

Condutividade hidráulica dos solos arenosos da região semiárida da Bacia sedimentar do Tucano no município de Glória, Bahia, Brasil⁽¹⁾

Roberto da Boa Viagem Parahyba⁽²⁾; Brivaldo Gomes de Almeida⁽³⁾; Fernando Cartaxo Rolim Neto⁽⁴⁾; Maria do Socorro Bezerra Araújo⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto de Tese.

⁽²⁾ Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, Embrapa Solos UEP Recife, Pernambuco; roberto.parahyba@embrapa.br; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE; ⁽⁴⁾ Professor; UFRPE;

⁽⁵⁾ Professora, Universidade Federal de Pernambuco.

RESUMO: A condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância ao manejo do solo e da água, conseqüentemente, à produção agrícola, e na sustentabilidade do ambiente. O objetivo do estudo é determinar a condutividade hidráulica dos solos arenosos da região semiárida, de forma a fornecer valores representativos de parâmetros hidráulicos para futuro projetos de irrigação na região. Foram coletadas amostras de solo do horizonte superficial A e horizonte subsuperficial C ou Bw. Foram utilizadas amostras indeformadas para a densidade dos solos através do anel de Kopeck, e amostras deformadas de solos para análise da condutividade hidráulica do solo saturado, utilizando-se um permeâmetro de carga constante. Para a obtenção da curva característica de água no solo, utilizou-se a técnica de Richards, submetendo as amostras de solos a tensão de 10, 33, 100, 1.000 e 1.500 kPa. Nas amostras dos dois horizontes de todos os perfis os valores de K_{sat} nos horizontes superficiais foram maiores do que os obtidos nos subsuperficiais. Os valores mais baixos de K_{sat} na maioria dos horizontes subsuperficiais deve ser reflexo das suas maiores densidades do solo e menores macroporosidades. As curvas características de condutividade hidráulica não saturada tiveram comportamento semelhante às condutividades hidráulicas saturadas, apresentando brusca inclinação quando dá entrada de ar nos poros, após aplicação de tensões maiores que a retenção de água pelos poros envolvidos no processo.

Termos de indexação: porosidade, curva característica de condutividade hidráulica, Neossolos Quartzarênicos.

INTRODUÇÃO

A condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância ao manejo do solo e da água, conseqüentemente, à produção agrícola, e a sustentabilidade do ambiente. A condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) descreve a

funcionalidade de seu sistema poroso, englobando propriedades relacionadas com a sua porosidade, como quantidade, tamanho, morfologia, continuidade e orientação dos poros (Gonçalves & Libardi, 2013), e o conteúdo de água do solo (Libardi & Melo Filho, 2006).

A macroporosidade é fator de extrema importância na condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) e sua redução provoca diminuição. Isto tanto para meios porosos saturados como para os não saturados, a maior dificuldade na quantificação do fluxo da água reside na determinação da sua condutividade hidráulica (Pauletto et al., 1988).

Os maiores valores de K_{sat} são encontrados associados aos maiores valores de porosidade. Porém, Bouma (1982) relatou que pequenos poros podem conduzir mais quando são contínuos, enquanto os maiores em uma dada seção podem não contribuir para o fluxo quando apresentam descontinuidade no perfil do solo.

Esta pesquisa tem o objetivo de determinar a condutividade hidráulica dos solos arenosos da região semiárida do município de Glória, Estado da Bahia, de forma a fornecer valores representativos deste parâmetro hidráulico para futuro projetos na região.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está inserida no município no município de Glória na Bahia onde prevalece o tipo climático BS'sh', ou seja, muito quente, semiárido, tipo estepe. Foram coletadas amostras de solo de três Latossolos (textura média) e sete Neossolos Quartzarênicos. As amostras de solos foram do horizonte superficial A e horizonte subsuperficial C ou Bw, mais profundo entre 150 - 200 cm. Para a coleta de amostras indeformadas para a densidade dos solos foi utilizado o anel de Kopeck (Embrapa, 1997). Para a determinação da condutividade hidráulica do solo foi utilizado o permeâmetro de carga constante, conforme Libardi (2005). Para a obtenção da curva característica de retenção de água no solo (CCRAS), utilizou-se a técnica de Richards (1947), submetendo as amostras de solos a tensão de 10, 33, 100 kPa, 1.000 e 1.500 kPa, conforme a Embrapa (1997). Para a determinação

da retenção de água do solo a baixa tensão foi utilizada a mesa de tensão, conforme Embrapa (1997). Foram utilizadas amostras deformadas dos solos selecionados para determinações de umidade para cada tensão e condutividade hidráulica, em três repetições. A CCRAS foi construída, conforme van Genuchten (1980). A condutividade hidráulica não saturada foi determinada pelo método empírico de Mualem (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porosidade total dos solos estudados foi relativamente baixa, como usualmente é observado em solos arenosos quando comparados com solos argilosos e siltosos (Bruand et al., 2005), com maiores valores nos horizontes superficiais, diminuindo nos subsuperficiais. Nos horizontes A e Bw dos Latossolos a porosidade total foi \cong 34%. Já nos horizontes A dos Neossolos Quartzarênicos os valores foram \cong 37%, diminuindo para \cong 35% nos horizontes C (Tabela 1).

Nos ensaios de laboratório, na maioria dos horizontes dos perfis (exceto o P.17), os valores de K_{sat} nos horizontes superficiais foram maiores do que os obtidos nos subsuperficiais, estando de acordo com a bibliografia (Vereecken et al., 2010), já que os horizontes A possuem maior macroporosidade, o que facilita a drenagem, resultando em maiores valores de K_{sat} .

Vale salientar que no P.17 este comportamento foi inverso, ficando o horizonte C4 com maior K_{sat} que o horizonte A. Este fato pode ser explicado pelos maiores valores de MO apresentados pelo horizonte A neste perfil (Tabela 1), que podem ter contribuído para o rearranjo das partículas de areia desses solos, aumentando sua retenção e, conseqüentemente, diminuindo a K_{sat} . Nas condições de saturação, os poros de maior diâmetro são responsáveis pela aeração e condução de água, enquanto que os microporos respondem pela retenção e condução em condições não saturadas. Assim, qualquer redução dos macroporos, como observado na maioria dos horizontes subsuperficiais dos perfis, pode restringir o fluxo de água saturado nos seus poros. Os valores mais baixos de K_{sat} pode ser, possivelmente, reflexo das suas maiores densidades (Ds) e menores macroporosidades (Tabela 1), corroborando os resultados de Sakaguchi et al. (2005). Estes autores comprovaram que a K_{sat} possui relação direta com a macroporosidade e inversa com a Ds. A redução de proporção de macroporos pode restringir o fluxo de água no solo saturado (Ribeiro et al., 2007) e comprometer a entrada e redistribuição de água no perfil, bem como a aeração do solo.

Tabela 1 – Porosidade, condutividade hidráulica (K_{sat}), matéria orgânica e densidades do solo e suas relações.

Perfil	Horizonte	MO g/kg	Porosidade			Ds g/cm ³	K_{sat} cm/h
			Macro %	Micro %	Total %		
Latossolos Amarelos Distróficos							
P.08	A	9,5	19,4	15,7	35,1	1,59	13,5
	Bw3	0,3	10,2	23,9	34,1	1,60	5,7
P.09	A	2,1	14,8	17,9	32,7	1,64	8,0
	Bw3	0,3	10,6	23,3	33,9	1,62	5,3
P.10	A	2,7	14,3	18,8	33,1	1,61	13,8
	Bw	0,2	4,5	27,3	31,8	1,64	6,3
Neossolos Quartzarênicos Órticos latossólicos							
P.11	A	10,0	16,4	23,1	39,5	1,58	11,4
	C5	1,2	9,9	27,0	36,9	1,65	6,3
P.12	A	3,4	13,6	18,1	31,7	1,60	16,7
	C4	1,4	4,5	26,0	30,5	1,68	10,3
Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos							
P.13	A	3,1	20,0	18,1	38,1	1,58	20,0
	C4	0,3	17,5	22,4	39,9	1,62	9,1
P.14	A	7,1	24,3	14,0	38,3	1,63	20,3
	C4	1,2	22,2	15,0	37,2	1,63	16,3
P.15	A	5,5	19,0	18,1	37,1	1,56	11,7
	C4	0,5	8,9	26,4	35,3	1,65	7,7
P.16	A	8,1	19,4	16,6	36,0	1,60	19,2
	C4	1,0	15,4	20,3	35,7	1,67	17,4
P.17	A	17,3	27,0	11,9	38,9	1,70	21,6
	C4	2,4	14,1	17,1	31,2	1,69	26,6

Observação: MO = Matéria Orgânica; Ds = densidade do solo.

Com os dados da K_{sat} e parâmetros como umidade de saturação, umidade residual, curvas características de retenção de água dos solos (CCRAS), e outros parâmetros de ajuste, construíram-se curvas características de condutividade não saturadas (CCK_{θ}), K_{θ} (log mm/dia) em função dos potenciais mátricos do solo Ψ (cca), **Figuras 1, 2 e 3**, utilizando-se o modelo matemático de van Genuchten et al. (1991).

As CCK_{θ} apresentaram brusca inclinação quando ocorre a entrada de ar nos poros, após aplicação de tensões maiores que a retenção de água pelos poros envolvidos no processo.

De um modo geral, ao comparar as diferentes curvas (CCK_{θ}) dos solos arenosos estudados (**Figuras 1, 2 e 3**), identificou-se que os horizontes de textura mais grosseira (horizonte A) apresentaram menor valor de entrada de ar, menor zona capilar e decaimento mais acentuado da umidade com o aumento da tensão aplicada. Isto é, a água drena mais rapidamente nestes horizontes, que atingem a umidade volumétrica residual num menor intervalo de tempo. Isto teve como consequência, os maiores valores iniciais de K_{sat}

nestes horizontes, passando, após drenagem, para menores valores de K_{θ} . Comportamento inverso foi observado nos horizontes que apresentaram maior quantidade de areia fina. Nestes, a água ficou retida nos poros com maior energia, fazendo com que se esvaziassem mais lentamente, resultando em decaimento mais suave (menos acentuado) da umidade, quando do aumento da tensão aplicada. Aliado a isto, estes solos também apresentaram maiores microporosidades, que podem ter contribuído para a redução da condutividade hidráulica, promovendo a diminuição da CCK_{θ} mais linearmente (em uma escala logarítmica) em função da baixa quantidade de entrada de ar nos poros com o aumento da tensão aplicada, como verificado por Sakaguchi et al. (2005). Este fato evidencia o fenômeno de capilaridade, maior nestes horizontes, comprovando que ela é inversamente proporcional ao tamanho dos poros. Assim, os solos que possuem granulometria mais fina apresentaram maior zona capilar e com isso, maior entrada de ar, levando a maiores valores de K_{θ} .

Nos Latossolos, enquanto os poros ainda estavam praticamente preenchidos por água, isto é, na faixa úmida até 10 cca, a K_{θ} foi maior nos horizontes superficiais (**Figura 1**) por apresentarem mais macroporos (**Tabela 1**) que os horizontes subsuperficiais. Com aumento de tensão e conseqüente esvaziamento dos poros maiores, a K_{θ} dos horizontes A diminuiu. Ficando abaixo dos valores dos horizontes Bw. Observa-se que o decaimento das curvas fica mais suave quanto mais fina textura dos solos, em função da drenagem mais lenta, promovida pelos poros de menor diâmetro presentes nos solos. Desta forma, os solos com textura mais fina, atingem a umidade residual com valores tão mais alto quanto mais finas forem as frações granulométricas.

CONCLUSÃO

O horizonte A do perfil 17 é o único que apresenta o valor do K_{sat} menor em relação ao horizonte subsuperficial, devido à presença de um maior teor de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

BOUMA, J. Measuring the conductivity of soil horizons with continuous macropores. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 46:438-441, 1982. [Links]

BRUAND, A.; HARTMAM, C. & LESTURYEY, G. Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours. In: **Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. A holistic approach for sustainable development of problem soils in the**

tropical. Khon Kaen: Thailande. 2005. <http://hall-insu.archivers-ouverts.fr/hall-00079666>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1997, 212p.

GONÇALVES, D. M. A.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 37:1174 - 1184. 2013.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, ESALQ, 2005. 344 p.

LIBARDI, P. L. & MELO FILHO, J. F. Análise exploratória e variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica, em um experimento de perfil instantâneo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p.197 - 206, 2006.

PAULETTO, E. A.; LIBARDI, P. L.; MANFRON, P. A. & MORAES, S. O. Determinação da condutividade hidráulica a partir da curva de retenção de água. **R. Bras. Ci. Solo**, 12:189 - 195, 1988.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. & SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência Agrotécnicas**. Lavras, v. 31, n.4, p. 1167 - 1175, 2007.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, n. 28, p. 451 - 454, 1947.

SAKAGUCHI, A.; NISHIMURA, T. & KATO, M. The Effect of Entrapped Air on the Quasi-Saturated Soil Hydraulic Conductivity and Comparison with the Unsaturated Hydraulic Conductivity. **Vadose Zona J.** v. 4, Fev. 2005. p.139 - 144.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, p. 892 - 898, 1980.

VAN GENUCHTEN, M. Th.; LEIJ, F. J. & YATES, S. R. **The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils**. EPA/600/2-91/065. 93 p. 1991.

VERECKEN, H.; WEYNANTS, M.; JAVAUX, M. PACHEPSKY, Y.; SCHAAP, M. G. & VAN GENUCHTEN, M. Th. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: a review. **Vadose Zone J.** 9: 795 – 820, 2010 functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: a review. **Vadose Zone J.** 2010. 9: 795 – 820.

MUALEM Y. A new model for predicting the hydraulic of unsaturated porous media. **Water Resources Research**. 1976. 3:513 - 522.

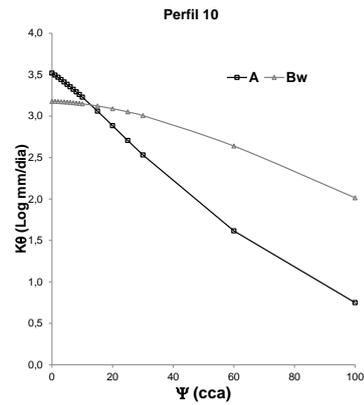


Figura 1 - Curvas características da condutividade hidráulica não saturada representativa dos horizontes A e Bw dos Latossolos Amarelos Distróficos, perfil P.10, em função dos potenciais mátricos.

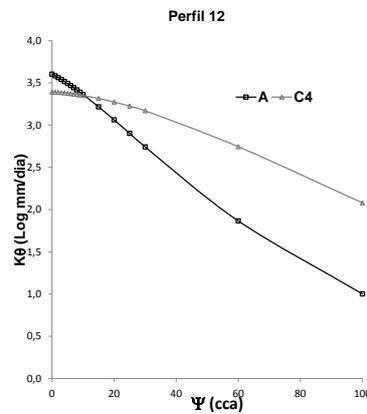


Figura 2 - Curvas características da condutividade hidráulica não saturada representativa dos horizontes A e C dos Neossolos Quartzarênicos Órticos latossólicos, perfil P.12, em função dos potenciais mátricos.

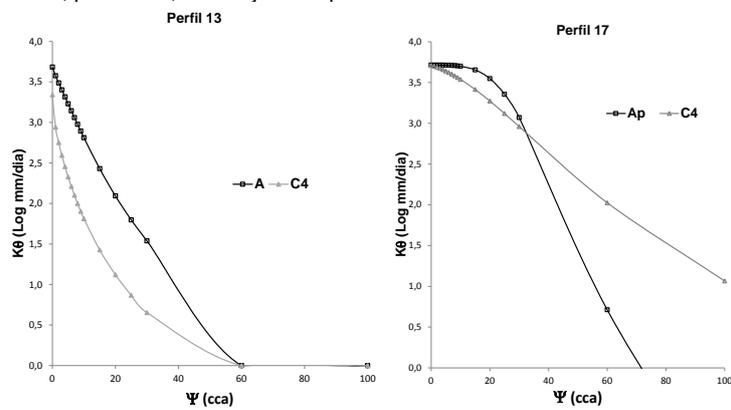


Figura 3 - Curvas características da condutividade hidráulica não saturada representativa dos horizontes A e C dos Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, perfil P.13 e 17, em função dos potenciais mátricos.