RETENÇÃO DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE POROS EM SOLO SOB SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

PEDRO LUAN FERREIRA DA SILVA[1], FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA[2], WALTER ESFRAIN PEREIRA[3], ADRIANA FERREIRA MARTINS[4], PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO[5]

[1]Eng. Agr. Mestrando em Agronomia, PGA-UEM, Maringá-PR, pedroluanferreira@gmail.com;
[2]Dr. em Ciência do Solo, Prof. Assoc. CCA, UFPB, Areia-PB, pereira@cca.ufpb.br;
[3]Dr. em Fitotecnia, Prof. Titular. CCA, UFPB, Areia-PB, walterufpb@yahoo.com.br;
[4]Dra. em Ciência do Solo, PNPD/PPGCS. CCA, UFPB, Areia-PB, biol.adriana@gmail.com;
[4]Dr. em Engenharia Agrícola, Pesquisador. UFCG, Campina Grande, paulomegna@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Goiânia/GO – Brasil
02 a 05 de agosto de 2020

RESUMO: A degradação física do solo compromete a dinâmica de água e a distribuição de poros do solo, reduzindo o desenvolvimento dos vegetais. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física do solo através da curva de retenção de água no solo (CRA) e distribuição de poros por diâmetro (DPD) em um Planossolo sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. O experimento foi implantado no município de Alagoinha, Paraíba, em delineamento inteiramente casualizado sob um Planossolo Háplico de textura franco-arenosa. Um total de 160 amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m para a determinação dos seguintes atributos: CRA, DPD, água disponível (θ_{AD}). De acordo com os resultados obtidos, os parâmetros θr, θs, *m* e *n*, foram maiores na camada de 0,00-0,10 m, contudo a CAD foi superior na camada de 0,10-0,20 m. As classes de poros Ø >49, de 49-29 e Ø< 0,2 µm, foram superiores na camada de 0,00-0,10 m, explicando o comportamento das CRA na tensão -100 kPa.
PALAVRAS-CHAVE: Água disponível, Agreste da Paraíba, indicadores de qualidade do solo

WATER RETENTION AND PORE SIZE DISTRIBUTION IN SOIL UNDER INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS

ABSTRACT: The physical degradation of the soil compromises the water dynamics and the distribution of soil pores, reducing the development of plants. Therefore, the aime of this work was to evaluate the soil physical quality through the soil water retention curve (WRC), pore Size distribution (PSD) in a Planosol under an integrated crop-livestock-forest system. The experiment was implemented in the municipality of Alagoinha, Paraíba, in a completely randomized design under a Planosol with a sandy-loam texture. A total of 160 soil samples were collected in the 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m layers to determine the following variables: WRC, PSD and available water (θ_{WA}). According to the results obtained, the parameters θr, θs, *m* and *n*, were higher in the 0.00-0.10 m layer, however θ_{WA} was higher in the 0.10-0.20 m layer. The pore classes Ø> 49, 49-29 and Ø <0.2 µm, were higher in the 0.00-0.10 m layer, explaining the behavior of the WRC in the -100 kPa tension.
KEYWORDS: Available water, Agreste of Paraíba, soil quality indicators

INTRODUÇÃO

Sistemas conservacionistas de produção agropecuária atuam no sentido de preservar ou melhorar a qualidade física do solo (Carducci et al., 2015). Por isso, quantificar as alterações nos atributos físicos do solo, decorrentes da intensificação de uso e manejo através desses sistemas, pode fornecer subsídios importantes para a definição de técnicas racionais de produção, de forma a reduzir a sua perda de capacidade produtiva (Silva et al., 2017). Inúmeros indicadores têm sido utilizados para mensurar o impacto dos sistemas de produção sobre a qualidade física do solo. Dos mais citados na

literatura científica, os de maior destaque são a densidade do solo, resistência mecânica a penetração, porosidade e agregação (Lima et al., 2020), capacidade de água disponível, condutividade hidráulica (Castellini et al., 2019), além da curva de retenção de água no solo.

A curva de retenção de água no solo é um dos parâmetros mais utilizados, pois, além de apresentar graficamente a relação entre a energia de retenção com o respectivo conteúdo de água (Carducci et al., 2011), ela pode ser utilizada para estimar a umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, a condutividade hidráulica do solo não saturado (Andrade et al., 2013), o índice *S*, o potencial matricial no ponto de inflexão e o teor de umidade no ponto de inflexão (Dexter & Bird, 2001; Dexter, 2004). A CRA apresenta uma estreita relação com a estrutura do solo e resulta de uma ação conjunta que existe entre os atributos textura, mineralogia e teor de matéria orgânica do solo (Beutler et al., 2002).

A avaliação dos espaços porosos do solo é de grande importância para a caracterização do ambiente físico próximo a zona radicular, visto que a porosidade interfere na capacidade de aeração, condução, retenção, disponibilidade de água, resistência mecânica a penetração e nutrição das plantas (Silva et al., 2017). Contudo, para melhor entender o comportamento do solo, determinar a distribuição de poros por tamanho é mais importante que apenas determinar a porosidade total, visto que um solo com boa distribuição de poros, com diâmetros variados, potencializa a atividade agrícola, tornando o agronegócio uma atividade cada vez mais sustentável (Silva et al., 2017). Contudo, verifica-se na literatura que estudos com a utilização de indicadores físicos do solo na avaliação dos efeitos da adoção dos sistemas iLPF sobre o solo ainda são escassos, principalmente quando relacionados à região Nordeste do Brasil.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade física através da curva de retenção de água no solo (CRA) e distribuição de poros por diâmetro (DPD) de um Planossolo Háplico sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em julho de 2015 em área experimental da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER), em Alagoinha, Paraíba, Brasil (06° 57’ 00” S e 35° 32’ 42” W; altitude de 317 metros). O clima do município é caracterizado como tropical quente e úmido, tipo As’ segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007), com chuvas de outono-inverno e período chuvoso entre os meses de março e agosto. A precipitação média anual é de 1017 mm, com temperatura variando de 22 a 26 °C e umidade relativa do ar de 65%. O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico mésico solódico com horizonte A moderado e de textura franco-arenosa (Santos et al., 2018). Antes da implantação do experimento realizou-se uma coleta de amostras para a caracterização física do solo da área experimental até a profundidade de 0,20 m, conforme apresentado nas Tabelas 1.

Tabela 1. Caracterização física do Planossolo Háplico antecedente a implantação do experimento.

Areia	**Silte**	**Argila**	**ADA**	**GF**	ρ_s	ρ_p	α	**Classificação Textural**
---------- g kg^{-1} ----------				%	--- g cm^{-3} ---		m³ m^{-3}	
				0.00-0.10 m				
685	172	143	38	73,4	1,54	2,64	0,42	Franco Arenosa
				0.10-0.20 m				
682	146	172	51	61,0	1,56	2,58	0,39	Franco Arenosa

ADA = Argila dispersa em água; GF = Grau de floculação; ρ_s = Densidade do solo; ρ_p = Densidade de partículas; α = Porosidade total.

A área experimental encontra-se ocupada com os seguintes consórcios: i) *Brachiaria decumbens* Stapf. + Gliricídia (*Gliricidia sepium*) BG; ii) *Br. decumbens* Stapf. + Sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia* Benth.) BS; ii) *Br. decumbens* Stapf. + Ipê (*Tabebuia alba* (Chamiso) Sandwith) BI; iv) Lavoura Anual = *Br. decumbens* + milho LA; v) *Br. decumbens* Stapf. BD. Contudo, no presente estudo optou-se por integrar os consórcios como sendo um único tratamento e, focando no efeito da profundidade, adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC).

Em fevereiro de 2019, um total de 160 amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 0,00 a 0,10 e 0,10-0,20 m com auxílio de cilindros metálicos tipo Uhland

com capacidade de 102,09 cm^3 e em seguida foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Física de Solos do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para a determinação das seguintes variáveis: Curva de retenção de água no solo (CRA), água disponível as plantas (θ_{AD}) e distribuição de poros por diâmetro (DPD).

Para a determinação das CRA as amostras de solo com estrutura preservada foram previamente saturadas em água por um intervalo mínimo de 48 horas. Após esse período as amostras saturadas foram submetidas as tensões de Ψ_m -6 kPa na mesa de tensão e -10, -33, -100, -300, -500, -1000 e -1500 kPa no extrator de Richards com placas porosas. Logo após, os valores de umidade correspondentes as tensões aplicadas foram ajustadoss empregando-se o modelo não linear proposto por Van Genuchten (1980), com a constante de Mualem (1976) m= 1-1/n, utilizando o *software* SWRC (Dourado Neto et al., 2000). A equação utilizada encontra-se descrita abaixo:

$$(\theta) = \theta r + (\theta s - \theta r) / [1 + (\alpha \Psi)^n]^m \quad (1)$$

Onde, (θ) - é o conteúdo volumétrico de água no solo correspondente ao Ψ_m aplicado (m^3 m^{-3}); θr- é o conteúdo de água residual, correspondente a -1500 kPa, (m^3 m^{-3}); θs - conteúdo de água corresponde ao volume de saturação (m^3 m^{-3}); n, m, α são parâmetros empíricos da curva de retenção, com α expresso em -kPa. A água disponível às plantas (θ_{AD}) foi obtida através da seguinte relação θ_{AD} (m^3 m^{-3}) = (θ Ψm -10 kPa – θ Ψm -1500 kPa). Para a quantificação da distribuição de poros por diâmetro, utilizou-se a equação proposta por Bouma (1991), conforme apresentada abaixo:

$$D = 4\, \sigma \cos\theta / \Psi m \quad (2)$$

Onde, D - é o diâmetro do poro (μm); σ- é a tensão superficial da água (0,727 bar μm a 20 °C); θ- é o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado como zero) e Ψ_m - é o potencial matricial aplicado (kPa). As classes de diâmetro de poros foram subdivididas conforme classificação proposta por Klein & Libardi (2002), sendo Ø > 0,05 mm (50 μm) classificado como macroporos, que perdem água em tensões menores que -6 kPa; Ø entre 0,05 e 0,0002 mm (50 a 0,2 μm), microporos que perdem água entre -6 e -1500 kPa e, Ø < 0,0002 mm, criptoporos, que perdem água em tensões maiores que -1500 kPa. Realizou-se a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de (p<0,05), utilizando o *software* R (R Core Team, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que a θs variou de 0,40 a 0,45 m^3 m^{-3} (Tabela 1). Por outro lado, os valores médios de θr (Tabela 1) ficaram abaixo de 0,10 m^3 m^{-3} nas duas camadas de solo avaliadas, com 0,091 m^3 m^{-3} na profundidade de 0,00-0,10 m e 0,086 m^3 m^{-3} de 0,10-0,20 m.

Tabela 1. Parâmetros de ajustes da curva de retenção para um Planossolo Háplico sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Agreste da Paraíba.

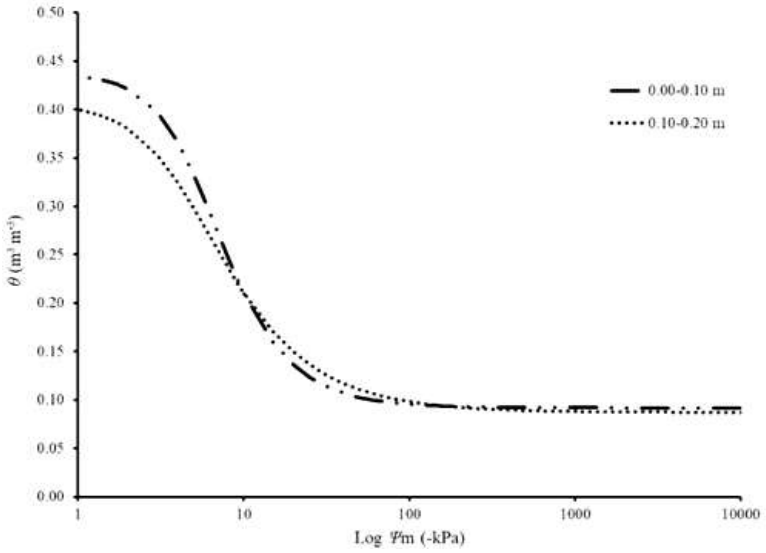
Camada	***θs***	***θr***	***θ$_{AD}$***	***α***	***m***	***n***	***R²***
(m)	---------- m^3 m^{-3} ----------			--- kPa ---	----------		
0,00-0,10	0,437	0,091	0,123	0,1832	0,532	2,562	0,966
0,10-0,20	0,398	0,086	0,131	0,2757	0,459	2,084	0,963

θ_s= Umidade de saturação, θr= Umidade residual, α, m e n = Parâmetros empíricos de ajuste da curva de retenção, R^2 = Coeficiente de determinação, θ_{AD}= Água disponível.

O θr é um atributo que depende da granulometria do solo, principalmente se no solo houver predomínio de areia grossa (Fidalski et al., 2013). Os valores de n foram menores na camada de 0,10-0,20 m, refletindo em uma melhor distribuição de poros no solo. Verifica-se que a θ_{AD} foi maior na camada de 0,10-0,20 m, possivelmente influenciada pelo predomínio de microporos, que necessitam de tensão elevada para serem drenados. Na camada de 0,00-0,10 m, a menor θ_{AD} pode estar relacionada ao predomínio de mesoporos, que perdem água drenável com maior facilidade.

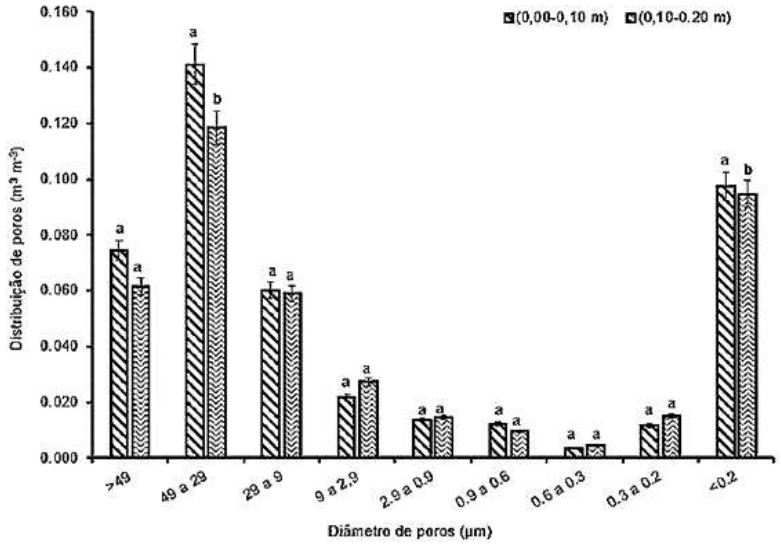
As (CRA) correspondentes as camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m encontram-se apresentadas na Figura 1. Houve um decréscimo abrupto no conteúdo de água do solo entre Ψ_m 0 e -100 kPa, estabilizando-se com o aumento da tensão aplicada. Esse comportamento demonstra que as curvas foram influenciadas por dois fenômenos, o primeiro de ordem estrutural, onde predominam os poros de maior diâmetro (macroporos e mesoporos) e o outro de ordem textural, sob influência dos poros de menor diâmetro, que predominam em tensões maiores que -100 kPa.

Figura 1. Curva de retenção de água no solo para um Planossolo Háplico sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Agreste da Paraíba. Camadas (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m).



Analisando os dados da Figura 2, verifica-se o predomínio de poros com Ø >49, de 49 a 29 e <0,2 µm na camada de 0,00-0,10 m e, considerando-se Ø de 50 µm como o limite entre a macroporosidade e microporosidade do solo (Silva et al., 2017), pode-se afirmar que na camada de 0,00-0,10 os poros que predominaram foram os mesoporos grandes e médios. Na camada de 0,10-0,20 m, verificou-se um predomínio de mesoporos finos, explicando maior θ_{AD}. Para Carducci et al. (2011), os mesoporos finos são aqueles que ficam próximo ao ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), portanto, a água contida neles está fortemente retida ao solo, com uma energia tão elevada, estando praticamente indisponível para a maioria das plantas cultivadas.

Figura 2. Distribuição de poros por diâmetro em Planossolo Háplico solo sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta



CONCLUSÃO

Os parâmetros θr, θs, *m*, *n*, foram maiores na camada de 0,00-0,10 m, contudo a CAD foi superior na camada de 0,10-0,20 m. As classes de poros Ø >49, de 49-29 e Ø< 0,2 µm, foram

superiores na camada de 0,00-0,10 m, explicando o comportamento das CRA na tensão -100 kPa. A distribuição de poros por diâmetro ajudou a compreender o comportamento das curvas de retenção de água no solo.

REFERÊNCIAS

Andrade, R. S.; Stone, L.F.; Godoy, S. G. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 9, p. 932-937, 2013.

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, v. 26, n. 3, p. 829-834, 2002.

Bouma, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. Advances in Agronomy, v. 46, n. 1, p. 1-37, 1991.

Carducci, C. E.; Oliveira, G. C.; Oliveira, L. M.; Barbosa, S. M.; Silva, E. A. Retenção de água do solo sob sistema conservacionista de manejo com diferentes doses de gesso. Revista de Ciências Agrárias, v. 58, n. 3, p. 284- 291, 2015.

Carducci, C. E.; Oliveira, G. C.; Severiano, E. C.; Zeviani, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a Equação Duplo Van Genuchten**.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.

Castellini, M.; Stellacci, A. M.; Tomaiuolo, M.; Barca, E. Spatial variability of soil physical and hydraulic properties in a Durum wheat field: an assessment by the best procedure. Water, v. 11, n. 7, p. 1-19, 2019.

Dexter, A. R. Soil physical quality part I. Theory, effects, density and organic matter and effects on root growth. Geoderma, v. 120, n. 3-4, p. 201-214, 2004.

Dexter, A. R.; Bird, N. R. A. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil and Tillage Research, v. 57, n. 3-4, p. 203- 212, 2001.

Dourado Neto, D.; Nielsen, D. R.; Hopmans, J. W.; Reichardt, K.; Bacchi, O. O. S. Software to model soil water retention curve (SWRC version 2.00). Scientia Agricola, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.

Fidalski, J.; Tormena, C. A.; Alvez, S. J.; Auler, P. A. M. Influência das frações de Areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranavaí. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 3, p. 613-621, 2013.

Klein, V. A.; Libardi, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 1, p. 857-867, 2002.

Lima, C. L. R.; Dupont, P. B.; Pillon, C. N.; Miola, E. C. C. Least limiting water range, S-index and compressibility of a Udaulf under different management systems. Scientia Agrícola, v. 77, n. 1, p. 1-8, 2020.

Mualem, Y. Hydraulic conductivity of unsaturated soils: prediction and formulas. In: Klute, A. Methods of soil analysis: I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy. 1976. p. 799-823.

Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; Mcmahon, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences, v. 11, n. 4, p. 1633-1644, 2007.

R Core Team. R**:** A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. Á.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; ALMEIDA, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**.** 5.ed. Brasília, Embrapa, 2018. 356p.

Silva, É. A.; Benevenute, P. A. N.; Melo, L. B. B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos de curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e índice S. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v. 11, n. 4, p. 49-54, 2017.

Van Genuchten, M. T. A closed- form equation for predicting the hydraulic conductivity on unsaturated soil. Soil Science Society of American Journal, v. 44, n. 3, p. 892-897, 1980.