



XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

Estimativa da umidade na saturação e residual e dos parâmetros α e n da equação de Van Genuchten com base em atributos físicos do solo

Flavio da Silva Costa ⁽¹⁾; Eugênio Ferreira Coelho ⁽²⁾; Edvaldo Bispo Santana Junior ⁽¹⁾; Torquato Martins de Andrade Neto ⁽³⁾; Adailton Liberato do Nascimento Junior ⁽¹⁾, Ana Carina Pires da Silva ⁽⁴⁾, Laercio Duarte de Souza ⁽²⁾

(1) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Bolsista CNPq - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000, flaviocosta-uepb@hotmail.com; (2) Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, PI, CEP 44380-000 eugenio@cnpmf.embrapa.br; (3) Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Bolsista Capes - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA tormartiandrade@yahoo.com.br; (4) Graduando em Agronomia - Bolsista CNPq - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000 karepires@yahoo.com.br (apresentador do trabalho).

RESUMO: Os cálculos empregados em irrigação para determinação da quantidade de água a ser aplicada às culturas requerem a conhecimento da curva de retenção de água do solo. A dificuldade dos produtores na obtenção dessa curva requer trabalhos que visem estimá-la. O trabalho teve como objetivo ajustar funções de pedotransferência envolvendo variáveis independentes como a textura do solo e atributos físicos como porosidade e densidade para estimativa dos parâmetros θ_s , θ_r , α e n da equação de Van Genuchten (1980). Foram reunidos dados de quatro classificações texturais de solos: arenoso (areia franca + areia), franco-arenoso, argilo-arenoso e argiloso. O modelo de Van Genuchten (1980) foi ajustado aos dados de tensão e umidade de cada tipo de solo resultando nos dados de θ_s , θ_r , α e n . Esses dados constituíram as variáveis dependentes dos modelos de regressão linear múltipla que, com as variáveis independentes teores de areia total, silte, argila, a densidade do solo e a porosidade total resultaram em diversas funções de pedotransferência. Os dados de textura, da densidade e da porosidade tiveram efeito significativo nos parâmetros da equação de Van Genuchten, isto é, θ_s , θ_r , α e n .

Palavras-chave: funções de pedotransferência, curva de retenção de umidade do solo, textura do solo.

INTRODUÇÃO

Todos os cálculos empregados na irrigação para determinação da quantidade de água a ser aplicada às culturas envolvem a umidade à tensão de água do solo referente à capacidade de campo, ao ponto de murcha permanente e a tensão crítica da cultura. Toda irrigação tecnificada deve usar esses pontos da curva característica de água do solo, ou curva de retenção de umidade do solo. Entretanto, em

condições de campo, os usuários da irrigação não procuram determinar a curva de retenção, por desconhecimento dos princípios básicos da irrigação ou pela dificuldade de se conseguir a curva dada a escassez de laboratórios capacitados para tal determinação no Brasil. Contrariamente, atributos como textura do solo podem ser determinados em diversos laboratórios do setor público ou privado sendo de mais fácil obtenção pelos produtores. Desta forma, as funções de pedotransferência tem sido trabalhadas e avaliadas em todo o mundo (Zhuang et al., 2001, Hodnett & Tomasella, 2002, Wolsen et al., 2001, McBratnei et al., 2002) com o objetivo de suprir a lacuna do baixo uso da curva de retenção de umidade do solo. O uso das funções de pedotransferência tem sido voltado para a estimativa de umidades a diferentes tensões, principalmente as umidades a capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Carvalho et al., 2008) ou estimativa dos parâmetros da equação da curva de retenção (Mello et al., 2005). De modo geral os ajustes das funções de pedotransferência não apresentam altos coeficientes de determinação nem demonstram eficiências elevadas dos modelos. Este trabalho teve como objetivo ajustar modelos lineares (funções de pedotransferência) envolvendo variáveis independentes textura do solo e atributos físicos como porosidade e densidade para estimativa dos parâmetros θ_s , θ_r , α e n da equação de Van Genuchten (1980).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo que foram utilizados dados da curva de retenção de umidade de amostras de solos de diversos locais tomados nos arquivos do Laboratório de Física de Solos e com base em tabelas disponibilizadas em publicações. Foram

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

reunidos dados de quatro classificações texturais de solos: areia franca + areia (22), argilo-arenoso (25), franco-arenoso (28), argilo arenoso (25) e argiloso (21) (Tabela 1). Os dados foram sistematizados para cinco pontos da curva de retenção para as tensões de 10, 33, 100, 300 e 1500 kPa. Foram incluídas os teores de areia total, silte e argila, densidade do solo e porosidade total correspondentes as análises com esses pontos.

Tabela 1. Percentagens de areia total (AT), silte (SL) e argila (AG), densidade do solo (d_s) e porosidade total (η) para as classes texturais avaliadas.

Classe textural		AT (%)	SL (%)	AG (%)	d_s (g.cm ³)	η (cm ³ cm ⁻³)
Areia Franca	Max	92,0	18,0	14,0	1,81	0,4258
	Min	76,0	1,0	4,0	1,47	0,3018
	Méd	86,3	6,0	7,6	1,64	0,3627
Argilo Arenoso	Max	58	14,0	45,6	1,75	0,5602
	Min	46,5	7,0	33,5	1,06	0,2910
	Méd	51,4	9,6	38,9	1,44	0,4064
Franco Arenoso	Max	82,0	23,0	19,0	1,82	0,4196
	Min	67,0	3,0	7,0	1,48	0,2789
	Méd	73,9	13,4	12,7	1,63	0,3580
Argiloso	Max	45,8	33,4	59,2	1,56	0,4609
	Min	18,7	7,3	40,5	1,26	0,3309
	Méd	37,5	11,9	50,5	1,41	0,4662

O modelo de Van Genuchten (1980) foi ajustado aos dados de tensão e umidade de cada tipo de solo com uso da minimização dos quadrados dos desvios entre os valores estimados e medidos, o que gerou os dados de θ_s , θ_r , α e n . Esses dados constituíram as variáveis dependentes dos modelos de regressão linear múltipla que, com as variáveis independentes teores de areia total, silte, argila, a densidade do solo e a porosidade total resultaram em diversas funções de pedotransferência que se diferenciaram conforme o tipo de solo. As análises foram executadas com uso do SISVAR (Ferreira, 2000), sendo que partiu de um modelo envolvendo as variáveis citadas com todas as possíveis interações e por o procedimento backward, buscou-se uma análise de variância da regressão significativa, com melhor ajuste possível, pelo coeficiente de determinação, com todos os parâmetros dos modelos significativos ao nível de 5% de probabilidade. A avaliação dos modelos resultantes foi feita com uso da raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE), média absoluta dos erros (MAE) e

eficiência do modelo conforme Willmot (1981)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os parâmetros dos modelos ajustados para os tipos de solos estudados, bem como os coeficientes de determinação de ajustes dos modelos. Todos os modelos explicaram acima de 71% das variações das variáveis dependentes θ_s , θ_r , α e n em função das variáveis independentes textura, densidade do solo e porosidade total. Esses resultados foram coerentes aos obtidos por Mello et al. (20005), cujos coeficientes de determinação também foram iguais ou superiores a 0,7234. Os valores dos coeficientes de determinação obtidos foram superiores aos de Tomasella et al. (2002) para a e n e próximos para θ_s e θ_r . De modo geral, os coeficientes de determinação variaram de forma aproximada para todos os tipos de solo. A Tabela 3 mostra os índices de avaliação dos modelos de pedotransferência resultantes da Tabela 2. Considerando θ_s e θ_r , exceto para o solo arenoso, os demais tiveram índices muito próximos, sendo que, para θ_s a precisão dos modelos de pedotransferência foi maior para os solos argila arenosa e argila. Os valores de a foram estimados com menor precisão (maior RMSE e ME) para o solos arenoso, sendo que nos demais, os indicadores de precisão foram mas próximos entre si. Os modelos de pedotransferência de mais baixa precisão, isto é, maiores valores de RMSE e ME, sendo que a precisão dos modelos tendeu a aumentar do solo arenoso para o argiloso. Os resultados mostraram que os dados de textura do solo, da densidade e da porosidade tiveram efeito significativo nos parâmetros da equação de Van Genuchten (1980). É possível a utilização das funções de pedotransferência para estimativa da curva de retenção da umidade do solo.

CONCLUSÕES

Os dados de textura do solo, da densidade e da porosidade tiveram efeito significativo nos parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), isto é, θ_s , θ_r , α e n . Os solos do tipo argila arenosa e argila apresentaram maior precisão dos modelos de pedotransferência comparados aos dos tipos de solo arenoso e franco arenoso. O parâmetro n foi o de menor precisão para estimativa pelos modelos de pedotransferência.

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

REFERÊNCIAS

CARVALHO N. A. L.; TIM, L.C.; SANZI, L.A.; MIOLA, E.C.C.; PAULETTO, E.A. Avaliação de funções de pedotransferência na estimativa de parâmetros hídricos em um solo de várzea no município de capão do leão – RS In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., Pelotas, 1975. Anais. Pelotas, CD-Rom.

FERREIRA D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos. Anais... São Carlos, SP: UFSCar. p. 255-258, 2000.

HODNETT, M.G.; TOMASELLA, J. Marked differences between van Genuchten soil water-retention parameters for temperature and tropical soils: A new water-retention pedo-transfer functions developed for tropical soils. *Geoderma*, Amsterdam, v.108, p.155-180, 2002.

MELLO, C.R.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F.; LIMA, J.M.LOPES, D. Modelos para determinação dos parâmetros da equação de Van Genuchten para um cambissolo. *Revista Brasileira*

de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.23-29, 2005.

MCBRATNEY, A. B., MINASNY, B., CATTLE, S. R., VERVOORT, R. W. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*, Amsterdam, v.109, p. 41–73, 2002

TOMASELLA, J., M. G. HODNETT, L. ROSSATO. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. *Soil Science Society América Journal*, Madison, v. 64, p. 327–338, 2000.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for pre- dicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil. Science Society America Journal*. V.44, p.892-898. 1980.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*. v.2, p.184-94, 1981.

ZHUANG, J.; JIN, Y.; MIYAZAKI, T. Estimating water retention characteristics from soil particle-size distribution using a non-similar media concept. *Soil Science*, Baltimore, v.166, n.5, p.308-321, 2001.

Tabela 2. Estimadores dos parâmetros dos modelos de pedotransferencia referente aos parâmetros θ_s , θ_r , α e n da equação de Van Genuchten (1980).

	ARENOSO				FRANCO ARENOSO				ARGILO ARENOSO				ARGILOSO			
	θ_s	θ_r	α	n	θ_s	θ_r	α	n	θ_s	θ_r	α	n	θ_s	θ_r	α	n
Intercepto	0.084	-0.171	-21.073		12055	476.125	1381	-5.554	-191.911	9.473	-102.967	-747.931	-24.196	-6.389	3.022	187.400
AR				-263.774	7.217							30.246	-3.169	0.0802	0.164	
SL					-7.781									-0.584		-3.655
AG						1.204										-1.433
ds		0.350	11.443			-38.016			11.277	78.795	502.905	29.945	5.196			
PT				30021.290	-215.470					193.582			6.982	-10.391		-162.300
AR*					0.017									-0.0026		
SL*	0.0128				-14.097	0.056		0.0065	-0.296					-0.0037	0.434	0.0098
ds*					-1239.997	12.952		6.155	88.337	-2.793	-16.091					12.830
PT*			44.121	-15504.409	-122.547			-49.553	-314.195		-98.747		-51.111			161.483
AR*SL					3.732	0.065		0.0032							-0.0019	
AR*AG							-0.0089		-0.009	0.0024					-0.0015	-0.014
AR*ds	-0.0022			89.354			0.257	8.048					-0.569	-0.065		-0.872
AR*PT					4.278		0.507			0.065				0.187	0.115	
SL*AG														-0.0009		
SL*ds			0.0149	510.921	-1.074									0.276		
SL*PT	-3.390	-0.0136		1587.083	1.285	0.538				0.084	-1.294		0.078	1.094		3.419
AG*ds					-1.695					8.225						
AG*PT												1.278				
ds*PT			-23.083	-29778.244	-35.862	47.211				-79.688			-51.805	-4.889		
AR*SL*AG				-0.431		0.0002			0.0006							
AR*SL*ds				-6.567				-0.183				-0.192				
AR*SL*PT	0.033			-19.608		-0.0058			-0.112							
AR*AG*ds						-0.0008		-0.141				-0.203				
AR*AG*PT						-0.0075		0.642	0.008							
AR*ds*PT				199.743		-0.4754						-0.118				
SL*AG*ds				3.323		-0.0057		-1.051				0.016				
SL*AG*PT	0.0976			-54.177		-0.017		-20.207	-0.148			-0.028				
SL*ds*PT						-0.604						1.368				
AG*ds*PT									-22.708							
AR*SL*AG*ds									0.0103							
AR*SL*AG*PT									0.258	0.001						
AR*SL*ds*PT	0.00033															
SL*AG*ds*PT									14.838							
AR*SL*AG*ds*PT	-0.00046	0.000019		0.733	0.0011			-0.187				0.0024		0.00025		
R ²	0.72	0.852	0.826	0.922	0.815	0.788	0.813	0.861	0.798	0.802	0.859	0.716	0.798	0.934	0.811	0.786

* AR – percentual de areia; SL – percentual de silte; AG – percentual de argila; ds – densidade do solo (g cm⁻³); PT – porosidade total (cm³ cm⁻³); θ_s , θ_r , α e n – parâmetros da equação de van Genuchten respectivamente, umidade residual e saturação de campo.

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA
Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

Tabela 3. Indicadores de precisão dos modelos de pedotransferencia referente aos parâmetros θ_s , θ_r , α e η da equação de Van Genuchten (1980).

		Parametros da equação de Van Genuchten (1980)			
Tipo de solo		θ_s	θ_r	α	η
Arenoso	RMSE	0,0365	0,0088	0,0661	0,4076
	ME	0,0293	0,0067	0,0535	0,1661
	EF	0,7399	0,8529	0,8395	0,7443
Franco Arenoso	RMSE	0,0358	0,0207	0,0426	0,3400
	ME	0,0294	0,0164	0,0343	0,0950
	EF	0,8989	0,8981	0,9732	0,9133
Argila Arenosa	RMSE	0,0271	0,0222	0,0434	0,2210
	ME	0,0192	0,0154	0,0301	0,0488
	EF	0,8682	0,8200	0,8641	0,8339
Argila	RMSE	0,0139	0,0130	0,0477	0,1945
	ME	0,0109	0,0090	0,0386	0,0378
	EF	0,9216	0,9267	0,8170	0,8150