



COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

Wellington Mezzomo¹, Adroaldo Dias Robaina², Marcia Xavier Peiter², Jardel Henrique Kirchner¹, Rogério Ricalde Torres¹, Luis Humberto Bahu Ben¹

RESUMO

A curva de retenção de água no solo (CRAS) é um parâmetro essencial para o manejo da irrigação. Existem diversos modelos de obtenção da curva, dentre os quais, destacam-se o de Van Genuchten e o de Campbell. Objetivou-se com este trabalho avaliar a relação entre os modelos de determinação da CRAS de Campbell e o de Van Genuchten para diferentes tipos de solos. Foram coletadas amostras de solos em duas profundidades 0-20 e 20-40 cm, nos municípios de Alegrete, Santa Maria e Santiago - RS, possuindo dois tipos distintos de solo, sendo eles, argissolo e latossolo. Determinou-se as umidades volumétricas do solo nos potenciais matriciais de 0, 1, 6, 10, 100 e 1500 kPa. As umidades do solo nas tensões de 0, 1, 6 e 10 kPa foram determinadas com a utilização de uma mesa de tensão, de 100 kPa foi determinada com a utilização de placa porosa em panela de pressão e, na tensão de 1500 kPa com a utilização de um WP4. O coeficiente de correlação (r) demonstrou exatidão entre os valores correlacionados entre o modelo de Campbell e o de Van Genuchten, se aproximando de 1 para os três locais. O coeficiente de determinação (r^2), índice de concordância (d), e índice de confiança ou desempenho de Camargo e Sentelhas (c), apresentaram valores próximos a 1, indicando boa correlação. A metodologia de Camargo e Sentelhas apresentou desempenho ótimo em todas as profundidades e locais. As análises estatísticas apontaram alta correlação, concordância e baixos erros entre os dois modelos, indicando a utilização de ambos.

Palavras- Chave: manejo da irrigação, água no solo, umidade volumétrica.

COMPARISON OF THE CAMPBELL AND VAN GENUCHTEN MODELS FOR THE DETERMINATION OF THE WATER RETENTION CURVE IN VARIOUS SOILS

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS, e-mail: wmezzomo@hotmail.com, jardelkirchner@hotmail.com, rogeriocprtorres@gmail.com, luishumbertoben@gmail.com

² Prof. Dr. Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria-RS, e-mail: diasrobaina@gmail.com, mpeiter@gmail.com

ABSTRACT

The soil water retention curve (CRAS) is an essential parameter for irrigation management. There are several models for obtaining the curve, among which are the Van Genuchten and Campbell models. Here we aimed to evaluate the relationship between the Campbell and Van Genuchten models of determination of the CRAS of various soils types. Soil samples were collected at two depths (0–20 and 20–40 cm), in the municipalities of Alegrete, Santa Maria, and Santiago, with two distinct types of soil (argisol and latosol). Volumetric soil moisture was determined at the matrix potentials of 0, 1, 6, 10, 100, and 1500 kPa. The soil moisture in the voltages of 0, 1, 6, and 10 kPa was determined using a tensile table, 100 kPa was determined with the use of porous plate in a pressure cooker and at a voltage of 1500 kPa of a WP4. The concordance index (R) showed a correlation between the Campbell model and the Van Genuchten models, approaching 1 for all three sites. The coefficient of determination (r^2), concordance index (d), and confidence or performance index Camargo and Sentelhas (CS) presented values close to 1, indicating a good correlation. The Camargo and Sentelhas methodology presented an optimum performance in all depths and locations. Statistical analyzes indicated high correlation, agreement, and low errors between the two models, indicating the suitability of both approaches.

Keywords: irrigation management, soil water, volumetric moisture.

INTRODUÇÃO

O conhecimento e o monitoramento da dinâmica da água no solo são importantes para o manejo racional dos recursos hídricos, principalmente, em áreas cultivadas sob irrigação (ALMEIDA et al., 2010). A variabilidade espacial das propriedades físicas dos diferentes tipos de solo, influencia a retenção de água, resultando em ampla variação na disponibilidade de água às plantas, no fluxo de água, ar e solutos no solo e na produtividade das culturas (ARAÚJO et al., 2004).

A curva de retenção de água no solo é essencial para o manejo da irrigação, pois determina a energia com que a água está retida no solo, sendo diretamente relacionada com a quantidade de água presente e com características físicas e químicas do solo (FILGUEIRAS et al., 2016). A importância da curva de retenção para a irrigação está no fato de que, através de seus parâmetros, é possível a indicação de quando e quanto irrigar, além de caracterizar-se como uma medida indireta de distribuição do tamanho dos poros do solo (REINERT & REICHERT, 2006).

A curva é expressa entre o potencial matricial e a umidade do solo, sendo influenciada por duas forças principais, as forças capilares e as de adsorção, as quais são denominadas de forças matriciais, dando origem ao termo potencial matricial da água no solo (NASCIMENTO et al., 2010).

Pinheiro & Teixeira (2009) definiram a curva de retenção como sendo a relação funcional entre a quantidade de solução em um volume do solo, em equilíbrio com a tensão aplicada, onde é representada pela umidade volumétrica (θ) e pelo potencial matricial (ψ_m), havendo diferenças dos parâmetros utilizados na determinação e nos resultados estimados.

Diversos modelos são encontrados na literatura para a determinação dos parâmetros da curva de retenção de água no solo (COSTA et al., 2008), dentre os quais, o mais utilizado é o de Van Genuchten (XIANG-WEI et al., 2010; RAMOS et al., 2011), por se ajustar com melhor qualidade a curva experimental para uma ampla diversidade de solos. Outro modelo bastante utilizado e com destaque na literatura é o de Campbell (PAZ et al., 2009; TORMENA & SILVA, 2002). A utilização de modelos para a obtenção da curva está no fato da facilidade de obtenção e

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

quantificação, além da velocidade dos resultados pretendidos e da precisão encontrada (TORMENA & SILVA, 2002). Porém, são escassos os trabalhos relacionando diferentes modelos.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho foi avaliar a relação, concordância e exatidão entre os modelos de determinação da curva de retenção de água no solo, de Campbell e de Van Genuchten, para diferentes tipos de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se coletas de solo em três dos principais tipos de solos utilizados pela agricultura irrigada no Rio Grande do Sul, sendo eles: Argissolo Vermelho Distrófico arênico, coletado em Alegrete-RS, Argissolo Amarelo Distrófico típico, coletado em Santa Maria-RS e Latossolo Vermelho Distrófico típico, coletado em Santiago-RS, classificados de acordo com classificação de Streck (2008).

Os tipos de solos foram escolhidos devido ao fato de constituírem importância e representatividade para a agricultura brasileira (SILVA et al., 2002), onde os argissolos representam cerca de 20% de toda a área agricultável do país, enquanto que os latossolos representam 38,73% (EMBRAPA, 2002), possuindo peculiaridades distintas no que tange a capacidade de retenção de água (BEUTLER et al., 2002).

Foram coletadas amostras de solo em diferentes profundidades em três tipos de solo encontrados em diferentes municípios do estado do Rio Grande do Sul, sendo eles: Argissolo vermelho distrófico arênico coletado no município de Alegrete, localizado na região da fronteira Oeste do estado, Argissolo vermelho distrófico típico coletado em Santa Maria, na região central e Latossolo vermelho distrófico típico coletado em Santiago, na região noroeste. Os locais de coleta constituem ambos um sistema de semeadura direta já consolidada, com uso intensivo no sistema de plantio direto há mais de três anos, tanto para o verão quanto para o inverno.

Em Alegrete, as amostras foram coletadas na área experimental do setor de irrigação e drenagem do Instituto Federal Farroupilha - Campus Alegrete, com coordenadas de 29° 42' 52,85" S, 55° 31' 29,69" O e altitude de 121 metros.

Em Santiago, as amostras foram coletadas em uma fazenda parceira do Laboratório de Engenharia de Irrigação da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no distrito de Tupantuba, cujas coordenadas geográficas são, 29° 09' 50" S, 54° 51' 32" O e altitude de 439 metros.

Em Santa Maria, as amostras foram coletadas na área experimental pertencente ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, situada geograficamente nas coordenadas 29° 41' 25" S, 53° 48' 42" O e altitude de 110 m.

Para a coleta das amostras foram abertas trincheiras nos perfis dos solos, sendo coletadas amostras em duas profundidades, sendo elas: 0-20 e 20-40 cm, em relação ao nível do solo. As coletas foram realizadas em anéis concêntricos, em três repetições por profundidade, sendo considerado o ponto médio do intervalo da coleta como o de representatividade.

As amostras coletadas foram processadas no Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Rurais da UFSM, onde foram determinadas as umidades volumétricas do solo nos potenciais matriciais de 0, 1, 6, 10, 100 e 1500 kPa.

As umidades do solo nas tensões de 0, 1, 6 e 10 kPa foram determinadas com a utilização de uma mesa de tensão. A umidade do solo na tensão de 100 kPa foi determinada com a utilização de placa porosa em panela de pressão utilizando a metodologia conhecida como Câmara de Richards (EMBRAPA, 2011). Na tensão de 1500 kPa foi utilizado um WP4. A umidade volumétrica na tensão de 1500 kPa, das amostras da área experimental da Fazenda Liberdade foram estimadas utilizando a equação proposta por Klein et al. (2010). Para a determinação dos coeficientes de van Genuchten foi utilizado o programa SWRC Fit (SEKI, 2007).

Para a comparação dos resultados obtidos entre os diferentes modelos, ou seja, Campbell e Van Genuchten foi utilizado um conjunto de indicadores estatísticos, sendo eles: Coeficiente de determinação (r^2), Coeficiente de correlação (r), erro absoluto médio (EAM), índice de concordância (d) e índice de confiança ou desempenho conforme Camargo & Sentelhas (1997). Estes procedimentos atribuem a confiabilidade de utilização dos modelos para a

determinação da curva de retenção de água no solo sendo determinantes na decisão de utilização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as frações texturais (areia, silte e argila) nas diferentes profundidades consideradas para os três tipos de solos.

Tabela 1. Frações de areia, silte e argila ao longo das camadas de solo para os três solos avaliados.

Profundidade (cm)	Areia	Silte %	Argila
Santiago - Latosolo Vermelho distrófico típico			
0-20	55,28	18,48	26,24
20-40	48,97	17,09	33,95
Santa Maria - Argissolo Vermelho distrófico típico			
0-20	37,91	41,95	20,14
20-40	32,27	38,30	29,44
Alegrete - Argissolo vermelho distrófico arênico			
0-20	69,32	12,11	18,56
20-40	66,46	12,22	21,30

Conforme se observa na Tabela 1, há diferenças nos teores de areia, silte e argila entre os diferentes tipos de solos avaliados e entre as profundidades do perfil, fato este, que acarreta em diferentes capacidades de retenção de água e na produtividade das culturas. Kitamura et al. (2007), afirmaram a importância das frações granulométricas dos solos para o armazenamento de água ao longo do perfil, onde de acordo com a composição de cada uma das frações há variações de tamanho de partículas, e, conseqüentemente, armazenamento de água.

Diversos trabalhos caracterizam as diferenças de retenção de água entre os tipos de solo, profundidade do perfil e composição granulométrica, onde, salientam que solos com textura mais fina e argilosa, tais como, Latossolos, possuem maior capacidade de retenção de água que solos com textura mais grossa e arenosa, tais como, Argissolos (KIEHL 1979; SILVA et al. 1986; BRADY

1989, CARVALHO et al. 1999; DIAS JÚNIOR & ESTANISLAU, 1999).

A classe textural do solo é de extrema importância para o armazenamento de água ao longo do perfil, pois determina o tamanho das partículas que compõem cada uma das camadas do solo (KLEIN & KLEIN, 2015). De acordo com a composição textural do solo, ocorrem variações de armazenamento de água e, conseqüentemente, umidade disponível às plantas (GONZALES & ALVES, 2005). Desta maneira, ocorrem variações de umidade em cada camada de solo e nos diferentes potenciais matriciais aos quais são submetidas para a determinação da curva de retenção de água no solo.

As umidades volumétricas obtidas em laboratório de análises físicas do solo nos diferentes potenciais matriciais, para os diferentes solos avaliados estão representados na Tabela 2.

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

Tabela 2. Umidade volumétrica nas diferentes tensões (kPa) aplicadas, nos diferentes solos avaliados, em duas profundidades.

	Tensão de água no solo (kPa)							
	0	1	6	10	33	100	500	1500
Santiago - Latosolo Vermelho distrófico típico								
0-20	43,9	36,8	30,9	29,8	27,4	25,6	17,8	14,9
20-40	47,8	38,7	32,4	30,7	25,8	23,8	18,9	16,3
Santa Maria - Argissolo Vermelho distrófico típico								
0-20	40,0	33,0	30,1	26,7	25,3	24,1	16,4	13,5
20-40	42,7	37,5	34,1	30,9	29,7	28,2	19,1	16,2
Alegrete- Argissolo vermelho distrófico arênico								
0-20	37,1	35,6	26,5	24,2	20,1	18,2	13,5	7,6
20-40	36,2	38,0	27,4	25,2	21,3	18,9	16,3	11,6

Conforme se observa na Tabela 2, houve diferenças entre as umidades volumétricas encontradas para os diferentes tipos de solo e para as profundidades avaliadas, caracterizando assim, distintas capacidades de retenção de água.

Diversos trabalhos avaliaram a umidade volumétrica do solo em diferentes tensões, onde, de maneira geral, conforme aumenta a tensão aplicada, diminui-se a umidade volumétrica encontrada (CINTRA et al., 2004; MARQUES et al., 2004; CARVALHO JÚNIOR et al., 2013).

Esta diferença de umidade volumétrica encontrada entre os distintos tipos de solo deve-se a textura, estrutura, e distribuição dos macro e microporos oriundos de suas frações de areia, silte e argila, estando diretamente relacionados à capacidade de retenção de água no solo (COSTA, 2010).

Através das umidades volumétricas encontradas para as distintas tensões aplicadas, foram determinadas as curvas de retenção de água no solo pelo modelo de Campbell e Van Genuchten, sendo realizadas diversas análises estatísticas para determinar a correlação existente entre os dois modelos.

Os valores dos índices estatísticos estão apresentados na Tabela 3, referente à comparação do modelo de Van Genuchten com o de Campbell, para a determinação da curva de retenção de água no solo (CRAS), para três diferentes tipos de solos, localizados

nos municípios de Santiago, Santa Maria e Alegrete - RS.

Os resultados do coeficiente de correlação (r) apresentados na Tabela 3 demonstram a exatidão entre os valores correlacionados entre o modelo de Campbell e o de Van Genuchten, onde aproximaram-se de 1 em todas as profundidades do solo, para os três diferentes tipos de solos analisados. Observa-se que houve boa exatidão entre os dois modelos testados para a determinação da CRAS.

Os valores de r^2 , d e c , apresentaram valores próximos a 1, indicando que a correlação da CRAS pelos dois modelos testados apresentam-se muito próximos. Podendo ser utilizados com alta precisão. A classificação, baseada na metodologia de Camargo & Sentelhas (1997), apresentou desempenho ótimo em todas as profundidades e locais, também indicando alta concordância dos valores analisados.

Todas as análises estatísticas realizadas apontaram alta correlação, concordância e baixos erros entre os dois modelos, indicando alta exatidão. Minasny et al. (1999), comparando diferentes funções de pedotransferência para determinação de curvas de retenção de água, observaram que os modelos de Campbell e Van Genuchten apresentam alta concordância, podendo ser utilizado ambos os modelos com boa exatidão.

Tabela 3. Coeficiente de determinação (r^2), índice de concordância (r), erro absoluto médio (EAM), índice de desempenho (d) e índice de confiança ou desempenho conforme Camargo & Sentelhas (1997), para as umidades obtidas nos dois modelos para as diferentes profundidades e locais.

SANTIAGO						
SOLO	r²	r	EAM	d	c	Classificação de Desempenho de Camargo & Sentelhas
0 - 20	0,9314	0,9650	0,014	0,9786	0,9445	ÓTIMO
20 - 40	0,9965	0,9982	0,003	0,9990	0,9972	ÓTIMO
MÉDIA	0,9639	0,9816	0,008	0,9888	0,9708	ÓTIMO
SANTA MARIA						
0 - 20	0,9185	0,9583	0,016	0,9692	0,9289	ÓTIMO
20 - 40	0,8556	0,9249	0,021	0,9565	0,8847	ÓTIMO
MÉDIA	0,8870	0,9416	0,018	0,9628	0,9068	ÓTIMO
ALEGRETE						
0 - 20	0,9882	0,9940	0,017	0,9894	0,9835	ÓTIMO
20 - 40	0,9936	0,9967	0,008	0,9967	0,9935	ÓTIMO
MÉDIA	0,9909	0,9953	0,012	0,9930	0,9885	ÓTIMO

Na Figura 1, estão representadas as regressões lineares entre os modelos de Van Genuchten e Campbell,

também, os valores de umidade estimados pelos dois modelos, para os três solos avaliados.

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

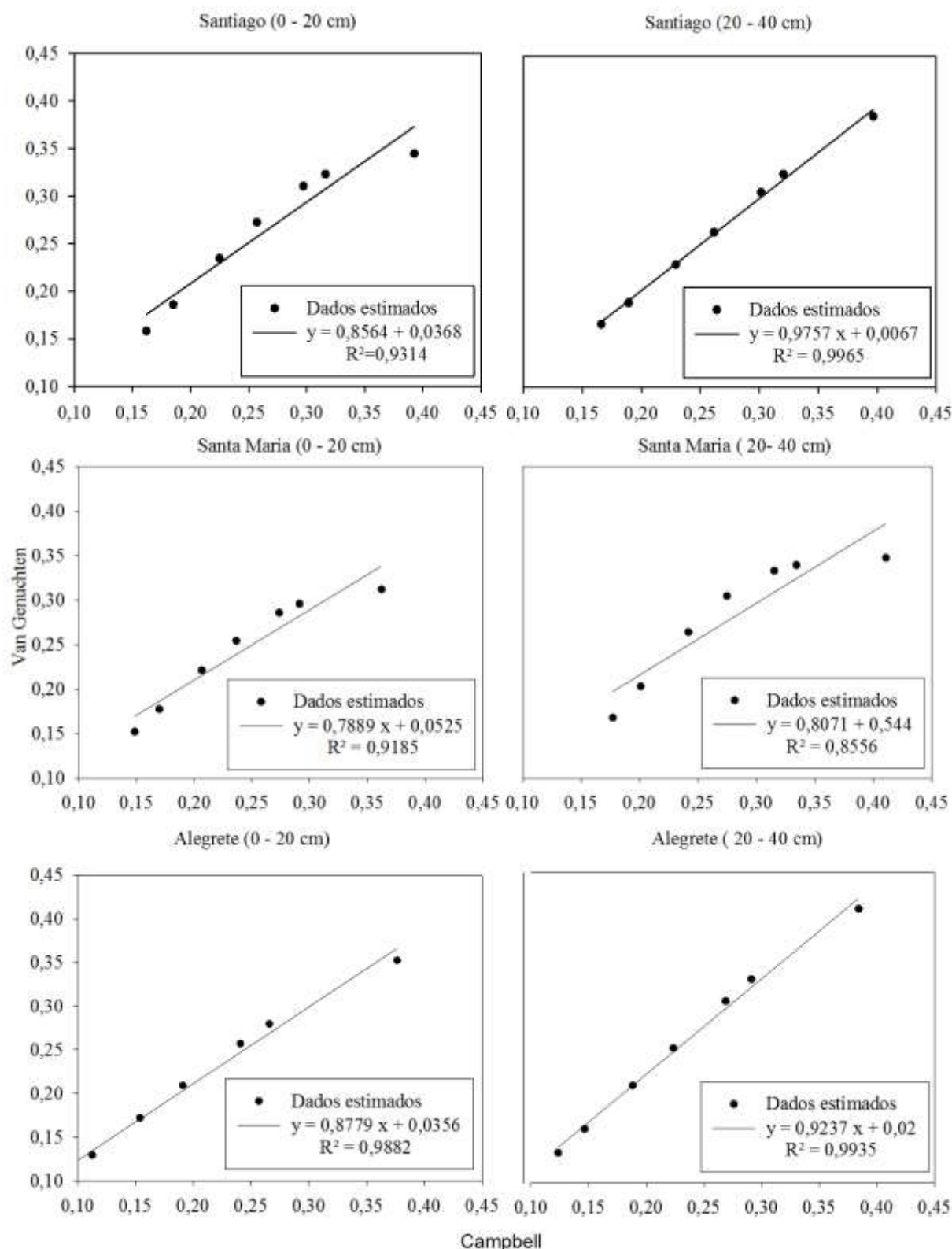


Figura 1. Regressões lineares entre os modelos de Van Genuchten e Campbell e os valores de umidade estimados pelos dois modelos, para os três solos estudados.

Conforme pode ser observado na Figura 1, as equações ajustadas para a relação existente entre o modelo de Campbell e o de

Van Genuchten possuem alta correlação, com comportamento linear para os três solos avaliados. Através deste comportamento,

pode-se caracterizar a representatividade e confiabilidade de ambos os modelos, sendo possível a determinação da curva de retenção de acordo com os parâmetros necessários.

Além disso, é possível observar ainda que o comportamento foi o mesmo para as duas profundidades de solo avaliadas, demonstrando assim, que independentemente da profundidade do solo, o comportamento da curva de retenção é o mesmo, ocorrendo apenas variações devido às diferenças existentes entre os tipos de solo devido a suas propriedades físicas em cada profundidade.

Observou-se ainda que a retenção de água foi diferenciada nos solos e nas diferentes profundidade avaliadas indicando que os atributos dos solos influenciaram o conteúdo de água retido nas diferentes tensões.

Reichardt (1987) e Demattê (1988) afirmam que em solos de textura mais fina, a distribuição dos poros por tamanho é maior e mais uniforme, proporcionando a adsorção de maior conteúdo de água e decréscimo mais gradual da umidade do solo com o aumento da tensão.

Existem diversos fatores que afetam a retenção de água no solo, entretanto, de acordo com Scheinost et al. (1997), o principal é a textura do solo, pois determina a área de contato entre a água e as partículas sólidas. Através da diferença na distribuição dos poros, pode ser observada a variação existente na curva de retenção de água encontrada para os três diferentes solos analisados, variando de latossolos a argissolos.

Assim como no presente trabalho, Centurion & Andrioli (2000), observaram correlações muito boas para a curva de retenção de água no solo para diferentes solos tanto em baixas quanto em altas tensões nas frações granulométricas silte e argila.

Os resultados encontrados vão ao encontro dos obtidos por Filgueiras et al. (2016), que em estudo realizado em solo no município de Chapadão do Sul- MT, encontraram índice de concordância e de exatidão elevados para o modelo de Campbell e o de Van Genuchten na determinação da

curva de retenção de água no solo. Costa et al. (2008), também encontraram índices de concordância e de exatidão elevados para diferentes maneiras de obtenção da curva de retenção quando comparadas ao modelo de Van Genuchten, concluindo que diversos modelos de obtenção da curva de retenção apresentam ótimo desempenho.

CONCLUSÃO

Existe alta correlação e concordância para a curva de retenção de água no solo, entre os modelos de determinação de Campbell e de Van Genuchten, de acordo com diversos indicadores estatísticos. Pode-se indicar ambos os modelos para a determinação da curva de retenção de água para os diferentes solos estudados, com exatidão dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. S.; ARAÚJO, F. S.; SOUZA, G. S. Determinação da curva parcial de retenção de água de um latossolo vermelho por tensiomêtria, **Revista Scientia Plena**, v. 6, n. 9, p. 1-5, 2010.

AMARAL JÚNIOR, V. P.; BARRETO, H. B. F.; MIRANDA, M. O.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, A. S. Parâmetros da equação de van Genuchten e índice S de solo sob lâminas crescentes de irrigação com água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4. p. 60-65, 2012.

ARAÚJO, M. A.; TORMENTA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

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, p. 829-834, 2002.

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, p. 898, 1989.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p. 89-97, 1997.
- CAMPBELL, G.S. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. **Soil Science**, v. 117, p. 311-314, 1974.
- CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Influência de diferentes usos agrícolas na curva de retenção de água em Latossolo Amarelo distrófico no Perímetro Irrigado Piauí, Estado de Sergipe. **In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE**, Aracajú, 2013.
- CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. S.; COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 257-265, 1999.
- CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Hydric regime of some soils of Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 701-709, 2000.
- CINTRA, F. L. D.; PORTELA, J. C.; NOGUEIRA, L. C. Caracterização física e hídrica em solos dos tabuleiros costeiros no distrito de irrigação Platô de Neópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 45-50, 2004.
- COSTA, C. D. O. **Escoamento superficial e risco de erosão do solo na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, Município de Ilha Solteira – SP**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, p. 88, 2010.
- COSTA, W. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 515-523, 2008.
- DEMATTÊ, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, p. 215, 1988.
- DIAS JUNIOR, M.S.; ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 45-51, 1999.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, p. 255, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. 21. ed. Rio de Janeiro, p. 2, 2002.
- FILGUEIRAS, R.; OLIVEIRA, V. M. R.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, E. J. Modelos de curva de retenção de água no solo. **Revista Irriga**, v. 1, n. 1, p. 115-120, 2016.
- GONZALEZ, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 45-50, 2005.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Agrônômica Ceres, p. 262, 1979.
- KITAMURA, A. E.; CARVALHO, M. P.; LIMA, C. G. R. Relação entre a variabilidade espacial das frações granulométricas do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, p. 361-369, 2007.

- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – ReGet**, v. 19, n. 1, p. 21 – 29, 2015.
- KLEIN, V. A.; MATHEUS, B.; MADALOSSO, T; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1550-1556, 2010.
- MARQUES, J. D. O.; LIBARDI, P. L.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um latossolo amarelo, na região amazônica. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 145-154, 2004.
- MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; CONCEIÇÃO, B. P. F. Water-retention curve modelled by the psychrometer method for soil physical quality index determination. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n.5, p. 959-966, 2015.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; BRISTOW, K. L. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water-retention curves. **Geoderma**, v. 93, p. 225-253, 1999.
- NASCIMENTO, P. D. S.; BASSOI, L. H.; PAZ, V. P. D. S.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. D. M.; MANIERI, J. M. Estudo comparativo de métodos para a determinação da curva de retenção de água no solo. **Revista Irriga**, v. 15, n. 2, p. 193-207, 2010.
- PAZ, A. M.; CIPRIANO, D.; GONÇALVES, M. C.; PEREIRA, L. S. Funções de pedotransferência para a curva de retenção da água no solo. **Revista Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, 2009.
- PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P. Estimativa das curvas de condutividade hidráulica e de retenção a partir de características físicas do solo. **Revista de Estudos Ambientais**, v.11, p.44-50, 2009.
- RAMOS, T.B.; GONÇALVES, M.C.; MARTINS, J.C.; PIRES, F.P.; PEREIRA, L.S. Propriedades hidráulicas do solo para as diferentes classes texturais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 252-264, 2011.
- REICHARDT, K. A **água em sistemas agrícolas**. São Paulo, p. 188, 1987.
- REINERT, D. J.; REICHERDT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1931- 1935, 2006.
- SEKI, K. SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore. **Hydrology and Earth System Sciences. Discussions**, v. 4, p. 407-437, 2007.
- SCHEINOST, A.; SINOWSKI, W.; AUERSWALD, K. Regionalization of soil water retention curves in a highly variable soilscape, I. Developing a new pedotransfer function. **Geoderma**, v.78, p. 129-143, 1997.
- SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.91-95, 1986.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J. M.; SOARES, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico e de um latossolo vermelho distrófico típico. I – Estado inicial de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1-8, 2002.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, p. 222, 2008.

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CAMPBELL E DE VAN GENUCHTEN PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SOLOS

TORMENA, C.A. & SILVA, A.P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 305-314, 2002.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic

conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society America Journal**, v. 44, p. 892-897, 1980.

XIANGWEI H, MING-NA, S.; HORTON, R. Estimating van Genuchten model parameters of undisturbed soils using an integral method. **Soil Science Society of China**, v. 20, p. 55-62, 2010.