

V. 8, n. 4, p. 60-65, out – dez , 2012.

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB. www.cstr.ufcg.edu.br

Revista ACSA:

<http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/>

Revista ACSA – OJS:

<http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA>

Vital Paulino do Amaral Júnior¹

Herlon Bruno Ferreira Barreto^{2*}

Neyton de Oliveira Miranda³

José Francismar de Medeiros⁴

André Souza Lima⁵

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 27/05/2012. Aprovado em 29/09/2012.

¹ Eng. Agrônomo. E-mail: vital_paulino@hotmail.com.

² Eng. agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Recursos Hídricos. UFLA E-mail: foboca@hotmail.com*

³ Eng. Agr. D. Sc., Professor do Departamento de Ciências Vegetais – UFERSA-Mossoró-RN, E-mail: neyton@ufersa.edu.br

⁴ Eng. Agr. D. Sc., Professor do Departamento de Ciências Vegetais – UFERSA-Mossoró-RN. E-mail: jfmedeir@ufersa.edu.br

⁵ Eng. Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem. E-mail: andslag@hotmail.com



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO –

ISSN 1808-6845

Artigo Científico

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE VAN GENUCHTEN E ÍNDICES DE SOLO SOB LÂMINAS CRESCENTES DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

RESUMO

O problema da salinidade ocorre com mais frequência em regiões áridas e semi-áridas, como é o caso do Nordeste brasileiro, os efeitos negativos da salinização no solo são desestruturação, aumento da densidade aparente, e da retenção de água no solo, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do DCAT da UFERSA, com altitude média de 18 m, o clima local é do tipo BSwh', com base na classificação de Köppen. O experimento foi conduzido utilizando-se um tipo de solo: CambissoloHáplico, com TSFA acomodado em bandejas, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, e quatro tratamentos, os quais foram uma testemunha e três lâminas de irrigação. Os parâmetros da equação de van Genuchten e os valores de índice S , obtidos para cada parcela foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5 % de probabilidade. O aumento das lâminas de irrigação afeta de forma negativa a qualidade física do solo, aumentando de forma linear o índice S .

Palavras-Chaves: Salinidade do solo, van Genuchten, curva de retenção.

PARAMETERS OF EQUATION OF VAN GENUCHTEN INDEX S AND SOIL IN GROWING LEAVES WITH SALINE WATER IRRIGATION

ABSTRACT

SUMMARY: The salinity problem occurs most often in arid and semi-arid regions, such as the Brazilian Northeast, the negative effects of salinity in the soil are disruption, increase in bulk density and water retention in the soil, reducing infiltration water by excess sodium ions. The experiment was conducted in a greenhouse of the DCAT UFERSA, with an average altitude of 18 m, the local climate is the type BSwh', based on Köppen classification. The experiment was conducted using a soil type: Typic with TSFA housed in trays, the experimental

design was completely randomized with four replications and four treatments, which were a witness and three irrigation levels. The parameters of the van Genuchten equation and the S index values obtained for each plot were submitted to ANOVA and Tukey test at 5% probability. The increase in irrigation water adversely affects the physical quality of soil, increasing linearly the index S.

Key words: soil salinity, van Genuchten, retention curve.

INTRODUÇÃO

O problema da salinidade ocorre com mais frequência em regiões áridas e semi-áridas, como é o caso do Nordeste brasileiro, pois a lixiviação e o transporte de sais solúveis são restritos devido às baixas precipitações e às altas taxas de evaporação, sendo esse processo acelerado usualmente pelas irrigações irracionais e pela drenagem natural deficiente (Ghey, 2000).

Os efeitos negativos da salinização no solo são desestruturação, aumento da densidade aparente, e da retenção de água no solo, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos (Rhoades et al., 2000), o aumento de sais no solo promove a dispersão das argilas e consequente desestruturação do solo, um aumento da densidade aparente e da retenção de água no solo devido a redução da macroporosidade.

A curva de retenção da água no solo é expressa pela relação entre o potencial matricial e a umidade do solo. A retenção de água na matriz do solo é governada por duas forças principais, as forças capilares e as forças de adsorção, as quais são denominadas de forças matriciais, dando origem ao termo potencial matricial da água no solo (Vieira, 2006). Libardi (2000) definiu de forma mais clara 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. Esta relação parte do princípio de que a água ocupa os espaços porosos do solo sob determinada tensão, que é dependente da composição granulométrica e do arranjo estrutural do solo, sendo o conteúdo de umidade do solo inversamente proporcional ao seu potencial matricial.

A curva de retenção de água é determinada apenas uma vez e, sempre que se precise de valores de seu potencial matricial, indica-se a umidade do solo e, através da curva, estima-se o valor do potencial matricial do solo, mas a curva de retenção tem suas limitações; ela varia bastante com pequenas variações de textura, de compactação e da estrutura (Mello et al., 2005).

Objetivou-se na presente pesquisa simular efeitos da aplicação de água salina em longo prazo sob condições de elevada evapotranspiração, estudando seus efeitos na curva de retenção de água no solo e estudar os efeitos de lâminas crescentes de irrigação nos parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), na densidade do solo e na curva de retenção de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS:

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11' de latitude sul e 37° 20' de longitude oeste, com altitude média de 18 m. O clima local é do tipo BSw^h, com base na classificação de Köppen e a média anual de precipitação é da ordem de 678 mm. As médias anuais de temperatura, insolação e umidade relativa são 27,4°C, 236 horas anuais e 68,9% respectivamente (Carmo Filho e Oliveira, 1995).

O experimento foi conduzido em ambiente protegido utilizando-se um tipo de solo: Cambissolo Háplico, com boa fertilidade natural e apresentando textura média (EMBRAPA, 1999). O solo foi coletado em um campo de produção na cidade de Baraúna – RN, assim como a respectiva água de irrigação da região, com condutividade elétrica de aproximadamente 1,1 dS m⁻¹, e pH de 7,85.

O experimento foi conduzido utilizando solo seco ao ar e passado em peneira de abertura 2 mm, posteriormente acomodado em bandejas, perfuradas para permitir a drenagem, e de tamanho 20 cm x 30 cm com uma camada de solo de 5 cm de profundidade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, e quatro tratamentos, os quais foram uma testemunha e três lâminas de irrigação (1000 mm, 2000 mm, 3000 mm), totalizando 16 parcelas experimentais. As lâminas foram simuladas para uma profundidade de 50 cm, que é a profundidade mais comum do sistema radicular das culturas exploradas na região.

Ao final do experimento foram retiradas amostras de solo deformadas e indeformadas, utilizando anéis volumétricos com aproximadamente 50 cm³, para obtenção da curva de retenção de água, onde as amostras com estruturas preservadas foram colocadas inicialmente para saturar e submetidas às tensões de 10, 30 e 60 cm.c.a em mesa de tensão de placa porosa de areia, às tensões de 100 e 300 cm.c.a em mesa de tensão de placa porosa de argila. As amostras de solo com estrutura indeformada após atingir o equilíbrio para cada tensão foram pesadas para determinação da sua massa úmida (m, g), resaturadas na sua base apenas para restabelecer os contatos hidráulicos e submetidos à próxima tensão, depois de terminadas todas as tensões, elas foram secas em estufas a 105 °C, por 48 h, para determinação da sua massa de sólidos (ms, g).

As amostras de estrutura deformada foram secas ao ar, passadas em peneira de abertura de 2 mm, e posteriormente acondicionadas em anéis de PVC com 1 cm de altura em placa porosa, saturadas e submetidas à tensão de 3000 cm.c.a, em câmara de pressão, após atingir o equilíbrio, elas foram secas em estufa a 105 °C, por 24 h. Para obtenção da umidade no ponto de 15000 c.m.a, utilizou-se o equipamento psicrômetro modelo WP4-T, marca Decagon[®] Devices[®], com as amostras de estrutura deformada.

Com estas informações realizaram-se, os cálculos da umidade volumétrica (θ , $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$), e posterior obtenção dos parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), utilizando o programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC versão 3.0 beta (Dourado Neto et al., 2001) aplicando-se a teoria de Mualem (1976).

A partir dos parâmetros obtidos (m , n , θ_r e θ_s), realizou-se o cálculo do índice S proposto por Dexter (2004), que é a declividade da curva de retenção de água no solo em seu ponto de inflexão, e segundo Andrade e Stone (2009) pode ser usado como indicador de qualidade física para solos do cerrado, conforme a Equação 1.

$$S = -n(\theta_s - \theta_r) \left[1 + \frac{1}{m}\right]^{-(1+m)} \quad \text{Equação 1}$$

Os parâmetros da equação de van Genuchten e os valores de índice S , obtidos para cada parcela foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5 % de

probabilidade, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, analisado usando o software SISVAR v. 5.3 (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias referentes aos parâmetros α , m , n , da equação de Van Genuchten (1980) estão na Tabela 1, assim como as médias do índice S , em função do aumento da lâmina de irrigação. Os resultados mostram que os tratamentos apresentaram diferenças significativas, para os parâmetros α , m , e índice S , e para o parâmetro n as médias não diferem em função do aumento da lâmina de irrigação. Pode-se observar uma tendência linear no efeito das crescentes lâminas de irrigação sobre o índice S , que se tornam menor conforme as lâminas aumentam. Os valores de índice S em todas as áreas e profundidades ficaram acima de -0,035, preconizado por Dexter (2004) como limite crítico para a boa qualidade do solo.

Tabela 1 – Valores médios dos parâmetros da equação de van Genuchten (1980) e do índice S , em função do aumento da lâmina de irrigação para o Cambissolo Háplico. Mossoró-RN, 2011.

Tratamento	α	m	n	S
Testemunha	0.075ab*	0.2975a	1.4375a	-0.1075ab
1000 (mm)	0.0525b	0.2825ab	1.415a	-0.0975b
2000 (mm)	0.1175a	0.1375b	1.1625a	-0.065a
3000 (mm)	0.0775ab	0.1575ab	1.19a	-0.065a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Fonte: Dados do Trabalho.

Observa-se na Figura 1, o comportamento linear para os parâmetros α , m , n , da equação de Van Genuchten (1980), em função do aumento das lâminas, observa-se também os coeficientes de determinação da equação (R^2), onde os maiores coeficientes são para os parâmetros: m e n respectivamente, indicando bom ajuste das equações. As modificações ocorridas na curva de retenção são

potencializadas quando a umidade está próxima à saturação, porém ocorrendo em níveis mais baixos de potencial (-15 atm). Sabe-se que solos, com estrutura modificada pelo excesso de sais na solução, tendem a armazenar mais água quando submetidos aos mesmos níveis de potencial matricial (Russo e Bresler, 1980).

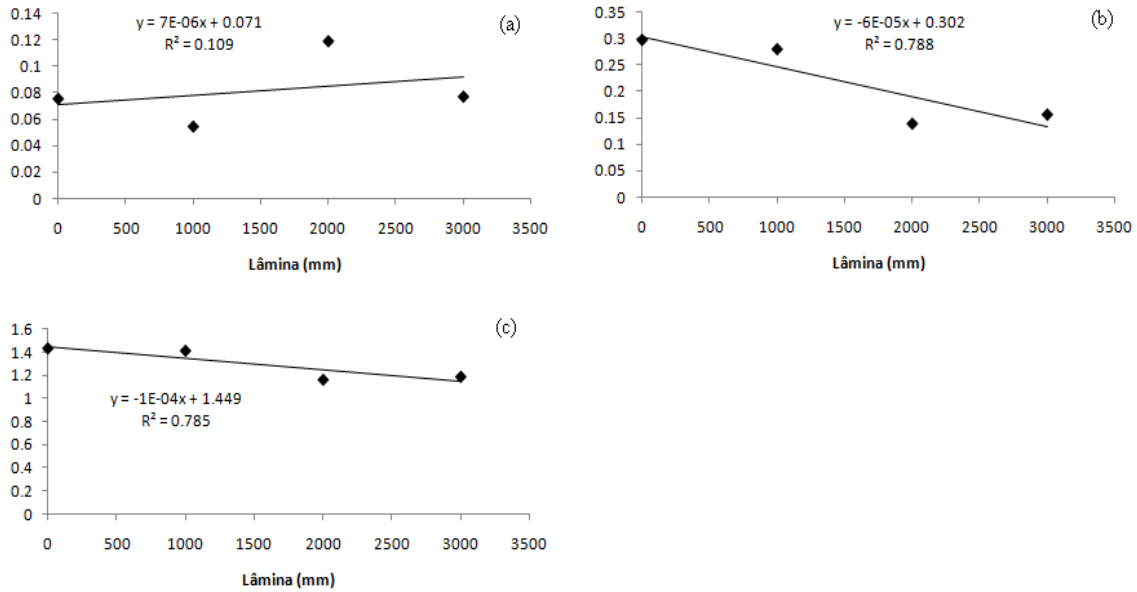


Figura 1 – Comportamento dos valores médios dos parâmetros da equação de van Genuchten (1980): α (a); m (b); n (c), em função do aumento da lâmina de irrigação para o Cambissolo Háplico. Mossoró-RN.

O índice S apresenta sensibilidade para identificar a degradação da qualidade física do solo. O comportamento do índice S pode ser observado na Figura 2, apresenta um ajuste de modelo linear, com um coeficiente de determinação de 0,85, o índice S tendeu a aumentar e se aproximar ao valor proposto por Dexter (2004), como sendo limitante ao desenvolvimento de raízes. Segundo Dexter (2004), valores baixos de S (maior inclinação) indica uma ampla distribuição de tamanho de poros,

condizente com condições estruturais que estabelecem um adequado funcionamento físico do solo. O mesmo autor, numa tentativa de estabelecer limites para indicar condições favoráveis e restritivas para o crescimento das raízes das plantas propõe respectivamente, o valor $S < -0,035$ e $S > -0,035$. Valores de $S > -0,020$ representam condições físicas do solo muito pobres e com alta restrição ao crescimento das raízes das plantas.

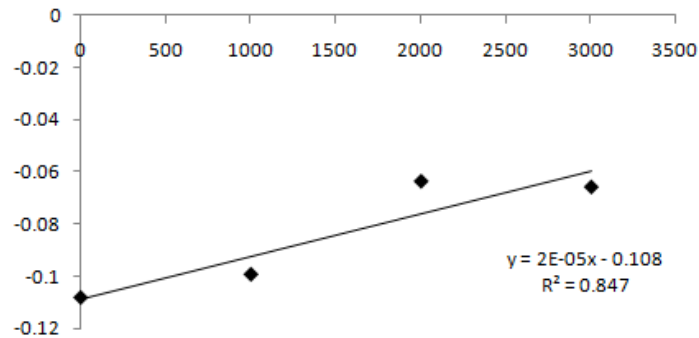


Figura 2 – Comportamento dos valores médios do índice S , em função do aumento da lâmina de irrigação para o Cambissolo Háplico. Mossoró-RN.

Analisando a Figura 3 o comportamento gráfico da curva de retenção de água no solo, em função do aumento das lâminas de irrigação, observa-se um achatamento da curva com o aumento da lâmina de irrigação, comportamento este que pode ser explicado pelo índice S , observa-se também um pequeno aumento na umidade retida nas tensões maiores próximas a 15 bar, com o

aumento das lâminas, provavelmente ocasionado pelo acúmulo de sais proporcionado pelas lâminas de irrigação maiores, comportamento este observado por Lima et al. (1990), estudando o efeito do acúmulo de sais na curva característica.

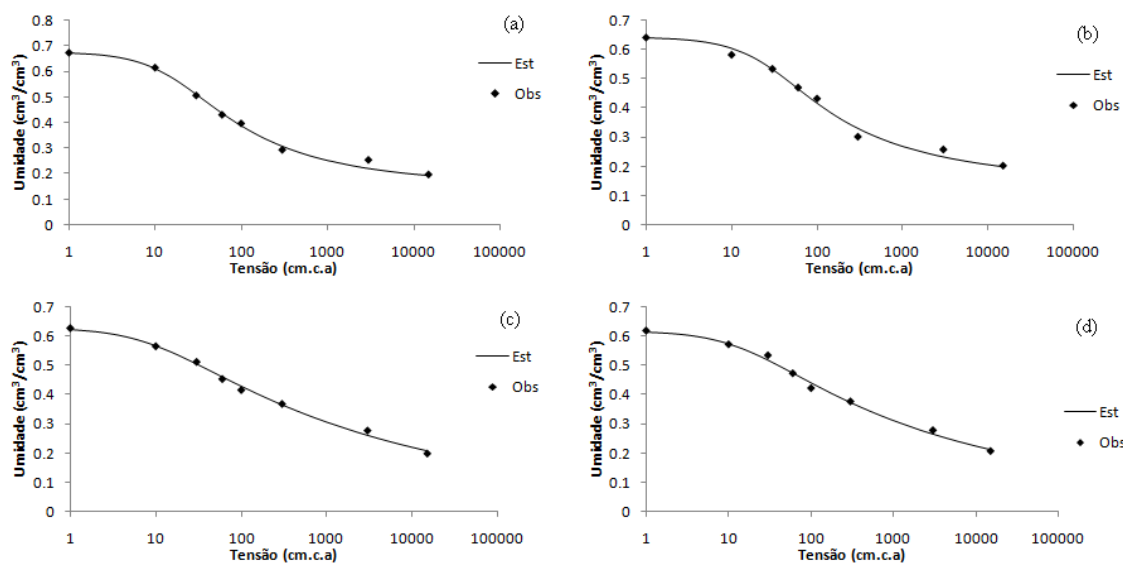


Figura 3 – Comportamento dos valores médios da curva de retenção de água no solo, ajustada ao modelo de van Genuchten (1980), em função do aumento da lâmina de irrigação para o Cambissolo Háplico. Mossoró-RN.

CONCLUSÕES

- O aumento das lâminas de irrigação afeta de forma negativa a qualidade física do solo, aumentando de forma linear o índice S.
- Os parâmetros da equação de van Genuchten (1980) são afetados pelo aumento da lâmina de irrigação, os quais m e n apresentaram redução de seus valores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.13, n.4, p.382–388, 2009.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).

DEXTER, A.R. Soilphysicalquality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, v.120, p.201-214, 2004.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, 2001.

EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. *Sisvar* 4.3. 2003. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvar>. Acesso em 10 Mar. 2010.

GHEY, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA et al.(Orgs). *Agricultura, sustentabilidade e o semiárido*. Fortaleza: UFS/SBCS. p. 123-145, 2000.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba – ESALQ, 2000, 497 p.

LIMA, L. A.; GRISMER, M. E.; NILSEN, D. R. Salinity Effects on Yolo Loam Hydraulic Properties. *Soil Science*, V.150. 1990.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F., LIMA, J.M.; LOPES, D. Modelo para determinação dos parâmetros da equação de van Genuchten para um Cambissolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.. 9. n. 1. p. 23-29, 2005.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research.*, v.12, p.513-522, 1976.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48).

RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil-water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. P 287-296. In: BANIN, A.; KAFKAFI, U.

(ed.). *Agrochemicals in Soils*. New York: Pergamon Press. 1980. 448p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VIEIRA, M. L. Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.