

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS E
ATRIBUTOS FÍSICOS DE LATOSSOLO
VERMELHO-ESCURO FASE CERRADO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

AMAURI NELSON BEUTLER

1999

113

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

AMAURI NELSON BEUTLER

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS E ATRIBUTOS FÍSICOS DE
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO FASE CERRADO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, área de concentração em Manejo e Conservação do Solo e da Água, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
1999**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Beutler, Amauri Nelson

Produtividade de culturas e atributos físicos de Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado sob diferentes sistemas de manejo / Amauri Nelson Beutler. -- Lavras : UFLA, 1999.

69 p. : il.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Feijão. 3. Produtividade. 4. Latossolo Vermelho-Escuro. 5. Solo - Atributo. 6. Sistema de manejo. 7. Cerrado. I. Universidade Federal de Lavras. II. título.

CDD-631.41

-633.171

-631.53

AMAURI NELSON BEUTLER

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS E ATRIBUTOS FÍSICOS DE
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO FASE CERRADO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, área de concentração em Manejo e Conservação do Solo e da Água, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 23 de julho de 1999

Prof. Dr. Nilton Curi	UFLA
Prof. Dr. Mozart Martins Ferreira	UFLA
Prof. Dr. José Maria de Lima	UFLA
Pesq. Dr. Israel Alexandre Pereira Filho	EMBRAPA


Prof. Dr. Max Leandro Naves Silva
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus pais Herbert e Erena

Ao meu irmão e a minha irmã

Pelo carinho, compreensão, apoio e incentivo

Dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade concedida.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas – MG, pela concessão do experimento para realização deste trabalho de dissertação.

Ao professor Marx Leandro Naves Silva, pela orientação, amizade e empreendimento, um exemplo de dedicação e integridade.

Ao professor Nilton Curi, pela amizade, co-orientação, empreendimento e sugestões indispensáveis na realização de todas as fases deste trabalho.

Aos professores Mozart Martins Ferreira e José Maria de Lima, pela amizade e sugestões.

Aos pesquisadores Israel Alexandre Pereira Filho, José Carlos Cruz e Derli Prudente Santana e funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, pela amizade, concessão do experimento, apoio e auxílio na coleta das amostras de solo.

Aos técnicos Jairo Lima Júnior (*in memorian*) e Dulce Claret pelo apoio, dedicação e paciência no auxílio das determinações físicas e aos funcionários Carlos Antônio Ribeiro e José Roberto Fernandes (Pezão).

À todos os professores e funcionários que acreditaram, apoiaram e se dedicaram à minha formação.

Aos bolsistas de graduação do setor de conservação do solo e da água pela amizade e colaboração na realização deste trabalho.

Aos colegas de mestrado e doutorado pela amizade, compreensão, apoio, colaboração e sugestões.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Sistemas de manejo	3
2.2 Produtividade das culturas.....	4
2.3 Atributos físicos do solo.....	5
2.3.1 Densidade e porosidade do solo.....	5
2.3.2 Estabilidade de agregados.....	7
2.3.3 Compactação do solo.....	10
2.3.4 Retenção de umidade	12
2.3.5 Permeabilidade do solo.....	14
2.4 Matéria orgânica.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Descrição e localização da área.....	16
3.2 Sistemas de manejo.....	16
3.3 Semeadura das culturas.....	17
3.4 Amostragem.....	17
3.5 Produtividade de milho e feijão.....	17
3.6 Análises físicas.....	17
3.7 Matéria orgânica.....	20
3.8 Análise estatística.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Produtividade da cultura do milho e do feijão.....	21
4.2 Atributos físicos do solo.....	22
4.2.1 Caracterização granulométrica do solo.....	22
4.2.2 Densidade de partículas, densidade e porosidade do solo.....	24
4.2.3 Estabilidade de agregados.....	29
4.2.4 Resistência do solo à penetração	33
4.2.5 Retenção de umidade e umidade atual.....	37
4.2.6 Permeabilidade do solo.....	40
4.3 Matéria orgânica	42
4.4 Correlações da matéria orgânica com atributos físicos do solo.....	43
5 CONCLUSÕES.....	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
7 ANEXOS.....	60

RESUMO

BEUTLER, Amauri Nelson. Produtividade de culturas e atributos físicos de Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado sob diferentes sistemas de manejo. Lavras: UFLA, 1999. 69p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)¹.

Este estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de milho e feijão e atributos físicos em diferentes sistemas de manejo no cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, MG, em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura muito argilosa. O clima da região, segundo Köppen, é Aw, tropical estacional de savana. As amostras foram coletadas em abril de 1998, em três repetições, nas profundidades de 0-5, 5-20 e 20-30 cm para determinação de atributos físicos e químicos, além das determinações de resistência à penetração, permeabilidade e produtividade das culturas que foram realizadas na área experimental. Os sistemas de manejo foram: 1) Preparo convencional com grade aradora e cultivo contínuo com milho (CGCM); 2) Preparo convencional com arado de discos e cultivo contínuo com milho (CDCM); 3) Preparo convencional com arado de discos e cultivo com rotação com milho e feijão (CDRMF); 4) Plantio direto e cultivo contínuo com milho (PDCM); 5) Plantio direto e cultivo com rotação com milho e feijão (PDRMF); 6) Cerrado nativo (CN). A produtividade de milho em 1998 foi superior no sistema convencional com arado de discos, no mesmo sistema de culturas, e na média dos anos foi equivalente ao sistema de plantio direto. Os sistemas de plantio direto propiciaram o maior valor de diâmetro médio geométrico na profundidade de 0-5 cm, não sendo observadas diferenças entre sistemas de manejo nas demais profundidades. Os dados de resistência à penetração vertical mostraram uma camada compactada à 15 cm no PDCM e PDRMF e aos 25 cm nos sistemas com a utilização de arado de discos, sendo a maior resistência observada no CDRMF aos 25 cm. A umidade atual foi superior no PDRMF em todas as profundidades. Os sistemas de plantio direto propiciaram maior teor de matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm.

¹ Comitê orientador: Marx Leandro Naves Silva - UFLA (Orientador), Nilton Curi - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

BEUTLER, Amauri Nelson. Productivity of crops and physical attributes of Dark-Red Latosol phase cerrado under different management systems. Lavras: UFLA, 1999. 69p. (Dissertation - Master in Agronomy: Soils and Nutrition of Plants)¹.

This study aimed to evaluate the corn and bean productivity and physical attributes under different management systems in cerrado. The experiment was carried out in Embrapa Milho e Sorgo in Sete Lagoas, MG, in Dark-Red Latosol, very clayey texture. The climate of the area, according to Köppen, is Aw, savanna seasonal tropical. The samples were collected in April of 1998, in three repetitions, in the depths of 0-5, 5-20 and 20-30 cm for determination of physical and chemical attributes, besides the determinations of penetration resistance, permeability and productivity of the crops that were realized in the experimental area. The management systems were: 1) Conventional till with harrow and continuous cultivation with corn (CGCM); 2) Conventional till with disk plow and continuous cultivation with corn (CDCM); 3) Conventional till with disk plow and cultivation with corn and bean rotation (CDRMF); 4) No till and continuous cultivation with corn (PDCM); 5) No till and cultivation with corn and bean rotation (PDRMF); 6) Native Cerrado (CN). The corn productivity in 1998 was larger in the conventional systems with disk plow, in the same system of crops, and on the average of the years it was equivalent to the system of no-till. The systems of no-till propitiated the largest value of geometric average diameter in the depth of 0-5 cm, not being found differences among management systems in the other depths. The data of vertical penetration resistance showed a layer compacted at 15 cm in PDCM and PDRMF and to the 25 cm in the systems with the use of disk plow, being the largest resistance observed in CDRMF at 25 cm. The current moisture was superior in PDRMF in all the depths. The systems of no-till propitiated larger content of organic matter in the depth of 0-5 cm.

¹ Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva - UFLA (Major Professor), and Nilton Curi - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A região dos cerrados ocupa 24% da área do território brasileiro e se tornou importante na produção de grãos com a expansão das fronteiras agrícolas. Os Latossolos constituem 46% da área. Os sistemas de preparo nesta região caracterizam-se pelo alto grau de revolvimento do solo, com impactos negativos aos atributos do solo e à produtividade das culturas (Resck, 1998).

A utilização da grade aradora destaca-se nos sistemas de preparo convencional pelo alto rendimento no campo, entretanto, este tem sido uma das causas da degradação da estrutura do solo. A degradação deve-se ao excessivo revolvimento das camadas superficiais do solo pela utilização dos mesmos sistemas de preparo atuando sempre na mesma profundidade, o monocultivo e a rápida decomposição da matéria orgânica que resulta na formação de camadas compactadas, levando ao aumento nas perdas de solo, água e nutrientes e, redução da sustentabilidade e da produtividade das culturas.

Nos últimos anos, passou-se a questionar os sistemas de preparo intensivo adotados na região do cerrado, buscando-se como alternativa sistemas de manejo mais conservacionistas, entre estes o sistema de plantio direto, que se destaca por revolver pouco o solo, manter o solo mais úmido, manter a temperatura do solo mais amena, promover menor alteração dos atributos do solo e garantindo a sustentabilidade destes ao longo do tempo. Estima-se que, atualmente, 20% da área na região do cerrado é cultivada no sistema de plantio direto (Resck, 1998).

Neste novo paradigma, sistemas de manejo que mantenham e melhorem os atributos físicos do solo, promovam melhor desenvolvimento radicular e aumentem a disponibilidade de água são importantes para as plantas, considerando-se, ainda, a ocorrência de veranicos em períodos críticos ao desenvolvimento das culturas e a baixa retenção de umidade desses solos.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade de milho e feijão e atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes sistemas de manejo no cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de manejo

O manejo do solo provoca alterações nos atributos físicos, podendo estas ser benéficas ou maléficas. Estas alterações são mais intensas quando o manejo do solo é realizado com preparo do solo mais intensivo. No entanto, é possível manter as condições físicas do solo mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas com a adoção de sistemas de manejo mais conservacionistas que minimizam mais as alterações nas condições naturais do solo.

A utilização do arado de discos no preparo do solo promove o revolvimento da camada superficial até 25 a 30 cm de profundidade, incorpora os resíduos vegetais, aumenta a porosidade e desagrega o solo, expondo-o à ação dos agentes erosivos (Correchel et al., 1999; Silveira et al., 1997).

A grade aradora revolve intensamente o solo até 10-15 cm de profundidade, incorporando a matéria orgânica, acelerando a sua decomposição, podendo levar ao aparecimento da compactação subsuperficial que reduz a permeabilidade do solo e a produtividade das culturas, é o sistema de manejo mais adotado na região do cerrado (Resck, 1998). O mesmo autor considera o plantio direto um sistema de manejo conservacionista por mobilizar o solo apenas na linha de semeadura, permanecendo o restante da superfície coberta por restos da cultura anterior, o que favorece a atividade biológica, a melhoria da estrutura do solo e a manutenção da umidade e da temperatura mais amena.

De acordo com Sidiras et al. (1984), o maior revolvimento do solo favorece a ação da erosão devido ao mesmo ficar desprotegido e desagregado, propiciando a formação de uma crosta superficial. A taxa de infiltração de água pode ser maior na superfície e menor abaixo desta camada preparada onde normalmente ocorre a compactação com o passar do tempo.

Em um Latossolo Roxo argiloso, Castro (1995), estudou os efeitos de sistemas de preparo e cultivo de milho em rotação com soja e aveia preta nos atributos físicos e químicos, e observou que o sistema plantio direto proporcionou melhor estruturação do solo e conseqüentemente melhor desenvolvimento radicular em relação ao sistema de manejo convencional. Vieira (1981), estudando sistemas de manejo no desenvolvimento radicular da soja, verificou que o sistema de plantio direto promoveu melhor distribuição de raízes em profundidade, superando o sistema convencional em 50% na camada de solo abaixo de 20 cm de profundidade. Maria et al. (1993) observaram, na camada de solo abaixo de 20 cm, que a densidade radicular foi 2 vezes maior no plantio direto em relação ao sistema de manejo convencional, no qual foi utilizado arado de discos no preparo do solo, apesar da densidade do solo e resistência à penetração serem semelhantes. Este melhor desenvolvimento radicular em solos menos revolvidos ocorre devido a maior continuidade dos poros, resultante da decomposição das raízes e da maior atividade biológica do solo, refletindo em maior produtividade das culturas.

2.2 Produtividade das culturas

A produtividade das culturas é resultado da interação de vários fatores, entre estes, as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Portanto, um solo bem estruturado, com uma disponibilidade hídrica e de nutrientes ideais, sem presença de camadas compactadas restritivas ao crescimento radicular, adequados teores de matéria orgânica e atividade biológica é importante na obtenção de boas produtividades.

O estudo de Castro (1995) utilizando sistemas de manejo e rotação aveia/milho em Latossolo Roxo, propiciou uma produtividade média de milho de 5.634 e 5.687 kg ha⁻¹ para plantio direto e convencional, respectivamente. Vários trabalhos mostram pequenas diferenças de produtividade entre os

sistemas de manejo (Santos et al., 1995; Pereira Filho e Cruz, 1994; Sá, 1993 e Muzilli, 1983).

2.3 Atributos físicos do solo

2.3.1 Densidade e porosidade do solo

Na literatura existe uma série de trabalhos mostrando a alteração da densidade do solo para diversos sistemas de manejo, tipos de solos, graus de umidade do solo, profundidades e culturas. De acordo com Arshad et al. (1996), densidade do solo acima de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos argilosos é restritivo ao crescimento radicular.

Uma série de trabalhos têm registrado, em plantio direto, maiores valores de densidade do solo e resistência à penetração na camada superficial do solo quando comparado com o sistema convencional, podendo apresentar valores iguais ou menores ao convencional, em profundidade (Silveira et al., 1997; Zimback et al., 1996; Klein, 1996; Sarvasi, 1994; Centurion e Demattê, 1985; Vieira e Muzilli, 1984). Neste sentido, Henkain (1997), avaliando a influência do tempo de manejo do sistema plantio direto na densidade e porosidade do solo, comprovou maior densidade, maior microporosidade e menor volume total de poros em plantio direto comparado ao sistema de manejo convencional no quarto ano. Após 20 anos, o mesmo autor observou uma maior compactação em ambos os sistemas, argumentando que o sistema de plantio direto passou a ter uma menor compactação, conseqüentemente menor densidade do solo, apresentando tendência para maior porosidade total e macroporosidade em relação ao manejo convencional.

Camargo (1983) argumenta que a compactação subsuperficial em sistemas de manejo convencional é formada pelas rodas do trator que exercem pressão sobre a camada não cortada, sendo que o elemento cortante do arado ou grade também exerce pressão sobre o solo na área de contato, acentuando a

compactação. Essas operações, realizadas sempre nas mesmas profundidades e com os mesmos equipamentos, formam camadas compactadas denominadas pé-de-arado ou pé-de-grade. Maria et al. (1993) mencionam que tal problema não é observado quando se utilizam equipamentos providos de hastes no preparo do solo. Maria et al. (1993) e Vieira (1981), trabalhando em solo argiloso, observaram que o plantio direto proporcionou maior quantidade de raízes em profundidade comparado ao sistema convencional com grade aradora.

A porosidade do solo compreende os espaços vazios entre os agregados, ligados por pequenos vazios entre partículas dentro dos agregados. As características mais importantes da porosidade são o tamanho, distribuição e a continuidade dos poros. A porosidade do solo é constituída pelos microporos ($< 0,05$ mm) e macroporos ($\geq 0,05$ mm), com funções distintas. A maior parte da atividade biológica do solo, especialmente o crescimento de raízes, ocorre nos macroporos, os quais são também responsáveis pelo fluxo de água, calor, gases e solutos, estando também relacionados com a infiltração, condutividade e drenagem de água no solo (Bouma, 1991). Os microporos estão relacionados com a retenção de água e a difusão de nutrientes no solo, além de comportarem o crescimento de bactérias, fungos, pelos radiculares e pequenas raízes laterais.

Secco et al. (1997), estudando atributos físicos em sistemas de manejo em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, encontrou porosidade total de 0,53 e 0,57 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, macroporosidade de 0,20 e 0,29 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e microporosidade de 0,32 e 0,28 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para plantio direto e sistema convencional, respectivamente, na profundidade de 0-7 cm. Da Ros et al. (1997), em estudo semelhante em Latossolo Vermelho-Escuro, encontrou porosidade total de 0,51 e 0,53 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, macroporosidade de 0,18 e 0,20 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e microporosidade de 0,32 e 0,33 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para plantio direto e sistema convencional, respectivamente, após 5 anos de cultivo, não verificando diferenças significativas entre os sistemas.

2.3.2 Estabilidade de agregados

Avaliações quantitativas da estrutura do solo podem ser feitas através de determinações indiretas que avaliam a quantidade de agregados estáveis em água obtidos através do método do peneiramento, ou do método da resistência dos agregados ao impacto de gotas de chuva simulada (energia cinética conhecida) (Silva et al., 1998; Silva et al., 1995). A estrutura do solo pode ser avaliada também através de atributos correlatos como densidade do solo, porosidade e a permeabilidade do solo.

Uma boa estrutura para o crescimento das plantas depende da presença de macroagregados com diâmetro entre 1 e 10 mm estáveis que contenham maior quantidade de poros com mais de 75 μm de diâmetro para que apresentem condições normais de aeração e de poros com diâmetro entre 0,2 e 30 μm em número suficiente para reter água para o crescimento das raízes e dos microrganismos. Estas condições são requeridas para uma melhor atividade microbiana, retenção de água e melhor produtividade (Siqueira, 1993). A melhoria da estrutura é acompanhada pelo aumento da permeabilidade, pelo decréscimo na erodibilidade e pela redução no escoamento superficial da água, e, conseqüentemente, pela redução da erosão hídrica (Wischmeier, 1966).

A determinação da estabilidade de agregados pode ser realizada com e sem pré-umedecimento. O pré-umedecimento evita a rápida absorção de água que causa a expansão desigual dentro dos agregados, produzindo fraturas e fragmentações ao longo dos planos de clivagem e, principalmente, a compressão de ar no interior dos agregados e explosão no interior do agregado, destruindo o agregado quando a pressão excede a coesão das partículas (Rando, 1981). Martinez-Mena et al. (1998) e Oliveira et al. (1983) verificaram maior estabilidade de agregados quando estes foram umedecidos lentamente por capilaridade durante 24 horas.

Estudando a estabilidade de agregados com chuva simulada em agregados com vários teores de umidade, Martinez-Mena et al. (1998) verificaram que a estabilidade dos agregados secos ao ar variaram mais e mostraram menores valores de diâmetro médio geométrico, porém apenas estes se correlacionaram com o carbono orgânico ($r=0,49$). Estes autores afirmam que agregados secos ao ar são os mais sensíveis indicadores de diferenças na estabilidade de agregados, quando comparados aos pré-umedecidos. Campos et al. (1995) e Roth e Haas (1989) encontraram correlações positivas 0,85 e 0,94, respectivamente, entre diâmetro médio geométrico e matéria orgânica, em Latossolos.

Os efeitos da matéria orgânica na agregação estão relatados na literatura por vários autores (Campos et al., 1995; Hadas et al., 1994; Roth et al., 1991; Tisdall e Oades, 1982; Rando, 1981; Troeh et al., 1980).

A matéria orgânica aumenta a estabilidade de agregados devido a sua maior área superficial e capacidade de troca de cátions, possibilitando maior número de ligações eletrostáticas entre esta e as partículas de solo (Angers, 1992). Além disso, o mesmo autor afirma que a decomposição da matéria orgânica por microorganismos resulta na formação de inúmeros compostos, sendo os polissacarídeos um dos mais importantes na cimentação e estabilização dos agregados. Silva et al. (1998), estudando a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva, em Latossolo Vermelho-Escuro com diferentes espécies de plantas de cobertura do solo, verificou que sob braquiária os agregados apresentaram maior resistência ao impacto das gotas de chuva, atribuída à maior taxa de decomposição da matéria orgânica, aumentando a fração de huminas e outros compostos, além do sistema radicular mais extenso e ramificado, que são eficientes na estabilidade dos agregados.

Estudando sistemas de manejo, Castro Filho et al. (1998), verificaram que no sistema de rotação de culturas, na profundidade de 0-10 cm, a

estabilidade de agregados foi 20% superior na rotação milho/trigo/milho, comparada à rotação soja/trigo/soja. Estes resultados foram atribuídos à maior produção de biomassa do milho, proporcionando maior acúmulo de resíduos orgânicos que estimulam a atividade biológica, além do efeito do sistema radicular, resultando em maior estabilidade dos agregados.

Segundo Silva et al. (1998), Silva e Mielniczuk (1998, 1997) e Paladini e Mielniczuk (1991), as gramíneas são eficientes na agregação do solo por apresentarem um sistema radicular fasciculado, melhor distribuído e em constante renovação (Tisdall e Oades, 1979), pela promoção de uma alta atividade microbiana na rizosfera, pela pressão que exercem orientando e aproximando os microagregados (Silva e Mielniczuk, 1998; Tisdall e Oades, 1979) e pelos exsudados orgânicos, que são possíveis agentes efetivos na agregação (Oades, 1984).

Os sistemas de cultivo que revolvem intensamente o solo fracionam os agregados maiores em agregados menores, além de contribuírem para a oxidação da matéria orgânica e redução da atividade biológica, que são imprescindíveis na agregação do solo. A matéria orgânica tem relação direta com a atividade dos microorganismos, dentre estes, fungos e bactérias que têm papel destacado na agregação do solo (Tisdall e Oades, 1979), sendo as hifas de fungos importantes na estabilidade de agregados (Perfect et al. 1990b).

A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção da estabilidade de agregados. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para os microorganismos, que produzem substâncias que atuam como agente de estabilização dos agregados (Campos et al., 1995). Os sistemas de plantio direto reúnem todos os aspectos abordados, além de proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, evitam bruscas variações de

temperatura e variações no teor de umidade do solo, favorecendo a atividade microbiana e conseqüentemente a estabilidade de agregados.

Uma série de trabalhos tem observado uma maior estabilidade de agregados do solo em sistema de plantio direto, entre estes podemos citar os estudos de Castro Filho et al. (1998), Secco et al. (1997), Campos et al. (1995), Albuquerque et al. (1994), Reinert (1993), Sá (1993) e Sidiras e Pavan (1985). Estas observações estão relacionadas à não mobilização do solo e à deposição de matéria orgânica na superfície do solo, incrementando a atividade biológica.

Carpenedo e Mielniczuk (1990) estudaram a estabilidade estrutural dos agregados em condições de mata e campo nativo e verificaram que houve redução da agregação quando os solos foram submetidos à aração e à gradagem para o cultivo de trigo e soja. Segundo Da Ros et al. (1997), o diâmetro médio geométrico dos agregados no tratamento com plantio direto, após cinco anos de cultivo, foi equivalente estatisticamente ao campo nativo, diminuindo com o aumento da intensidade de preparo do solo, com valores de 2,96 vezes menores com o uso de preparo convencional, comparado ao campo nativo. Já Secco et al. (1997), Campos et al. (1995) e Reinert (1993) constataram que no sistema de plantio direto o diâmetro médio geométrico dos agregados foi cerca de 2 vezes maior que no sistema de plantio convencional. Castro Filho et al. (1998) encontraram diâmetro médio geométrico 70% superior no plantio direto, comparado ao sistema convencional, na camada superficial.

2.3.3 Compactação do solo

O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado com aumento de densidade, em conseqüência da redução do seu volume total de poros e do diâmetro médio dos poros (Peña, 1993) devido à expulsão de ar dos poros do solo, e numa situação mais crítica ocorre também a expulsão da água (Gupta et al., 1989; Gupta e Allmaras, 1987, citados por Dias

Junior, 1994), aumentando a coesividade e o impedimento mecânico ao crescimento radicular.

A compactação do solo desencadeia uma série de danos, como: limitação na absorção de nutrientes pelas plantas, impedimento ao desenvolvimento radicular, redução na infiltração e na redistribuição de água no solo, redução nas trocas gasosas e aumento do processo erosivo, culminando com a redução da produtividade e sustentabilidade.

A compactação é uma consequência da degradação de vários atributos do solo como a densidade do solo, porosidade e estrutura, devido ao manejo incorreto. A compactação do solo ocorre devido ao uso indiscriminado e excessivo de implementos e máquinas agrícolas que trafegam e provocam pressões no solo em condições de umidade inadequada para as operações de preparo que se realizam geralmente na mesma profundidade. Neste contexto, Castro (1995) verificou, em um Latossolo Roxo argiloso, que o sistema convencional com a utilização de arado de discos apresentou uma camada compactada aos 20 cm de profundidade.

O penetrômetro tem sido utilizado no campo para diagnosticar áreas com problemas de compactação, pois este instrumento é simples e de fácil utilização. Entretanto, informações de resistência à penetração, obtidas usando penetrômetro, têm que ser cuidadosamente interpretadas devido à influência de diferentes fatores, como: tipo de solo, resistência do solo, grau de umidade, taxa de penetração, tamanho e forma do cone (Perumpral e Mantovani, 1994; Baver et al., 1972).

De acordo com Camargo (1983), a utilização de diferentes penetrômetros em solos com os mesmos atributos podem conduzir a valores diferentes, e a maioria dos penetrômetros possuem diâmetros das extremidades maiores em relação à extremidade das raízes em crescimento, além de que estas não crescem em linha reta e produzem mucilagens que reduzem o atrito destas

com o solo. Assim, valores absolutos obtidos por penetrômetros são superiores aos valores tolerados para o crescimento radicular; por outro lado, valores relativos são de grande utilidade quando se pretende verificar camadas compactadas que restringem o crescimento das raízes em diferentes sistemas de manejo.

A resistência do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritivo ao crescimento radicular acima de certos valores que variam de 1,5 a 3,0 MPa, citados por Grant e Lanfond (1993); e 2,0 a 4,0 MPa, segundo Arshad et al. (1996), sendo ponderados valores superiores em plantio direto, devido à maior continuidade de poros e homogeneidade do solo. Com a diminuição do teor de umidade, ocorre um aumento na resistência à penetração devido à maior coesão entre as partículas (Beltrame et al., 1981), sendo a umidade a capacidade de campo considerada ideal quando se determina a resistência à penetração.

Baldissera et al. (1994) compararam o efeito de dois sistemas de manejo do solo, ou seja, cultivo convencional e plantio direto e a testemunha mata nativa na resistência à penetração em Latossolo Roxo e verificaram que a maior resistência foi constatada no sistema convencional, na ordem de 1,14 e 1,24 MPa, seguida do plantio direto, na ordem de 0,93 e 0,99 MPa, e mata nativa, com valores de 0,34 e 0,31 MPa, respectivamente, para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm.

2.3.4 Retenção de umidade

De acordo com Reichardt (1987), o fator que mais afeta a retenção de umidade é a textura do solo, por determinar a área de contato entre as partículas sólidas e a água e as proporções dos diferentes tamanhos de poros.

As curvas características de umidade do solo, obtidas por umedecimento e secagem, permitem evidenciar a amplitude de variação da água

no solo, importante na disponibilidade de água para as plantas, e são específicas para cada solo e variam entre horizontes de um mesmo solo (Freire, 1975 e Hillel, 1972a).

Dentre as várias informações obtidas pelas curvas de retenção de umidade, tem-se o teor de água disponível, importante para o crescimento radicular, para as reações químicas, movimento e absorção de nutrientes e conseqüente produção das culturas. Eltz et al. (1989), Centurion e Demattê (1985) e Sidiras et al. (1983) encontraram maior retenção de umidade na capacidade de campo em plantio direto na camada superficial, atribuído à maior densidade do solo, e Carvalho et al. (1999), Sidiras et al. (1984) e Vieira (1981) atribuíram a maior retenção de umidade ao maior teor de matéria orgânica em plantio direto. Zimback et al. (1996), estudando sistemas de preparo em Latossolo Roxo, não observaram diferenças na retenção de umidade nas profundidades de 5, 15 e 20 cm entre sistemas de preparo, sendo encontrados valores de 0,325 e 0,266 $m^3 m^{-3}$ em plantio direto e 0,324 e 0,264 $m^3 m^{-3}$ para o sistema de manejo convencional na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente, na profundidade de 5 cm. Quando as amostras foram passadas em malha 0,5 mm, aumentou a retenção de umidade em função do aumento da microporosidade.

Uma série de estudos tem demonstrado maiores valores de retenção de umidade em plantio direto quando comparados ao sistema convencional nas camadas superficiais e essas diferenças entre os sistemas diminuem com o aumento da profundidade (Eltz et al., 1989; Centurion e Demattê, 1985; Sidiras et al., 1983; Vieira, 1981). Estes resultados estão relacionados ao maior teor de matéria orgânica na superfície em plantio direto. Vieira (1981), trabalhando com soja, mostrou que em plantio direto o solo pode conter na profundidade de 0-5 cm, até 15% mais de água disponível em relação ao convencional.

2.3.5 Permeabilidade do solo

A permeabilidade do solo depende da quantidade, continuidade e tamanho de poros, sendo a compactação do solo e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa na condutividade hidráulica (Castro e Vieira, 1996).

Arzeno (1990) ressalta a estreita relação entre continuidade de poros e infiltração de água e que a infiltração de água mostrou-se mais eficaz em detectar variações entre os sistemas de manejo em relação as outras determinações.

A infiltração de água é o reflexo de diferentes atributos físicos do solo como textura, densidade, porosidade, agregação, compactação e outros, bem como o desenvolvimento das culturas (Reinert, 1994).

Na literatura existe uma série de trabalhos definindo os níveis adequados de infiltração de água no solo e uma série de metodologias e equipamentos disponíveis. Entre estes estão os estudos de Sarvasi (1994) que, em sistemas de manejo em Latossolo Roxo, encontrou permeabilidade de 23,02, 24,36 e 61,54 mm h^{-1} para manejo convencional com grade aradora e arado de discos e plantio direto, respectivamente. Castro (1995), em estudo semelhante em Latossolo Roxo, observou permeabilidade de 111,37 e 112,15 mm h^{-1} na superfície e a 20 cm de profundidade, respectivamente, em plantio direto, e 11,88 e 46,15 mm h^{-1} na superfície e a 20 cm de profundidade, respectivamente, em sistema convencional, atribuindo a maior taxa de infiltração em plantio direto à maior atividade biológica, com conseqüente melhoria na estrutura do solo e continuidade de poros. Arzeno (1990) encontrou valores semelhantes e argumentou que a infiltração de água determinada na superfície do solo apresenta valores superiores em plantio direto, apesar da maior densidade do solo e menor macroporosidade. Isto mostra mais uma vez o fato do plantio direto propiciar maior continuidade de poros e melhor estruturação do solo. Roth e

Meyer (1983), trabalhando com chuva simulada em Latossolo Roxo, encontraram taxa de infiltração básica de 59 mm h⁻¹ em plantio direto, e ao retirar a cobertura do solo, a infiltração se reduziu a 17 mm h⁻¹, sendo menor que a infiltração de 28 mm h⁻¹ observada no sistema convencional.

2.4 Matéria orgânica

Maiores teores de matéria orgânica na camada superficial em plantio direto são observados por vários autores (Mello Ivo e Mielniczuk, 1999; Rheinheimer et al., 1998; Castro, 1995; Santos et al., 1995; Eltz et al., 1989; Centurion et al., 1985 e Muzilli, 1983). Segundo estes autores, o não revolvimento do solo favorece a formação de camadas estratificadas de humificação da matéria orgânica e mineralização gradativa de nutrientes. A maior concentração da matéria orgânica na camada superficial em plantio direto promove uma série de benefícios, entre estes, maior atividade biológica, maior retenção de umidade e redução nas perdas por erosão, tornando o solo mais sustentável e com maior capacidade produtiva.

Santos et al. (1995) observaram maiores teores de matéria orgânica no sistema convencional com arado de discos em relação ao plantio direto, nas profundidades de 10-15 e 15-20 cm, atribuídos à incorporação dos restos culturais no sistema convencional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição e localização da área

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, MG, situada entre os paralelos 19° 25' sul e 44° 15' oeste e altitude de 732 m, com temperatura e precipitação média anual de 22,1 °C e 1340 mm, respectivamente.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico, com horizonte A moderado, textura muito argilosa, fase cerrado tropical subcaducifólio e relevo suave ondulado, derivado de rochas pelíticas do grupo Bambuí Proterozóico Superior. O material de origem é produto da alteração das rochas supracitadas (Silva, 1997). Segundo classificação de Köppen, o clima é Aw (tropical estacional de savana).

No anexo estão apresentados os dados dos atributos mineralógicos, químicos e de textura do solo estudado, Tabela 1A, 2A e 3A, respectivamente.

3.2 Sistemas de manejo

Os sistemas de manejo estudados foram:

- 1- Preparo convencional com grade aradora e cultivo contínuo com milho (CGCM).
- 2- Preparo convencional com arado de discos e cultivo contínuo com milho (CDCM).
- 3- Preparo convencional com arado de discos e cultivo em rotação com milho e feijão (CDRMF).
- 4- Plantio direto e cultivo contínuo com milho (PDCM).
- 5- Plantio direto e cultivo com rotação com milho e feijão (PDRMF).
- 6- Cerrado nativo (CN).

Os sistemas de manejo com rotação de culturas foram conduzidos desde 1992, sendo os sistemas de manejo sem rotação de culturas realizados a partir de 1994.

3.3 Semeadura das culturas

O milho foi semeado anualmente em outubro e, após a colheita em abril, foi semeado o feijão nos sistemas com rotação de culturas. O experimento foi irrigado de acordo com a necessidade.

3.4 Amostragem

Em abril de 1998 foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, em três repetições, nas profundidades de 0-5, 5-20 e 20-30 cm, para determinações físicas e químicas em laboratório.

3.5 Produtividade do milho e feijão

A produtividade do milho e do feijão em kg ha⁻¹ foram obtidas em área de 10 m² por unidade experimental, sendo a umidade corrigida para 15,5 e 13%, para milho e feijão, respectivamente. No anexo (Tabela 4A), estão apresentados os dados detalhados de produtividade do milho e do feijão

3.6 Análises físicas

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método de Bouyoucos (EMBRAPA, 1979), empregando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico na determinação da argila total e sem dispersante para determinação da argila dispersa em água, com agitação rápida (6.000 rpm) durante 20 minutos. O índice de floculação foi calculado pela expressão:

$$IF = \left(\frac{AT - ADA}{AT} \right) * 100$$

onde:

$AT = \text{argila total, g kg}^{-1}$

$ADA = \text{argila dispersa em água, g kg}^{-1}$

A densidade do solo foi determinada em amostras com estrutura indeformada, coletadas com amostrador de Uhland (Blake e Hartge, 1986a), e a densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (Blake e Hartge, 1986b).

O volume total de poros foi determinado segundo Danielson e Sutherland (1986). A distribuição de poros por tamanho (macro e microporosidade) foi determinado em amostras com estrutura indeformada, previamente saturadas durante 24 horas, utilizando-se unidade de sucção a 60 cm de altura de coluna de água. A porcentagem de água retida nas amostras, após atingir o equilíbrio, corresponde à microporosidade, sendo a macroporosidade obtida por diferença entre volume total de poros determinado e a microporosidade (Grohmann, 1960). O volume total de poros bloqueados foi calculado pela diferença entre volume total de poros calculado e volume total de poros determinado.

Agregados com diâmetro de 7,93-4,76 mm foram obtidos através de peneiramento de material indeformado do solo e a estabilidade de agregados determinada através do peneiramento em água, após pré-umedecimento lento dos agregados por capilaridade durante 24 horas e agregados sem pré-umedecimento, utilizando as peneiras de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm. Os resultados foram expressos em diâmetro médio geométrico de acordo com Kemper e Rosenau (1986). A densidade de agregados, em diferentes classes de tamanho, foi realizada segundo metodologia adaptada de Bisal e Hinman (1972), onde utilizou-se 20 g de cimento e 5 g de agregados secos ao ar (Tabela 7A).

Foram feitas também determinações do teor de água retida nas tensões de -0,002; -0,004; -0,006; -0,01; -0,033; -0,1; -0,5 e -1,5 MPa (Klute, 1986), em amostras deformadas passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se as curvas de retenção de umidade, as quais foram ajustadas pela equação proposta por Van Genuchten (1980). O teor de água disponível foi calculado pela diferença entre água retida na capacidade de campo (-0,01 MPa) e ponto de murcha permanente (-1,5 MPa). Foram coletadas amostras para a determinação da umidade volumétrica atual pelo método padrão da estufa.

A permeabilidade do solo foi avaliada no campo através da taxa constante de infiltração de água a 15 cm de profundidade, com duas cargas constantes de 3 e 6 cm de coluna d'água, utilizando o permeâmetro de Guelph (Reynolds et al., 1992).

Foram feitos testes de resistência à penetração vertical utilizando o penetrômetro de impacto (mod. IAA/PLANALSUCAR STOLF), segundo metodologia citada por Stolf et al. (1983), utilizando-se o programa computacional de Stolf (1991) para realização dos cálculos, e os valores obtidos em kgf cm^{-2} foram multiplicados pela constante de 0,098 para transformação em MPa.

A resistência à penetração horizontal foi realizada, com micropenetrômetro (mod. SOILTEST INC. CL-7000), em uma das faces da trincheira aberta em cada unidade experimental (quatro repetições por profundidade), segundo Bradfort (1986), e os valores em kg cm^{-2} foram multiplicados por 0,31 para transformação em MPa, segundo Arshad et al. (1996).

3.7 Matéria orgânica

O teor de carbono orgânico foi determinado pelo método Walkey-Black (EMBRAPA, 1979) e a matéria orgânica foi obtida multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724.

3.8 Análise estatística

A análise estatística dos resultados consistiu da análise da variância, segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, incluindo-se a profundidade de amostragem como subfator. Foi utilizado o teste de Scott e Knott (Scott e Knott, 1974) ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre as médias nos sistemas de manejo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade da cultura do milho e do feijão

A produtividade de milho no ano de 1998 foi superior nos sistemas de manejo convencional com arado de discos, no mesmo sistema de culturas (Figura 1). Entretanto, a produtividade média de milho (Tabela 4A) nos sistemas sem rotação de culturas mostrou valores inferiores no sistema convencional com grade aradora e o plantio direto e o sistema convencional com arado de discos proporcionaram produtividades semelhantes.

Os sistemas com rotação de culturas condicionaram maiores produtividades de milho. No entanto, a produtividade de feijão em 1998 foi superior no sistema de plantio direto (Figura 1).

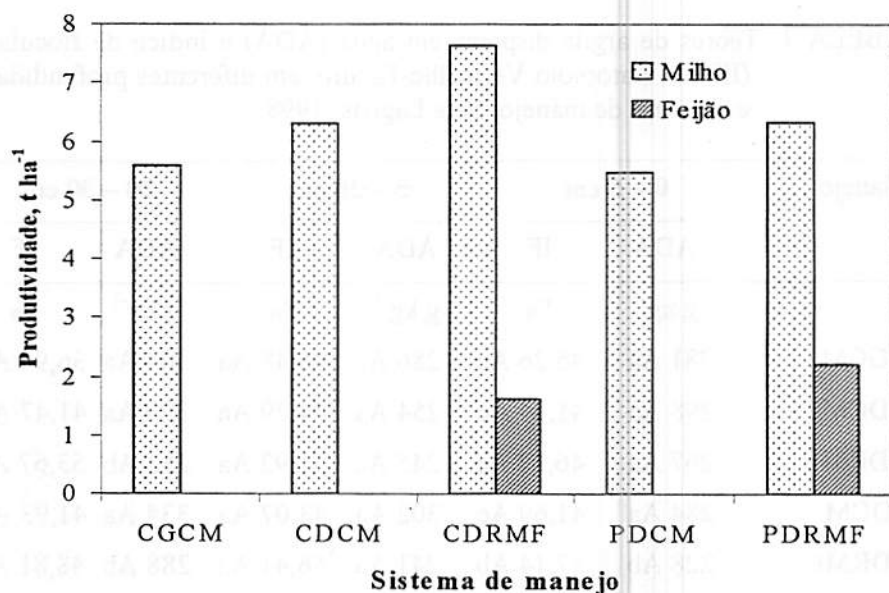
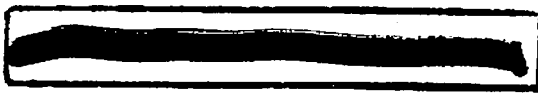


FIGURA 1. Produtividade de milho e feijão no ano de 1998 em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.



4.2 Atributos físicos do solo

4.2.1 Caracterização granulométrica

A textura do solo é uma característica bastante estável e não se altera com os sistemas de manejo em curto período de tempo; portanto, a análise granulométrica foi realizada com a finalidade principal de caracterizar o solo e para calcular o índice de floculação. Na Tabela 3A, em anexo, observa-se que os resultados não demonstraram diferenças entre sistemas de manejo.

O sistema PDRMF proporcionou valores inferiores de argila dispersa em água e, conseqüentemente, superiores de índice de floculação em relação aos sistemas de manejo na camada de 0-5 cm (Tabela 1), coerentes com os maiores teores de matéria orgânica quando comparados aos sistemas de manejo convencional, corroborando Carvalho Junior et al. (1998), que argumentam que o aumento da argila dispersa em água pelo aumento da quantidade de carga

TABELA 1. Teores de argila dispersa em água (ADA) e índice de floculação (IF) em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	0 – 5 cm		5 – 20 cm		20 – 30 cm	
	ADA	IF	ADA	IF	ADA	IF
	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%
CGCM	281 Aa	45,26 Ac	286 Aa	46,48 Aa	364 Aa	36,94 Ab
CDCM	298 Aa	41,44 Ac	254 Aa	54,79 Aa	329 Aa	41,47 Ab
CDRMF	267 Aa	46,77 Ac	245 Aa	51,92 Aa	253 Ab	53,67 Aa
PDCM	284 Aa	41,69 Ac	302 Aa	43,07 Aa	334 Aa	41,93 Ab
PDRMF	228 Ab	57,14 Ab	241 Aa	56,41 Aa	288 Ab	48,81 Aa
CN	161 Ab	71,99 Aa	179 Ab	67,56 Aa	241 Ab	58,80 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para o mesmo parâmetro e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

líquida proporcionado pela matéria orgânica é menor que o efeito cimentante da matéria orgânica.

Nos sistemas de plantio direto, com os mesmos valores de matéria orgânica, o PDCM propiciou menor valor de índice de floculação. Este fato é atribuído à rotação de culturas com inclusão de feijão no PDRMF, que altera a qualidade da matéria orgânica pelo incremento nos teores de matéria orgânica de rápida decomposição (baixa relação C:N dos restos culturais do feijão) e conseqüentemente liberação de maior quantidade de substâncias que atuam na agregação das partículas (Carvalho Junior et al., 1998). Isto explica o mesmo teor de matéria orgânica apresentado nos sistemas de plantio direto, visto que no PDRMF a adição de restos culturais foi superior.

Na profundidade de 20-30 cm foi observado efeito semelhante, em que o CDCM proporcionou valores inferiores para o índice de floculação, com o mesmo teor de matéria orgânica, ocorrendo o mesmo para o CN, onde não ocorreu redução da argila dispersa na mesma proporção da alteração dos teores de matéria orgânica, que foram bastante superiores nas camadas superficiais. Tal tendência sugere que a qualidade e ciclagem da matéria orgânica são fundamentais na floculação das argilas, conferindo uma melhor estrutura ao solo, corroborando Carvalho Junior et al. (1998) que, em sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho-Escuro, encontraram índices de floculação superiores para o cerrado em relação ao preparo convencional com arado de discos e rotação milho e soja. Em estudo semelhante, Blancaneaux et al. (1997), investigando sistemas de manejo com sucessão trigo e soja em Latossolo Roxo, encontraram menor índice de floculação, na profundidade de 0-20 cm, para o cultivo convencional com arado de discos comparado ao plantio direto.

4.2.2 Densidade de partículas, densidade e porosidade do solo

Os valores de densidade de partículas encontrados neste estudo (Tabela 2) corroboram Secco et al. (1997), que encontraram $2,62 \text{ Mg m}^{-3}$ e Da Ros et al. (1997), que obtiveram $2,69 \text{ Mg m}^{-3}$, ambos estudos em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

A densidade de partículas foi superior no CGCM e CDCM na profundidade de 0-5 cm relacionando-se aos menores teores de matéria orgânica. Resultados semelhantes foram obtidos por Reichardt (1975), que menciona ser a densidade de partículas não influenciada por alterações mecânicas e sua variação está associada à constituição mineralógica e ao conteúdo de matéria orgânica, sendo mais afetada pelo tipo de manejo utilizado.

O CDCM na profundidade de 5-20 cm com maior densidade de partícula não condiz com o teor de matéria orgânica, discordando da literatura em que a densidade de partícula oscila em função do teor de matéria orgânica quando a textura e a mineralogia não variam. Abrão et al. (1979), trabalhando em Latossolo Roxo com sistemas de preparo do solo, também não encontraram boas associações entre matéria orgânica e densidade de partículas.

Os valores de densidade do solo variaram de $0,83$ a $1,19 \text{ Mg m}^{-3}$ para o CN e PDCM, respectivamente (Tabela 2). Estes resultados foram inferiores a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, que restringe o crescimento radicular em solo argiloso, segundo Arshad et al. (1996).

Ao se analisar os sistemas de plantio direto na profundidade de 0-5 cm, observa-se que o PDRMF condicionou menor densidade do solo em relação ao PDCM. Isto provavelmente se deve à maior atividade biológica e decomposição do sistema radicular no sistema com rotação de culturas.

A densidade do solo foi superior, com conseqüente menor volume total de poros no PDCM, na profundidade de 0-5 cm (Tabela 2). Tal fato decorre

TABELA 2. Atributos físicos em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	Dp ¹ Mg m ⁻³	Ds ²	VTP ³ m ³ m ⁻³	Microporos	Macroporos	VTPB ⁴ %
0 – 5 cm						
CGCM	2,68 Aa	1,07 Ab	0,59 Ab	0,39 Ab	0,19 Ab	1,51 Ab
CDCM	2,71 Aa	1,10 Ab	0,59 Ab	0,42 Aa	0,17 Ab	0,26 Ab
CDRMF	2,63 Ab	1,03 Ab	0,60 Ab	0,39 Ab	0,18 Ab	2,94 Aa
PDCM	2,63 Bb	1,19 Aa	0,54 Bc	0,42 Aa	0,13 Ab	0,58 Ab
PDRMF	2,64 Ab	1,06 Ab	0,59 Bb	0,39 Ab	0,16 Bb	3,73 Aa
CN	2,65 Ab	0,85 Ac	0,67 Aa	0,36 Ac	0,27 Aa	3,32 Aa
5 – 20 cm						
CGCM	2,67 Ab	1,11 Aa	0,58 Ac	0,41 Aa	0,16 Ac	1,02 Ab
CDCM	2,75 Aa	1,10 Aa	0,59 Ac	0,41 Aa	0,16 Ac	2,08 Ab
CDRMF	2,62 Ab	0,98 Ab	0,62 Ab	0,37 Ab	0,21 Ab	3,17 Aa
PDCM	2,67 Bb	1,11 Aa	0,58 Ac	0,41 Aa	0,17 Ac	0,90 Ab
PDRMF	2,66 Ab	0,97 Bb	0,63 Ab	0,37 Ab	0,21 Ab	4,92 Aa
CN	2,62 Ab	0,83 Ac	0,68 Aa	0,34 Ab	0,29 Aa	4,15 Aa
20 – 30 cm						
CGCM	2,73 Aa	1,12 Aa	0,58 Ab	0,41 Aa	0,16 Ab	1,19 Ab
CDCM	2,74 Aa	1,04 Aa	0,61 Ab	0,41 Aa	0,19 Ab	1,22 Ab
CDRMF	2,66 Ab	0,94 Ab	0,64 Aa	0,36 Ab	0,21 Aa	6,48 Aa
PDCM	2,72 Aa	1,10 Aa	0,59 Ab	0,40 Aa	0,17 Ab	1,54 Ab
PDRMF	2,65 Ab	0,92 Bb	0,64 Aa	0,35 Ab	0,24 Aa	4,82 Aa
CN	2,69 Ab	0,88 Ab	0,66 Aa	0,37 Ab	0,24 Aa	4,80 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna comparando profundidades e médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

¹ Densidade de partículas.

² Densidade do solo.

³ Volume total de poros.

⁴ Volume total de poros bloqueados.

principalmente do não revolvimento do solo e do tráfego de máquinas. O aumento da densidade do solo na camada superficial em plantio direto nos primeiros anos de condução de experimentos foi também observado por vários autores (Silveira et al., 1997; Zimback et al., 1996; Klein, 1996; Urchei e Rodrigues, 1996; Sarvasi, 1994; Centurion e Demattê, 1985; Vieira e Muzilli, 1984).

De acordo com a literatura, a maioria dos trabalhos aponta para uma compactação na camada superficial em sistemas de plantio direto, em experimentos de curta duração. Henklain (1997), após 20 anos, observou menor densidade do solo e tendência para maior volume total de poros e microporosidade em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional.

A diminuição da densidade do solo e aumento da macroporosidade, com o passar do tempo, em sistema de plantio direto em relação ao sistema convencional, deve-se aos canais deixados pelas raízes que se decompõem e ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, que aumenta a atividade biológica (meso e macrofauna) e conseqüentemente melhora as propriedades físicas do solo. Corsin e Ferraudo (1999) afirmam que a partir do quarto ano o plantio direto começa a recuperar a estrutura, a densidade e porosidade do solo, sendo equivalente ao sistema convencional no oitavo ano, e posteriormente o plantio direto começa a se destacar com melhor estrutura.

No PDRMF ocorreu redução da densidade do solo com a profundidade (Tabela 2) mostrando o efeito benéfico do sistema de rotação de culturas na descompactação do solo em plantio direto. Os resultados demonstram a importância do tempo na consolidação da estrutura no sistema de plantio direto e que este mantém a sustentabilidade e potencial para cultivos sucessivos com menores danos à estrutura, contrapondo o sistema convencional.

No CDCM, na profundidade de 5-20 cm não houve redução da densidade do solo em função da utilização do arado de discos no preparo do solo, o qual atua até a profundidade de 20-25 cm aumentando os espaços aéreos (macroporosidade) e diminuindo a densidade do solo, mas observou-se redução da densidade quando foi utilizado arado de discos e rotação de culturas no CDRMF. Secco et al. (1997), trabalhando com Latossolo Vermelho-Escuro e sistemas de preparo, encontraram menor densidade do solo no sistema convencional com arado de discos em relação ao plantio direto, nas profundidades de 0-7, 7-14 e 14-21 cm.

Nas profundidades de 5-20 e 20-30 cm, os sistemas de manejo com rotação de culturas não diferiram quanto a densidade do solo (Tabela 2), demonstrando o efeito da rotação de culturas na redução da compactação do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Hurd e Spratt (1982) com a utilização de guandu na rotação.

O volume total de poros variou inversamente com a densidade do solo (Tabela 2), e os sistemas de plantio direto apresentaram menor volume total de poros na camada de 0-5 cm em relação às camadas inferiores. O CDCM e o PDCM apresentaram microporosidade significativamente maior na profundidade de 0-5 cm, evidenciando a eficiência dos sistemas de rotação de culturas na melhoria da estrutura do solo. No CGCM percebe-se o efeito da maior mobilização superficial do solo pela grade aradora na redução da microporosidade.

Observou-se macroporosidade significativamente menor no PDRMF na profundidade de 0-5 cm em relação às demais profundidades, condizente com o maior tráfego de máquinas, comparado, ao PDCM, e coerente com a maioria dos trabalhos que mencionam menor volume total de poros e menor macroporosidade em plantio direto na camada superficial (Secco et al., 1997; Urchei e Rodrigues, 1996; Lier e Trein, 1996). Já nas profundidades de 5-20 e

20-30 cm detectou-se menor macroporosidade e maior microporosidade no CGCM, CDCM e PDCM, condizentes com os maiores valores de densidade de solo (Tabela 2).

O volume total de poros foi superior no CDRMF, PDRMF e CN nas profundidades de 5-20 e 20-30 cm e na camada de 0-5 cm o PDCM apresentou o menor volume total de poros. A maior porcentagem de poros bloqueados foi encontrada no CDRMF, PDRMF e CN em todas as profundidades (Tabela 2), em função da maior atividade de microorganismos devida à rotação milho/feijão. Neste sentido, Seki et al. (1998), estudando o efeito de microorganismos na condutividade hidráulica saturada (K_s), verificaram redução na K_s ao adicionar glicose ao solo. Os autores apontam o fechamento de poros por células microbianas, seus produtos sintetizados e formação de bolhas de gás como responsáveis pela redução. Após adicionar sódio eliminando os microorganismos, aumentou a K_s devido à diminuição da atividade biológica.

Um aspecto pouco discutido em trabalhos que investigam sistemas de manejo no cerrado é o efeito dos sistemas de culturas, que neste trabalho tiveram acentuada influência na densidade e porosidade do solo. Com exceção da camada superficial, estes atributos tiveram influência positiva do sistema de rotação de culturas com inclusão de feijão, não demonstrando diferenças entre sistemas de preparo com o mesmo sistema de culturas. Isto é atribuído ao maior aporte de matéria orgânica e, no caso do feijão, a adição de matéria orgânica de fácil decomposição, que aumenta a atividade biológica e conseqüentemente aumenta a porosidade e melhora a estrutura do solo.

É importante ressaltar, ainda, que em solos tropicais no cerrado, os períodos de veranicos, associado a maiores temperaturas que aceleram a decomposição da matéria orgânica, levam à necessidade de contínuo aporte de matéria orgânica para manter a estrutura do solo em condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas.

4.2.3 Estabilidade de agregados

Os valores obtidos para diâmetro médio geomérico foram superiores nos agregados pré-umedecidos por capilaridade (Figura 2, Tabela 5A) devido à não compressão do ar no interior dos agregados, o que pode causar o rompimento dos agregados quando estes são umedecidos rapidamente.

Os resultados da estabilidade de agregados, representados pelo diâmetro médio geomérico e distribuição de agregados nas classes > 2, 2-1 e < 1 mm (Figura 2 e 3, Tabela 5A e 6A), sem e com pré-umedecimento dos agregados, não indicam valores relativos semelhantes, pressupondo conclusões diferentes, com coeficiente de correlação $r = 0,63$ entre os métodos.

Oliveira et al. (1983) e Martinez-Mena et al. (1998) argumentam que agregados secos ao ar são mais sensíveis indicadores da estabilidade de agregados e que apenas estes se correlacionaram com o carbono orgânico.

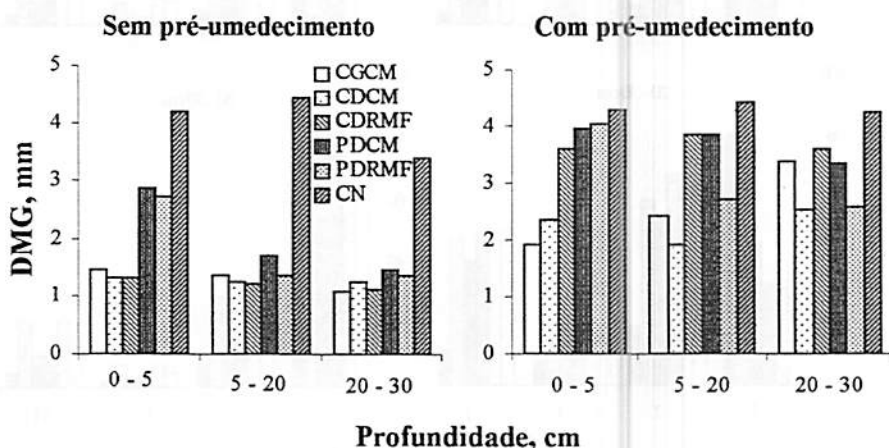


FIGURA 2. Diâmetro médio geomérico dos agregados sem e com pré-umedecimento, em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

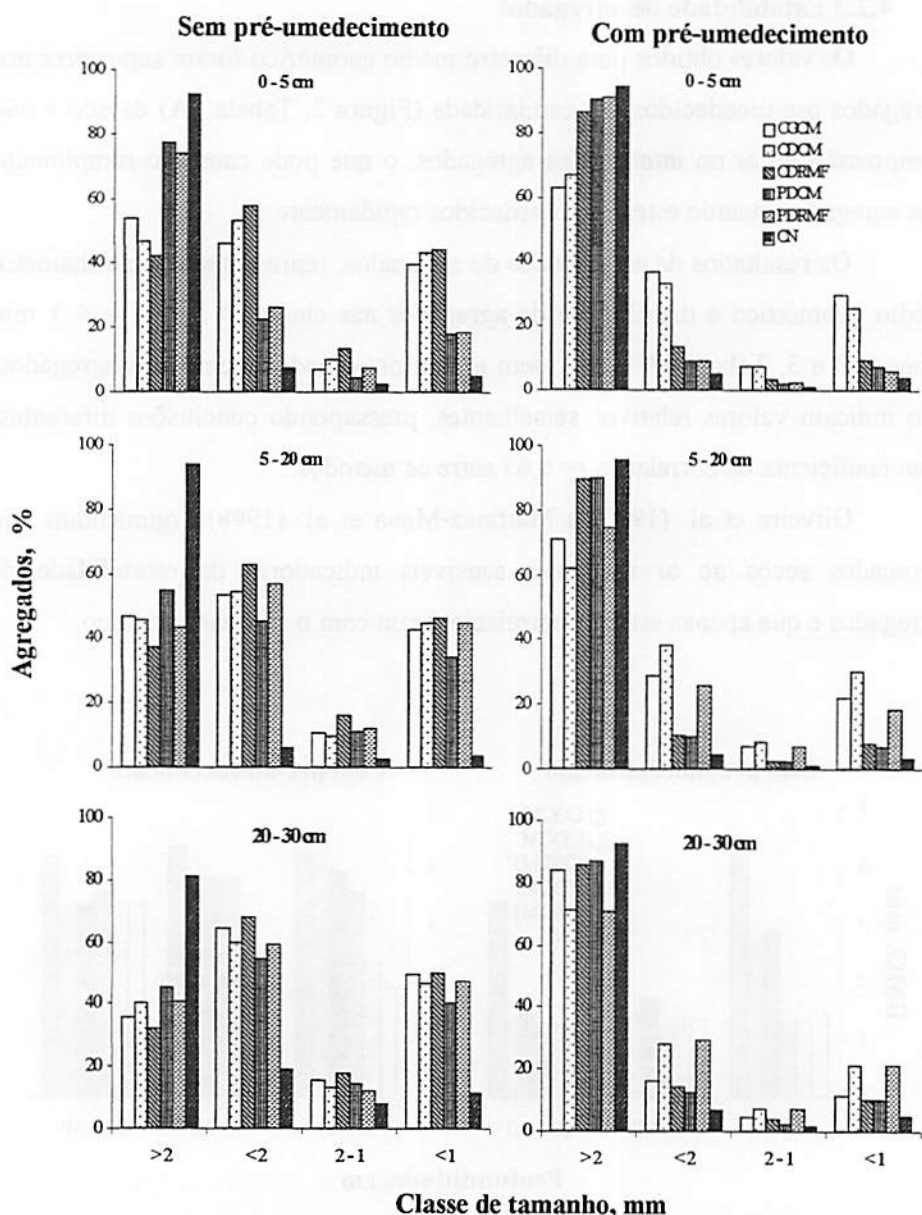


FIGURA 3. Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água sem e com pré-umedecimento dos agregados, em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Em função dos agregados secos ao ar serem mais representativos das condições naturais que ocorrem no campo e da maior reprodutibilidade obtida neste trabalho, serão discutidos os dados decorrentes dos agregados secos ao ar e imersos diretamente em água no momento da tamisagem.

Os sistemas de manejo propiciaram diâmetro médio geométrico inferior em mais de 32% comparado ao cerrado nativo em todas as profundidades. Isto permite inferir que todos os sistemas de manejo causaram efeitos negativos na estabilidade de agregados, sendo estes mais pronunciados nos sistemas de manejo convencional, que foram mais de 1,86 e 2,85 vezes menores que o plantio direto e cerrado nativo, respectivamente. Estes valores de diâmetro médio geométrico superiores no plantio direto comparado ao sistema convencional concordam com os estudos de Castro Filho et al. (1998), Da Ros et al. (1997), Secco et al. (1997), Campos et al. (1995), Albuquerque et al. (1994) e Reinert (1993).

No CN foram observados os maiores valores de diâmetro médio geométrico em todas as profundidades, relacionados aos maiores teores de matéria orgânica, que têm acentuada influência na agregação e a melhor distribuição do sistema radicular das plantas.

Os sistemas de manejo convencional não diferiram entre si na profundidade de 0-5 cm, porém mostraram os menores valores de diâmetro médio geométrico (Figura 2, Tabela 5A) e menor porcentagem de agregados na classe > 2 mm (Figura 3, Tabela 6A), corroborando Carvalho et al. (1999), Castro Filho et al. (1998), Da Ros et al. (1997), Campos et al. (1995) e Oliveira et al. (1983). Isto se deve ao revolvimento do solo pelas operações de preparo do solo nestes sistemas que fracionam os agregados maiores em agregados menores e causam maior oxidação da matéria orgânica por microorganismos pelo maior contato com o solo, comprovado pelo menor teor de matéria orgânica nestes sistemas.

Nos sistemas de plantio direto, foram observados os maiores valores de diâmetro médio geométrico e menores valores de agregados < 1 mm na profundidade de 0-5 cm. Este resultado pode ser atribuído, à menor mobilização do solo, ao maior teor de matéria orgânica na superfície e a sua decomposição, que resulta em ligantes orgânicos. Isto condiciona uma maior resistência do solo ao impacto das gotas de chuva, perdas de solo, água e nutrientes por erosão. A maior agregação em plantio direto na camada superficial foi verificada em vários trabalhos (Carvalho et al., 1999; Castro Filho et al., 1998; Campos et al., 1995; Albuquerque et al., 1994; Reinert, 1993; Sá, 1993; Sidiras e Pavan, 1985).

Percebe-se que no PDCM a maior percentagem de agregados na classe > 2 mm, em detrimento da classe de 2-1 mm, não implicou na classe < 1 mm, comparado, ao PDRMF, na profundidade de 0-5 cm, indicando que pequenas alterações na maior classe são refletidos na classe 2-1 mm (Figura 3).

Em relação aos sistemas de culturas utilizados, verificou-se que os sistemas de rotação de culturas com inclusão do feijão não tiveram influência na agregação do solo, deduzindo-se que os restos culturais do feijão, apesar de menor eficiência na agregação em relação a gramíneas com alta relação C:N e sistema radicular fasciculado, foram decompostos rapidamente e o teor de matéria orgânica e a atividade biológica diminuíram, comparável aos sistemas de manejo sem rotação. Portanto, levando-se em consideração a época de amostragem que foi realizada 8 meses após a colheita do feijão e que os resíduos culturais das plantas de cobertura leguminosas se reduzem a quase 50% em apenas 45 dias (Beutler, 1995)¹, possivelmente se as determinações tivessem sido realizadas após a colheita do feijão, essas diferenças poderiam ser maiores.

Em síntese, a estabilidade de agregados teve influência positiva do sistema plantio direto apenas na profundidade de 0-5 cm. Mesmo sem benefícios do sistema de rotação na agregação na época amostrada, é conveniente sua

¹ Dados não publicados.

utilização quando analisamos outros atributos físicos e biológicas do solo e as melhorias na fertilidade do solo.

4.2.4 Resistência do solo à penetração

A resistência à penetração vertical (Figura 4, Tabela 8A) e horizontal (Figura 5, Tabela 9A) apresentaram as mesmas tendências, no entanto, a resistência à penetração horizontal revelou valores absolutos menores e maiores detalhes entre os sistemas de manejo. O CN propiciou menor resistência à penetração em função da menor densidade do solo, maior macroporosidade e volume total de poros.

Nos sistemas de manejo foi verificado um gradiente crescente de resistência à penetração vertical com o aumento da profundidade atingindo a máxima resistência a 15-20 cm e 20-30 cm para os sistemas de plantio direto e manejo convencional com arado de discos (Figura 4), respectivamente, caracterizando camadas compactadas nestas profundidades, não confirmadas por maior densidade, microporosidade e menor macroporosidade do solo. Neste sentido, Sarvasi (1994) argumenta que a densidade do solo muitas vezes não reflete corretamente os efeitos causados pelos sistemas de manejo do solo.

A resistência à penetração vertical demonstra o efeito benéfico da rotação de culturas na redução da compactação do solo no CDRMF em relação ao CDCM e PDRMF em relação ao PDCM. O maior benefício da rotação de culturas na redução da resistência à penetração no PDRMF deve-se à redução da densidade do solo e ao maior teor de umidade atual (Figura 8), considerando que este apresenta 2 anos a mais de condução, que tem influência positiva na estrutura do solo, neste sistema. Arshad et al. (1996) também verificaram que a resistência mecânica do solo à penetração é acentuadamente dependente do teor de umidade no solo, uma vez que com o aumento do teor de umidade, diminui a coesão entre as partículas e conseqüentemente a resistência à penetração.

Considerando que apenas o PDRMF apresentou valores de umidade atual superior aos sistemas de manejo (Figura 8), a maior resistência à penetração vertical nos sistemas de plantio direto (Figura 4) é atribuído a macroporos de menor tamanho em função do tráfego de máquinas e do não revolvimento do solo, visto que a densidade do solo, a macroporosidade e a umidade atual não possibilitam explicar estes resultados.

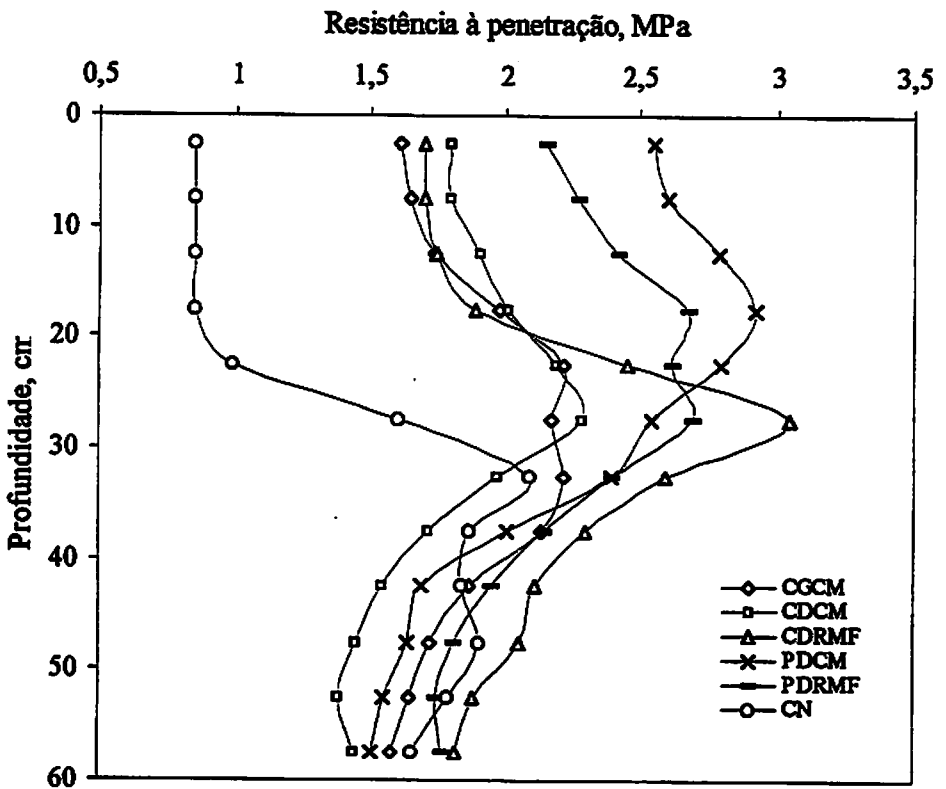


FIGURA 4. Resistência à penetração vertical em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

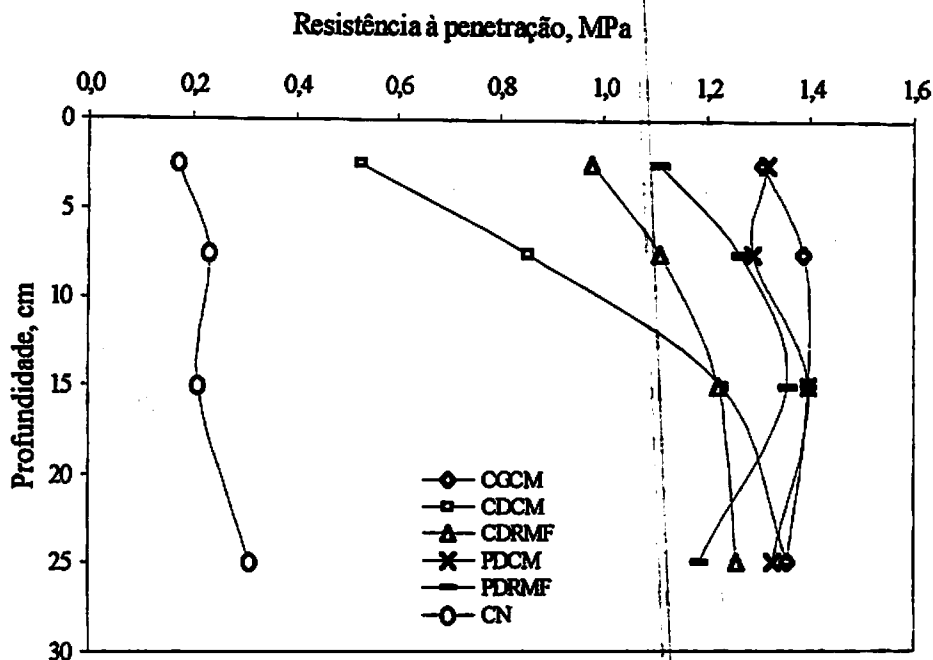


FIGURA 5. Resistência à penetração horizontal em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Blancaneaux et al. (1997) e Baldissera et al. (1994), após vários anos, observaram maior resistência à penetração em sistemas de manejo convencional em relação ao plantio direto, contradizendo os resultados encontrados neste experimento. Isto nos permite reforçar o fato da inversão de valores neste parâmetro com o passar dos anos, em plantio direto, observado também em relação à densidade e porosidade do solo.

É importante ressaltar que no CDRMF, com dois cultivos anuais, ocorreu o maior valor de resistência à penetração vertical (3,04 MPa) na profundidade de 25 cm, caracterizando a ação do arado de discos sempre na mesma profundidade, o que forma uma camada mais compactada, denominada pé-de-arado, que possivelmente restringiu o crescimento radicular, conforme

também observado por Castro (1995) em milho e Maria et al. (1993) em soja, onde a camada compactada aos 25 cm no sistema de manejo convencional com arado de discos restringiu significativamente o crescimento radicular.

Na resistência à penetração vertical, foi verificada com maior precisão a presença de camadas compactadas a 15 cm no PDCM, PDRMF e a 25 cm para o CDCM e CDRMF (Figura 4).

Através da resistência à penetração horizontal, foi possível detectar no PDCM uma compactação na profundidade de 0-5 cm (Figura 5), concordando com o maior valor de densidade do solo e menor volume total de poros. O PDRMF não demonstrou este efeito, atribuído à maior ciclagem da matéria orgânica, maior atividade biológica no solo e a ação escarificadora da adubadeira da semeadora ser mais acentuada em função de dois cultivos anuais e do maior tempo de cultivo.

Observou-se que o CGCM apresentou a maior resistência à penetração horizontal. Isto demonstra a ação da grade aradora na desestruturação do solo, aumento de macroporos menores na camada superficial. A maior resistência à penetração horizontal e menor resistência à penetração vertical no sistema de manejo convencional com grade aradora, em relação ao plantio direto na profundidade de 10-20 cm, foi observada também por Maria et al. (1993) em experimento com 8 anos de condução.

Já no CDCM, a menor resistência à penetração horizontal na camada superficial deve-se à formação de torrões grandes (observação visual no campo), que ao serem atingidos pela extremidade do penetrômetro, se quebram com facilidade.

Os valores de resistência à penetração críticos ao desenvolvimento radicular são divergentes, com valores de 1,5 a 3,0 MPa (Grant e Lafond, 1993). Arshad et al. (1996) argumentam que 2-4 MPa, em solos argilosos, restringe o crescimento radicular; entretanto, em sistemas de plantio direto, valores maiores

são ponderados, pois as raízes crescem por canais contínuos deixados pela fauna do solo e pelo sistema radicular decomposto. Neste estudo, os valores de resistência à penetração horizontal foram inferiores aos valores críticos e, na resistência à penetração vertical, os valores estão na faixa de valores restritivos ao crescimento radicular. Maria et al. (1993) argumentam que no sistema de plantio direto o crescimento do sistema radicular em soja é mais uniforme.

De acordo com o resultados, pode-se inferir que a resistência à penetração vertical e horizontal analisadas em conjunto permitiram detectar camadas compactadas não verificadas através da densidade e porosidade do solo, sendo um método de grande utilidade e de fácil determinação quando o objetivo for determinar camadas compactadas.

4.2.5 Retenção de umidade e umidade atual

As curvas de retenção de umidade mostraram as mesmas tendências entre os sistemas de manejo, sendo que a água retida no ponto de murcha permanente (1,5 MPa) situa-se entre 0,25 e 0,29 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; na capacidade de campo (0,01 MPa), entre 0,33 e 0,48 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, e a água disponível obtida por diferença entre estes dois pontos oscilou de 0,06 a 0,21 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (Figura 6 e Tabela 10A).

A retenção umidade, independente da tensão, tendeu a diminuir com o aumento da profundidade, ocorrendo o mesmo com o teor de matéria orgânica (Tabela 2A), concordando com os resultados encontrados por Castro (1995).

Os sistemas de manejo sem rotação de culturas CGCM, CDCM e PDCM tenderam a reter maior quantidade de água na capacidade de campo (Tabela 10A) e proporcionaram maior teor de água disponível em todas as profundidades (Figura 7). A maior quantidade de água disponível no CN em relação aos sistemas com rotação de culturas deve-se à maior presença de matéria orgânica, que tem acentuada influência na retenção de umidade, atribuído, segundo

Carvalho et al. (1999), às diferenças na microestrutura dos microagregados relacionadas à matéria orgânica.

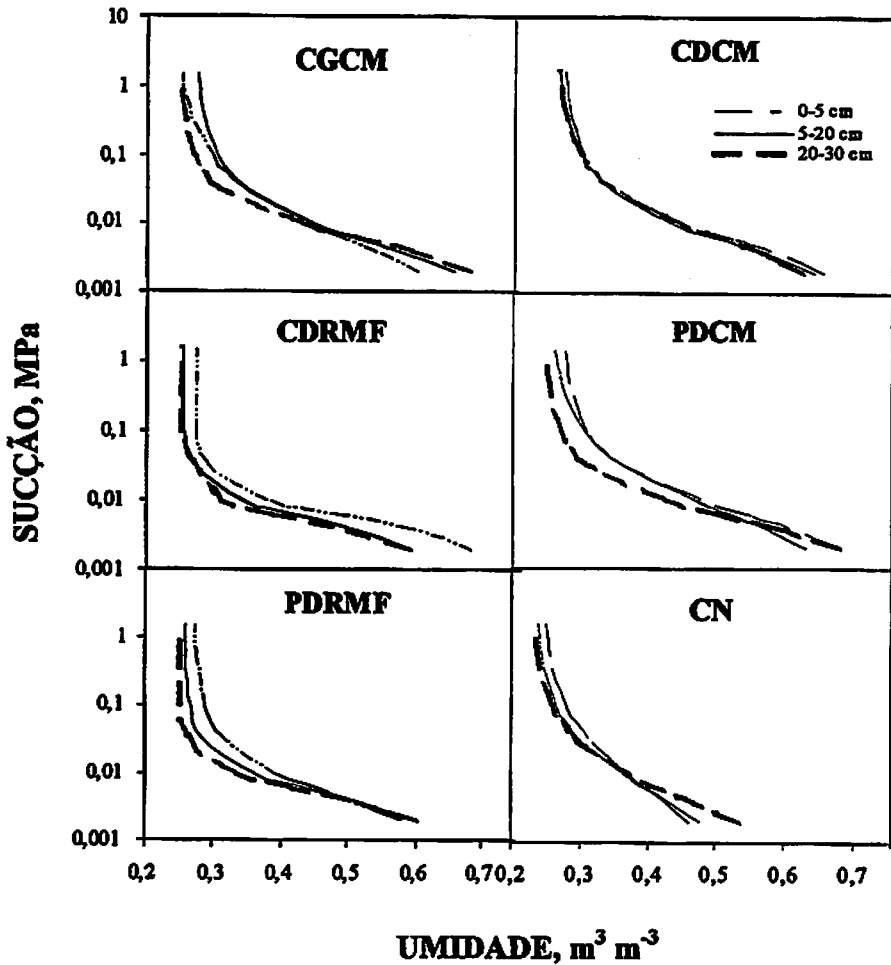


FIGURA 6. Curvas de retenção de umidade em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

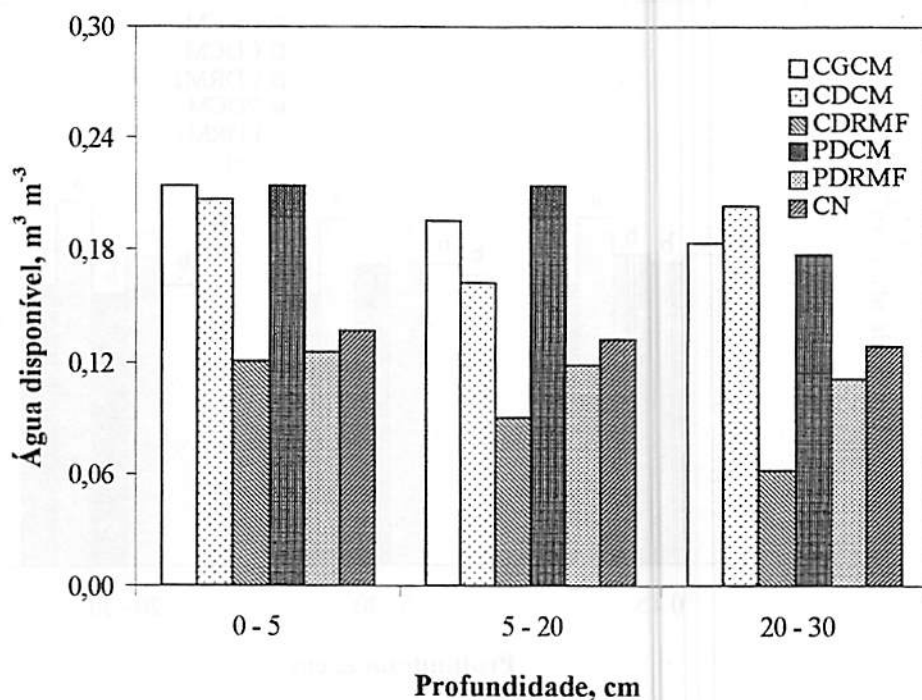


FIGURA 7. Teor de água disponível em Latosolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

A umidade atual foi superior no PDRMF (Figura 8), em todas as profundidades, demonstrando a importância da rotação de culturas no teor de umidade no solo, visto que o PDCM não divergiu dos demais sistemas de manejo.

Outro aspecto observado neste trabalho são os valores idênticos de umidade atual verificados entre as profundidades para o mesmo sistema de manejo, o que não é observado em trabalhos semelhantes, como verificado por Eltz et al. (1989), Centurion e Demattê (1985), Sidiras et al. (1983) e Vieira (1981).

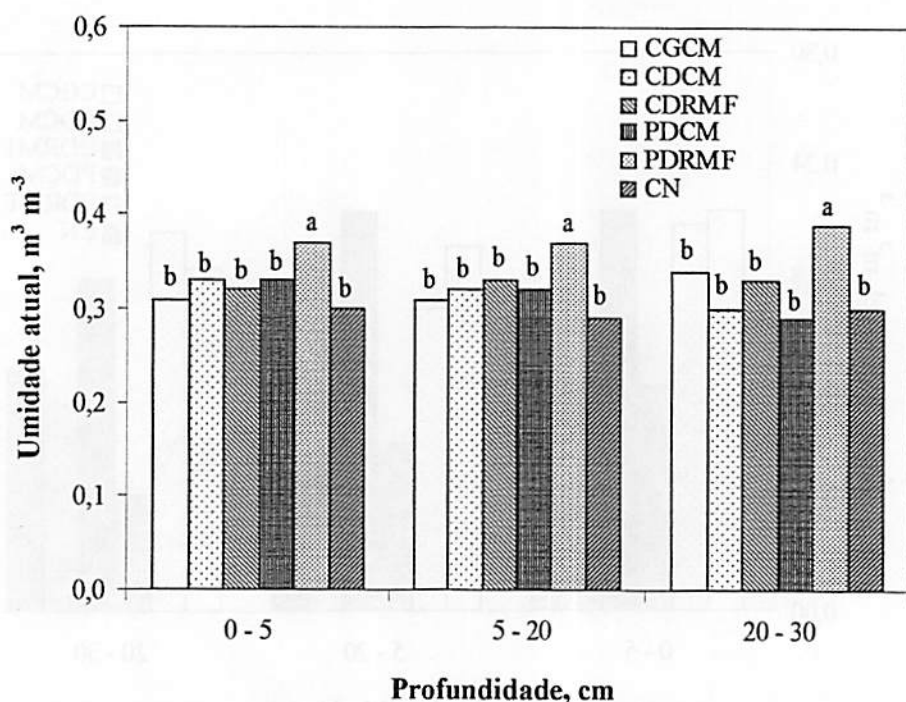


FIGURA 8. Teor de umidade atual em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidade e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

4.2.6 Permeabilidade do solo

A permeabilidade do solo indicou acentuadas diferenças entre as repetições, apresentando um alto coeficiente de variação, concordando com Castro (1995), Sarvasi (1994) e Arzeno (1990). O cerrado nativo se destacou com valor de infiltração de água 6 vezes superior aos sistemas de manejo (Figura 9). Estes resultados estão relacionados ao maior teor de matéria orgânica e à maior macroporosidade.

Não foram observadas diferenças na permeabilidade do solo entre os sistemas de manejo. Estes resultados discordam de Castro (1995), Sarvasi (1994) e Arzeno (1990), que observaram maior permeabilidade do solo em plantio direto, no entanto, Castro (1995) observou um aumento acentuado na

permeabilidade da superfície para a camada de 20 cm no sistema de manejo convencional com arado de discos, sendo os valores sempre inferiores ao sistema de plantio direto.

De acordo com os atributos físicos determinados, era de se esperar maior permeabilidade do solo nos sistemas com rotação de culturas, o que não foi verificado, possivelmente devido ao reduzido número de repetições e ao alto coeficiente de variação.

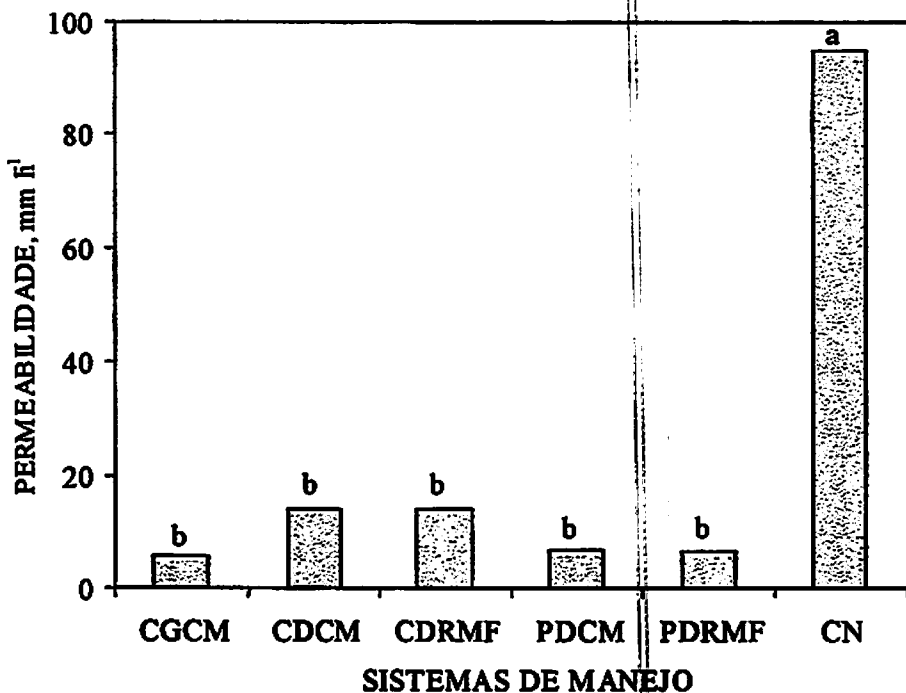


FIGURA 9. Permeabilidade do solo na profundidade de 15 cm em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

4.3 Matéria orgânica

Em relação à matéria orgânica, os sistemas de plantio direto propiciaram maiores valores comparado aos sistemas de manejo convencional, na profundidade de 0-5 cm (Figura 10, Tabela 2A). Este fato se deve à não incorporação dos restos culturais, os quais permaneceram na superfície e, por estarem em menor contato com o solo, a sua decomposição é menor. Além de proteger o solo contra o impacto das gotas de chuva, esta reduz as perdas de solo, água e nutrientes por erosão. Estes dados concordam com Mello Ivo e Mielniczuk (1999), Rheinheimer et al. (1998), Castro (1995); Santos et al. (1995); Eltz et al. (1989); Centurion et al. (1985) e Muzilli (1983).

Não foram verificados incrementos no teor de matéria orgânica pela

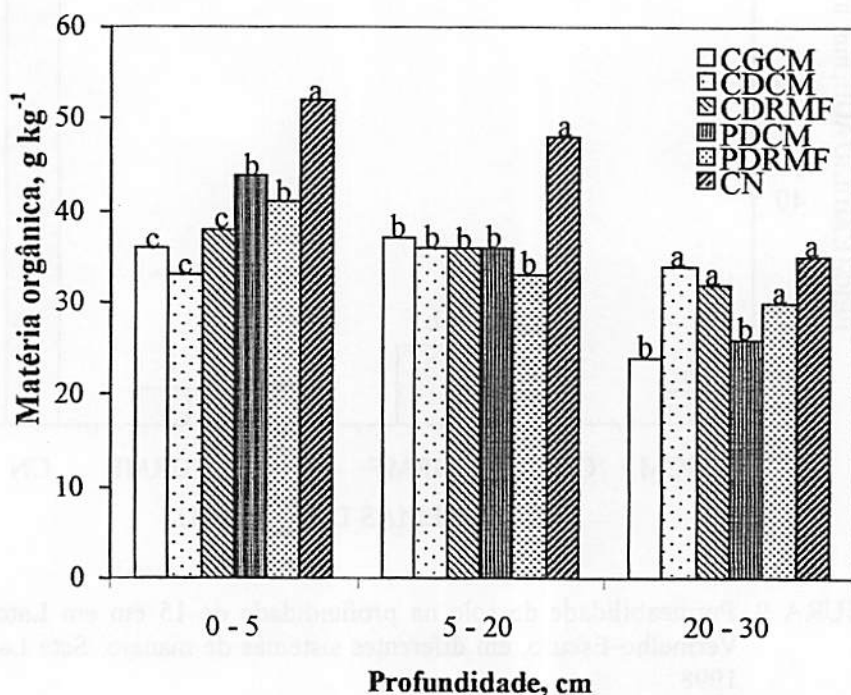


FIGURA 10. Teor de matéria orgânica em Latosolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidade e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

utilização do feijão na rotação de culturas. Estes benefícios proporcionados pela utilização de plantas de cobertura na rotação de culturas, associados à rápida decomposição da matéria orgânica na região dos cerrados, justificam a sua utilização para manter um teor adequado de matéria orgânica no solo e boas produtividades.

Não foram encontradas diferenças na concentração de matéria orgânica entre os sistemas de manejo na profundidade de 5-20 cm, discordando de Santos et al. (1995), que encontraram maior teor de matéria orgânica nas profundidades de 10-15 e 15-20 cm no sistema de preparo convencional em relação ao plantio direto.

Os menores teores de matéria orgânica no CGCM (Figura 10), na profundidade de 20-30 cm, deve-se ao revolvimento mais superficial do solo neste sistema, comparado ao arado de discos que incorpora a matéria orgânica em maiores profundidades. Já o PDRMF, na profundidade de 20-30 cm, propiciou valores semelhantes aos sistemas de manejo com arado de discos, justificando o efeito benéfico da rotação de culturas, no caso, os restos do sistema radicular do feijão, que incrementaram o teor de matéria orgânica nesta profundidade.

4.4 Correlações da matéria orgânica com atributos físicos do solo

A matéria orgânica apresentou correlações significativas com o índice de floculação, comprovando o efeito da matéria orgânica na floculação das argilas, sendo os maiores valores observados na profundidade de 0-5 cm (Tabela 11), corroborando Carvalho Junior et al. (1998). As baixas correlações da matéria orgânica com o volume total de poros e negativas com a densidade do solo demonstram que fatores como o revolvimento do solo e o tráfego de máquinas têm maior influência nestes atributos, corroborando os estudos de

Silveira et al. (1997), Zimback et al. (1996), Klein (1996), Urchei e Rodrigues (1996), Sarvasi (1994), Centurion e Demattê (1985) e Vieira e Muzilli (1984).

TABELA 11. Coeficientes de correlação da matéria orgânica com atributos físicos do solo em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Correlações	Coeficiente de correlação
Profundidade de 0 - 5 cm	
Matéria orgânica x Índice de flocação	0,82 *
Matéria orgânica x Densidade do solo	- 0,59 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros	0,53 ns
Matéria orgânica x Macroporosidade	0,55 ns
Matéria orgânica x Microporosidade	- 0,61 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros bloqueados	0,49 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração vertical	- 0,37 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração horizontal	- 0,41 ns
Com pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,79 *
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,79 *
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,87 *
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,77 *
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,79 *
Sem pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,97 **
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,92 **
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,92 **
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,74 *
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,93 **

(...Continua...)

Correlações	Coefficiente de correlação
Profundidade de 5 - 20 cm	
Matéria orgânica x Índice de floculação	0,70 ns
Matéria orgânica x Densidade do solo	- 0,71 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros	0,71 ns
Matéria orgânica x Macroporosidade	0,77 *
Matéria orgânica x Microporosidade	- 0,57 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros bloqueados	0,23 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração vertical	- 0,86 *
Matéria orgânica x Resistência à penetração horizontal	- 0,92 **
Com pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,58 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,54 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,53 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,60 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,51 ns
Sem pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,95 **
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,93 **
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,93 **
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,83 *
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,93 **

(...Continua...)

Correlações	Coefficiente de correlação
Profundidade de 20 - 30 cm	
Matéria orgânica x Índice de floculação	0,66 ns
Matéria orgânica x Densidade do solo	- 0,69 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros	0,74 *
Matéria orgânica x Macroporosidade	0,66 ns
Matéria orgânica x Microporosidade	- 0,36 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros bloqueados	0,51 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração vertical	- 0,40 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração horizontal	- 0,51 ns
Com pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,05 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	- 0,10 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	0,10 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	0,14 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	0,08 ns
Sem pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,47 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,44 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,44 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,48 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,42 ns

(...Continua...)

Correlações	Coefficiente de correlação
Média das três profundidades	
Matéria orgânica x Índice de floculação	0,89 **
Matéria orgânica x Densidade do solo	- 0,83 *
Matéria orgânica x Volume total de poros	0,85 *
Matéria orgânica x Macroporosidade	0,88 **
Matéria orgânica x Microporosidade	- 0,64 ns
Matéria orgânica x Volume total de poros bloqueados	0,48 ns
Matéria orgânica x Resistência à penetração vertical	- 0,75 *
Matéria orgânica x Resistência à penetração horizontal	- 0,95 **
Com pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,74 **
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,68 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,68 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,68 ns
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,67 ns
Sem pré-umedecimento dos agregados	
Matéria orgânica x Diâmetro médio geométrico	0,94 **
Matéria orgânica x Agregados na classe > 2 mm	0,89 **
Matéria orgânica x Agregados na classe < 2 mm	- 0,89 **
Matéria orgânica x Agregados na classe 2 - 1 mm	- 0,74 *
Matéria orgânica x Agregados na classe < 1 mm	- 0,91 **

** Significativo ao nível de 1 %.

* Significativo ao nível de 5 %.

ns Não significativo.

A qualidade da matéria orgânica (Troesh et al., 1980) tem acentuada importância na atividade biológica e conseqüentemente nos atributos físicos, comprovada pela baixa correlação com o volume total de poros bloqueados, o qual tem alta relação com a atividade biológica no solo. Estes resultados possivelmente estão relacionados à alta relação C:N dos restos culturais do

milho, que resulta em menor atividade biológica, visto que no PDRMF o volume total de poros bloqueados foi superior ao PDCM com os mesmos teores de matéria orgânica e semelhante ao CDRMF com menores teores de matéria orgânica, porém com a inclusão do feijão que apresenta restos culturais com menor relação C:N. Segundo Seki et al. (1998), a maior volume total de poros bloqueados é consequência da maior atividade biológica, resultando em menor condutividade hidráulica saturada.

No entanto, neste estudo, o maior volume total de poros bloqueados não interferiu na permeabilidade do solo possivelmente pela pequena proporção em relação ao volume total de poros. Nota-se que a matéria orgânica teve menor correlação com a estabilidade de agregados em agregados pré-umedecidos, corroborando Oliveira et al. (1983) que, com pré-umedecimento dos agregados, observaram aumento na porcentagem de macroagregados em 7,8 e 17% sob pastagem e sob cultivo, respectivamente. Este acréscimo desordenado na estabilidade de agregados possivelmente explica a menor correlação entre matéria orgânica e estabilidade de agregados com pré-umedecimento. As correlações positivas entre matéria orgânica e estabilidade de agregados concordam com Campos et al. (1995) e Roth e Haas (1989), que encontraram correlações de $r = 0,85$ e $r = 0,94$, respectivamente, entre matéria orgânica e diâmetro médio geométrico. Carvalho et al. (1999) e Oliveira et al. (1983) verificaram maiores valores na classe de agregados > 2 mm com o aumento no teor de matéria orgânica.

5 CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo convencional com arado de discos proporcionaram maior produtividade de milho, no ano de 1998, no mesmo sistema de culturas.

Os sistemas de plantio direto propiciaram diâmetro médio geométrico superior a 1,86 vezes comparado aos sistemas de manejo convencional, na profundidade de 0-5 cm.

Foram verificadas camadas compactadas através da resistência à penetração, na profundidade de 15 cm no solo, em plantio direto com e sem rotação de culturas e, aos 25 cm, nos sistemas com utilização de arado de discos, sendo mais acentuada no sistema convencional com arado de discos e rotação de culturas (3,04 MPa).

O teor de água disponível foi inferior nos sistemas com rotação de culturas e o plantio direto com rotação de culturas propiciou o maior teor de umidade atual no solo.

Não houve diferenças significativas na permeabilidade do solo entre os sistemas de manejo.

O teor de matéria orgânica foi superior nos sistemas de plantio direto na profundidade de 0-5 cm.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.3, p.169-172, 1979.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variação temporal da estabilidade estrutural em Podzólico Vermelho-Amarelo. *Ciência Rural*. Santa Maria, v.24, p.275-280, 1994.
- ANGERS, D.A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfafa. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v.56, p.1244-1249, 1992.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America. 1996. p. 123-141 (SSSA Special publication n.49).
- ARZENO, J.L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em Latossolo Roxo distrófico. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 259p.(Tese de Doutorado)
- BALDISSERA, I.T.; VEIGA, M. da; TESTA, V.M.; JUCKSCH I.; BACIC, I.L.Z. Infiltração de água em solos minerais não hidromórficos de Santa Catarina submetidos a diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: SBCS, 1994. p.418-419.
- BALDISSERA, I.T.; VEIGA, M.; TESTA, V.M.; JUCKSCH, I.; BACIO, I.L.Z. Características físicas em solos de Santa Catarina sob diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: SBCS, 1994. p.416-417.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. *Soil physics*, New York: J. Wiley, 1972. 498p.

- BELTRAME, L. F. C.; GONDIM, L.A.P; TAYLOR, F.C.** Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.5, n.3, p.145-149,1981.
- BISAL, F.; HINMAN, W.C.** A method of estimating the apparent density of soil aggregates. *Canadian Journal of Soil Science*. Saskatchewan, v.52, p.513-514, 1972.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H.** BULK DENSITY. IN: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. v.1, p.363-375.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H.** Partycle density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. v.1, p.377-382.
- BLANCANEUX, P.; SILVA, M.L.N.; CURL, N.; LIMA, J.M. de; FREITAS, P.L. de.** Indicadores da qualidade estrutural do solo sob sistemas de plantio direto e cultivo convencional em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro, 1997 (CD-ROM).
- BOUMA, J.** Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Advances in Agronomy*. v.46, p.2-36, 1991.
- BRADFORD, J.M.** PENETRABILITY. IN: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.443-460.
- CAMARGO, O.A. de.** Compactação do Solo e Desenvolvimento de Plantas. Campinas: Fundação Cargill. 1983. 44p.
- CAMPOS, B.C. de; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.** Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.19, p.121-126, 1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J.** Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.14, p.99-105, 1990.

- CARVALHO JUNIOR, I.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.** Modificações causadas pelo uso e a formação de camada compactada e, ou adensamento em Latossolo Vermelho Escuro textura média, na região dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.22, p.505-514, 1998.
- CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.de S.; COSTA, L.M.da.** Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, n.2, p.257-265, 1999.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L.** Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.22, p.527-538, 1998.
- CASTRO, O. M. de.** Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.), Piracicaba: ESALQ-USP. 1995. 174p. (Tese de Doutorado).
- CASTRO, O.M. de; VIEIRA, R.S.** Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo sob três sistemas de preparo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO "SOLO-SUELO 96", 13, 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia, 1996 (CD-ROM).
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.** Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.9, n.2, p.263-266, 1985.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M.** Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.9, p.267-270, 1985.
- CORRECHEL, V.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.** Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.23, p.165-173, 1999.
- CORSIN, P.C.; FERRAUDO, A.S.** Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em

Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, p.289-298, 1999.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.21, p.241-247, 1997.

DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. IN: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.443-461.

DIAS JUNIOR, M.S. Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic. East Lansing: Michigan State University, 1994. 114p.(Ph.D. Dissertation)

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises do solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.

FREIRE, J.C. Retenção de umidade em perfil Oxissol do município de Lavras, Minas Gerais. Piracicaba: ESALQ, 1975. 76p. (Dissertação de mestrado)

GRANT, C.A.; LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*. v.73, p. 223-232, May, 1993.

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*. Campinas, v.19, n.21, p.319-328, 1960.

HADAS, A.; RAWITZ, E.; ETKIN, H.; MARGOLIN, M. Short-term variations of soil physical properties a function of the amount and C/N ratio of decomposing cotton residues. I. Soil aggregation and aggregate tensile strength. *Soil e Tillage Research*, Amsterdam, v.32, p183-198, 1994.

HENKLAIN, J.C. Influência do tempo no manejo do sistema de semeadura direta e suas implicações nas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO

- BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro Resumos... Rio de Janeiro, 1997 (CD-ROM)**
- HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; OLIVEIRA, E.L. de. Resistência do solo pelo efeito dos métodos de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro, 1997 (CD-ROM)**
- HILLEL, D. Hysteresis. In: Soil and water physical principles and processes. New York: Academic Press. 1972a, p.65-68.**
- HURD, E.A.; SPRATT, E.D. Root patterns in crops as related to water and nutrient uptake. In: GUPTA, U.S., (Ed.) Physiological aspects of dryland farming. New Delhi: Oxford & Ibh, 1982. Cap.3, p.167-235.**
- KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison: American Society of Agromony, 1986. v.1, p.499-509.**
- KLEIN, V.A. Densidade do solo em área com plantio direto submetido a diferentes manejos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO "SOLO-SUELO 96", 13, 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia, 1996 (CD-ROM).**
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A., (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison: American Society of Agromony, 1986. v.1, p.635-662.**
- LIER, Q. de J. van; TREIN, C.R. Influência do manejo agrícola sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo na região das missões (RS), In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO "SOLO-SUELO 96", 13, 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia, 1996 (CD-ROM)**
- MARIA, I.C. de; CASTRO, O.M. de; SOUZA DIAS, H.de. Atributos físicos e desenvolvimento radicular de soja em solo argiloso sob diferentes métodos de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. Resumos... Goiânia, 1993, v.3, p.41-42.**
- MARTINEZ-MENA, M.; WILLIAMS, A.G.; TERNAN, J.L.; FITZJOHN, C. Role of antecedent soil water content on aggregates stability in a semi-arid environment, Elsevier, Soil & Tillage Research, v.48, p.71-80, 1998.**

- MELLO IVO, W.M.P.; MIELNICZUK, J.** Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, p.135-143, 1999.
- MUZILLI, O.A.** Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.
- OADES, J.M.** Soil organic matter and structural stability mechanisms and implications for management. *Plant Soil*, Dordrecht, v.76, p.319-337, 1984.
- OLIVEIRA, M.de; CURL, N; FREIRE, J.C.** Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG), *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.3, p.317-322, 1983.
- PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J.** Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho Escuro afetado por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.135-140, 1991.
- PEÑA, U.A.** Efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre atributos físicos de um solo de várzea, cultivado com arroz irrigado. Pelotas: FAEM-UFPel, 1993. 97p. (Dissertação de Mestrado).
- PEREIRA FILHO, I.A.P.; CRUZ, J.C.** Efeitos da rotação de culturas e métodos de preparo de solo na produção de milho e soja. In: *Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa de milho e sorgo 1992-93*, Sete Lagoas, 1994, p.180-181.
- PERFECT, E.B.; KAY, B.D.; Van LOON, E.K.P.** Rates of change in soil structural stability under forages and com. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.54, n.1, p.179-186, 1990b.
- PERUMPRAL, J.V.; MANTOVANI, E.C.** Aplicações do cone penetrômetro In: PUIGNAU, J. *Reunião sobre metodologia para investigação en manejo de suelos*. 1991, Passo Fundo, Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. p.51-55.
- RANDO, E.M.** Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras: ESAL, 1981. 161p. (Dissertação de Mestrado).

- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, 1987. 188p.**
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Piracicaba: CNEN-Fundação Cargill, 1975. 268p.**
- REINERT, D.J. Infiltração de água em pesquisa de manejo do solo. In: PUIGNAU, J. Reunión sobre metodología para investigación en manejo de suelos. 1991, Passo Fundo, Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. p.43-44.**
- REINERT, D.J. Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramínea em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Santa Maria, 1993, 62p. (Tese-Professor titular).**
- RESCK, D.V.S. Plantio direto: desafios para os cerrados. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, FERTIBIO 98, 1998, Caxambu. Resumos... Caxambu, 1998, p.32-33.**
- REYNOLDS, W.D.; VIEIRA, S.R.; TOPP, G.C. An assesment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, v.72, p.489-501, 1992.**
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22, p.713-721, 1998.**
- ROTH, C.; HAAS, U. Efeito das interações físico-químicas do solo na agregação de um Latossolo Roxo. Berlin: Technische Universität Berlin, 1989. 20p. (Relatório final).**
- ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C. de; MEDEIROS, G.B. de. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolos Roxo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, n.3, p.241-248, 1991.**
- ROTH, C.H.; MEYER, B. Infiltrabilidade de um Latossolo Roxo distrófico durante o período vegetativo da soja sob o preparo convencional, escarificação e plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE**

CIÊNCIA DO SOLO, 19., 1983, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: SBCS, 1983, p.101-102.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 1993, 96p.

SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.449-454, 1995.

SARVASI, F. de O.C. Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 147p. (Dissertação de Mestrado)

SCOTT, A.J; KNOTT, M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. **Biometrics**, n.30, p. 507-512, 1974.

SECCO, D.; ROS, C.O.da; FIORIN, J.E.; PAUTZ, C.V.; PASA, L. Efeito de sistemas de manejo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.57-60, 1997.

SEKI, K.; MIYAZAKI, T.; NAKANO, M. Effects of microorganisms on hydraulic conductivity decrease in infiltration. **European Journal of Soil Science**, v.49, p.231-236, 1998.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.249-254, 1985.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.265-268, 1984.

SIDIRAS, N; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo Distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.103-106, 1983.

- SILVA, I. de F. da; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.113-117, 1997.
- SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.22, p.311-317, 1998.
- SILVA, M.L.N. Erosividade da chuva e proposição de modelos para estimar a erodibilidade de latossolos brasileiros. Lavras:UFLA, 1997, 154p. (Tese de Doutorado).
- SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURT, N.; LIMA, J.M.de; MARQUES, J.J.G.de S.e M.; CARVALHO, A.M.de. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.1, p.97-103, 1998.
- SILVA, M.L.N.; CURT, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; LIMA, L.A.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M. Resistência ao salpico provocado por impacto de gotas de chuva simulada em latossolos e sua relação com características químicas e mineralógicas. *Ciência e Prática*, Lavras, v.19, n.2, p.182-188, 1995.
- SILVEIRA, P.M. da; SILVA, J.G. da; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Efeito do sistema de preparo na densidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro, 1997 (CD-ROM).
- SIQUEIRA, J.O. *Biologia do solo*. Lavras: UFLA-FAEPE, 1993, 230p.
- 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*, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. *Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar – Stolf*. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p. (Série penetrômetro de impacto – Boletim n° 1).
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.33, n.1, p.141-163, 1982.

- TISDALL, J.M.; OADES, J.M.** Stabilization of soil aggregates by the root system of ryegrass. *Australian Journal of Soil Research*, v.17, p.429-441, 1979.
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DANAHEUE, R.L.** Soil an water conservation: for productivity and enviroment frotction. New Jersey: Prentice-Hall, 1980, 718p.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.** Efeito do plantio direto e do preparo convencional em alguns atributos fisicos de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado, sob pivô central. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO "SOLO-SUELO 96", 13, 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia, 1996 (CD-ROM).
- VAN GENUCHTEN, M.T.** A closed-form equation for predicting the hidraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, n.5, p.892-898, 1980.
- VIEIRA, M.J.** Propriedades fisicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-30. (IAPAR. Circular, 23).
- VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O.** Características fisicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, 1984.
- WISCHMEIER, W.H.** Surface runoff in relation to physical and management factors. In: PANAMERICAN SOIL CONSERVATION CONGRESS, 1. 1996, São Paulo. *Proceedings...* São Paulo: SBCS, 1966, p.237-244.
- ZIMBACK, C.R.L.; MORAES, M.H.; MARIA, I.C. de; CASTRO, O.M. de.** Influência de diferentes preparos do solo e formas de amostragem na obtenção da retenção de água em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO "SOLO-SUELO 96", 13, 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Águas de Lindóia, 1996 (CD-ROM).

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Atributos mineralógicos em Latossolo Vermelho-Escuro, na profundidade de 0-20 cm, Sete Lagoas.....	62
TABELA 2A	Atributos químicos e matéria orgânica em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	63
TABELA 3A	Textura do solo em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	64
TABELA 4A	Produtividade anual e média de milho e feijão em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	64
TABELA 5A	Diâmetro médio geométrico com pré-umedecimento (DMG¹) e sem pré-umedecimento (DMG²) dos agregados em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	65
TABELA 6A	Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água com e sem pré-umedecimento dos agregados em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	66
TABELA 7A	Densidade de agregados nas diferentes classes de tamanho em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998...	67

TABELA 8A	Resistência do solo à penetração vertical em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	68
TABELA 9A	Resistência do solo à penetração horizontal em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	68
TABELA 10A	Retenção de umidade em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.....	69

TABELA 1A. Atributos mineralógicos em Latossolo Vermelho-Escuro, na profundidade de 0-20 cm, Sete Lagoas.

Ct	Gb	Gt	Hm	Gb/ Gb+Ct	G/ Gt+Hm	<u>SiO₂</u>		<u>Al₂O₃</u>		<u>Fe₂O₃</u>	
..... g kg ⁻¹ g kg ⁻¹					
310	160	9	46	0,34	0,16	12	3	35	19	55	5

Fonte: Silva (1997)

TABELA 2A. Atributos químicos e matéria orgânica em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	Al	Ca	Mg	K	P	pH	H+Al	S	t	T	m	V	MO
	. cmol _c dm ⁻³ .	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	 cmol _c dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³ %...	... %...	g kg ⁻¹
0 – 5 cm													
CGCM	0,2	4,0	1,2	84,5	3,7	5,8	5,0	5,6	5,8	10,6	6,0	53,1	36 Ac
CDCM	0,0	4,3	1,5	79,6	4,0	5,8	3,9	6,0	6,0	9,9	1,2	61,0	33 Ac
CDRMF	0,0	7,6	1,3	194	32,7	6,2	2,8	9,4	9,4	12,2	0,0	76,7	38 Ac
PDCM	0,1	4,8	1,4	110	9,5	5,7	4,3	6,3	6,4	10,6	1,3	30,4	44 Ab
PDRMF	0,0	7,1	1,6	257	45,7	6,5	2,5	9,5	9,5	12,1	0,0	78,9	41 Ab
CN	0,7	3,2	0,8	33,7	2,0	5,1	9,3	4,1	4,8	13,3	16,1	31,1	52 Aa
5 – 20 cm													
CGCM	0,2	4,0	1,2	78,7	5,3	5,7	5,2	5,4	5,6	10,6	5,1	50,7	37 Ab
CDCM	0,0	4,6	1,3	53,6	4,6	5,6	4,8	6,1	6,1	10,9	0,0	55,8	36 Ab
CDRMF	0,0	7,3	1,2	117	38	5,6	3,0	8,8	8,8	11,8	0,0	74,4	36 Ab
PDCM	0,1	4,0	1,7	68,0	10,3	5,7	5,0	5,9	6,0	10,8	1,8	55,4	36 Ab
PDRMF	0,0	5,8	1,2	105	28,0	5,9	3,8	7,2	7,2	11,0	0,0	66,0	33 Ab
CN	0,9	2,7	0,4	21,0	1,7	5,0	9,6	3,1	4,0	12,7	24,0	24,9	48 Aa
20 – 30 cm													
CGCM	0,5	2,3	0,8	26,7	1,3	5,1	5,1	3,1	3,6	8,2	14,0	38,2	24 Bb
CDCM	0,0	4,8	1,2	38,6	3,3	5,6	4,9	6,1	6,2	11,0	1,1	55,7	34 Aa
CDRMF	0,0	6,3	1,3	77,0	13,3	5,8	3,1	7,8	7,8	10,9	0,0	71,4	32 Aa
PDCM	0,5	2,8	0,8	33,0	1,3	5,4	5,7	3,7	4,2	9,5	14,5	40,2	26 Bb
PDRMF	0,0	5,1	1,3	75,0	12,7	6,1	3,4	6,7	6,7	10,1	0,0	66,0	30 Aa
CN	1,3	1,2	0,4	16,0	1,0	4,7	10,3	1,6	2,9	11,8	46,2	13,3	35 Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna comparando profundidades e médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

TABELA 3A. Textura do solo em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	0-5 cm			5-20 cm			20-30 cm		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
g kg ⁻¹								
CGCM	517Aa	246Aa	237Aa	536Aa	273Aa	191Aa	578Aa	218Aa	204Aa
CDCM	508Aa	290Aa	202Aa	565Aa	259Aa	176Aa	562Aa	261Aa	177Aa
CDRMF	508Aa	259Aa	233Aa	510Aa	248Aa	242Aa	547Aa	245Aa	208Aa
PDCM	493Aa	282Aa	225Aa	534Aa	257Aa	209Aa	578Aa	228Aa	194Aa
PDRMF	537Aa	229Aa	234Aa	552Aa	240Aa	208Aa	567Aa	214Aa	219Aa
CN	582Aa	234Aa	184Aa	547Aa	256Aa	197Aa	590Aa	231Aa	179Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna para o mesmo parâmetro e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

TABELA 4A. Produtividade anual e média de milho e feijão em Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	MILHO				FEIJÃO	
	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Média	1997/98
 kg ha ⁻¹					
CGCM	5.098	3.830	4.998	5.577	4.875	--
CDCM	4.855	5.004	4.305	6.284	5.112	--
CDRMF	--	--	--	7.642	--	1.628
PDCM	4.918	5.055	5.009	5.474	5.114	--
PDRMF	--	--	--	6.313	--	2.205



TABELA 5A. Diâmetro médio geométrico com pré-umedecimento (DMG¹) e sem pré-umedecimento (DMG²) dos agregados em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	0 – 5 cm		5 – 20 cm		20 – 30 cm	
	DMG ¹	DMG ²	DMG ¹	DMG ²	DMG ¹	DMG ²
..... mm						
CGCM	1,94 Bb	1,47 Ac	2,44 Bb	1,36 Ab	3,40 Aa	1,08 Ab
CDCM	2,37 Ab	1,34 Ac	1,93 Ab	1,25 Ab	2,52 Ab	1,25 Ab
CDRMF	3,61 Aa	1,34 Ac	3,87 Aa	1,24 Ab	3,62 Aa	1,11 Ab
PDCM	3,97 Aa	2,86 Ab	3,87 Aa	1,71 Bb	3,35 Aa	1,48 Bb
PDRMF	4,04 Aa	2,74 Ab	2,71 Bb	1,37 Bb	2,57 Bb	1,35 Bb
CN	4,29 Aa	4,20 Aa	4,42 Aa	4,40 Aa	4,25 Aa	3,38 Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, para o mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

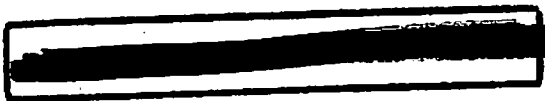


TABELA 6A. Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água com e sem pré-umedecimento dos agregados em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	Com pré-umedecimento				Sem pré-umedecimento			
	>2 ¹	<2	2-1	<1	>2	<2	2-1	<1
..... %								
0-5 cm								
CGCM	63,0Ba	36,9Aa	7,4Aa	29,5Aa	53,5Ab	46,4Aa	6,9Ba	39,5Aa
CDCM	66,9Aa	33,0Aa	7,6Aa	25,4Aa	46,9Ab	53,0Aa	9,9Aa	43,1Aa
CDRMF	86,5Aa	13,4Ab	3,7Aa	9,7Aa	42,2Ab	57,7Aa	13,6Aa	44,0Aa
PDCM	90,7Aa	9,2Ab	1,9Aa	7,3Aa	77,5Aa	22,4Bb	4,3Ba	18,1Bb
PDRMF	91,1Aa	8,8Bb	2,7Ba	6,1Ba	74,0Aa	25,9Bb	7,3Ba	18,5Bb
CN	94,6Aa	5,2Ab	1,0Aa	4,2Aa	92,2Aa	7,7Ab	2,6Ba	5,0Ab
5-20 cm								
CGCM	71,1Ba	28,8Aa	6,8Aa	21,9Aa	46,7Ab	53,2Aa	10,5Ba	42,7Aa
CDCM	61,7Aa	38,2Aa	8,3Aa	29,9Aa	45,5Ab	54,4Aa	9,7Aa	44,7Aa
CDRMF	89,2Aa	10,7Ab	2,6Aa	8,1Aa	37,1Ab	62,8Aa	16,3Aa	46,4Aa
PDCM	90,1Aa	9,8Ab	2,5Aa	7,2Aa	54,7Bb	45,2Aa	10,8Aa	34,3Aa
PDRMF	74,3Ba	25,6Aa	6,8Aa	18,8Aa	42,9Bb	57,0Aa	12,2Aa	44,8Aa
CN	95,4Aa	4,5Ab	1,0Aa	3,5Aa	94,0Aa	5,9Ab	2,2Ba	3,6Ab
20-30 cm								
CGCM	84,0Aa	15,9Bb	4,4Aa	11,4Ba	35,3Ab	64,6Aa	15,4Aa	49,1Aa
CDCM	71,5Aa	28,4Aa	7,3Aa	21,1Aa	40,2Ab	59,7Aa	13,0Aa	46,7Aa
CDRMF	85,4Aa	14,5Ab	4,0Aa	10,4Aa	32,1Ab	67,8Aa	17,6Aa	50,2Aa
PDCM	87,0Aa	12,9Ab	2,3Aa	10,6Aa	45,4Bb	54,5Aa	14,5Aa	39,9Aa
PDRMF	70,7Ba	29,2Aa	7,7Aa	21,5Aa	40,5Bb	59,4Aa	12,3Aa	47,0Aa
CN	92,8Aa	7,1Ab	1,8Aa	5,2Aa	80,7Aa	19,2Ab	7,8Aa	11,4Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna comparando profundidades e médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

¹ Classe de tamanho dos agregados, mm.

TABELA 7A. Densidade de agregados nas diferentes classes de tamanho em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	> 2 mm	< 2 mm	2 – 1 mm	< 1 mm	Média ¹
	Mg m ⁻³				
0 – 5 cm					
CGCM	0,884 Aa	0,954 Aa	0,904 Aa	1,005 Aa	0,947 Aa
CDCM	0,888 Aa	0,904 Aa	0,880 Aa	0,929 Aa	0,906 Aa
CDRMF	0,852 Aa	0,931 Aa	0,892 Aa	0,970 Aa	0,917 Aa
PDCM	0,943 Aa	0,931 Aa	0,929 Aa	0,934 Aa	0,935 Aa
PDRMF	0,815 Aa	0,835 Aa	0,866 Aa	0,805 Aa	0,817 Aa
CN	0,846 Aa	0,936 Aa	0,931 Aa	0,942 Aa	0,907 Aa
5 – 20 cm					
CGCM	0,902 Aa	0,931 Aa	0,907 Aa	0,956 Aa	0,829 Aa
CDCM	0,854 Aa	0,861 Aa	0,872 Aa	0,850 Aa	0,854 Aa
CDRMF	0,914 Aa	0,850 Aa	0,881 Aa	0,820 Aa	0,861 Aa
PDCM	0,823 Aa	0,879 Aa	0,858 Aa	0,900 Aa	0,866 Aa
PDRMF	0,755 Aa	0,757 Aa	0,756 Aa	0,759 Aa	0,756 Aa
CN	0,894 Aa	0,887 Aa	0,878 Aa	0,897 Aa	0,892 Aa
20 – 30 cm					
CGCM	0,863 Aa	0,840 Aa	0,856 Aa	0,824 Aa	0,841 Aa
CDCM	0,852 Aa	0,840 Aa	0,859 Aa	0,821 Aa	0,837 Aa
CDRMF	0,835 Aa	0,807 Aa	0,848 Aa	0,766 Aa	0,802 Aa
PDCM	0,958 Aa	0,874 Aa	0,839 Aa	0,909 Aa	0,913 Aa
PDRMF	0,785 Aa	0,815 Aa	0,799 Aa	0,831 Aa	0,809 Aa
CN	0,859 Aa	0,853 Aa	0,888 Aa	0,819 Aa	0,843 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna comparando profundidades e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna na mesma profundidade não diferem pelo teste de Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

¹ Média de todas as classes.

TABELA 8A. Resistência do solo à penetração vertical em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Profundidade, cm	Resistência à penetração, MPa					
	CGCM	CDCM	CDRMF	PDCM	PDRMF	CN
0 - 5	1,61	1,79	1,70	2,55	2,14	0,84
5 - 10	1,64	1,79	1,70	2,60	2,27	0,84
10 - 15	1,73	1,91	1,74	2,79	2,41	0,84
15 - 20	1,98	2,01	1,89	2,92	2,67	0,84
20 - 25	2,21	2,18	2,45	2,79	2,62	0,98
25 - 30	2,17	2,28	3,04	2,54	2,69	1,60
30 - 35	2,22	1,97	2,59	2,39	2,39	2,09
35 - 40	2,13	1,71	2,30	2,00	2,14	1,86
40 - 45	1,87	1,54	2,11	1,69	1,95	1,83
45 - 50	1,72	1,44	2,05	1,64	1,81	1,90
50 - 55	1,64	1,37	1,88	1,55	1,74	1,79
55 - 60	1,58	1,44	1,82	1,50	1,76	1,65

TABELA 9A. Resistência do solo à penetração horizontal em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	Resistência à penetração, MPa			
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
CGCM	1,30	1,38	1,39	1,35
CDCM	0,52	0,85	1,23	1,35
CDRMF	0,97	1,10	1,22	1,25
PDCM	1,31	1,28	1,39	1,32
PDRMF	1,11	1,26	1,35	1,18
CN	0,17	0,23	0,21	0,31

TABELA 10A. Retenção de umidade em Latossolo Vermelho-Escuro, em diferentes profundidades e sistemas de manejo, Sete Lagoas, 1998.

Manejo	Sucção, MPa							
	0,002	0,004	0,006	0,01	0,033	0,1	0,5	1,5
.....Umidade, m ³ m ⁻³								
0-5 cm								
CGCM	0,639	0,575	0,528	0,470	0,364	0,307	0,268	0,255
CDCM	0,639	0,614	0,556	0,486	0,371	0,318	0,286	0,278
CDRMF	0,722	0,622	0,518	0,401	0,297	0,283	0,280	0,280
PDCM	0,723	0,641	0,578	0,499	0,375	0,325	0,300	0,294
PDRMF	0,618	0,539	0,481	0,416	0,331	0,304	0,293	0,291
CN	0,496	0,460	0,432	0,397	0,331	0,295	0,269	0,260
5-20 cm								
CGCM	0,700	0,611	0,551	0,482	0,372	0,323	0,294	0,286
CDCM	0,687	0,593	0,529	0,456	0,354	0,315	0,296	0,293
CDRMF	0,630	0,535	0,449	0,360	0,284	0,272	0,270	0,270
PDCM	0,676	0,609	0,558	0,493	0,379	0,324	0,289	0,279
PDRMF	0,638	0,538	0,459	0,398	0,299	0,284	0,280	0,280
CN	0,515	0,466	0,431	0,389	0,318	0,284	0,262	0,256
20-30 cm								
CGCM	0,726	0,629	0,550	0,455	0,329	0,289	0,274	0,271
CDCM	0,659	0,595	0,546	0,483	0,373	0,320	0,288	0,279
CDRMF	0,626	0,500	0,409	0,332	0,278	0,271	0,270	0,270
PDCM	0,722	0,621	0,542	0,449	0,326	0,288	0,273	0,271
PDRMF	0,651	0,534	0,430	0,391	0,286	0,281	0,280	0,280
CN	0,576	0,503	0,450	0,391	0,308	0,278	0,264	0,262