

## DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

**MARIANA C. MELO<sup>1</sup>, LUCAS MARTINS GUIMARÃES<sup>2</sup>, PAOLA CAROLINE SILVA<sup>3</sup>, EDU LEANDRO MELO<sup>4</sup>, LUÍS CÉSAR DIAS DRUMOND<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola e Ambiental, Mestranda em Agronomia - Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, Fone: (34) 3855-3240 mariana.c.melo@ufv.br

<sup>2</sup> Prof., Dr. - Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba

<sup>3</sup> Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba

<sup>4</sup> Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** O estudo dos solos não saturados tem aplicação direta na otimização do uso racional da água, quando aplicados a projetos de irrigação. Os dados obtidos *in loco*, são utilizados para calibração de tensiômetros, modelagem do movimento de água no solo, dentre outros para quantificar eficiência do sistema de irrigação utilizado, levando em consideração o conjunto água-solo-atmosfera. Para obtenção da função de condutividade hidráulica dos solos representada em  $K(\theta)$ , foi necessário a obtenção da condutividade hidráulica saturada do solo ( $K_{sat}$ ), obtida por meio do permeâmetro de Guelph e da curva de retenção de água nos solos. As funções de condutividade hidráulica dos solos foram obtidas nas profundidades 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m em 5 pontos distintos distribuídos em 4000 m<sup>2</sup>. As funções foram ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980). Os valores médios de  $K_{sat}$  nas profundidades 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m foram respectivamente  $2,1 \times 10^{-3}$  cm/seg e  $4,8 \times 10^{-3}$  cm/seg. E os valores da  $K(\theta)$  variaram de  $K_{sat}$  para o teor de umidade volumétrico saturado ( $\theta_s$ ) e de  $1,0 \times 10^{-13}$  cm/seg para o teor de umidade volumétrico residual ( $\theta_r$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** movimento de água no solo, permeâmetro de Guelph, modelagem

### DETERMINATION OF SOIL'S HYDRAULIC CONDUCTIVITY FUNCTION IN A RED-YELLOW LATOSOL

**ABSTRACT:** The study of unsaturated soils has direct application in the optimization of the rational use of water when applied to irrigation projects. The data obtained *in loco*, are used for calibration of tensiometers, modeling of movement of water in the soil, among others to quantify the efficiency of the irrigation system used, taking into account the water-soil-atmosphere. In order to obtain the soil hydraulic conductivity function represented in  $K(\theta)$ , it was necessary to obtain the saturated hydraulic conductivity of the soil ( $K_{sat}$ ), obtained by means of the Guelph permeameter and the water retention curve in the soil. The hydraulic conductivity functions of the soils were obtained at depths 0,2-0,4 and 0,4-0,6 m in 5 distinct points distributed in 4000 m<sup>2</sup>. The functions were adjusted by Van Genuchten's model (1980). The mean  $K_{sat}$  values at depths 0-0,2 and 0,2-0,4 m were respectively  $2.1 \times 10^{-3}$  cm / sec and  $4.8 \times 10^{-3}$  cm / sec. And the values of the  $K(\theta)$  varied from  $K_{sat}$  to saturated volumetric moisture content and  $1.0 \times 10^{-13}$  cm / sec for the residual volumetric moisture content.

**KEY WORDS:** soil water movement, Guelph permeameter, numerical modeling.

**INTRODUÇÃO:** A variação da capacidade da água em se movimentar dentro do solo com a diminuição do teor de umidade é chamada de função de condutividade hidráulica (FCH) e ocorre em condições naturais à medida que poros ocupados por água são substituídos por ar. Seu estudo tem fundamental importância para a solução de problemas envolvendo irrigação, com aplicação direta na otimização do uso da água. A partir dela, dados obtidos *in loco* podem ser utilizados para calibração de tensiômetros e ainda pode-se realizar modelagens do movimento de água no solo levando-se em consideração o conjunto solo-água-atmosfera. A determinação da FCH é realizada através de técnicas diretas ou indiretas. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a FCH pelo método indireto nas profundidades 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba. O solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico, A moderado textura argilosa, fase cerrado, relevo plano e suave ondulado. Foram realizados ensaios em cinco pontos aleatórios em 4000 m<sup>2</sup>. Em cada ponto foram determinados o Ksat, e as CRAs nas profundidades 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m. A Ksat foi determinada *in situ* pelo método dos dois estágios, utilizando-se o permeâmetro de Guelph, que mede a permeabilidade do solo saturado, por meio da aplicação constante de água em um orifício aberto por trado. O Ksat é encontrado quando a velocidade de percolação da água no solo se iguala à velocidade de saída da água do permeâmetro. Associando-se o valor da taxa de infiltração com as dimensões do furo e altura da coluna d'água em seu interior determinou-se seu valor. As CRAs foram determinadas pelo método do papel filtro, ensaio padronizado pela ASTM D-5298. Para tal, confeccionou-se anéis biselados em PVC com 50 mm de diâmetro e 20 mm de altura, utilizando-se entre 10 e 14 amostras por profundidade. Para tal, foi utilizado o papel filtro Whatman nº 42. As CRAs foram obtidas por meio de secagem. O papel filtro era colocado em contato com o solo, envolvido por várias voltas de filme plástico, fixado com fita adesiva e deixados em um recipiente com tampa por 7 dias. Posteriormente determinava-se o teor de umidade do papel, pesando-o. Após pesagem, colocava-se o papel úmido em estufa, por 2 horas, a 105°C e então calculava-se o teor de umidade (w). A sucção matricial do solo ( $\psi$ ) foi determinada utilizando-se as curvas de calibração do papel filtro Whatman N°42, obtidas por CHANDLER et al., (1992). Cada valor de sucção foi determinado pela média de dois resultados. O modelo de van Genuchten (1980) (Equação 1) e Gardner (1958) (Equação 2) foram escolhidos para ajuste aos pontos experimentais. Os parâmetros  $\alpha$ , m, n foram obtidos por otimização, pelo método dos mínimos quadrados.

$$\theta_w(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha \times \psi)^n)^m} \quad (1)$$

$$\theta_w(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{1 + (\alpha \times \psi)^n} \quad (2)$$

em que,

$\Psi$ : sucção matricial (cm);

$\theta_w$ : teor de umidade volumétrica (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>);

$\theta_s$ : teor de umidade volumétrica de saturação (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>);

$\theta_r$ : teor de umidade volumétrica residual (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>);

$\alpha_v$ : parâmetro de ajuste da curva (cm<sup>-1</sup>);

n,m: parâmetros de ajuste  $m = 1 - 1/n$  ;

Assim, determinou-se a FCH pelo ajuste da curva de van Genuchten (1980) apresentada na Equação 3. Os gráficos foram plotados em função da saturação efetiva (Equação 4).

$$K_r(\Theta) = \left\{ \Theta^2 \left[ 1 - \left( 1 - \Theta^m \right)^m \right] \right\} \times K_{sat} \quad (3)$$

$$\Theta = \frac{(\theta_w - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} \quad (4)$$

em que:

$K_r(\Theta)$ : coeficiente de permeabilidade na condição saturada;

m: parâmetros para ajuste da curva de retenção.

$\Theta$ : saturação efetiva;

$\theta_w$ : teor de umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );

$\theta_s$ : teor de umidade volumétrica de saturação ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );

$\theta_r$ : teor de umidade volumétrica residual ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ).

**RESULTADOS:** Pode-se observar que a estrutura dos Latossolos é composta de agregados com formato arredondado (0,5 a 3,0 mm), sendo numerosos e distribuídos de maneira a deixarem grande quantidade de macro poros entre eles, o que proporciona uma maior permeabilidade à água, mesmo com elevados teores de argila. Os resultados de  $K_{sat}$  para um e dois estágios estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1.  $K_{sat}$  dos cinco pontos, em duas profundidades realizados para 1 e 2 estágios

Ponto	Condutividade Hidráulica $K_{sat}$ em cm/s			
	1 estágio		2 estágios	
	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m
1	1,8E-03	5,8E-03	2,0E-03	-2,8E-03
2	9,3E-04	4,3E-03	2,8E-03	-2,0E-03
3	3,1E-03	2,7E-03	2,0E-04	9,9E-03
4	5,6E-03	2,5E-02	-1,2E-03	-5,3E-02
5	3,5E-03	4,2E-03	2,6E-04	6,5E-04
Média*	3,1E-03	4,3E-03	1,1E-03	5,3E-03

SOTO et al., (2009) analisaram o método do permeâmetro Guelph em um solo arenoso e outro argiloso, empregando os métodos de um e dois estágios e evidenciaram as dificuldades de cumprir a condição de isotropia de  $K_{sat}$  no método de dois estágios. Porém destacaram que com o uso desta técnica torna-se possível a minimização de erros operacionais e destacaram que valores negativos são comumente encontrados em ensaios de dois estágios, invalidando os resultados. SOUSA e ALVES (2003) avaliaram o movimento de água de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado e encontraram o  $K_{sat}$  de 0 a 0,4 m com valores na ordem de  $3,0\text{E-}3$  cm/seg, constatando-se que para um latossolo, os valores deste trabalho estão congruentes aos encontrados na literatura. A Figura 1 apresentam as CRAs. As curvas obtidas possuem um comportamento bimodal. Segundo CARDUCCI et al., (2011), os Latossolos do Cerrado, em função da mineralogia da fração argila e estrutura granular, apresentam elevado volume de poros grandes e de poros extremamente pequenos. A distribuição destes por tamanho é caracterizada por apresentar predominantemente duas classes distintas: a primeira, relacionada àqueles muito grandes, que promovem rápida drenagem interna do solo; e a segunda, a poros muito pequenos, nos quais a água é retida com energia muito alta, caracterizando-a como água higroscópica (OLIVEIRA et al., 2004).

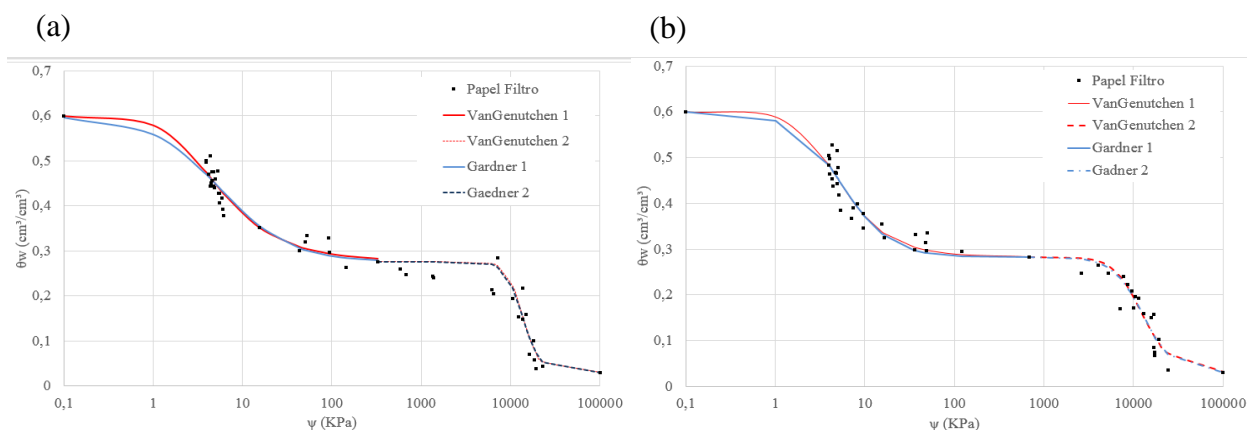


FIGURA 1. CRAs nas profundidades (a) 0,2-0,4 m e (b) 0,4-0,6 m

A FCH apresentada na Figura 2 é relativa à média dos pontos em cada profundidade. Como a CRA obtida possui comportamento bimodal, a FCH apresentada representa apenas o primeiro trecho na faixa de sucção apresentada (0-8000 kPa), sendo mais que suficiente para otimização de sistemas de irrigação.

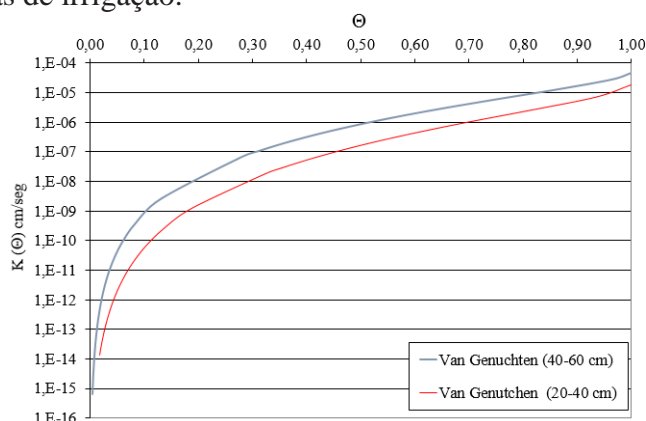


FIGURA 2. Função da condutividade hidráulica.

**CONCLUSÃO:** As FCH apresentadas foram relativas ao primeiro trecho da CRA, sendo suficiente para projetos de irrigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDUCCI, C. E.; DE 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 Ciências do Solo*, 35:77-86, 2011.
- CHANDLER, R. J.; CRILLY, M. S.; MONTGOMERY-SMITH, G. A low-cost method of assessing clay desiccation for low-rise buildings. *Proc. Of the Institute of Civil Engineering*, 92:82-89, 1992.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:327-336, 2004.
- SOTO, M. A.; CHANG, K. H.; VILAR, O. M. Análise do método do permeômetro Guelph na determinação da condutividade hidráulica saturada. *Águas Subterrâneas*, 23:137-152, 2009.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:18-23, 2003.