



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JANINY ANDRADE DA NÓBREGA**

**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM NEOSSOLO FLÚVICO  
IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2013**

**JANINY ANDRADE DA NÓBREGA**

**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM NEOSSOLO FLÚVICO  
IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Agrícola.**

**Orientador: Professor Me. Luciano Marcelo Falle Saboya.**

**Coorientador: Professor Me. Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento.**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2013**



N337c Nóbrega, Janiny Andrade da.  
Condutividade hidráulica de um neossolo flúvico irrigado com água residuária. / Janiny Andrade da Nóbrega. - Campina Grande - PB: [s.n], 2013.

15 f.

Orientador: Professor Me. Luciano Marcelo Falle Saboya; Coorientador: Professor Me. Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Neossolo flúvico. 2. Condutividade hidráulica - neossolo. 3. Degradação do solo. 4. Irrigação com águas residuárias. 5. Efluentes no neossolo. 6. Estabilidade estrutural do solo. 7. Pedologia. I. Saboya, Luciano Marcelo Falle. II. Nascimento, Joab Josemar Vitor Ribeiro do. III. Título.

CDU:631.41(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM NEOSSOLO FLÚVICO IRRIGADO  
COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

*Janiny Andrade da Nóbrega*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande.

Julgado em, 30 / 09 / 2013  
Nota: 9,50 (NOVE E CINQUENTA)

*Janiny Andrade da Nóbrega*

Janiny Andrade da Nóbrega

BANCA EXAMINADORA:

*Luciano Marcelo Falle Saboya*

Prof. MSc. Luciano Marcelo Falle Saboya (UAEA/UFCG) – Orientador

*Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento*

Prof. MSc. Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento (IFPE) – Coorientador

*Riuzuani Michelle B. Pedrona Lopes*

Dra. Riuzuanne Michelle B. P. Lopes (UFCG) - Examinador

*Silvana Silva de Medeiros*

Dra. Silvana Silva de Medeiros (UFCG) - Examinadora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



## CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM NEOSSOLO FLÚVICO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

Janiny Andrade da Nóbrega, Luciano Marcelo Falle Saboya, Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento

### RESUMO

A irrigação com águas residuárias é uma prática que pode se tornar comum nas regiões semiáridas, devido à escassez dos recursos hídricos. Entretanto, pode levar a degradação de propriedades hidráulicas do solo. Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos combinado de água residuária e cultivo da mamoneira na condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) de um Neossolo Flúvico. Instalou-se um experimento em blocos casualizados em parcelas subdividas, sendo as parcelas compostas pela combinação de água residuária e de abastecimento e o cultivo de mamoneira (T1–água residuária + cultivo de mamoneira; T2–mistura de água residuária e de abastecimento, na proporção 1:1 v.v. + cultivo de mamoneira; T3– água de abastecimento + cultivo da mamoneira; T4–aplicação de água residuária, sem cultivo de mamoneira) e nas subparcelas a quantidade acumulada de água aplicada. A  $K_s$  aumentou nas parcelas cultivadas com mamoneira e irrigadas com água residuária, e diminuiu nas parcelas sem cultivo da mamoneira, que receberam água residuária. A irrigação com água de abastecimento não provocou alterações significativas na  $K_s$  do solo.

**Palavras-chave:** Condutividade hidráulica, degradação do solo, efluente.

## HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF A FLUVENT IRRIGATED WITH WASTEWATER

### ABSTRACT

Irrigation with wastewater is a practice increasingly common in semiarid regions, because of scarcity of water resources. However, it may lead to soil hydraulic properties degradation. The objective of this study was to evaluate the effects of different water management strategies, in saturated hydraulic conductivity (Ks) of a Fluvent with and without castor bean cultivation. We settled an experiment in a randomized block design with split plot, with water management in the plots (T1 – Wastewater irrigation + castor cultivation; T2 – Wastewater and good water mixture (1:1 proportion) + castor cultivation; T3 – Good water irrigation + castor bean cultivation; and T4 – wastewater application, without castor cultivation) and cumulative quantity of water applied as the subplots. The Ks increased in plots cultivated with castor plants and irrigated with wastewater, and decreased in plots without cultivation of castor beans and receiving wastewater. The irrigation with freshwater no caused significant changes in soil Ks.

**Keywords:** Hydraulic conductivity, soil degradation, effluent.

### INTRODUÇÃO

Em regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil, o uso de água residuária na irrigação é uma prática pouco comum, embora devido a sua disponibilidade no entorno das grandes cidades, seja uma das formas de aproveitamento residual da água, que possibilitam uma preservação de fontes de água com qualidade superior. Entretanto, o uso de efluentes na irrigação pode provocar impactos nas propriedades químicas e hidráulicas dos solos (Lado & Ben-Hur, 2009).

A condutividade hidráulica saturada (Ks) é um dos principais parâmetros utilizados em estudos agrícolas e ambientais envolvendo fluxo de água e refere-se à velocidade com que a água se move através do perfil do solo. É uma propriedade do solo controlada pela textura, densidade e estrutura do solo, bem como pela solução do solo, saturação de bases e atividade microbiana. Se a Ks do solo for acentuadamente diminuída, podem haver

sérios problemas de escoamento superficial, recarga de aquíferos e erosão (Gonçalves et al., 2007).

Os efeitos da irrigação com efluentes na estabilidade estrutural do solo e nas propriedades hidráulicas são comumente comparadas à irrigação com água de boa qualidade (de abastecimento urbano ou de chuva) ou deionizada (Gonçalves et al., 2007; Bhardwaj et al., 2008; Sepaskhah & Sokoot, 2010). Resultados diversos são encontrados devido às diferenças na qualidade do efluente (Emdad et al., 2004), à textura e mineralogia do solo (Arienzo et al. 2009; Sepaskhah & Sokoot, 2010), ao conteúdo de  $\text{CaCO}_3$  (Gonçalves et al., 2010), à intensidade de cultivo (Bhardwaj et al., 2007) e outras condições como, por exemplo, o teor inicial de água no solo (Mandal et al., 2008) e o método de irrigação (Bhardwaj et al., 2007).

Os efeitos da aplicação de efluentes na condutividade hidráulica saturada ainda não são claramente entendidos, mas a mudança no sistema poroso durante a irrigação é o fator preponderante das perturbações na hidrodinâmica do solo (Halliwell, 2001). Aumentos na condutividade hidráulica saturada foram verificados por Mathan (1994), Halliwell et al. (2001), Vogeler et al. (2009), Li et al. (2010), Lado & Ben-Hur (2010), após a aplicação de água residuária no solo. No entanto, diversos outros estudos têm verificado decréscimos (Beach et al., 2005; Gharaibeh et al., 2007; Aiello et al., 2007; Walker & Lin, 2008; Sepaskhah & Sokoot, 2010).

A identificação dos efeitos indesejáveis da irrigação com efluentes nas propriedades hidráulicas do solo podem minimizar os impactos desta prática e potencializar seu uso de forma sustentável. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações na condutividade hidráulica de um Neossolo Flúvico cultivado com mamoneira, em condições de lisímetros de drenagem, após a aplicação de água residuária.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido em 12 lisímetros monolíticos de drenagem, com 1,0 m de altura e 0,70 m de diâmetro, construídos à margem esquerda do Riacho de Bodocongó, com coordenadas geográficas de 7°14'25,2'' S e 35°55'14,0'' W e altitude de 501 m. Os lisímetros foram realocados para uma área aberta da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande, PB.

O delineamento experimental usado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas a combinação de água residuária e de abastecimento e o

cultivo de mamoneira (T1- água residuária + cultivo de mamoneira; T2- mistura de água residuária e de abastecimento, na proporção 1:1 + cultivo de mamoneira; T3- água de abastecimento + cultivo da mamoneira; T4- aplicação de água residuária, sem cultivo de mamoneira) e nas subparcelas a quantidade acumulada de água aplicada, em três repetições.

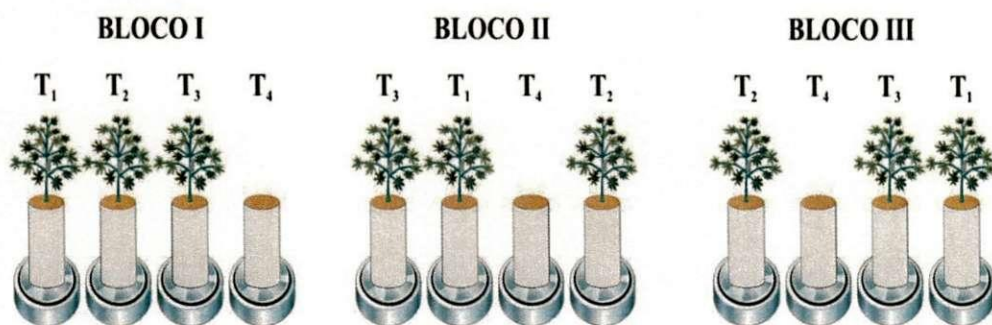


Figura 1. Configuração esquemática do experimento em perfil.

O solo foi classificado como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, com textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2006). Realizou-se a caracterização físico-hídrica (Tabela 1) e química do solo antes e após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2), na camada de 0-50 cm, empregando-se as metodologias descritas pela EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Atributos físico-hídricos do Neossolo Flúvico antes da aplicação dos tratamentos.

Granulometria (%)			Densidade global do Solo	Densidade de Partículas	Porosidade	Capacidade e de campo	Ponto de murcha
Areia	Silte	Argila	(g cm <sup>-3</sup> )	(g cm <sup>-3</sup> )	(%)	(33,33 kPa)	(1515kPa)
75,4	13,5	11,1	1,50	2,67	43,8	11,20	1,90



Tabela 2. Atributos químicos do Neossolo Flúvico antes da aplicação dos tratamentos.

Camada	pH	P	MO <sup>a</sup>	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Fe	Mn	Cu	Zn
(cm)		(mg dm <sup>-3</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	mmole dm <sup>-3</sup>				mg kg <sup>-1</sup>				
Início	6,5	4,4	2,8	17,9	13,4	7,1	0,9	9,3	167,2	40,7	1,0	1,2
T1	7,0	9,0	3,7	24,6	15,1	13,1	1,5	4,5	176,1	41,8	0,9	2,0
T2	6,6	6,4	3,6	21,8	14,8	9,2	1,3	7,1	179,0	39,7	1,0	2,2
T3	6,8	4,3	3,5	19,5	17,0	7,5	1,1	9,1	137,9	32,1	0,7	1,7
T4	7,0	13,5	3,8	21,3	20,9	6,7	1,8	3,4	139,3	30,3	0,9	2,4

<sup>a</sup>Matéria orgânica do solo.

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente de um córrego que recebe contribuições de esgotos e que passa pela área experimental da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (UAEA-UFCG). A água foi submetida apenas à filtração, com tela de nylon com abertura de 2,0 mm, no ponto de captação, objetivando remover sólidos grosseiros. A água de abastecimento foi oriunda do sistema de abastecimento público da cidade de Campina Grande, PB. As análises das águas utilizadas no experimento se basearam nas metodologias recomendadas pela APHA (1999). Os valores médios referente a 7 amostragens retiradas das águas residuais e de abastecimento estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios (n=7) das características da água de abastecimento e residuária utilizadas no experimento.

Parâmetro	Água Residuária	Água de Abastecimento
pH	6,98	7,23
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	552,00	145,98
Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	341,14	143,05
Condutividade Elétrica (µS cm <sup>-1</sup> )	1585	502
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	54,61	nd <sup>a</sup>
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	941,4	nd
Sólidos Voláteis (mg L <sup>-1</sup> )	289,2	nd
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	0,090	nd
Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	0,030	nd
Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	0,004	nd
Zinco (mg L <sup>-1</sup> )	0,001	nd

<sup>a</sup>não detectado.

A instalação do experimento ocorreu na primeira quinzena do mês de setembro de 2007 quando foi efetuada a semeadura da mamoneira cv. BRS Energia. As aplicações de água nos lisímetros foram feitas com base na evapotranspiração da mamoneira à medida que o teor de água disponível atingia 50% para esse cálculo foi utilizado a sonda Diviner. As avaliações foram realizadas sempre que a quantidade de água aplicada correspondia a 100 mm. Efetuou-se a quantificação da condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) pelo método de Auger-Hole inverso, conforme descrito por Cruciani (1983), que é válido para situações de ausência de lençol freático, como no caso de lisímetros de drenagem.

Os resultados de  $K_s$  do solo foram submetidos à análise de variância, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ) empregando-se o nível de significância de até 5% com desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos quantitativos em regressões polinomiais. As análises foram realizadas utilizando-se o software SISVAR, versão 4.2 (Ferreira, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a variação da condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ), em função dos tratamentos aplicados. Constatou-se respostas diferenciada nos valores de condutividade hidráulica saturada.

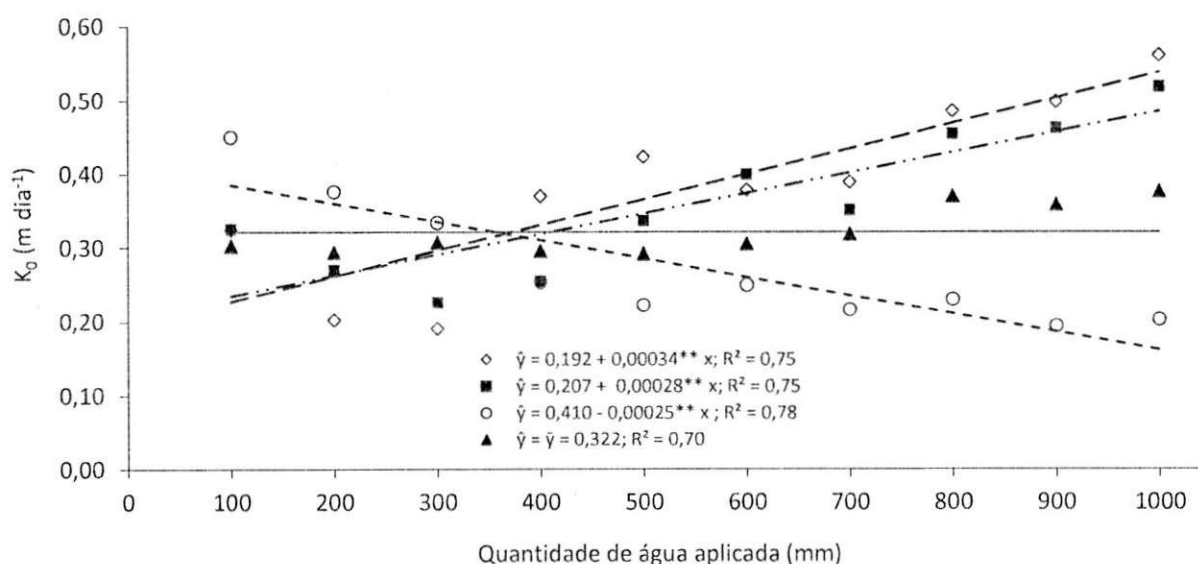


Figura 1. Condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) do solo submetido a diferentes manejos de água: T1 (◇), T2 (■), T3 (▲) e T4 (○), em função da quantidade de água aplicada. \*\*: significativo à 1% de probabilidade, pelo Teste t.

A presença da mamoneira influenciou significativamente o comportamento do Ks, em função da quantidade acumulada de água aplicada. Comparando-se T1 com T4 (com e sem cultivo, respectivamente), que receberam apenas água residuária, verificou-se aumento da Ks em T1 e redução em T4, de acordo com o aumento da quantidade acumulada de água aplicada (Figura 1). A partir das equações lineares ajustadas, com significância de 1%, infere-se que para cada 100 mm de água aplicada, houve aumento - de  $0,034 \text{ m dia}^{-1}$  na Ks em T1, e redução de  $0,025 \text{ m dia}^{-1}$ , em T4. Bhardwaj et al. (2007), comparando a aplicação de água residuária em parcelas com e sem cultivo, por um período de 4 anos, verificaram reduções acentuadas na Ks do solo sem cultivo, enquanto no solo sob cultivo, a Ks foi semelhante ao da área que recebeu água doce. Adicionalmente, Prando et al. (2010), constataram que a presença da mamoneira aumentou a velocidade de infiltração de água no solo.

Conforme exposto por Gregory (2006), as raízes das plantas desempenham um papel importante no aumento da estabilidade de agregados, que é diretamente responsável pelo aumento da Ks do solo. Essa influência se dá indiretamente através da liberação de compostos de carbono, que fornecem um substrato para os microrganismos com todos os seus efeitos sobre a estrutura (Young & Crawford, 2004), e diretamente através de: (i) fenômenos de umedecimento e secagem, (ii) o acúmulo de produtos químicos inorgânicos na superfície radicular que atuam como agentes cimentantes, (iii) a liberação de compostos orgânicos que promovem agregação das partículas, e (iv) as raízes senescentes funcionando na resistência à tração do solo.

Em T2 (irrigação com uma mistura de água residuária e água de abastecimento, na proporção 1:1 + cultivo de mamoneira), o comportamento da Ks foi semelhante ao de T1, com aumento de  $0,028 \text{ m dia}^{-1}$ , à cada acúmulo de 100 mm da água aplicada. Sepaskhah & Sokoot (2010), estudando o Ks de solos de diferentes classes texturais, sob irrigação com águas residuárias de diferentes qualidades, obtidas de sistemas de tratamento aeróbicos com diferentes eficiências de remoção da carga orgânica, verificaram comportamentos semelhantes da Ks.

Em T3 (irrigação com água de abastecimento+cultivo da mamoneira), não se verificaram efeitos significativos na Ks com a quantidade de água aplicada até o acumulado de 1000 mm. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Sepaskhah & Sokoot (2010), que estudando diferentes tipos de água residuária e água doce, não verificaram modificações significativas na Ks após a aplicação de água doce, em solos de diferentes classes texturais, pela aplicação de 748 a 860 mm. Já, Gonçalves et al. (2007)

trabalhando com mamoneira constataram pequena redução no Ks após a aplicação de água de poço, comparada com a área controle, após 24 meses de experimento.

As características da água de abastecimento utilizada nesse experimento (Tabela 3), com sólidos não detectados e condutividade elétrica (CE) baixa, praticamente não mudaram as características químicas do solo (Tabela 2) e, em decorrência não acarretaram alterações significativas na estrutura do solo, conforme já verificado por Bhardwaj et al. (2007), em irrigação com água de qualidade semelhante à esta (CE = 1,23 dS m<sup>-1</sup>; Sólidos Suspensos = 0,0 mg L<sup>-1</sup>)

Em T4, verificou-se ao final do experimento, maior concentração de P comparada à T1, o que pode ter ocasionado maior dispersão do solo e, conseqüentemente, bloqueio dos poros e redução da Ks, conforme já verificado por Teo et al. (2009), Silva et al. (2001) e Lima et al. (2000), que constataram aumento no teor de argila dispersa e diminuição da quantidade de macroporos em função do aumento da quantidade de P adsorvido. As alterações destas propriedades deveram-se, provavelmente, à diminuição do efeito cimentante dos óxidos que, de acordo com Shainberg & Letey (1984), pode alterar a geometria dos poros e a condutividade hidráulica.

A maior disponibilidade de nitrogênio em T4, uma vez que não havia absorção pela planta como, em T1, pode ter favorecido o maior desenvolvimento da biomassa microbiana, que provoca obstrução biológica parcial dos poros do solo (Beach, et al., 2005; Aiello et al., 2007), diminuindo a Ks. Além disso, a maior presença de magnésio em T4, comparado à T1 (Tabela 2), provavelmente interferiu na diminuição da Ks, uma vez que este cátion é apontado como o principal responsável pela dispersão de argila (Zhang & Norton, 2002). De maneira geral, o aumento da concentração salina em T4, pode ter reduzido a espessura da dupla camada difusa, com conseqüente aproximação das partículas do solo (Alleoni et al., 2009) e diminuição da Ks.

O sódio, apesar de ter tido maior concentração em T1, não interferiu negativamente na Ks. Este fato pode ser atribuído à natureza caolínica do Neossolos Flúvicos da região semi-árida do Brasil (Corrêa et al., 2003), pois já foi verificado em solos com esta mineralogia que o Na<sup>2+</sup>, a RAS (Razão de Adsorção de Sódio) e a PST (Porcentagem de Sódio Trocável) não apresentaram correlação com a estabilidade de agregados (Kaewmano et al., 2009).

## CONCLUSÕES

1. A irrigação com água residuária na cultura da mamoneira provocou aumento da condutividade hidráulica saturada.
2. A irrigação com água de abastecimento com cultura da mamoneira não modificou a condutividade hidráulica saturada.
3. A disposição de água residuária no solo sem cultivo, promoveu diminuição da condutividade hidráulica saturada.

## LITERATURA CITADA

- AIELLO, R.; CIRELLI, G. L.; CONSOLI, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). *Agricultural Water Management*, v.93, p.65-73, 2007.
- ALLEONI, L. R.; MELLO, J. W. V.; ROCHA, W. S. D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: Melo, V. F. & Alleoni, L. R., eds. *Química e Mineralogia do Solo. Parte II – Aplicações*. Viçosa, MG: SBCS, 2009. p.69-129.
- APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater*, 20th ed. APHA, Washington, DC. 1999.
- ARIENZO, M.; CHRISTEN, E. W.; QUAYLE, W.; KUMAR, A. A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, v.164, p.415-422, 2009.
- BEACH, D. N. H.; McCRAY, J. E.; LOWE, K. S.; SIEGRIST, R. L. Temporal changes in hydraulic conductivity of sand porous media biofilters during wastewater infiltration due to biomat formation. *Journal of Hydrology*, v.311, p.230-243, 2005.
- BHARDWAJ, A. K.; GOLDSTEIN, D.; AZENKOT, A.; LEVY, G. J. Irrigation with treated wastewater under two different irrigation methods: effects on hydraulic conductivity of a clay soil. *Geoderma*, v.140, p.199-206, 2007.
- BHARDWAJ, A. K.; MANDAL, U. K.; BAR-TAL, A.; GILBOA, A.; LEVY, G. J. Replacing saline-sodic irrigation water with treated wastewater: effects on saturated hydraulic conductivity, slaking, and swelling. *Irrigation Science*, v.26, n.2, p.139-146, 2008.

- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.27, p.311-324, 2003.
- CRUCIANI, D. E. *A drenagem na agricultura*. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 337p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Necessidades hídricas das culturas*. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p. Documentos, 1.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMDAD, M. R.; RAINE, S. T.; SMITH, R. J.; FARDAD, H. Effect of water quality on soil structure and infiltration under furrow irrigation. *Irrigation Science*, v.23, p.55-60, 2004.
- FERREIRA, D. F. *SISVAR software: Versão 4.6*. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- GHARAIBEH, M. A.; ELTAIF, N. I.; AL-ABDULLAH, B. Impact of Field application of treated wastewater on hydraulic properties of Vertisols. *Water, Air and Soil Pollution*, v.184, p.347-353, 2007.
- GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M. V.; GLOAGUEN, T.V.; LIBARDI, P. L.; MONTES, C. R.; LUCAS, Y.; DIAS, C. T. S.; MELFI, A. J. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. *Geoderma*, v.139, p.241-248, 2007.
- GONÇALVES, R. A.; GLOAGUEN, T. V.; FOLEGATTI, M. V.; LIBARDI, P. L.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R. Pore size distribution in soils irrigated with sodic water and wastewater. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.34, p.701-707, 2010.
- GREGORY, P. J. *Plant Roots: Growth, Activity and Interaction with Soils*. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 340p.
- HALLIWELL, D.J., BARLOW, K.M., NASH, D.M. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. *Australian Journal Soil Research*, v.39, p.1259–1267, 2001.
- KAEWMANO, C.; KHEORUENROMME, I.; SUDDHIPRAKAM, A.; GILKES, R. J. Aggregate stability of salt-affected kaolinitic soils on the North-east Plateau, Thailand. *Australian Journal of Soil Research*, v.47, p.697-706, 2009.

- LADO, M.; BEN-HUR, M. Treated domestic sewage irrigation effects on soil hydraulic properties in arid and semiarid zones: A review. *Soil & Tillage Research*, v.106, n.1, p.152-163, 2009
- \_\_\_\_\_. Effects of irrigation with different effluents on saturated hydraulic conductivity of arid and semiarid soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.74, n.1, p.23-32, 2010.
- LI, F. H.; YANG, S. M.; PENG, C. Effects of domestic sewage water and ameliorant effectiveness on soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, v.74, n.2, p.461-468, 2010.
- LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J.; CURI, N. Phosphate-induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. *Soil Science Society of America Journal*, v.64, p.892-897, 2000.
- MANDAL, U. K.; BHARDWAJ, A. K.; WARRINGTON, D. N.; GOLDSTEIN, D.; TAL, A. B.; LEVY, G. L. Changes in soil hydraulic conductivity, runoff, and soil losses due to irrigation with different types of saline-sodic water. *Geoderma*, v.144, p.509-516, 2008.
- MATHAN, K. K. Studies on the influence of long-term municipal sewage-effluent irrigation on soil physical properties. *Bioresource Technology*, v.48, n.3, p.275-276, 1994.
- PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.34, p.693-700, 2010.
- SEPASKHAH, A. R.; SOKOOT, M. Effects of wastewater application on saturated hydraulic conductivity of different soil textures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.173, p.510-516, 2010.
- SHAINBERG, I.; LETEY, J. Response of soil to sodic and saline conditions. *Journal of Agricultural Science*, v.52, p.1-57, 1984.
- SILVA, R. B.; LIMA, J. M. DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A. Alterações de propriedades físicas e hídricas de um Latossolo vermelho distrófico pela adsorção de fósforo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.25, p.791-798, 2001.
- TEO, J. LIEW, W. K.; LEONG, Y. K. Clay, phosphate adsorption, dispersion, and rheology. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, v.9, p.403-407, 2009.
- VOGELER, I. Effect of long-term wastewater application on physical soil properties. *Water, Air and Soil Pollution*, v.196, p.385-392, 2009.

- WALKER, C.; LIN, H. S. Soil property changes after four decades of wastewater irrigation: A landscape perspective. *Catena*, v.73, p.63-74, 2008.
- YOUNG, I. M.; CRAWFORD, J. W. Interactions and self-organization in the soil-microbe complex. *Science*, v.304, p.1634–1637, 2004.
- ZHANG, X. C.; NORTON, L. D. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hydrology*, v. 260, p.194-205, 2002.



## ANEXO

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
Bloco	2	0,61757
Tipo de Água	3	0,06862ns
Resíduo-a	6	0,02514
Quantidade de água	9	0,02749*
Tipo de água x Quantidade de água	27	0,02315**
Tempo d/T1	(9)	0,043470**
R.Linear	1	0,294514**
R.Quadrática	1	0,006948ns
R.Cúbica	1	0,007304ns
Desvios	6	0,013744ns
Tempo d/T2	(9)	0,028825**
R.Linear	1	0,187266**
R.Quadrática	1	0,035495 ns
R.Cúbica	1	0,014145ns
Desvios	6	0,001626ns
Tempo d/T3	(9)	0,002978ns
R.Linear	1	0,019233ns
R.Quadrática	1	0,002712ns
R.Cúbica	1	0,000081ns
Desvios	6	0,000586ns
Tempo d/T4	(9)	0,021829*
R.Linear	1	0,153360**
R.Quadrática	1	0,032432 ns
R.Cúbica	1	0,003933ns
Desvios	6	0,001123ns
Resíduo-b	72	0,00964
CV-a	%	46,29
CV-b	%	29,53

<sup>ns</sup>( $p \geq 0,10$ ), \*( $0,05 > p \geq 0,01$ ) e \*\* ( $0,01 > p$ )