

# CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM ARGISSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS

Arley Figueiredo Portugal<sup>1</sup>  
Oldair Vinhas Costa<sup>1</sup>  
Liovando Marciano da Costa<sup>2</sup>  
Bruno Costa Moreira do Santos<sup>1</sup>

## RESUMO

Para a escolha do melhor uso e manejo do solo é necessário conhecer suas características químicas e físicas. Nesse sentido, realizou-se a caracterização química e física de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico sob diferentes usos, no município de Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata Mineira. Foram avaliados os usos do solo com cultivo de seringueira, laranja, cana, pastagem e mata. Os solos sob seringueira, laranja e pastagem têm mais de 20 anos de uso com a mesma cultura, e sob cana tem 1,5 ano de uso com essa espécie, tendo sido cultivado antes com pastagem (18 anos). Todos os locais estudados tiveram uso histórico com cana por aproximadamente 100 anos. A amostragem foi realizada em trincheiras, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Foram analisadas as características químicas: matéria orgânica do solo (MOS); pH em H<sub>2</sub>O, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al, SB, CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), V, m e P-rem. As características físicas analisadas foram: textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total (PT), curva de retenção de água, resistência do solo à penetração (RP) e estabilidade de agregados em água, bem como as relações capacidade de água disponível/porosidade total (CAD/PT) e retenção de água na capacidade de campo/porosidade total (CC/PT). Os resultados mostram que o uso antrópico melhorou a condição química do solo nos usos com laranja e cana, aumentando nutrientes e diminuindo o Al<sup>3+</sup> do complexo de troca, e não trouxe alteração com a pastagem e a seringueira. Com relação às condições físicas, o uso antrópico acarretou em uma degradação, evidenciada pelo aumento da densidade do solo e RP, e redução da porosidade e da estabilidade de agregados, sendo esta degradação em níveis intermediários para laranja e cana, e mais avançada para pastagem.

**Palavras Chave:** Uso, manejo, física e química do solo, cultura perene.

## ABSTRACT

### PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF AN ARGISOIL SUBJECTED TO DIFFERENT AGRICULTURAL USES

The best choice of soil use and management is based on the knowledge of soil chemical and physical attributes. Thus, this work aimed to study the chemical and physical attributes of an Ultisol under different land uses, located in Visconde do Rio Branco, Zona da Mata of Minas Gerais State. Land use was evaluated with orange, rubber trees, sugar cane, pasture and forest, as reference. Rubber tree, orange and pasture were established 20 years before, and sugar cane 1.5 years before, after 18 years of pasture. All studied sites were cultivated with sugar cane for a century before the establishment of the other cultures. Sampling was carried out in three replicates (soil pits) at the depths of 0 - 20 and 20 - 40 cm. The following chemical attributes were evaluated: soil organic matter (MOS); pH in H<sub>2</sub>O, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al, SB, CTC effective (t), CTC at pH 7.0 (T), V, m and P-rem. The physical characteristics analyzed were: texture, particle density, soil density, total porosity (PT), water retention curve, soil resistance to penetration (RP) and water stability of aggregates in water, as well as the relationships available water capacity/total porosity (CAD/PT) and water retention in field capacity/total porosity (CC/PT). The results show that anthropic use improved the soil chemical condition in orange and cane uses, increasing nutrients and decreasing Al<sup>3+</sup> of the exchange complex, and did not bring change with pasture and rubber tree. With respect to physical conditions, anthropic use resulted in a degradation, evidenced by the increase in soil density and RP, and reduction in porosity and aggregate stability, being this degradation in intermediate levels for orange and cane, and more advanced for pasture.

<sup>1</sup> Estudantes da Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Solos, Av. P.H.Rolfs s/n., CEP 36570-000 Viçosa (MG). e-mail: arleysolos@yahoo.com.br, oldairvinhas@hotmail.com.br, brunomes@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Solos, Av. P.H.Rolfs s/n., CEP 36570-000 Viçosa (MG). e-mail: liovandome@yahoo.com.br

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al, SB, CEC (t), CEC pH 7 (T), BS, Aluminum saturation and P-rem. The physical attributes evaluated were: texture, bulk density, particle density, porosity, water retention, soil penetration resistance and aggregate stability, as well as the relationships available water/total porosity and field capacity/total porosity. The anthropic use improved the soil chemical condition with orange and sugar cane, increasing nutrients and reducing Al<sup>3+</sup> in the soil exchange complex, and no alteration was observed in the soil under the rubber tree and pasture. The anthropic land use caused physical degradation, mainly for bulk density and soil resistance, which increased. On the other hand, porosity and aggregate stability decreased. The degradation was highest for pasture compared to orange and sugar cane.

**Key Words:** Soil use, soil management, soil physical and chemical characteristics.

## INTRODUÇÃO

Com o desmatamento o solo é exposto à ação direta das gotas de chuva e dos raios solares, tornando-se fisicamente mais frágil, o que caracteriza o início da degradação do mesmo. Diferentes solos respondem de maneiras distintas diante desta nova condição. Solos semelhantes, mas submetidos a diferentes usos e manejos, podem apresentar níveis de degradação diferenciados (Wendling, 2003).

O uso, o manejo, o nível e o tempo de utilização promovem alterações nas propriedades do solo. Entre as propriedades afetadas, destaca-se a estrutura, que está relacionada com a agregação. São vários os agentes que causam essas alterações, podendo estas serem temporárias ou prolongadas por vários anos. Na maioria dos casos, o uso intensivo dos solos causa alterações no sentido negativo, ou seja, redução da agregação, deixando esses solos mais susceptíveis aos processos erosivos. Diferentes práticas de manejo podem afetar distintamente as propriedades de um mesmo solo, incluindo a agregação (Castro Filho *et al.*, 1998; Roth & Pavan, 1991).

A densidade do solo é uma propriedade dinâmica, podendo aumentar ou diminuir conforme seu uso e manejo, sendo, portanto, útil em estudos de compactação e, ou, adensamento. O aumento da densidade do solo pode ter causa antrópica ou natural, caracterizando o que Curi *et al.* (1993) denominaram de compactação ou adensamento, respectivamente. Com o aumento da densidade do solo, o volume de sólidos e a retenção de água aumentam, prejudicando a aeração. Em baixos potenciais matriciais pode acontecer que todo o espaço poroso esteja ocupado por água, restringindo a aeração (Eavis, 1972). Skopp *et al.* (1990) sugerem que 34 % do

volume de poros sejam ocupados por gases, e 66% por água, para que ocorra uma boa atividade microbiana, capaz de mineralizar os restos culturais e disponibilizar nitrogênio para as plantas.

A resistência do solo à penetração (RP) geralmente aumenta com a compactação do solo e com a redução da umidade do solo, sendo indesejável para o crescimento das plantas (Bengough & Mullins, 1990). A resistência do solo à penetração das raízes está relacionada com a permanência da continuidade dos poros. Poros formados pela ação das raízes no solo são mais estáveis, pois a decomposição dessas por microrganismos gera materiais que atuam como cimentantes nas paredes desses poros, proporcionando maior durabilidade, se comparados com aqueles formados por implementos mecânicos (Abreu, 2000).

O intervalo hídrico ótimo (IHO), ou capacidade de água disponível, tem sido proposto como um bom indicador da qualidade física do solo. O IHO representa a faixa de conteúdo de água no solo definida no limite superior pela umidade do solo na capacidade de campo, ou no conteúdo de água em que a aeração se torna limitante, e no limite inferior pelo conteúdo de água no ponto de murcha permanente, ou no conteúdo de água em que a RP torna-se limitante (Kay *et al.*, 1997). O IHO integra num único parâmetro os efeitos da aeração, resistência à penetração e características de retenção de água do solo sobre o crescimento vegetal (Silva & Kay, 1996). Diversos estudos comprovam a eficácia do IHO como indicador de alterações nas propriedades físicas do solo em diferentes culturas e sistemas de manejo (Silva *et al.*, 1994; Tormena *et al.*, 1998; Wu *et al.*, 2003).

O cultivo intensivo, aliado a alta taxa de revolvimento do solo são responsáveis pela redução da matéria orgânica do solo, que por sua vez é um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados (Tisdall & Oades, 1982; Castro Filho *et al.*, 1998). Roth *et al.* (1991) verificaram que manejos que mantêm o solo descoberto diminuem a estabilidade de agregados, causando selamento superficial, reduzindo a infiltração de água e assim induzindo a enxurrada e a erosão. Por isso, a estabilidade de agregados tem sido usada como indicador da qualidade física do solo pois é sensível a alterações conforme o uso e manejo adotados.

O uso e o manejo adotados em um solo devem seguir práticas que evitem a degradação do solo, preservando-o para gerações posteriores, e também evitando impactos ambientais ao sistema. Assim, de acordo com o tipo de solo, clima, relevo e cultura, cabe ao produtor a escolha do melhor manejo a ser empregado.

Neste sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar atributos químicos e físicos de um Argissolo sob diferentes usos agrícolas, na Zona da Mata Mineira, visando criar subsídios para escolha de sistemas de uso e manejo do solo que sejam mais sustentáveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para o estudo está localizada no município de Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata do estado de Minas Gerais. O município possui uma área de 240,51 km<sup>2</sup>, e a temperatura média anual é de 23,9°C, apresentando também temperatura média máxima e mínima de 31,9°C e 16°C, respectivamente, e índice pluviométrico anual de 1100 mm, com as chuvas concentradas no período de outubro a março (Ferreira, 1959; Sebrae, 2001), apresentando, de acordo com a classificação climática de Köppen, clima Cwa. Seu território possui relevo ondulado a fortemente ondulado com altitude média de 350 m e pertence ao Domínio dos Mares de Morros (Ab'saber, 1996).

O trabalho foi realizado em duas propriedades agrícolas do município. Foram separados cinco usos distintos, localizados na encosta do morro, sendo eles seringueira, laranjeira, cana, pastagem e mata natural, ocorrendo Argissolo Vermelho-amarelo distrófico latossólico (Embrapa, 1999) em todas as áreas. Toda as áreas tiveram histórico de uso com cana-de-açúcar por aproximadamente 100 anos antes dos usos atuais, segundo entrevista com os proprietários, e seguindo a influência histórica da atividade canavieira no município. Os culti-

vos com seringueira, laranjeira e pastagem foram implantados há mais de 20 anos, enquanto que o de cana, há 1,5 anos, sendo antes ocupado com pastagem por aproximadamente 18 anos. Embora não seja a vegetação original (Mata Atlântica), a mata não sofreu alterações antrópicas durante o período de ocupação com a atividade canavieira, servindo, portanto, como referência.

O uso intensivo do solo com a atividade canavieira anteriormente levou a uma grande degradação do mesmo, devido a intensa utilização do solo com essa cultura, e às práticas de manejo adotadas, com uso de queimadas e sem a preocupação com práticas conservacionistas, provocando grandes perdas de solo por erosão laminar, chegando a ocasionar a exposição do horizonte B.

Na pastagem tem-se a braquiária (*Brachiaria decubens* Stapf), e não há ocorrência de plantas espontâneas. O manejo é inadequado, com superpastejo e uso contínuo da pastagem durante todo o ano. Não se utilizam corretivos nesse ambiente.

Na implantação da laranjeira (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), foi realizada a calagem somente na cova, e colocados em torno de 10 litros de esterco de curral e 400 g de superfosfato simples por cova. Não se empregaram práticas de aração e gradagem na área, e utilizou-se o espaçamento de 7 x 4 m. O controle de plantas espontâneas é feito utilizando glifosato pós-emergente na linha do plantio (4 L ha<sup>-1</sup>), e nas entrelinhas, utiliza-se roçadeira tratorizada, três vezes ao ano. A adubação do pomar é realizada mediante análises do solo, utilizando-se o calcário dolomítico, aplicado em julho e sem incorporação; superfosfato simples (250 g ano<sup>-1</sup> por planta colocados de uma só vez); sulfato de amônio e cloreto de potássio (2 kg de 15-0-15 planta ano<sup>-1</sup>), aplicados em 3 vezes ao ano. Realiza-se a aplicação foliar de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Zn, Mn e B três vezes por ano. Quando possível, aplica-se esterco de curral (20 L planta<sup>-1</sup>). A produção de laranja é de 30 t ha<sup>-1</sup> por ano.

Na implantação de cana foram realizadas aração e gradagem, sendo realizada a correção do solo com a aplicação de calcário dolomítico, superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio. Na seringueira (*Hevea brasiliensis*) não são realizadas a correção e fertilização, bem como não se tem o tráfego de máquinas ou práticas que revolvam o solo, podendo-se observar uma considerável camada de resíduos vegetais depositada na superfície. No plantio dessa cultura foram utilizados termofosfato (400 g/cova) e torta de filtro de usi-

na de cana-de-açúcar (5 L cova<sup>-1</sup>). Foi realizada a calagem somente na cova. O espaçamento é de 8 x 2,5m (500 plantas ha<sup>-1</sup>). Utilizam-se aproximadamente 300 g de fungicida por ha ano<sup>-1</sup>. A produção mensal de borracha é de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

A amostragem em cada área foi sucedida por coletas realizadas no perfil do solo, em trincheiras. Na área com seringueira e laranjeira, as trincheiras foram localizadas na projeção da copa das referidas culturas, e para o canavial, nas entrelinhas. Em cada área selecionada, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Para as determinações físicas foram coletadas três unidades amostrais por área em cada profundidade, e também foi retirada uma amostra composta, formada pela mistura de 20 amostras simples, para a obtenção da TFSA. Para determinar a resistência do solo à penetração foram realizadas 10 repetições com penetrômetro de impacto. A umidade do solo no momento da avaliação era de 0,118; 0,272; 0,129; 0,112; 0,106 kg kg<sup>-1</sup>, para mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, respectivamente.

As determinações químicas realizadas foram: carbono orgânico (CO) (Yeomans & Bremner, 1988), e a matéria orgânica do solo (MOS), multiplicando-se o CO pelo fator 1,724; pH em H<sub>2</sub>O, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al, SB, CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), V, m, P-rem (Embrapa, 1997).

As determinações físicas realizadas foram: textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, curva de retenção de água, baseados e realizados segundo a metodologia descrita por Embrapa (1997). A resistência à penetração foi obtida por meio de um penetrômetro de impacto, sendo os cálculos realizados segundo Stolf (1991). Na estabilidade de agregados utilizou-se a metodologia descrita por Kemper & Chepil (1965). A capacidade de água disponível (CAD) foi determinada subtraindo-se a água retida no solo sob a tensão equivalente a 10 kPa (capacidade de campo) da quantidade de água retida na tensão equivalente a 1500 kPa (ponto de murcha permanente), em m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Foi utilizada a tensão de 10 kPa para representar a capacidade de campo (CC), baseado em resultados obtidos por Reichardt (1988), que consideram essa a melhor tensão para representar a CC em solos tropicais. Foram calculadas as relações CC/PT e CAD/PT usando-se valores das variáveis acima.

Os efeitos dos tratamentos de uso do solo sobre as suas propriedades físicas foram testados por meio de análise de variância. Analisaram-se, separadamente, os

efeitos das profundidades em cada tratamento e dos tratamentos em cada profundidade. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização química

Os resultados da análise química foram classificados segundo Alvarez *et al.* (1999) (Tabela 1). Observou-se que todos os solos estudados apresentaram acidez elevada, com exceção dos solos sob cana e laranja que mostraram acidez média na profundidade de 0 a 20 cm. Os níveis de P, classificados utilizando o P-rem, foram muito baixos, a exceção do solo sob cana de 0 a 20 cm, que apresentou nível médio. Os valores obtidos para K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB, e (t) mostraram níveis muito baixos a baixos para as áreas com mata, seringueira e pastagem, e níveis médios para as áreas com laranja e cana. Os valores de V foram de muito baixos a baixos, apresentando valor médio somente para o solo com cana, na profundidade de 0 a 20 cm. Os valores de Al<sup>3+</sup> trocável foram classificados como muito baixos nas áreas com laranja e cana, como médio para a seringueira, e como altos nas áreas de mata e pastagem.

Pode-se notar que houve uma melhora das características químicas nos solos cultivados com laranja e cana. Isto se deve às práticas de correção e adubação feitas nestas áreas, o que não ocorre na área com seringueira e pastagem, sendo que esta última ainda sofre grande ação exportadora de nutrientes pelo gado. Os valores baixos de nutrientes no solo sob mata, em parte, se explicam pelo fato de que nesse local a maioria dos nutrientes está alocada na biomassa. Na área com seringueira, onde não ocorrem correções, a maior presença de nutrientes na superfície do solo pode estar indicando que a seringueira está retirando nutrientes da subsuperfície e transportando-os para a superfície, por meio da ciclagem biogeoquímica. Também neste ambiente é provável que grande parte dos nutrientes esteja alocada na biomassa.

Com relação à MOS, os solos apresentam teores na profundidade de 0 a 20 cm classificados como médios em todas as áreas, à exceção da cana, que foi baixo. Na profundidade de 20 a 40 cm, o teor de MOS na área com mata e com laranja foram classificados como médio, e baixo para os demais usos. Pode-se verificar que o uso antrópico do solo resultou em declínio do valor de MOS, uma vez que a área com mata apresentou os maiores valores em relação aos usos agrícolas. Este resultado

**Tabela 1** - Atributos químicos dos solos sob mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, nas profundidades de 0 a 20 (1) e 20 a 40 cm (2).

Atributos	Prof.	Mata	Seringueira	Laranja	Cana	Pastagem
pH(H <sub>2</sub> O)	1	4,50	4,84	5,39	5,72	4,58
	2	4,43	4,55	4,93	5,27	4,60
P (mg dm <sup>-3</sup> )	1	1,44	1,29	15,47	19,81	1,62
	2	0,78	0,51	5,55	5,41	0,73
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1	23	16	87	59	25
	2	9	3	92	40	11
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	0,33	0,89	2,24	1,85	0,54
	2	0,13	0,26	1,29	1,34	0,48
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	0,26	0,58	0,88	0,84	0,26
	2	0,13	0,17	0,61	0,46	0,15
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	1,20	0,60	0,12	0,00	1,20
	2	1,32	0,96	0,60	0,12	1,08
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	6,27	4,62	8,38	3,83	5,74
	2	5,48	4,88	5,68	3,43	4,95
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	0,65	1,51	3,34	2,84	0,86
	2	0,28	0,44	2,14	1,90	0,66
(t) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	1,85	2,11	3,46	2,84	2,06
	2	1,60	1,40	2,74	2,02	1,74
(T) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1	6,92	6,13	11,72	6,67	6,6
	2	5,76	5,32	7,82	5,33	5,61
V (%)	1	9,4	24,6	28,5	42,6	13,0
	2	4,9	8,3	27,4	35,6	11,8
m (%)	1	64,9	28,4	3,5	0,0	58,3
	2	82,5	68,6	21,9	5,9	62,1
MO (dag kg <sup>-1</sup> )	1	3,49	2,36	3,08	1,97	2,69
	2	2,49	1,64	2,29	1,25	1,77
P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	1	27,7	26,1	37,3	39,8	26,0
	2	21,5	21,8	32,5	33,8	21,8

está de acordo com Houghton *et al.* (1991), que dizem que a hipótese mais aceita estabelece declínio no estoque de MOS após conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas. Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da MOS e à menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados comparativamente à florestas nativas.

Entre os usos agrícolas, os uso com pastagem e com laranja apresentaram os maiores valores de MOS, o que deve estar associado ao maior teor de argila no solo nessas áreas (Tabela 2), que confere maior proteção coloidal, dificultando a degradação do material orgânico. Bayer & Mielniczuk (1999) ressaltam que solos mais intemperizados apresentam elevada superfície específi-

ca e os grupos funcionais dispostos na superfície determinam a grande interação desses minerais e a MOS.

No solo com cana, o menor teor de MOS está relacionado com o menor teor de argila (Tabela 2), bem como ao recente revolvimento do solo, que facilita a mineralização da MOS. No solo com seringueira, onde também se tem menor teor de argila, o maior valor de MOS é devido ao grande aporte de resíduos orgânicos, com maiores entradas de carbono, e às poucas intervenções antrópicas.

#### *Caracterização física*

Com base na análise granulométrica dos solos (Tabela 2) pode-se, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, classificá-los como de textura argilosa em



todas as profundidades, com exceção daqueles com seringueira e cana, na profundidade de 0 a 20 cm, e do solo com pastagem, na profundidade de 20 a 40 cm, que foram classificados como argilo arenoso e muito argiloso, respectivamente. Os menores teores de argila nos solos com seringueira e cana, indicam que nessas áreas houve maior remoção de argila por erosão. Os baixos valores de silte, indicam que são solos bastante intemperizados, já que a reduzida relação silte/argila, segundo Embrapa (1999), é um indicador do grau de intemperização do solo.

Com relação à densidade do solo (DS) (Tabela 2), na profundidade de 0 a 20 cm, pode-se notar que o solo com seringueira não diferiu estatisticamente do da mata, tendo ambos apresentado os valores mais baixos de DS. Os solos com laranja e cana não diferiram estatisticamente, apesar de o solo sob laranja mostrar maior DS, e ambos apresentaram valores maiores que o de mata. Na pastagem ocorreu o maior valor de densidade do solo, sendo este o que mais se distanciou do da mata. Na profundidade de 20 a 40 cm o comportamento da DS foi semelhante ao observado na superfície, com exceção do solo da pastagem, que não diferiu dos da laranja e cana.

Somente as áreas com laranja e pastagem apresentaram DS maior na superfície, indicando que o uso e o manejo estão favorecendo a compactação do solo especialmente na superfície. Naquele com cana, na profundidade de 0 a 20 cm, houve redução da DS em comparação com a pastagem, mostrando que houve uma descompactação do solo com a implantação da cana, em função da aração e gradagem, que segundo Bertol *et al.* (2000), aumenta o volume de poros no solo.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Islam & Weil (2000), que constataram um valor médio da DS significativamente maior em área cultivada comparado com o solo sob floresta. Também Silva & Ribeiro (1992) obtiveram resultados similares, comparando solo cultivado com cana e sob mata nativa. Sanches *et al.* (1999) constataram que, independentemente da posição de amostragem, seja na linha ou entrelinha da cultura da laranja, a DS foi maior do que no solo sob mata. A maior DS nos solos cultivados está relacionada com a compactação do solo pelo tráfego de máquinas e implementos, com a redução do teores de MOS (Tabela 1) e com a menor estabilidade da estrutura do solo na classe > 2 mm (Figura 2).

Na pastagem, os altos valores de DS na superfície estão associados às altas pressões exercidas pelo pisoteio animal, às vezes, repetidamente no mesmo local, que é agravado pelo manejo aplicado, onde se tem

superpastejo e uso contínuo da pastagem. Na literatura são mencionados valores de pressões que variam entre 0,25 e 0,49 MPa para bovinos de 400 a 500 kg, podendo atingir a profundidade de 5 a 10 cm (Carvalho, 1976; Proffitt *et al.*, 1993). Também, tanto nos solos sob laranja como sob pastagem, há maior possibilidade de ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem, que podem ocasionar o rearranjo das partículas, promovendo adensamento (Oliveira *et al.*, 1996).

No solo com seringueira, o menor valor de DS se deve à pouca ação antrópica nesse sistema, sem uso de máquinas agrícolas, bem como ao grande aporte de material vegetal, que confere maiores entradas de C ao solo, bem como maior proteção contra ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem e o impacto das gotas de chuva.

Os valores de densidade de partículas (Tabela 2) não se alteraram estatisticamente entre os solos e profundidade avaliados.

Os valores de porosidade total (PT) mostraram comportamento inverso aos de DS, com maiores valores na mata e seringueira, seguidos por valores menores para cana e laranja, tendo o solo da pastagem apresentado a menor PT em superfície. Considera-se o solo que apresenta, em média 50 % do seu volume ocupado por sólidos, e os outros 50 % por volume poroso, ocupados por gases e água como fisicamente ideal (Kiehl, 1979). Pode-se verificar que as áreas com laranja e pastagem apresentaram menores valores de porosidade em superfície, indicando a maior compactação superficial do solo.

Para água retida pelo solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente nas duas profundidades avaliadas, e a capacidade de água disponível (CAD) na profundidade de 0 - 20 cm, os ambientes apresentaram a seguinte ordem: cana < seringueira < mata < laranja < pastagem (Tabela 2).

Segundo Baver (1956), a retenção de água no solo é função da distribuição e forma de poros, que, por sua vez, depende de outros fatores, tais como: textura, agregação, densidade do solo, teor de matéria orgânica, etc. Assim, na área com cana e seringueira, os menores valores de retenção de água no solo na CC, PM e CAD podem ser explicados pelo menor teor de argila (Tabela 2) e matéria orgânica do solo (Tabela 1). Já na área com laranja e pastagem, os maiores valores de retenção de água no solo na CC, PM e CAD, estão associados, além de aos maiores teores de argila e MOS, à maior compactação do solo, que provoca a redução de macroporos e aumento de mesoporos e microporos, gerando poros com

**Tabela 2** - Densidade do solo (DS) e de partículas (DP), porosidade total (PT), retenção de água na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PM), capacidade de adsorção de água (CAD), relações CC/PT e CAD/PT e análise textural, para os diferentes usos e profundidades do solo

Atributos	Prof.	Mata	Seringueira	Laranja	Cana	Pasto
DS (g cm <sup>-3</sup> )	1	1,07 Aa	1,08 Aa	1,36 Bb	1,28 Ab	1,48 Bc
	2	1,14 Ba	1,16 Ba	1,27 Ab	1,29 Ab	1,28 Ab
DP (g cm <sup>-3</sup> )	1	2,61 Aa	2,60 Aa	2,61 Aa	2,62 Aa	2,60 Aa
	2	2,64 Aa	2,65 Aa	2,66 Aa	2,64 Aa	2,65 Aa
PT (%)	1	59,1 Ac	58,7 Bc	47,8 Ab	51,1 Ab	43,2 Ac
	2	57,1 Ab	56,26 Ab	52,4 Ba	51,6 Aa	51,9 Ba
CC (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	1	0,364	0,324	0,408	0,256	0,459
	2	0,410	0,336	0,343	0,292	0,397
PM (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	1	0,203	0,184	0,245	0,128	0,252
	2	0,228	0,209	0,241	0,114	0,243
CAD (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	1	0,160	0,140	0,163	0,128	0,207
	2	0,182	0,128	0,102	0,178	0,154
CC PT <sup>-1</sup>	1	0,62 Ac	0,55 Ab	0,85 Bd	0,50 Aa	1,06 Be
	2	0,77 Bc	0,60 Ba	0,66 Ab	0,56 Ba	0,77 Ad
CAD PT <sup>-1</sup>	1	0,27 Ab	0,24 Aa	0,34 Bc	0,25 Aab	0,48 Ad
	2	0,32 Bd	0,23 Ab	0,19 Aa	0,34 Be	0,30 Bc
AREIA GROSSA(%)	1	24	31	26	31	21
	2	24	26	22	30	26
AREIA FINA (%)	1	12	16	15	20	13
	2	9	16	15	16	2
SILTE (%)	1	16	9	6	9	8
	2	12	8	6	9	10
ARGILA (%)	1	48	44	53	40	58
	2	55	50	57	45	62

1-Profundidade de 0 a 20 cm; 2- Profundidade de 20 a 40 cm. Os valores seguidos da mesma letra minúscula na linha, e maiúscula para as profundidades 1 e 2, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

dimensões e geometria que favorecem a retenção de água por capilaridade.

Para que o solo tenha uma boa qualidade física, é preciso que ele apresente uma boa relação entre água e o espaço poroso. Skopp *et al.* (1990) sugerem uma relação CC/PT de 0,66 para que ocorra uma boa atividade microbiana, capaz de mineralizar os restos culturais. Desse modo, na camada de 0 a 20 cm, onde a atividade microbiana é de grande importância, nota-se que a mata apresenta valores próximos do ideal. Os solos com seringueira e cana apresentaram valores pouco abaixo do ideal. Já na área com laranja e pastagem, ocorreram valores mais elevados e distantes do ideal, principalmente na área com pastagem, onde CC/PT foi muito elevada. Uma relação CC/PT elevada, como na pastagem, pode levar a uma aeração deficiente quando o solo estiver próximo à CC, uma vez que

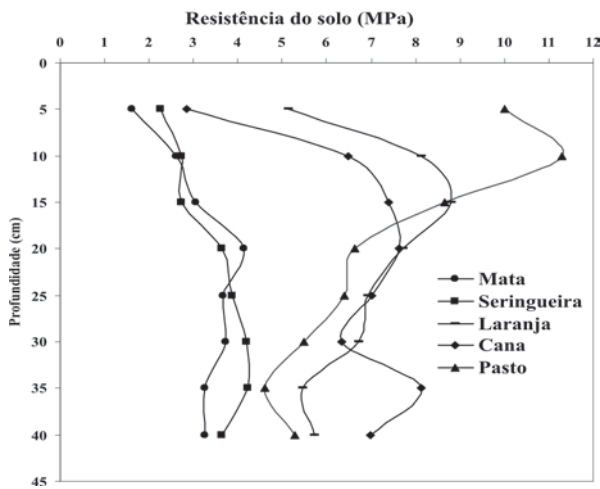
grande proporção dos poros estará ocupada por água, dificultando a atividade microbiana e a respiração radicular das plantas.

Para a relação CAD/PT, pode-se notar que, na superfície, as áreas com mata, seringueira e cana não diferiram estatisticamente e apresentaram os valores mais baixos, seguidos pelo ambiente com laranja, atingindo o máximo na área com pastagem.

Segundo Ruiz (2003), os poros pequenos (microporos) são responsáveis pelo armazenamento de água disponível, de forma que a relação CAD/PT maior pode indicar maior proporção de microporos e menor de macroporos. Assim pode-se conjecturar que nos solos com mata, seringueira e cana ocorram maiores volumes de macroporos, e no solo com laranja e pastagem esse valor seja reduzido. É coerente supor-se que na superfície do solo com laranja e pastagem, onde ocorreram mai-

ores valores de DS e RP (Figura 1), ocorram também os menores valores de macroporos.

Os maiores valores de DS, retenção de água na CC, PM, CAD, relações CC/PT e CAD/PT, e menores valores de PT na profundidade de 0 a 20 cm dos solos com laranja e pastagem, mostram que estes apresentam uma pior condição física na superfície, indicando que está havendo a compactação/adensamento com o uso e manejo aplicados.



**Figura 1** - Resistência dos solos com mata, seringueira, laranja, cana e pastagem à penetração. A DMS pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade foi de 2,66 MPa.

Com base nos dados de resistência do solo à penetração (RP) (Figura 1), pode-se notar que os solos com mata e seringueira não diferiram estatisticamente em todo o perfil avaliado, e apresentaram os menores valores de RP. Na profundidade de 5 cm, o solo com cana não diferiu significativamente do solo com mata e seringueira, seguido pela área com laranja, e por fim com a pastagem, com maior valor de RP. A 10 cm, o solo com cana diferiu estatisticamente do solo com mata e seringueira, e os solos com laranja e pastagem apresentaram os maiores valores de RP. De 15 a 25 cm, os solos com laranja, cana e pastagem não diferiram estatisticamente, mas continuaram a apresentar maiores valores de RP que nos solos com mata e seringueira. A partir de 30 cm os ambientes passaram a não apresentar diferenças significativas entre si, com exceção da área com cana, que a partir dos 35 cm apresentou maior valor de RP.

Araujo *et al.* (2004), comparando solos de mata nativa com solos cultivados, encontraram que a RP foi influenciada positivamente pela densidade do solo e negativamente pela umidade do solo, com maior magnitude no solo cultivado. Deste modo, a menor RP no solo com

seringueira se deve à menor densidade do solo apresentada por este (Tabela 2) e a maior umidade do solo no momento da avaliação (Figura 1). Por outro lado, os demais usos agrícolas apresentaram maior RP em função da maior compactação do solo, evidenciados pelos maiores valores de densidade do solo (Tabela 2), e pela menor umidade do solo no momento da avaliação, principalmente na área com pastagem.

Na área com pastagem, os valores elevados de RP, juntamente com a maior compactação do solo, ainda podem ser associados ao sistema radicular da braquiária, que é bastante denso, preenchendo grande parte dos macroporos, aumentando a rigidez do solo. Imhoff *et al.* (2000), trabalhando com pastagem de capim-colínião, que também tem sistema radicular denso, encontraram valores de RP de 10 MPa, em solo com DS de  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$  e umidade volumétrica de  $0,200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

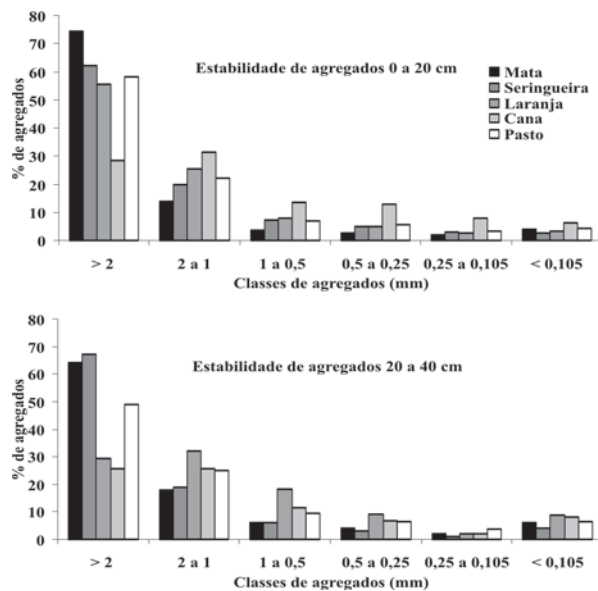
No solo com cana, a menor RP na superfície é devida ao revolvimento do solo para implantação da cultura. Nos solos com laranja e pastagem houve maiores valores de RP na superfície, corroborando com os dados de DS, PT e de retenção de água (Tabela 2), indicando a degradação física na sua superfície.

Com base na análise de estabilidade de agregados em água (Figura 2), na profundidade de 0 a 20 mm, pode-se notar que o uso antrópico do solo provocou a redução de agregados maiores que 2 mm, uma vez que a mata apresentou a maior quantidade de agregados nesta classe. Entre os usos agrícolas, verifica-se que as áreas com laranja e com pastagem apresentaram valores bastante semelhantes de agregados  $> 2 \text{ mm}$ , e que a área com seringueira apresentou valor ligeiramente superior, enquanto a área de cana mostrou a menor proporção de agregados  $> 2 \text{ mm}$ . Como consequência da menor proporção de agregados na classe  $> 2 \text{ mm}$ , o solo com cana apresentou maiores valores nas demais classes de agregados.

Na profundidade de 20 a 40 cm, o uso com seringueira se destaca dos demais usos agrícolas, mostrando proporção de agregados  $> 2 \text{ mm}$  levemente superior ao solo da mata. A pastagem aparece com valores intermediários de agregados  $> 2 \text{ mm}$ , ao passo que os solos com laranja e cana apresentam os menores valores de agregados dessa classe. A área com laranja apresentou maior proporção de agregados na classe de 1 a 2 mm.

A maior proporção de agregados  $> 2 \text{ mm}$  na mata, em relação aos demais solos agrícolas provavelmente é reflexo do aumento do teor de MOS em comparação com os demais usos agrícolas (Tabela 1), por ser a MOS um





**Figura 2** - Distribuição e estabilidade de agregados em água para os solos com mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

dos principais agentes de formação e estabilização de agregados (Tisdall & Oades, 1982). Segundo Campos *et al.* (1995), a utilização do solo para fins agrícolas altera as propriedades físicas, químicas e biológicas desse solo, principalmente o teor da matéria orgânica, atividade e população microbiana e a estabilidade de agregados.

Na área com laranja a proporção de agregados > 2 mm provavelmente está associada ao maior teor de MOS em relação aos demais usos agrícolas, enquanto na pastagem, provavelmente se deve à ação diferenciada do sistema radicular das gramíneas, uma vez que as gramíneas perenes apresentam ação agregante mais prolongada, graças à presença de um sistema radicular fasciculado mais denso, com maior contato com as partículas do solo (Silva *et al.*, 1998).

No solo com cana, a menor proporção de agregados na classe > 2 mm é decorrente do menor teor de MOS (Tabela 1), do menor teor de argila (Tabela 2) e do revolvimento mais recente que reduz a estabilidade de agregados, principalmente macroagregados (Alvarenga *et al.*, 1986), o que é mais evidente em solos mais arenosos (Albuquerque *et al.*, 1996), aumentando o risco de erosão hídrica. No solo com seringueira, onde o teor de argila também é menor, a maior proporção de agregados está associada ao maior teor de MOS em relação ao solo com cana, bem como pelo fato de ser uma área com poucas intervenções, sem revolvimento e com maior aporte de material vegetal, que o protege melhor.

## CONCLUSÕES

As características químicas dos solos com mata, seringueira e pastagem apresentam baixos níveis de fertilidade e caráter distrófico, com  $Al^{3+}$  trocável dominando o complexo de troca, ao passo que os solos com cana e laranja apresentaram maiores teores de nutrientes e menos  $Al^{3+}$  trocável no complexo de troca, mostrando melhora das condições químicas em relação à mata. Houve redução da MOS com o uso agrícola, o que levou a uma degradação física do solo.

O solo com seringueira apresentou as melhores condições físicas, aproximando-se do da mata, seguido pelo cultivado com cana, enquanto os solos com laranja e pastagem mostraram degradação física em sua superfície, com maiores valores de DS, RP, retenção de água na CC e PM, CAD, relações CC/PT e CAD/PT, e menores valores de PT.

## REFERÊNCIAS

- Abreu SL (2000) Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo. Tese de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 65p.
- Ab'saber NA (1996) Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia São Paulo, 20p.
- Albuquerque JA, Reinert DJ & Fiorin JE (1996) Variabilidade de solo e planta em Podzólicos Vermelho-Amarelo Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:151-157.
- Alvarenga RC, Fernandes B, Silva TCA & Resende M (1986) Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo de palhada de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 10:273-277.
- Alvarez VVH, Novais RF, Barros NF, Cantaruti RB & Lopes AS (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG & Alvarez VVH (Eds) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, UFV. p.359.
- Araujo MA, Tormena CA & Silva AP (2004) Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:337-345.
- Baver LD (1956) Soil Physics 3<sup>o</sup> ed. New York, John Wiley & Sons, 489p.
- Bayer C & Mielniczuk J (1999) Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos GA & Camargo FAO (eds) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese. p. 06 -26.
- Bengough AG & Mullins CE (1990) Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. Journal of Soil Science, 41: 341-358.
- Bertol I, Schick J, Massariol JM, Reis EF & Dilly L (2000) Propriedades físicas de um Cambissolo húmico álico afetadas pelo manejo do solo. Ciência Rural, 30: 91-95.

- Campos BC, Reinert DJ, Nicolodi R, Ruedell J & Petrere C (1995) Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 19: 121-126.
- Carvalho SR Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada. Tese de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'. 89p.
- Castro Filho C, Muzilli O & Podanoschi AL (1998) Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistema de plantio, rotação de cultura e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22:527-538.
- Curi N, Larach JOI, Kampf N, Moniz AC & Fontes LEF (1993) Vocabulário de ciência do solo, Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 90p.
- Eavis BW (1972) Soil physical affecting seedling roots growth. I Mechanical Impedance, aeration e moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil. *Plant Soil* 36: 613-622.
- Embrapa - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (1997) Manual de métodos de análise do solo, 2ª ed Ministério da Agricultura. 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999) Centro Nacional Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília. EMBRAPA 412p.
- Ferreira J (1959) Enciclopédia dos Municípios Brasileiros Rio de Janeiro IBGE p.446-452.
- Houghton RA, Skole DL & Fekowitz DS (1991) Changes in the landscape of Latin American between 1850 and 1985. II Net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Foresty Ecology Management*, 38:173-199.
- Imhoff S, Silva AP & Tormena CA (2000) Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 1493-1500.
- Islam KR & Weil RR (2000) Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agricultural Ecosystem Environment*, 79: 9-19.
- Kay Bd, Silva Ad, Silva Ap & Baldock JA (1997) Sensivity of soil structure to changes in organic carbon content: predictions using pedotransfer functions. *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 655-667.
- Kemper WD & Chepil WS (1965) Size distribution of aggregates In: Black C.A. *Methods of soil analysis Part I*. Madison: ASA, p.495-509.
- Kiehl EJ (1979) Manual de edafologia - relações solo-planta, São Paulo, Ceres. 262p.
- Oliveira TS, Costa LM, Figueiredo MS & Regazzi AJ (1996) Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro latossolos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20:509-515.
- Proffitt APB, Bendotti S, Howell MR, Eastham J (1993) The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown Earth. *Australian Journal Agricultural Reserch*, 44: 317-331.
- Reichardt K (1988) Capacidade de Campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 12:211-216.
- Roth CH, Castro Filho C & Medeiros GB (1991) Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:241-248.
- Roth CH & Pavan MA (1991) Effect of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisols. *Geoderma*, 48:351-361.
- Ruiz HA (2003) Métodos de análise física do solo (Apostila). Viçosa: UFV. 22p.
- Sanches AC, Sivla AP, Tormena CA & Rigolin AT (1999) Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:91-99.
- Sebrae (2001) – Diagnóstico da Fruticultura de Minas Gerais, Minas Gerais, 202p.
- Silva AP, Kay BD & Perfect E (1994) Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society of American Journal* 58: 1778-1781.
- Silva AP & Kay BD (1996) The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant Soil*, 184: 323-329.
- Silva MSL & Ribeiro MR (1992) Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 16:397-402.
- Silva MLM, Blancaneaux P, Curi N, Lima JM, Marques JGSM & Carvalho AM (1998) Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:97-103.
- Skopp J, Jawson MD & Doran JW (1990) Steady-state aerobic microbial activity as a function soil water content. *Soil Science Society of American Journal*, 54:1619-1625.
- Stolf R (1991) Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impactos em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:229-235.
- Tisdall G M & Oades JM (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*, 33: 141-163.
- Tormena CA, Silva AP & Libardi PL (1998) Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581.
- Yeomans JC & Bremner JM (1988) A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Soil Science*, 19: 1467-1476.
- Wendling B (2003) Efeitos do uso e manejo nas propriedades físicas e no carbono orgânico de um Latossolo Vermelho do Triângulo mineiro. Tese de Mestrado. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 56p.
- Wu L, Feng G, Letey J, Ferguson L, Mitchell J, McCullough-Sanden B & Markegard G (2003) Soil management effects on the nonlimiting water range. *Geoderma*, 114: 401-414.