidade do solo também não diferiram entre os tratamentos nas três profundidades que foram analisadas.

Quanto a resistência do solo a penetração não diferiu nas profundidades de 0 a 5 cm e 15 a 30 cm. Na profundidade de 5 a 15 cm o sistema ausência de preparo de solo com calcário aplicado superficialmente, apresentou uma maior resistência a penetração e o preparo cultivo convencional com calcário e gesso incorporado apresentou uma menor resistência a penetração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2000: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, Editora Argos Comunicação, 2000.

AGRIANUAL 2002: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, Editora Argos Comunicação, 2002

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

ANJOS, J.T.; UBERTI, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.27-36, 1994.

BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.267-271, 1994.

BORGES, E.N. *Efeito de doses de gesso+matéria seca de crotalária e de níveis de compactação em atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1995. 136p. (Tese, Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; COSTA, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.125-130, 1997.

CAMARGO, O.A. de.; ALLEONI, L.R.F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997. 132p.

CANALLI, L.B. e ROLOFF, G. Influencia do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um latossolo vermelho-escuro sob plantio direto. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 21, p.99-104, 1997.

CANNEL, R.Q. Reduced tillage in North est Europe. *A. Review Soil Tillage Res.*, Amsterdam, 5, p.129-177, 1985.

CARVALHO JÚNIOR., I.A. de. *Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos*. Viçosa, MG: UFV, 1995. 83p. (Dissertação, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

CASTRO, O.M. de. *Preparo do solo para a cultura do milho*. Campinas, 1989. 41p. (Serie técnica, 3)

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa, 1999. 359 p.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R. ; BLANKEN, J. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn, 1991. 268p.

DERPSCH, R.; SIDIRES, N. ; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques im Paraná, Brasil. *Soil and tillage, Res.* 8, p.253-263, 1986.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA SOLOS, 1999, 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 1982, 526p.

FREITAS, P.L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N. (Ed.) *Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado*. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1994. p.199-213.

GRABLE, A.R.; SIMER, E.F. Effects of bulks, density, aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. *Soil Sci. Am. Proc.* , v.32, p. 180-186, 1968.

HAKOYAMA, S.; NAKAGAWA, J.; YOSHIDA, K.; IWAMA, H.; IGUITA, K; MACHADO, J.A.; PAULA SOUZA, DM. DE; BRUM, A.C.R. DE Efeito dos anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. *R. Bras Ci. Solo*, Campinas, 5, p.187-189, 1981.

MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas., 2, p.81-4, 1978.

MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade de milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.291-297, 1993.

MUZILLI, O. Fertilidade do sistema de plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J., (Ed.). *Atualização em plantio direto*. Campinas, Fundação Cargill, 1985.p. 147-160

PIMENTEL, G.B.M.; CHAVES, R.S. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do Médio Amazonas Paraense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.1, p.135-138, 1993.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.283-290, 1993.

ROSOLEM, C.A.; FULANI Jr., E.; BICUDO, S.J.; MOURA, E.G.; BULHOES, L.H. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas,. 16, p.115- 120, 1992.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. e MONDARDO, A. Influencia de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol) . *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas,. 7, p.103-106, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling roots as influenced by bulk density, moisture content, and strenght of soil. *Soil Science*, v.96, p.153-156, 1963.

VEPRASKAS, M. J. e WAGGER, M. G. Corn root distribution and yield response to subsoiling for Paleudults having different aggregate sizes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:849-854, 1990.

VIEIRA, M.J.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em condições de chuva simulada. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas,. 2(3):209-214, 1978.

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 19(7):873-882, 1984.

VOORHEES, W. B. Soil compaction how it influences moisture temperature, yield, root growth. *Crops and Soil Magazine*, v.29, p.13-16, 1977.

ZAI, R.; KACHANOSKI, R.G. e VORONEY, R.P. Tillage effects ond the spatial and temporal variations of soil water. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 54:186-192, 1990.