



CORRELAÇÕES ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E COEFICIENTES DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA

EURÁIMI DE Q. CUNHA¹, LUÍS F. STONE², ENDERSON P. B. FERREIRA²,
AGOSTINHO D. DIDONET², JOSÉ A. A. MOREIRA²

¹Engº Agrônomo, Doutorando em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia - GO, Fone: (0XX62)35349801, euraimi@yahoo.com.br

²Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás - GO.

Apresentado no

IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010

XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010

25 a 29 de julho de 2010 - Vitória - ES, Brasil

RESUMO: A curva de retenção da água do solo (CRAS) pode ser afetada por alterações na densidade do solo (Ds) e no teor de matéria orgânica (M.O.) que ocorrem devido a mudanças nas práticas de manejo. Este trabalho objetivou avaliar as relações entre Ds, macroporosidade (Mp), M.O. e coeficientes da CRAS de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo e culturas de cobertura. Em 2007, foram realizadas amostragens de solo nas parcelas de quatro experimentos implantados em 2003, nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, com quatro repetições, para determinação de Ds, Mp, M.O. e CRAS. Os sistemas de preparo (semeadura direta e convencional) e as sucessões de culturas (milho e feijão sucedendo crotalaria, guandu, mucuna-preta, sorgo e pousio) causaram alterações em M.O. e na estrutura do solo, afetando o seu comportamento hídrico. A umidade na saturação e o parâmetro α foram afetados negativamente pela Ds e positivamente pela Mp e M.O. O parâmetro n apresentou correlação negativa com Ds e positiva com Mp. A umidade residual à base de massa não se correlacionou com nenhum dos atributos do solo considerados, entretanto, à base de volume, apresentou correlação positiva com Ds e negativa com Mp e M.O.

PALAVRAS-CHAVE: densidade do solo, macroporosidade, matéria orgânica.

CORRELATIONS AMONG SOIL ATTRIBUTES AND SOIL WATER RETENTION CURVE COEFFICIENTS

ABSTRACT: Soil water retention curve (SWRC) may be affected by changes in bulk density (BD) and soil organic matter content (SOM) that occur due to modifications in management practices. The objective of this study was to evaluate the relationships among BD, macroporosity (Mp), SOM and the coefficients of SWRC of a Red Latosol under different tillage systems and cover crops. In 2007, samples were taken from soil layers of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m in the plots of four experiments installed in 2003, with four replications, for determination of BD, Mp, SOM, and SWRC. Soil tillage systems (no-tillage and conventional tillage) and crop sequences (corn and common bean following sunn hemp, pigeon pea, velvet bean, sorghum, and fallow) caused changes in SOM and soil structure, affecting soil water behavior. The saturation water content and the α parameter were negatively affected by BD and positively by Mp and SOM. The parameter n also presented a negative correlation with BD and a positive one with Mp. The residual water content was not correlated with any of the soil attributes considered when determined at mass basis, however, at volume basis, showed a

positive correlation with BD and a negative one with Mp and SOM.

KEYWORDS: bulk density, macroporosity, organic matter.

INTRODUÇÃO

A retenção da água do solo é a principal propriedade hidráulica que governa o seu funcionamento e é grandemente afetada pelo seu manejo (RAWLS et al., 2003), uma vez que a distribuição dos poros por seus tamanhos condiciona o comportamento físico-hídrico do solo, influenciando a sua potencialidade agrícola. Modificações na estrutura do solo associadas à compactação e à perda da estabilidade dos agregados alteram a distribuição do tamanho dos poros, bem como a retenção, o movimento e a disponibilidade de água no solo (MACHADO et al., 2008).

Em estudos da qualidade física do solo, a determinação da curva de retenção de água é essencial, com vistas a nortear as práticas de uso e o manejo sustentável dos sistemas de produção agrícola. A curva de retenção da água do solo é descrita pelo teor de água (θ) e potencial mátrico (Ψ), com decréscimo lento e contínuo dessas variáveis durante a drenagem do solo. Em elevados Ψ , a curva de retenção é influenciada por poros estruturais associados ao efeito da matéria orgânica na formação e na estabilidade da estrutura do solo. Em baixo Ψ , a composição granulométrica e a mineralogia do solo tornam-se mais importantes devido à superfície disponível para a adsorção de água (MACHADO et al., 2008). Dessa forma, a curva de retenção de água permite relações de dependência entre os coeficientes das equações matemáticas que a descrevem com diferentes atributos do solo.

A influência da densidade sobre a retenção da água do solo é importante, especialmente quando ocorrem mudanças no sistema de preparo do solo ou quando ocorre compactação (RASIAH & AYLMOORE, 1998). MACHADO et al. (2008) constataram dependência negativa da umidade na saturação e densidade do solo, confirmando a importância da estrutura do solo na sua maior retenção de água. De acordo com BERG et al. (1997), há correlação negativa entre a densidade do solo e a umidade na saturação devido à dependência da retenção de água a altos potenciais em relação ao espaço poroso disponível. Em baixos potenciais, a correlação com a retenção de água é positiva devido a que a área superficial disponível para adsorção de água é mais importante que o espaço poroso.

A matéria orgânica afeta tanto a estrutura do solo como as suas propriedades de adsorção; portanto, a retenção de água pode ser afetada por mudanças no teor de matéria orgânica que ocorrem devido a mudanças no clima e nas práticas de manejo (RAWLS et al., 2003). Esses autores observaram que, em baixos conteúdos de carbono orgânico, a sensibilidade da retenção de água a mudanças no conteúdo de matéria orgânica foi mais alta em solos arenosos. Incrementos no conteúdo de matéria orgânica levou a aumento na retenção de água em solos arenosos e decréscimo em solos argilosos. Em altos valores de carbono orgânico, todos os solos apresentaram aumento na retenção de água com o incremento da matéria orgânica, sendo esse maior em solos arenosos e siltosos.

Os diferentes sistemas de uso e manejo podem promover modificações na estrutura do solo, com consequências no seu comportamento físico-hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar as relações entre atributos físicos, teor de matéria orgânica e os coeficientes da curva de retenção de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo e culturas de cobertura, em produção orgânica de feijão e milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude 16° 28' 00" S, longitude 49° 17' 00" W, e altitude de 823 m. O clima, conforme classificação de

Köppen, é Aw, tropical de savana, megatérmico. O regime pluvial é bem definido, com período chuvoso de outubro a abril e seco de maio a setembro, com precipitação média anual de 1460 mm (SILVA et al., 2002). O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico, de textura franco argilosa, com 410 g kg⁻¹ de areia, 270 g kg⁻¹ de silte e 320 g kg⁻¹ de argila, na camada de 0,00-0,20 m. A vegetação original da área experimental era do tipo Cerradão e essa vinha sendo cultivada no sistema convencional de preparo do solo (gradagens aradora e niveladora) com a rotação milho e soja.

Em novembro de 2003 foram instalados quatro experimentos, que vem sendo conduzidos segundo os preceitos da produção orgânica. Dois experimentos foram conduzidos em semeadura direta e nos outros dois foi feito o preparo convencional do solo com grades aradora e niveladora operando até 0,10-0,15 m de profundidade. Em cada sistema de manejo do solo, um experimento foi conduzido com a cultura do milho e outro com a do feijão das águas. Em todos os experimentos foram usadas as culturas de cobertura: crotalária (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), sorgo vassoura (*Sorgum technicum*) e pousio (vegetação espontânea). A vegetação espontânea era constituída basicamente de picão preto (*Bidens pilosa*), capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), com menores ocorrências de braquiária (*Brachiaria decumbens*), corda de viola (*Ipomoea grandifolia*), caruru (*Amaranthus deflexus*), erva de santa luzia (*Chamaecrista viridis* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), beldroega (*Portulaca oleracea*), guanxuma (*Sida cordifolia*) e maria pretinha (*Solanum americanum* Mill).

As culturas de cobertura foram semeadas em abril e conduzidas no sistema de semeadura direta. Por ocasião da semeadura do milho e feijão, em novembro, foram manejadas com rolo-faca e foram deixadas sobre o solo (semeadura direta) ou incorporadas (preparo convencional). Elas foram semeadas no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando-se 60 sementes por metro de crotalária, guandu e sorgo e 20 sementes por metro de mucuna. O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Pérola, foi semeado no mesmo espaçamento, com 16 sementes por metro, e o milho (*Zea mays* L.), cv. AG 1051, no espaçamento de 0,90 m, com 5 sementes por metro. A área das parcelas com feijão era de 27,00 m² (2,70 x 10,00 m) e as com milho de 54 m² (5,40 x 10,00 m).

Em novembro de 2007 foi realizada amostragem de solo para análise físico-hídrica nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Foram coletadas quatro amostras por profundidade estudada, sendo uma deformada e três não deformadas, com quatro repetições para cada cultura de cobertura. As amostras com estrutura deformada foram utilizadas para determinar a textura do solo pelo método da pipeta, a densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico e o teor de matéria orgânica (M.O.) pelo método de Walkley & Black (EMBRAPA, 1997). Duas amostras não deformadas, coletadas em cilindros de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, foram usadas para determinação da densidade do solo (Ds) e microporosidade.

A porosidade total (Pt) foi calculada pela equação:

$$Pt = 1 - (Ds/Dp) \quad (1)$$

A macroporosidade (Mp) foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997). Outra amostra não deformada foi usada para determinação das curvas de retenção de água pelo método da centrífuga (REATTO et al., 2008) nas tensões de água de 6, 8, 10, 33, 60, 100 e 1500 kPa. As curvas características de água no solo foram ajustadas por meio de regressão não-linear utilizando-se o modelo matemático proposto por GENUCHTEN (1980) dado por:

$$\theta = (\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[1 + (\alpha h)^n \right]^{-m} + \theta_{res} \quad (2)$$

em que θ , θ_{sat} e θ_{res} são, respectivamente, os conteúdos de água do solo correspondentes à tensão h , à saturação e à umidade residual, em kg kg⁻¹ ou m³ m⁻³; h é a tensão matricial da

água do solo, em kPa, n e m ($m = 1-1/n$) são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste e ∞ é um parâmetro expresso em kPa^{-1} .

Análises de regressão linear entre as variáveis densidade do solo, macroporosidade, teor de matéria orgânica, umidade na saturação e residual (à base de massa e de volume) e parâmetros ∞ e n , foram realizadas considerando-se, conjuntamente, as profundidades de amostragem e os quatro experimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As combinações de sistemas de preparo, culturas de cobertura e culturas principais provocaram variações nos atributos do solo. A densidade do solo variou de 1,21 a 1,37 Mg m^{-3} na camada superficial e de 1,34 a 1,42 Mg m^{-3} na camada de 0,10-0,20 m. Nessas mesmas camadas, a macroporosidade variou, respectivamente, de 0,110 a 0,198 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e de 0,081 a 0,133 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, enquanto o teor de matéria orgânica variou de 21,2 a 22,8 g dm^{-3} e de 20,0 a 21,2 g dm^{-3} (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Valores médios da densidade (Ds), macroporosidade (Mp), teor de matéria orgânica (M.O.), umidade na saturação do solo (θ_{sat}), umidade residual (θ_{res}) e parâmetros ∞ e n de acordo com as culturas de cobertura e profundidades estudadas, nos experimento sob preparo convencional e semeadura direta com a cultura do feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO, 2007.

Sistema de uso do solo	Ds Mg m^{-3}	Mp $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	M. O. g dm^{-3}	θ_{sat} kg kg^{-1}	θ_{res} kg kg^{-1}	∞ kPa^{-1}	n
Preparo convencional, 0-0,10 m							
Pousio	1,35	0,118	21,2	0,365	0,206	2,438	1,306
Crotalária	1,31	0,150	21,5	0,390	0,210	5,421	1,326
Guandu	1,37	0,110	21,5	0,356	0,212	2,941	1,313
Mucuna	1,36	0,123	21,2	0,363	0,209	3,920	1,308
Sorgo	1,33	0,147	21,8	0,380	0,205	5,472	1,319
Preparo convencional, 0,10-0,20 m							
Pousio	1,40	0,115	20,0	0,340	0,204	4,481	1,300
Crotalária	1,37	0,112	20,2	0,353	0,213	4,124	1,310
Guandu	1,37	0,113	20,5	0,356	0,216	3,708	1,291
Mucuna	1,38	0,111	20,0	0,345	0,211	4,371	1,305
Sorgo	1,42	0,098	20,2	0,328	0,211	5,806	1,285
Semeadura direta, 0-0,10 m							
Pousio	1,37	0,117	21,5	0,353	0,206	4,201	1,310
Crotalária	1,32	0,152	21,5	0,381	0,203	6,384	1,306
Guandu	1,31	0,146	21,2	0,392	0,212	5,471	1,313
Mucuna	1,33	0,151	21,8	0,374	0,200	5,851	1,328
Sorgo	1,28	0,181	22,0	0,404	0,204	11,351	1,317
Semeadura direta, 0,10-0,20 m							
Pousio	1,37	0,117	20,2	0,355	0,206	3,594	1,312
Crotalária	1,35	0,133	20,0	0,363	0,204	5,390	1,310
Guandu	1,39	0,090	20,0	0,342	0,213	1,878	1,310
Mucuna	1,39	0,109	20,5	0,342	0,209	5,416	1,283
Sorgo	1,41	0,102	20,8	0,331	0,199	3,062	1,287

Nos experimentos com milho houve tendência de menores valores de densidade do solo (Ds média = 1,32 Mg m^{-3}) e maiores de macroporosidade (Mp média = 0,140 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e teor de matéria orgânica (M.O. média = 21,6 g dm^{-3}) em relação aos com o feijão (Ds média = 1,36

Mg m⁻³, Mp média = 0,125 m³ m⁻³ e M.O. média = 20,9 g dm⁻³). Isso se deve, provavelmente, pelo milho ter sistema radicular mais abundante e maior produção de matéria seca que o feijoeiro, o que favorece esses atributos do solo. SPERA et al. (2009), comparando diversos sistemas de produção, observaram que a significativa biomassa seca da cultura do milho deixada na superfície do solo foi uma das causas da menor densidade do solo nos sistemas com essa gramínea.

TABELA 2. Valores médios da densidade (Ds), macroporosidade (Mp), teor de matéria orgânica (M.O.), umidade na saturação do solo (θ_{sat}), umidade residual (θ_{res}) e parâmetros α e n de acordo com as culturas de cobertura e profundidades estudadas, nos experimento sob preparo convencional e semeadura direta com a cultura do milho, em Santo Antônio de Goiás-GO, 2007.

Sistema de uso do solo	Ds Mg m ⁻³	Mp m ³ m ⁻³	M. O. g dm ⁻³	θ_{sat} kg kg ⁻¹	θ_{res} kg kg ⁻¹	α kPa ⁻¹	n
Preparo convencional, 0-0,10 m							
Pousio	1,27	0,166	22,8	0,414	0,217	5,723	1,325
Crotalária	1,25	0,180	22,2	0,425	0,213	10,859	1,306
Guandu	1,26	0,172	22,5	0,419	0,213	8,567	1,298
Mucuna	1,26	0,170	22,5	0,420	0,218	6,593	1,316
Sorgo	1,21	0,198	22,5	0,453	0,216	9,124	1,305
Preparo convencional, 0,10-0,20 m							
Pousio	1,35	0,117	21,0	0,365	0,222	7,799	1,290
Crotalária	1,41	0,084	20,8	0,331	0,220	3,156	1,274
Guandu	1,38	0,101	20,5	0,346	0,223	5,699	1,288
Mucuna	1,42	0,081	21,0	0,332	0,222	2,374	1,284
Sorgo	1,40	0,098	21,2	0,336	0,215	7,258	1,267
Semeadura direta, 0-0,10 m							
Pousio	1,24	0,192	22,0	0,433	0,211	10,889	1,303
Crotalária	1,30	0,152	22,5	0,391	0,214	8,210	1,294
Guandu	1,25	0,184	22,8	0,428	0,214	10,913	1,302
Mucuna	1,30	0,167	22,0	0,396	0,205	10,856	1,292
Sorgo	1,32	0,163	22,5	0,384	0,198	10,446	1,275
Semeadura direta, 0,10-0,20 m							
Pousio	1,34	0,127	20,5	0,370	0,212	6,360	1,284
Crotalária	1,42	0,091	20,8	0,328	0,205	2,705	1,293
Guandu	1,35	0,126	21,0	0,363	0,216	7,824	1,270
Mucuna	1,39	0,113	20,5	0,343	0,206	4,638	1,285
Sorgo	1,37	0,126	20,5	0,353	0,207	7,199	1,277

O teor de matéria orgânica do solo explicou mais de 60% da variação na densidade do solo e na macroporosidade ($r^2 = 0,66$ e $r^2 = 0,64$, respectivamente), tendo a densidade diminuído e a macroporosidade aumentado com o incremento desse teor no solo (Tabela 3), corroborando com os resultados obtidos por SILVEIRA NETO et al. (2006), JUHÁSZ et al. (2007) e ANDRADE et al. (2009).

A influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas (WOHLENBERG et al., 2004). O aumento da matéria orgânica do solo, entre outros fatores, está associado aos níveis de resíduos vegetais depositados ao solo. Contudo, depende também da qualidade desses resíduos, principalmente no que se refere à relação C/N e de constituintes mais recalcitrantes à decomposição microbiana, como

ligninas, ceras e compostos fenólicos de alto peso molecular (CORREIA & DURIGAN, 2008).

TABELA 3. Correlações de Pearson (r) entre os atributos do solo e os parâmetros da curva de retenção de água.

	Ds	Mp	θ_{sat}		θ_{res}		α	n
	$Mg\ m^{-3}$	$m^3\ m^{-3}$	$kg\ kg^{-1}$	$m^3\ m^{-3}$	$kg\ kg^{-1}$	$m^3\ m^{-3}$	kPa^{-1}	
M.O.	-0,81**	0,80**	0,81**	0,82**	0,04 ^{ns}	-0,65**	0,64**	0,26 ^{ns}
Ds			-0,99**	-0,99**	-0,07 ^{ns}	0,80**	-0,74**	-0,44**
Mp			0,96**	0,96**	-0,13 ^{ns}	-0,89**	0,81**	0,41**

M.O. – teor de matéria orgânica; Ds – densidade do solo; Mp – macroporosidade; θ_{sat} - umidade na saturação do solo; θ_{res} - umidade residual; α e n – parâmetros da curva de retenção.

** - significativo à 1% de probabilidade; ns – não significativo.

A umidade na saturação do solo variou de 0,353 a 0,453 $kg\ kg^{-1}$ na camada superficial e de 0,328 a 0,370 $kg\ kg^{-1}$ na camada de 0,10-0,20 m. Nessas mesmas camadas, a umidade residual variou, respectivamente, de 0,198 a 0,218 $kg\ kg^{-1}$ e de 0,199 a 0,223 $kg\ kg^{-1}$, enquanto o parâmetro α variou de 2,438 a 11,351 kPa^{-1} e de 1,878 a 7,824 kPa^{-1} e o parâmetro n de 1,275 a 1,328 e de 1,267 a 1,312 (Tabelas 1 e 2).

Observa-se assim que a variação nos atributos do solo afetou o seu comportamento hídrico. O valor da umidade na saturação à base de massa se reduziu com o aumento da densidade do solo e aumentou com o incremento na macroporosidade e no teor de matéria orgânica (Tabela 3).

A densidade do solo influencia tanto a porosidade total como a distribuição dos poros de maior diâmetro, modificando as características de retenção de água do solo na faixa mais úmida, confirmando a importância da estrutura do solo na sua maior retenção de água (MACHADO et al., 2008). Segundo BERG et al. (1997), solos com baixa densidade retêm mais água próximo da saturação que solos com densidades mais altas devido a que a quantidade de água que pode ser retida em altos potenciais depende primariamente do espaço poroso disponível, e porque solos com baixa densidade são geralmente melhor estruturados. TEIXEIRA et al. (2006) verificaram que a retenção de água em potenciais próximos à saturação foi influenciada pela estrutura do solo. Esses autores observaram ainda que a matéria orgânica coloidal promoveu maior capacidade de retenção de água no solo em potencial referente à capacidade de campo. BEUTLER et al. (2002) e RAWLS et al. (2003) constataram que, em teor de água próximo da capacidade de campo, a densidade do solo afeta mais a retenção da água do solo que o teor de matéria orgânica.

O comportamento da umidade na saturação à base de volume foi semelhante ao da umidade à base de massa (Tabela 3).

A umidade residual à base de massa não se correlacionou com nenhum dos atributos considerados, provavelmente devido à pequena amplitude e aos baixos valores dos teores de matéria orgânica observados (Tabela 3). DANALATOS et al. (1994) não encontraram nenhum efeito do teor de matéria orgânica na retenção de água e atribuíram isso ao baixo teor de matéria orgânica nas suas amostras. MCBRIDE & MACINTOSH (1984) constataram que o teor de matéria orgânica afeta a retenção de água a – 1500 kPa somente quando ele for maior que 5%. RAWLS et al. (2003) verificaram que, em teor de água próximo ao ponto de murcha, o efeito da matéria orgânica na formação da estrutura do solo afeta muito menos a retenção da água do solo do que em teor próximo da capacidade de campo. Ainda segundo esses autores, em baixos conteúdos de carbono orgânico, a sensibilidade da retenção de água a mudanças no conteúdo de matéria orgânica foi menor em solos argilosos, caso deste trabalho, que em arenosos. Esses autores afirmaram que a retenção de água da própria matéria orgânica é a provável razão do efeito do carbono orgânico na retenção de água a –1500 kPa, embora se

saiba que a matéria orgânica modifica a disponibilidade de sítios de adsorção de minerais argilosos à água.

A umidade residual à base de volume, por sua vez, apresentou comportamento bem diferenciado, com correlação positiva com a densidade do solo e negativas com a macroporosidade e o teor de matéria orgânica (Tabela 3). BEUTLER et al. (2002) também encontraram correlação positiva entre a retenção de água no ponto de murcha (-1500 kPa) e a densidade do solo e negativa entre aquela e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico, como o solo deste trabalho. A correlação positiva com a densidade do solo pode ser explicada pela maior quantidade de área superficial que está disponível para reter água em baixos potenciais em solos com alta densidade (BERG et al., 1997). MATIAS et al. (2009) atribuíram à densidade do solo a maior retenção de água em baixos potenciais. Nesses potenciais, a área superficial disponível é mais determinante para a retenção da água do solo que o espaço poroso disponível, o que explica as correlações negativas com a macroporosidade e com o teor de matéria orgânica. Essa última melhora a estrutura do solo, diminuindo a sua densidade, como discutido anteriormente.

BESCANSA et al. (2006), comparando preparo do solo convencional com preparos conservacionistas, constataram que após cinco anos de manejo a densidade do solo franco-argiloso, na camada de 0-0,15 m, foi maior na semeadura direta em relação ao preparo convencional e resultou em menor conteúdo volumétrico de água no potencial matricial de 0 kPa e maior no de -1500 kPa. Verificaram ainda que o maior teor de matéria orgânica e mudanças na distribuição no tamanho dos poros na semeadura direta resultou em aumento na capacidade de água disponível entre -33 kPa e -1500 kPa. Concluíram que o preparo do solo teve maior impacto nas condições da água do solo que o manejo dos resíduos culturais.

O comportamento do parâmetro ∞ em relação aos atributos do solo considerados foi semelhante ao da umidade de saturação, apenas sendo a correlação menos forte (Tabela 3). Esse parâmetro está relacionado com o inverso do valor da pressão de entrada de ar, que é a pressão no qual ocorre a entrada de ar nos poros do solo em um processo de secagem. Como essa pressão tende a ser menor com o aumento da macroporosidade do solo, esse atributo do solo se correlacionou de maneira direta com ∞ , explicando 65% da variação nesse parâmetro. A densidade do solo e o teor de matéria orgânica explicaram, respectivamente, 55% e 41% da variação em ∞ .

O parâmetro n é uma medida da distribuição do tamanho dos poros, assim, valores elevados de n correspondem a uma curva sigmoidal bem expressa, em razão da distribuição mais uniforme dos macroporos (BERG et al., 1997). Esse parâmetro apresentou fraca correlação negativa com a densidade do solo e positiva com a macroporosidade, não apresentando correlação com o teor de matéria orgânica (Tabela 3). Realmente, RAWLS et al. (2003) verificaram que o teor de matéria orgânica teve pouco efeito na declividade da curva de retenção da água do solo e GREEN et al. (2003) constataram que ela foi afetada negativamente pela densidade do solo. TORMENA & SILVA (2002) também observaram que n diminuiu com o aumento da densidade do solo. PORTELA et al. (2001) verificaram que o cultivo de um Latossolo Amarelo álico coeso com citros aumentou sua densidade em relação ao cultivo com mandioca e a mata, resultando em menores valores do parâmetro m da curva de retenção ajustada pelo modelo de GENUCHTEN (1980). Como n é igual a $1/(1-m)$, quanto menor m menor será n , confirmando que esse parâmetro é afetado negativamente pela densidade do solo.

CONCLUSÕES

Os sistemas de preparo do solo e as sucessões de culturas alteraram o teor de matéria orgânica e a estrutura do solo, afetando o seu comportamento hídrico.

A umidade na saturação do solo, tanto à base de massa como de volume, foi afetada negativamente pela densidade do solo e positivamente pela macroporosidade e teor de matéria orgânica.

O parâmetro α da curva de retenção da água do solo também foi afetado da mesma forma por esses atributos do solo, porém com menor intensidade.

O parâmetro n apresentou fraca correlação negativa com a densidade do solo e positiva com a macroporosidade.

A umidade residual à base de massa não se correlacionou com nenhum dos atributos do solo considerados, entretanto a umidade residual à base de volume apresentou comportamento bem diferenciado, com correlação positiva com a densidade do solo e negativas com a macroporosidade e o teor de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. da S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, 2009.
- BERG, M. van den; KLAMT, E.; REEUWIJK, L.P. van; SOMBROEK, W.G. Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention characteristics of Ferralsols and related soils. *Geoderma*, Amsterdam, v.78, n.3/4, p.161-180, 1997.
- BESCANSÀ, P.; IMAZ, M.J.; VIRTO, I.; ENRIQUE, A.; HOOGMOED, W.B. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.87, n.1, p.19-27, 2005.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.3, p.829-834, 2002.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.24, n.4, p.20-31, 2008.
- DANALATOS, N.G.; KOSMAS, C.S.; DRIESSEN, P.M.; YASSOGLOU, N. Estimation of the draining soil moisture characteristics from standard data as recorded in soil surveys. *Geoderma*, Amsterdam, v.64, n.1/2, p.155-165, 1994.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- GENUCHTEN, M.Th. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.41, n.5, p.892-8, 1980.
- GREEN, T.R.; AHUJA, L.R.; BENJAMIN, J.G. Advances and challenges in predicting agricultural management effects on soil hydraulic properties. *Geoderma*, Amsterdam, v.116, n.1/2, p.3-27, 2003.
- JUHÁSZ, C.E.P.; COOPER, M.; CURSI, P.R.; KETZER, A.O.; TOMA, R.S. Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.64, n.4, p.344-354, 2007.
- MACHADO, J.L.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C.A. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um latossolo sob diferentes sistemas de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, n.2, p.495-502, 2008.
- MATIAS, S.S.R.; BORBA, J.A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A.R.; CAMARA, F.T. da. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.40, n.3, p.331-338, 2009.

MCBRIDE, R.A.; MACINTOSH, E.E. Soil survey interpretations from water retention data: 1. Development and validation of a water retention model. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.48, n.6, p.1338-1343, 1984.

PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L.; LIER, Q. de J. van. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.1, p.49-54, 2001.

RASIAH, V.; AYLMOORE, L.A.G. Sensitivity of selected water retention functions to compaction and inherent soil properties. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v.36, n.2, p.317-326, 1998.

RAWLS, W.J.; PACHEPSKY, Y.A.; RITCHIE, J.C.; SOBECKI, T.M.; BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, Amsterdam, v.116, n.1/2, p.61-76, 2003.

REATTO, A; SILVA, E.M. da; BRUAND, A.; MARTINS, E.S.; LIMA, J.E.F.W. Validity of the centrifuge method for determining the water retention properties of tropical soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.72, n.6, p.1547-1553, 2008.

SILVA, S.C.; XAVIER, L. de S.; SANTANA, N.M.P. de; CARDOSO, G.M.; PELEGRINI, J.C. *Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola referentes ao município de Santo Antônio de Goiás, GO, 2001*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 21p.

SILVEIRA NETO, A.N. de; SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F.; OLIVEIRA, L.F.C. de. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.36, n.1, p.29-35, 2006.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, n.1, p.129-136, 2009.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORSELLI, T.B.G.A.; KROLOW, I.R.C.; SIMONETE, M.A. Atributos físico-hídricos de um solo cultivado com pastagem de azevém sob diferentes combinações de preparo e tratamento. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.37, n.2, p.117-123, 2006.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.2, p.305-314, 2002.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004.