

AValiação DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA EM TRÊS DIFERENTES TIPOS DE SOLO COMPARADOS À SIMULAÇÃO COM HYDRUS 1D

DIÉGO FELIPE GUEDES DA SILVA^{1*}, FLORIANO LUIZ SUSZEK²; VERA LUCIA ANTUNES³; SILVIO CESAR SAMPAIO⁴;

¹Graduando e Pesquisador Bolsista CNPq, UFCG, Campina Grande-PB, diegofelipeguedess@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel-PR, flsuzzek@hotmail.com

³Prof. Dr. Departamento de Irrigação e Drenagem, UFCG, Campina Grande-PB, antuneslima@hotmail.com

⁴Prof. Dr. Departamento de Recursos Hídricos, UNIOESTE, Cascavel-PR, silvio.sampaio@unioeste.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a condutividade hidráulica em três tipos diferentes de solos, utilizando colunas de solo, e serão comparados aos resultados obtidos pelo simulador HYDRUS-1D. Em casos extremos, serão feitos ajustes do modelo para que o simulador possa ser válido para os solos analisados. A condutividade hidráulica tem grande importância para várias áreas, como o manejo de irrigação, dimensionamento de drenagem, áreas de escoamento superficial, construção de terraços de armazenamento e bacias de acumulação, dentre outros. Para a obtenção da condutividade hidráulica podem ser utilizados vários métodos, dentre estes são citados o método do permeâmetro de carga constante e o método de van Genuchten-Mualem, sendo que este segundo é aplicado ao modelo HYDRUS 1D, que é um modelo analítico para movimento de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Coluna de solo, solo deformado, método de van Genuchten-Mualem.

CONDUCTIVITY HYDRAULIC ASSESSMENT IN THREE DIFFERENT TYPES OF SOIL COMPARED TO SIMULATION WITH HYDRUS-1D

ABSTRACT: The objective of this study is to analyze the hydraulic conductivity in three different types of soil, using soil columns, and will be compared to results obtained by HYDRUS 1D simulator. In extreme cases, model adjustments will be made so that the simulator can be valid for the analyzed soil. The hydraulic conductivity is of great importance for various areas such as irrigation management, drainage design, areas of surface runoff, construction of storage terraces and accumulation basins, among others. To obtain the hydraulic conductivity can be used various methods, among them are cited the method of constant-load permeameter and the method of van Genuchten-Mualem, and the second is applied to HYDRUS 1D model is an analytical model for motion soil water.

KEYWORDS: soil column, deformed soil, method of van Genuchten-Mualem.

INTRODUÇÃO

Devido às várias operações de preparo do solo, as propriedades físicas do mesmo são alteradas, afetando diretamente nos fatores de desenvolvimento de culturas, sendo estes a estrutura, a infiltração da água, a porosidade, a condutividade hidráulica e o armazenamento de água (SILVA, 2007).

O movimento da água tem controle na dinâmica de elementos que atuam no processo de formação dos solos, bem como na disponibilidade de nutrientes para as culturas. A irrigação é um meio de complementar essa disponibilidade de água para as plantas, porém é imprescindível o conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo e a condutividade hidráulica, afim de manejar corretamente o sistema de irrigação e sanar problemas ligados a desperdício de água.

Para solos salinos, uma remediação para viabilizar seu uso é a implantação de sistemas de drenagem, e para isso, é de vital importância que se conheça a condutividade hidráulica e a porosidade do solo que seja drenável (Bernardo e Mantovani, 2006).

A condutividade hidráulica é relacionada ao conteúdo de água no solo, de forma que um solo saturado apresente maior valor quando comparado a um solo seco, e relação direta com o potencial mátrico (Bernardes, 2005).

Os métodos de obtenção da condutividade hidráulica podem ser feitos no campo ou em laboratório sendo as amostras deformadas ou indeformadas. São vários os métodos que podem apresentar valores diferenciados dependendo do estado do solo durante o processo ou do próprio método utilizado.

O método do permeâmetro de carga constante pode ser utilizado tanto para amostras deformadas como indeformadas. Este método é ideal para amostras de solo que tendem a ter uma condutividade hidráulica maior que $0,002 \text{ mm s}^{-1}$, onde o frasco de Mariotte é utilizado em condições de laboratório para a determinação do valor.

Outros métodos de obtenção da condutividade hidráulica são baseados em simulações, como é o caso do *software* HYDRUS 1D, que usa o método de van Genuchten-Mualem, com base na umidade do solo e no potencial matricial (Van Genuchten, 1980). Porém, este *software* apresenta baixa eficiência para solos brasileiros, necessitando de ajustes.

Com base no que foi descrito, este trabalho tem o objetivo de comparar a condutividade hidráulica de três tipos de solos, pelo método do permeâmetro de carga constante ao simulado pelo *software* HYDRUS 1D, sendo passivo de ajustes caso sejam necessários.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Irrigação e Drenagem, LEID, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, com latitude $07^{\circ}15'18''$ Sul, longitude $35^{\circ}52'28''$ Oeste e altitude média 550 m (Ibge, 2010).

Nos ensaios foram utilizados dois tipos de solo classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Embrapa (2006).

Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneira de 2,0 mm de abertura de malha e encaminhadas para caracterização química e física no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS, através de metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Foram montadas 20 colunas para cada tratamento, sendo dois solos analisados. Para a montagem das colunas as amostras dos dois solos passaram pelo mesmo processo, que consistiram em secagem ao ar durante 24 horas, destorroamento e peneiramento em uma malha de 2,0 mm.

Para cada tratamento foram feitas 20 repetições para que fosse possível utilizar das análises por gráficos de controle estatístico de qualidade.

A montagem do permeâmetro de carga constante consistiu na utilização de colunas de vidro, com 26,0 cm de altura e 6,0 cm de diâmetro interno; na extremidade inferior da coluna será colocado um círculo feito com tela de nylon e, em cima da tela, um outro círculo feito com tela BIDIM, para sustentação do material e evitar a perda de solo durante os ensaios. Na parte superior da coluna foi colocada lã de vidro, de modo a proporcionar melhor distribuição do líquido.

As colunas foram preenchidas com solo até se atingir altura de 20,0 cm. Após a confecção cada coluna será colocada, inclinada, em recipiente plástico, preenchido até $2/3$ da altura da coluna de solo com água destilada. As colunas serão deixadas em repouso durante 24 horas.

O volume de água foi coletado no em 5 minutos para cada amostra sendo 5 repetições por coluna. Antes da coleta foi deixado o fluxo por 15 minutos para que o solo ficasse em "steady state".

Logo após as coletas foi possível obter a condutividade hidráulica aplicando a Equação 01.

$$K_s = \frac{V_a \cdot L}{A \cdot t \cdot (h + L)} \quad (01)$$

Onde: K_s = condutividade hidráulica (m s^{-1}); V_a = volume de água coletado (m^3); L = comprimento da coluna (m); A = área da seção transversal da coluna (m^2); t = tempo de coleta (s) e h = potencial de pressão no topo da coluna (m).

Com a entrada dos parâmetros de densidade, textura e curva de retenção de água no solo, no modelo HYDRUS 1D, é possível obter a condutividade hidráulica simulada, que foi comparada aos resultados do método do permeâmetro de carga constante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises feitas em laboratório da análise física do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Características físicas dos solos avaliados.

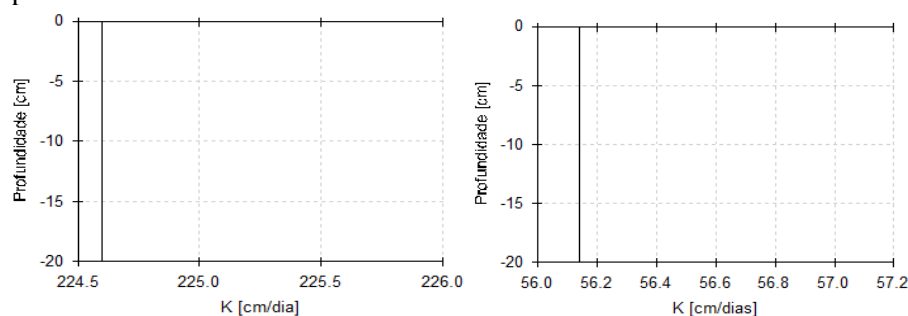
Característica física	Solo	
	Lagoa Seca-PB	Patos-PB
Areia (%)	86,82	70,19
Silte (%)	8,14	17,93
Argila (%)	5,04	11,88
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,56	1,43
Densidade de partícula (g cm ⁻³)	2,76	2,73
Porosidade (%)	43,47	47,43
Classificação textural	Areia franca	Franco-arenoso
Classificação EMBRAPA	Neossolo	Luvisso
Umidade (%)		
0,10 atm	12,97	28,46
0,33 atm	9,65	20,03
1,00 atm	4,68	11,84
5,00 atm	3,93	6,12
10,00 atm	3,55	6,38
15,00 atm	3,51	5,63

Pelos dados da análise física, nota-se que neossolo apresenta mais areia em sua composição, onde se deduz que apresente maior condutividade hidráulica, em relação ao luvisso. Porém, a porosidade do luvisso é maior que do neossolo, o que poderia concluir que pela facilidade da passagem da água pelo solo que apresenta mais vazios em sua estrutura, o luvisso teria maior condutividade hidráulica. Mas analisando a retenção de água no solo, nota-se que o luvisso consegue reter mais água, ou seja, a passagem de água pelo perfil do solo é mais dificultada, quando comparado ao neossolo que retém menos água.

Pela densidade analisada em laboratório, a massa de solo colocada na coluna para que a altura de solo na coluna fosse de 20cm, foi de 882,1g para o neossolo e 808,6g para o luvisso.

Os dados de condutividade hidráulica foram dispostos em forma de gráficos de controle estatístico, que de acordo com Montgomery (2009), com 20 repetições de um mesmo processo pode-se analisar o controle estatístico de qualidade com maior precisão. Na Figura 1 são apresentados os valores de condutividade hidráulica simulada no modelo HYDRUS-1D, para amostras indeformadas.

Figura 1 Condutividade hidráulica do Neossolo (esquerda) e Luvisso (direita) simuladas pelo modelo HYDRUS-1D.



Nota-se que o neossolo apresenta maior condutividade hidráulica que o luvisolo, quando simulado pelo modelo HYDRUS-1D, porém, o valor é para solos indeformados, o que difere dos valores para solo deformado, predominante neste experimento, para a montagem das colunas.

Lima et al. (2010) encontraram valores de condutividade hidráulica para neossolo na faixa de 5 m dia^{-1} na profundidade de 0 a 20 cm de solo. Para o luvisolo, Freire et al. (2003) apresentaram valores de condutividade hidráulica na faixa de $0,48 \text{ m dia}^{-1}$.

Nas Figuras 2 e 3 podem-se visualizar os dados práticos de condutividade hidráulica para os solos estudados, em forma de gráficos de controle estatístico de qualidade.

Segundo Pedron et al. (2011), para testes feitos, a condutividade hidráulica para o neossolo apresentou elevado coeficiente de variação entre os perfis analisados e entre as repetições de um mesmo perfil. O que condiz com o que foi encontrado no experimento.

Os gráficos foram feitos com limites da variação de três desvios padrões a partir da média, e mostraram estar sob controle estatístico pelos pontos estarem todos dentro dos limites, e sem incidência de sequência longa de pontos acima ou abaixo da linha média. Logo, os dados de média apresentados nos gráficos podem ser utilizados como valores precisos de condutividade hidráulica dos solos analisados, sendo $7,809 \text{ m dia}^{-1}$ para o neossolo e $4,266 \text{ m dia}^{-1}$ para o luvisolo.

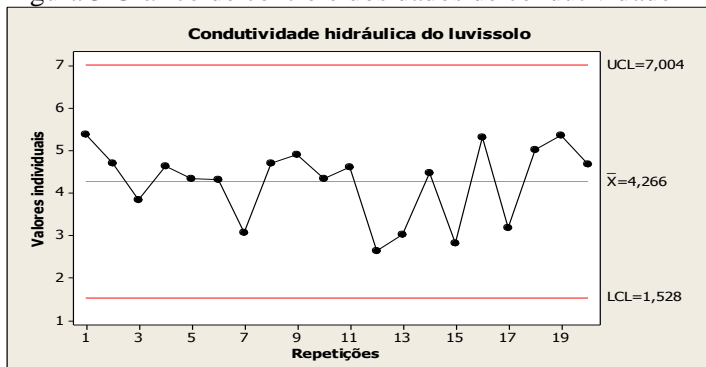
O neossolo apresentou diferença de condutividade hidráulica pelo método do permeâmetro de carga constante de 3,48 vezes o valor simulado no modelo HYDRUS-1D, e o luvisolo apresentou 7,62 vezes o valor simulado.

A diferença entre os dados de condutividade para solo deformado usando o permeâmetro de carga constante e a condutividade com solo indeformado simulada no modelo mostrou ser grande, em que não seria confiável utilizar dos valores para projetos. O ajuste dos dados no modelo é necessário e a análise dos dados do permeâmetro para amostras indeformadas também, com a finalidade de serem mais confiáveis os dados.

Figura 2 Gráfico de controle dos dados de condutividade hidráulica para o neossolo.



Figura 3 Gráfico de controle dos dados de condutividade hidráulica para o luvisolo.



CONCLUSÕES

Os solos analisados apresentaram grande diferença quando comparado o método do permeâmetro de carga constante e o modelo HYDRUS-1D.

As diferenças encontradas são devido ao software simulador utilizar dos valores de amostra indeformada e os valores utilizados nas colunas foram de amostras deformadas.

Os gráficos de controle estatístico ajudam a definir a precisão dos dados analisado e, a saber, se houve problemas no processo executado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Bernardes, R. S. Condutividade hidráulica de três solos da região Norte Fluminense. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. 69p. 2005. (Tese Doutorado).
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 625p.
- Carvalho, J. B. Q. Fundamentos da mecânica dos solos. Ed. Marconi. Campina Grande-PB, 310p, 1997.
- Ellies SCH, A.; Grez, R.; Ramirees, C. G. La conductividadhidraulicaen fase saturada como herramienta para el diagnostico de laestructuredel solo. *Agro Sur*, v.15, n.1, p. 51-56, 1997.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise do solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. p. 247, 1997.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 412, 1999.
- Falleiros, M.C.; Portezan, O.; Oliveira, J.C.M.; Bacchi, O.O.S. & Reichardt, K. Spatial and temporal variability of soil hydraulic conductivity in relation to soil water redistribution, using an exponential model. *SoilTill. Res.*, 45:279-285, 1998.
- Freire, M. B. G. S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Alvarez, V. H.; Freire, F. J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta a condutividade elétrica e RAS de água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, p.45-52, Campina Grande-PB, 2003.
- Gonçalves, A. D. M. A.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 37:1174-1184. Viçosa-MG. 2013.
- Hillel, D.(1971) *SoilandWater – Physicalprinciplesand processes*. New York: Academic Press, 287p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- Lima, L. S. C.; Suzuki, L. E. A. S.; Pedron, F. A.; STRIDER, G.; MILANI, I. C. B.; DAI PRA, M.; SOUZA, M. F. Caracterização físico-hídrica de neossolos quartzarênicos sob condição de voçorocamento. 21º Congresso de iniciação científica. UFPEl, 2010.
- Montgomery, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th edition. p. 21. Arizona. USA. 2009.
- Pedron, F. A.; Fink, J. R.; Rodrigues, M. F.; Azevedo, A. C. Condutividade e retenção de água em neossolos e saprolitos derivados de arenito. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p. 1253-1262, 2011.
- Pinho, R. E. C.; Miranda, J. H. Avaliação do modelo HYDRUS-1D na simulação do transporte de água e potássio em colunas preenchidas com solos tropicais. *Revista de Engenharia Agrícola*. Jaboticaba-SP. v.34, n.5, p. 899-911. 2014.
- Raviv, M.; Wallach, R.; Silber, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. Effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soilless culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.124, p.205- 209, 1999.
- Reichardt, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo :Manole, 1990. 188p.
- Silva, E.B. & Libardi, P.L. Propriedades hidráulicas de um solo não saturado utilizando-se o permeâmetro a disco. *Sci. Agric.*, 57:525-529, 2000.
- Silva, M.M. Balanço de água no solo com milho sob sistema plantio direto e diferentes doses de nitrogênio. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 86p. 2007. (Tese Doutorado).
- Van Genuchten, M.T. (1980) A closed-form equation for predicting the hydraulicconductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*,44:892-898p.