

## Propriedades físico-hídricas de solo cultivado com sorgo em agricultura de vazante.

**Rodolfo Marcondes Silva Souza<sup>(1)</sup>; Eduardo José Bezerra da Costa<sup>(1)</sup>; Carlos Alberto Vieira de Souza<sup>(2)</sup>; José Severino Cavalcante Júnior<sup>(2)</sup>; José Nunes Filho<sup>(3)</sup>; Eduardo Soares de Souza<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Fazenda Saco, Zona Rural, Caixa Postal 063, CEP 56900-400, Serra Talhada - PE. E-mail: rodolfomssouza@gmail.com; <sup>(2)</sup>Graduando em Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada; <sup>(3)</sup>Pesquisador do Instituto Agronômico de Pesquisa. <sup>(4)</sup>Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

**RESUMO:** O cultivo de vazante é uma prática onde se aproveitam os solos potencialmente agricultáveis nas margens dos açudes, rios e lagos que ficam cobertos pelas águas na época chuvosa, sendo utilizada para o plantio à proporção que o reservatório hídrico vai secando. Objetivou-se avaliar as propriedades físico-hídricas do solo de uma vazante cultivado com quatro variedades de sorgo com presença e ausência de cobertura morta. A condutividade hidráulica foi determinada  $K(h)$  a partir de medidas do fluxo de água no regime estacionário com infiltrômetro a disco para diferentes potenciais de fornecimento ( $h$ ). Os valores de  $K(h)$  foram maiores para os tratamentos sem cobertura morta. A presença de palhada na superfície solo proporcionou uma redução nos valores de condutividade hidráulica para todos os tratamentos. Porém, apenas foi detectada diferença significativa entre os solos com e sem cobertura, cultivados com IPA 4202, para o potencial  $h = -16$  cm, e IPA SF 25, nos respectivos potenciais  $h = -16$  e  $-12$  cm. A taxa média de rebaixamento do lençol freático de 8,5 mm dia<sup>-1</sup>.

**Termos de indexação:** condutividade hidráulica, cobertura morta, Taboa (*Typha domingensis*).

### INTRODUÇÃO

A agricultura na região semiárida brasileira muitas vezes é limitada devido à grande variabilidade temporal e espacial das chuvas e a alta demanda atmosférica, que configuram na região um déficit hídrico na maior parte do ano. Diante disso, os agricultores dessas localidades têm buscado outras formas de explorar a terra, pois a agricultura de sequeiro é bastante vulnerável ao clima. Neste cenário, uma das alternativas para a prática da agricultura no semiárido, consiste na chamada agricultura de vazante, que surge com o propósito de se produzir alimentos em razão da irregularidade das chuvas (Antonino & Audry, 2001).

A caracterização hidrodinâmica do solo é extremamente importante para o aperfeiçoamento do manejo da água em todo o ciclo da cultura de

vazante e conseqüentemente garantir a produção de alimentos em época de estiagem. Para isso, é indispensável o estudo das propriedades físico-hídricas do solo.

Vários métodos têm sido desenvolvidos para se estimar as propriedades hidráulicas de solos a partir de medidas de fluxos transitórios ou estacionários da infiltração, obtidas com um infiltrômetro a disco ajustado a uma sucção  $h$ , onde a infiltração da água no solo pode ser estudada utilizando tais dispositivos (Antonino et al., 2001; Souza et al., 2008), também chamados permeômetros a disco (Borges et al., 1999). Técnicas baseadas na infiltrometria a disco são de grande interesse, pois permitem determinar propriedades hidráulicas do solo como a condutividade hidráulica ( $K$ ) *in situ*, de forma simples e rápida, minimizando as perturbações no solo.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar as propriedades físico-hídricas do solo em área de vazante, cultivado com quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) submetidos à duas condições de cobertura do solo (presença e ausência de cobertura vegetal).

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento em cultivo de vazante foi conduzido no Município de Serra Talhada na Estação Experimental Dr. Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco -IPA, em Serra Talhada (7°59' S, 38°15' O e altitude: 431 m), mais precisamente nas proximidades do Açude Saco, localizado na microrregião do Sertão do Pajeú. O clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup> de acordo com a classificação de Köppen, sendo os meses mais quentes aqueles com maiores volumes de chuva e os meses frios aqueles mais secos. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006).

#### Instalação e condução do experimento

A semeadura do sorgo foi realizada no dia 27 de junho de 2012, com espaçamento de 0,15 x 0,80 m.

Nesse momento, também foram realizadas algumas perfurações com auxílio do trado (tipo holandês) e constatado que a profundidade do lençol freático era 15 cm. Para monitorar o lençol freático, seis poços de observação foram instalados nas extremidades e no centro da área experimental. O acompanhamento do nível do lençol freático foi realizado semanalmente dos 37 aos 119 dias após a semeadura (DAS), quando foi finalizado o experimento com a colheita do sorgo.

O turno de plantio foi determinado a partir da diferença máxima da profundidade e da taxa de rebaixamento do lenço freático (Antonino & Audry, 2001).

$$TP = \frac{(P_{MAX} - P_{MIN})}{TR} \quad (1)$$

sendo, TP o turno de plantio [dias];  $P_{MAX}$  e  $P_{MIN}$  as profundidades máxima e mínima do lençol freático [cm]; TR a taxa de rebaixamento do lençol freático [cm dia<sup>-1</sup>].

#### Medidas das propriedades físico-hídricas

Os ensaios de infiltração sob sucção controlada foram obtidos utilizando o infiltrômetro a disco de 8,0 cm de diâmetro (Perroux & White, 1988), que por meio de uma fonte circular de água possibilita realizar medições da infiltração tridimensional axissimétrica da água em solo não saturado (Philip, 1987).

A condutividade hidráulica do solo foi determinada partir da metodologia dos múltiplos potenciais proposta por Ankeny et al. (1991), que se baseou na equação de Wooding (1968) para a taxa de infiltração no estado estacionário e na a equação de Gardner (1958) mostradas na **tabela 1**.

A partir dos dados de infiltração determinou-se  $Q(h)$ , aplicando sucessivamente quatro potenciais  $h = 0, -4, -8$  e  $-16$  cm, o que permitiu estimar a condutividade hidráulica não saturada  $K(h)$  para  $h = 0, -2, -6, -12$  e  $-16$  cm aplicando-se a metodologia dos múltiplos potenciais proposta por Ankeny et al. (1991). Os testes de infiltração foram realizados em cada ponto iniciando com o  $h = -16$  cm e aumentando o potencial até  $h = 0$ . Todas as medidas foram realizadas nas linhas centrais de cada parcela, com o infiltrômetro posicionado entre plantas. Em cada ponto amostrado foram coletadas amostras indeformadas de solo com o cilindro de Uhland para determinação da densidade do solo.

#### Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2 (quatro cultivares de sorgo e duas condições de cobertura de solo), com quatro repetições. Para análise dos dados utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2008), onde os dados foram submetidos ao teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para a comparação entre as médias dos tratamentos. As

cultivares utilizadas foram: IPA 2502 (de duplo propósito e de porte médio), IPA 4202 (forrageiro de porte intermediário), IPA 467-42 e IPA SF 25 (forrageiro de porte alto). As condições de cobertura de solo foram com presença e ausência de cobertura morta.

**Tabela 1.** Modelos matemáticos utilizados para determinar as propriedades hidrodinâmicas.

Referência	Modelo matemático
Gardner (1958)	$K(h) = K_{fs} \exp(\alpha h)$
Wooding (1968)	$Q(h) = \left( \pi r_0^2 + \frac{4r_0}{\alpha} \right) K(h)$
	$\alpha_{i+\frac{1}{2}} = \frac{\ln \frac{Q_i}{Q_{i+1}}}{h_i - h_{i+1}}; i=1, \dots, n-1$
Ankeny et al. (1991)	$Q_{i+\frac{1}{2}} = \exp \left( \frac{\ln Q_i + \ln Q_{i+1}}{h_i - h_{i+1}} \right); i=1, \dots, n-1$
	$K_{i+\frac{1}{2}} = \frac{Q_{i+\frac{1}{2}}}{\pi r_0^2 + \frac{4r_0}{\alpha_{i+\frac{1}{2}}}}; i=1, \dots, n-1$

sendo,  $K(h)$  a condutividade hidráulica não-saturada [cm dia<sup>-1</sup>] a um determinado potencial  $h$  [cm];  $K_{fs}$  a condutividade hidráulica saturada [cm dia<sup>-1</sup>];  $\alpha$  a inclinação exponencial [cm<sup>-1</sup>];  $Q(h)$  a taxa de infiltração no estado estacionário [cm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>] em um dado potencial de fornecimento de água  $h$  [cm];  $r_0$  o raio do infiltrômetro [cm];  $n$  o número de potenciais de fornecimento de água utilizado; A notação  $\frac{1}{2}$  refere-se ao valor estimado entre dois potenciais sucessivos de fornecimento de água

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de chuva e profundidade do lençol freático são apresentados na **figura 1**. No período monitorado (37 aos 119 DAS) a variação da profundidade do lençol freático foi em média de 70,7 cm com uma taxa de rebaixamento de aproximadamente 8,5 mm dia<sup>-1</sup>. A profundidade máxima atingida pelo lençol freático foi de 135,0 cm aos 119 DAS. Durante o ciclo da cultura a chuva acumulada foi de 19 mm.

Com os valores médios de profundidades do lençol freático obtidos no intervalo de 83 dias determinou-se a sua taxa média de rebaixamento (TR) que foi igual a 8,5 mm dia<sup>-1</sup>. Considerando as profundidades mínima (dia da semeadura) e a máxima (119 DAS) do lençol freático, o turno de plantio para esta vazante foi de 141 dias, sendo este período adequado para finalizar o ciclo da cultura na vazante. Para todos os poços de observação percebeu-se que a variação existente da profundidade do nível d'água deve-se ao afastamento do nível do açude e que os poços mais

próximos ao açude apresentavam um lençol freático mais superficial.

É importante salientar que em nenhum momento, durante o monitoramento dos poços de observação, houve elevação do lençol freático da vazante, que foi alimentada apenas pela água do açude. Isso pode ser verificado pela taxa média de rebaixamento dos poços de observação distribuídos ao longo da área experimental. O acompanhamento do nível em que se encontravam as águas subterrâneas bem como a sua dinâmica forneceram dados essenciais para o manejo da vazante e da cultura (**Figura 1**).

Na **tabela 2** são apresentados os valores de condutividade hidráulica  $K(h)$ , para os diferentes potenciais de fornecimento de água. Quando a sucção diminui, os valores de  $K(h)$  aumentam. Percebe-se que os valores de condutividade hidráulica para os solos cultivados com IPA 4202 e IPA SF 25, apresentaram diferença significativa quanto às condições com e sem cobertura morta do solo, para  $h$  igual a -16 cm de água.

A condutividade hidráulica  $K(h)$  teve um comportamento diferente do esperado ao apresentar valores maiores para os solos sem cobertura morta. Apesar de a condutividade hidráulica ser normalmente descrita em função do conteúdo de água do solo, outros fatores relacionados com a estrutura do solo, como por exemplo, os raios de poros hidráulicamente ativos, podem influenciar em determinações pontuais de  $K(h)$ . Além disso, a duração do experimento pode não ter sido suficiente para a cobertura morta proporcionar efeitos nas propriedades físicas do solo.

Durante os testes de infiltração os valores do conteúdo inicial de água no solo com cobertura morta foram maiores que aqueles sem cobertura morta, porém não houve diferença significativa entre esses valores do ponto de vista estatístico (**Tabela 3**).

## CONCLUSÕES

A presença de cobertura morta proporciona uma redução nos valores de condutividade hidráulica. No entanto, apenas existe diferença significativa entre os solos com e sem cobertura, cultivados com IPA 4202, para o potencial  $h = -16$  cm, e IPA SF 25, nos respectivos potenciais  $h = -16$  e  $-12$  cm.

O cultivo de vazante é uma alternativa viável para produção de sorgo em período de estiagem e a utilização da cobertura morta de solo é uma prática vantajosa, pelo fato de aumentar o tempo de retenção de umidade do solo, proporcionando a finalização do ciclo da cultura.

A taxa de rebaixamento do lençol freático de  $8,5$  mm  $\text{dia}^{-1}$  em média e a declividade do lençol freático proporciona um turno de plantio da vazante superior ao ciclo de desenvolvimento do sorgo, permitindo a sua finalização em período longo de seca.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a UFRPE, a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado e ao IPA pela parceria na realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANKENY, M.D.; AHMED, M.; KASPAR, T.C. E HORTON, R. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society America Journal*. 55:467-470, 1991.

ANTONINO, C. D.; JARAMILLO, R. A.; SOUSA, E. S. de; MACIEL NETTO, A.; CARNEIRO, J. G.; MONTENEGRO, A. A. A. Determinação da condutividade hidráulica e da sorvidade de um solo com infiltrômetro a disco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.5, n.2, p.247-253, 2001.

ANTONINO, A. C. D.; AUDRY, P. E. Utilização de Água no cultivo de vazante no semiárido do nordeste do Brasil – Recife, Ed. Da UFPE; IRD Institut de Recherche pour Le Développement, França, 2001

BORGES, E.; ANTONINO, A. C. D.; DALL'OLIO, A.; AUDRY, P. E.; CARNEIRO, C. J. G. Determinação da condutividade hidráulica e da sorvidade de um solo não-saturado utilizando-se permeômetro a disco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.11. p.2083-2089, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA – Serviço de Produção da Informação; Rio de Janeiro, EMBRAPA solos, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.

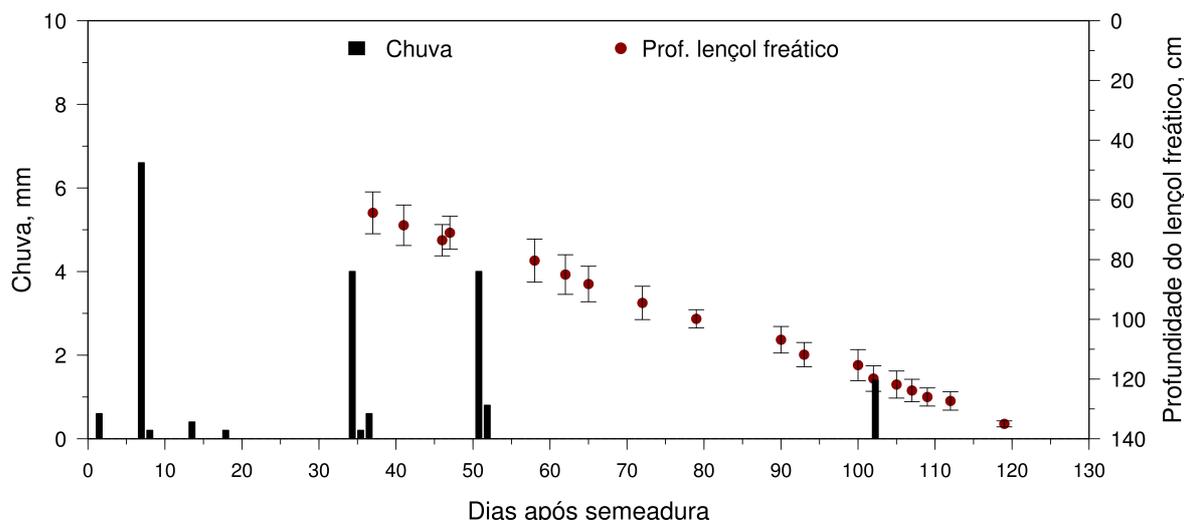
GARDNER, W. R. Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from water table. *Soil Science, Baltimore*, v.85. p.228-32, 1958.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. *Soil Science Society America Journal*. Madison, v. 52, p. 1205-1215, 1988.

PHILIP, J.R. The quasi-linear analysis, the scattering analog, and other aspects of infiltration and seepage. In: FOK, Y.S. (Ed.). *Infiltration development and application*. Honolulu. Water Resources Research Center. p.1-27, 1987.

SOUZA, E. S. ;ANTONINO, A. C. D.; ANGULO-JARAMILLO, R.; MACIEL NETTO, A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; BORGES, E. Variabilidade espacial dos parâmetros hidrodinâmicos de duas parcelas agrícolas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 32, p. 1795-1804, 2008.

WOODING, R. A. Steady infiltration from a shallow circular pond. *Water Resources Research*. 4: 1259-1273. 1968.



**Figura 1.** Chuva e variação da profundidade do lençol freático nos poços de observação obtidos durante o cultivo de sorgo sob cultivo de vazante, Serra Talhada – PE.

**Tabela 2.** Condutividade hidráulica  $K(h)$  ( $\text{cm h}^{-1}$ ) obtidos durante o período de cultivo do sorgo em vazante

Condições de cobertura do solo	Cultivares de sorgo			
	IPA 2502	IPA 4202	IPA 467-42	IPA SF 25
----- h = -16 cm -----				
com cobertura	0,358 Aa	0,181 Ba	0,105 Aa	0,129 Ba
sem cobertura	0,479 Aa	0,500 Aa	0,264 Aa	0,524 Aa
----- h = -12 cm -----				
com cobertura	0,646 Aa	0,521 Aa	0,320 Aa	0,261 Ba
sem cobertura	0,836 Aa	1,076 Aa	0,471 Aa	0,901 Aa
----- h = -6 cm -----				
com cobertura	1,530 Aa	3,345 Aa	1,685 Aa	1,695 Aa
sem cobertura	2,308 Aa	3,923 Aa	2,590 Aa	3,067 Aa
----- h = -2 cm -----				
com cobertura	13,853 Aa	59,134 Aa	24,526 Aa	25,712 Aa
sem cobertura	33,089 Aa	67,438 Aa	34,103 Aa	30,989 Aa
----- h = 0 cm -----				
com cobertura	50,003 Aa	367,088 Aa	154,478 Aa	155,518 Aa
sem cobertura	170,813 Aa	412,578 Aa	157,025 Aa	167,918 Aa

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).  $K(h)$ : condutividade hidráulica.

**Tabela 3.** Valores de densidade e conteúdo de água no solo referente aos testes de infiltração

Cultivares de sorgo	Condições de cobertura do solo	Propriedades físico-hídricas do solo		
		Ds ( $\text{g cm}^{-3}$ )	$\theta_{\text{inicial}}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	$\theta_{\text{final}}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
IPA 2502	com cobertura	1,63 a	0,028 a	0,386 a
	sem cobertura	1,63 a	0,028 a	0,293 a
IPA 4202	com cobertura	1,45 a	0,027 a	0,293 a
	sem cobertura	1,56 a	0,020 a	0,367 a
IPA 467-42	com cobertura	1,39 a	0,022 a	0,225 a
	sem cobertura	1,59 a	0,022 a	0,286 a
IPA SF 25	com cobertura	1,42 a	0,035 a	0,423 a
	sem cobertura	1,58 a	0,028 a	0,376 a

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Ds, densidade do solo,  $\theta_{\text{inicial}}$ : conteúdo de água inicial,  $\theta_{\text{final}}$ : conteúdo de água final.