

Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano

Evaluation of water infiltration into the soil by the method of ring infiltrometer in region agreste of Alagoas

Célia S. dos Santos¹, Patrícia F. da Silva^{2*}, Daniella P. dos Santos³, Jania Claudia C. dos Santos⁴, Márcio Aurélio L. dos Santos⁵

RESUMO – A infiltração de água no solo é o processo de entrada de água através da superfície do solo. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo. O presente trabalho teve como objetivo determinar as curvas de infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em um solo do agreste alagoano. O Infiltrômetro de anel é um equipamento composto por dois anéis (50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura), que são instalados de forma concêntrica e enterrados a 15 cm. Pode-se concluir que o método de infiltrômetro de anel é simples e prático para determinação da infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração (VI). O solo foi caracterizado como Argissolo Vermelho distrófico e sua VIB (velocidade de infiltração básica) classificada como alta (2 cm h⁻¹).

Palavras-chave: condutividade hidráulica, velocidade básica, textura do solo.

SUMMARY - The infiltration of ground water is the process water inlet through the surface of the soil. Knowledge of the rate of water infiltration into the soil is of fundamental importance to define techniques for soil conservation, planning and outline of irrigation and drainage systems, as well as assist in composing a truer picture of water retention and aeration in the soil. This study aimed to determine the curves of infiltration and infiltration rate of water by the method of ring infiltrometer on a solo wild Alagoas. The ring infiltrometer is a device comprising two rings (50 and 25 cm in diameter and 30 cm height), which are concentrically installed and buried 15 cm. It can be concluded that the ring infiltrometer method is simple and practical to determine the cumulative infiltration (I) and the rate of infiltration (VI). The soil was characterized as Typic and their VIB (infiltration rate) classified as high (2 cm h⁻¹).

Keywords: hydraulic conductivity, basic spee, soil texture.

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/12/2012; aprovado em 30/06/2013

¹ Mestranda pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Manejo de água e solo. E-mail: celia_agron@hotmail.com

² Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande, área de concentração Irrigação e Drenagem. E-mail: patrycyafs@yahoo.com.br

³ Mestranda em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Alagoas- Campus Arapiraca, área de concentração Uso da água na Agricultura. E-mail: daniellapsantos@hotmail.com

⁴ Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca. Email: janya-claudia@hotmail.com

⁵ Professor Dr. Adjunto IV, Universidade Federal de Alagoas-Campus Arapiraca, departamento de Irrigação e Drenagem. Email: mal.santo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo Bernardo (1989) a velocidade de infiltração é um processo pelo qual a água penetra no perfil do solo, a partir da sua superfície, em função do tempo. Inicialmente, seu valor é elevado, que vai diminuindo, até se tornar constante, denominada de velocidade de infiltração básica (VIB) do solo. De acordo com Cunha (2009) esse parâmetro é de fundamental importância para definir os métodos de conservação do solo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem.

Em irrigação, a velocidade de infiltração básica (VIB) é que vai determinar se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor. Ela deve ser levada em conta na escolha do emissor, principalmente nas irrigações por aspersão (MANTOVANI et al., 2009). Sendo assim o conhecimento da capacidade de infiltração de água no solo e suas relações com as propriedades do solo são de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água (REICHARDT & TIMM, 2004).

A determinação da infiltração de água no solo deve ser feita por métodos simples e capazes de representar, adequadamente, as condições em que se encontra o solo. Para tanto, torna-se necessário adotar métodos, cuja determinação baseia-se em condições semelhantes àquelas observadas durante o processo ao qual o solo é submetido (PRUSKI et al., 1997).

O processo de infiltração ocorre porque a água da chuva ou da irrigação, na superfície do solo tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto mais seco estiver o solo. É estabelecido então um gradiente de potencial total, que é a soma dos potenciais gravitacional e matricial. No início da infiltração, quando o solo está relativamente seco, o potencial matricial é relativamente grande em relação ao potencial gravitacional. Ao longo do tempo de infiltração, com o umedecimento do solo e redução do potencial matricial, o gradiente de potencial total passa a ser igual ao potencial gravitacional (REICHARDT, 1987). Por isso o processo de infiltração é um processo desacelerado (REICHARDT, 1987; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; LIBARDI, 1995; ARAÚJO FILHO & RIBEIRO, 1996) que assume um valor constante após um determinado tempo, denominado de velocidade de infiltração básica (VIB).

O processo de infiltração depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores. RAWLS et al., (1996) classificam em quatro categorias os fatores que interferem a infiltração, sendo eles: os fatores ligados ao solo, que incluem a textura do solo (SILVA & KATO, 1997; BERTONI & LOMBARDI, 1990), massa específica (SALES et al., 1999), teor de matéria orgânica, porosidade (PERROUX & WHITE, 1988; EVERTS & KANWAR, 1992) e tipo de argila e químicas, além da umidade (ARAÚJO FILHO & RIBEIRO, 1996), capacidade de

retenção e a condutividade hidráulica. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo.

A determinação da VIB pode ser feita em nível de campo, com a utilização de alguns equipamentos, porém, é um processo demorado e trabalhoso, sendo assim foram desenvolvidas tabelas que expressam a classe do solo para uma determinada VIB (Tabela 01).

Tabela 1 - Classificação do solo a partir de sua VIB

Tipos de solo	VIB cm h ⁻¹
Solo de VIB muito alta	>3,0
Solo de VIB alta	1,5 – 3,0
Solo de VIB média	0,5 – 1,5
Solo de VIB baixa	< 0,5

Fonte: Bernardo et al., (2006)

Vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VI de um solo, dentre eles pode-se destacar o método do infiltrômetro de anel, por ser simples e de fácil execução. Entretanto, cabe ressaltar que a escolha do método deve ser condizente com o tipo de irrigação que será utilizada naquela área. MANTOVANI et al., (2006) destacam que em irrigação, mais importante do que a VI é a velocidade de infiltração básica (VIB), sendo ela quem vai dizer se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor, ou seja, ela deve ser levada em conta na escolha, por exemplo, dos aspersores no método de irrigação por aspersão.

Este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Universidade Federal de Alagoas (UFAL/Campus Arapiraca) situada na Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, em Arapiraca, AL, com as seguintes coordenadas geográficas: 9°48'09" de latitude Sul, 36°39'40" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 264 m, solo plano com boa drenagem. Esta região é de transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano, cujo clima é classificado como do tipo 'As' tropical com estação seca de Verão, pelo critério de classificação de Köppen.

Anteriormente tinha sido cultivada com feijão (*Faseolus vulgaris*), o solo foi classificado como Argissolo vermelho distrófico, (EMBRAPA, 2006) cujas características químicas na profundidade de 0-20 cm, foram apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da análise química do solo realizada antes da instalação do experimento com adubos verdes no município de Arapiraca.

Profundidade	pH	MO	P	Fe	Cu	Zn	Mn	H ⁺	Al	Mg	Ca	K	V
	H ₂ O	g dm. ⁻¹			Mg dm. ⁻³					cmol _c dm. ⁻³			%
0 - 20 cm	5,7	15	13	44,5	0,86	2,4	32	4	0,2	1,4	1,4	0,2	54

A velocidade de infiltração básica (VIB), foi determinada seguindo metodologia de Bernardo et al., (2006), utilizando-se o método do infiltrômetro de anel, que consiste em dois anéis, colocados concêntricamente (Figura 1, 2, 3 e 4), sendo o menor com diâmetro de 25 cm e o maior com 50 cm, e altura de 30 cm.



Figura 3 – Acréscimo de água ao anel.

Figura 4 – Aferição do anel.



Figura 1 – Instalação do infiltrômetro de anel.

Figura 2 – Vista de cima dos dois anéis.

O anel externo tem como finalidade reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno. Assim, a água do anel interno infiltra no perfil do solo em direção predominante vertical, o que evita a superestimativa da taxa de infiltração. Após a instalação dos anéis, enterrando-os no solo até aproximadamente metade de sua altura, revestiu-se o anel central com plástico e colocou-se água ao mesmo tempo nos dois anéis. Retirou-se o plástico e, com uma régua, acompanhou-se a infiltração vertical no anel interno, em intervalos de tempo iniciados a cinco minutos. Observando-se em um cronômetro simultaneamente, esse tempo foi aumentando, sendo variável com o tempo de infiltração do volume de água.

Nos dois cilindros, manteve-se a altura da lâmina de água máxima de aproximadamente 5 cm, permitindo oscilação máxima de 4 cm. O tempo em minutos realizado de cada leitura foi: 0, 5, 10, 30 minutos a contar do instante zero e, com repetições até o tempo total de duração do teste de 119 minutos. O critério adotado neste

trabalho para condição de taxa de infiltração constante foi quando o valor de leitura da carga de água no cilindro interno se repetiu pelo menos quatro vezes.

A partir dos dados obtidos em campo foi possível determinar a equação da infiltração e de capacidade de infiltração (CI). As equações que descrevem a infiltração equação 1:

$$I = C * T^n \quad (1)$$

Em que:

I = Infiltração acumulada (mm); C = constante que evidencia lâmina infiltrada no primeiro minuto, em cm; T = tempo transcorrido para infiltrar a lâmina de água, em min; n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo, tendo como limites $0 < n < 1$.

A velocidade de infiltração instantânea foi obtida pela equação 2:

$$VI = n * C * T^{(n-1)} \quad (2)$$

Fazendo: $n * C = K$ tem-se a equação 3:

$$VI = 60 * K * T^{(n-1)} \quad (3)$$

Em que:

VI = velocidade de infiltração instantânea, em mm.h^{-1} ; K = capacidade de infiltração no primeiro minuto, em mm.h^{-1} ; T = tempo transcorrido para atingir a velocidade de infiltração instantânea, em min; n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo, tendo como limites $-1 < n < 0$.

Aplicando-se os logaritmos, temos:

$$\text{Log I} = \text{Log C} + n * \text{Log T}$$

A equação de uma reta do tipo $y = a + bx$, assim:

$y = \text{Log I}$ (infiltração acumulada); $a = \text{Log C}$; $b = n$
 $x = \text{Log T}$ (tempo acumulado).

Para encontrar os valores na equação linear utiliza-se o método de regressão linear, dada pela equação 4:

$$n = B = \left(\frac{\sum(x*y) - \frac{(\sum x * \sum y)}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}} \right) \quad (4)$$

Em que:

N = igual ao número de leituras realizada com a régua.

A = \bar{Y} médio - B x \bar{X} médio e

C = anti log A;

Para obtenção do tempo da velocidade de infiltração básica, foi usada a equação 5:

$$T_{vib} = \left(\frac{-0,001}{C * n(n-1)} \right)^{\frac{1}{n-2}} \quad (5)$$

Em que:

T_{vib} = tempo para atingir a velocidade de infiltração básica, em min;

n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI) do solo pelo método do infiltrômetro de anel foram obtidas conforme os dados demonstrados na Tabela 3. A partir dos dados obtidos no campo, elaborou-se os gráficos de Infiltração acumulada (Ia) e de Velocidade de Infiltração (VI). Percebe-se que ao longo do teste a infiltração acumulada (Ia) aumenta com o tempo (Figura 5), e a velocidade de infiltração (VI) diminui, até o valor se aproximar de uma estabilidade (Figura 6).

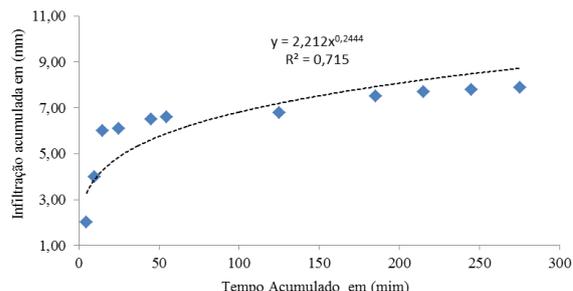


Figura 5 - Infiltração acumulada (mm).

Tabela 3 - Determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI) pelo método do infiltrômetro de anel.

TEMPO			RÉGUA		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (mm)	VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO (cm/h)		X= log de T	Y= log de I	X*Y	X²
Hora (h)	Diferença (cm)	Tempo acumulado	Hora	Diferença (cm)		Instantânea (mm/h)	Acumulada (mm/h)				
10:09	0	0	10,8	0	0	0	0				
10:14	5min.	5	10,6	0,2	0,2	24	72,28	0,69897	-0,69897	-0,4886	0,48856
10:19	5min.	10	10,2	0,4	0,6	24	313,24	1,00000	-0,22185	-0,2218	1,00000
10:24	5min.	15	10,2	0	0,6	0	554,2	1,17609	-0,22185	-0,2609	1,38319
10:29	5min.	20	10,1	0,1	0,7	4	566,24	1,30103	-0,15490	-0,2015	1,69268
10:34	5min.	25	10,1	0	0,7	0	578,28	1,39794	-0,15490	-0,2165	1,95424
10:39	5min.	30	10,1	0	0,7	0	590,32	1,47712	-0,15490	-0,2288	2,18189
10:44	5min.	35	10,1	0	0,7	0	602,36	1,54407	-0,15490	-0,2392	2,38415
10:54	10min.	45	10,4	0,3	1	4	627,36	1,65321	0,00000	0,0000	2,73311
11:14	10min.	55	10,5	0,1	1,1	1	658,61	1,74036	0,04139	0,0720	3,02886
11:24	10min.	65	10,1	0,4	1,5	3	664,86	1,81291	0,17609	0,3192	3,28665
11:34	10min.	75	10,1	0	1,5	0	671,11	1,87506	0,17609	0,3302	3,51585
11:44	10min.	85	10,1	0	1,5	0	677,36	1,92942	0,17609	0,3398	3,72266
11:54	10min.	95	10,1	0	1,5	0	683,61	1,97772	0,17609	0,3483	3,91139
12:24	30min.	125	10,1	1	2,5	4,8	705,61	2,09691	0,39794	0,8344	4,39703
12:54	30min.	155	10,2	0,1	2,6	0,38	729,61	2,19033	0,41497	0,9089	4,79755
13:24	30min.	185	10,1	0,1	2,7	0,32	751,61	2,26717	0,43136	0,9780	5,14007
13:54	30min.	215	10,1	0	2,7	0	773,61	2,33244	0,43136	1,0061	5,44027
14:24	30min.	245	10,1	0	2,7	0	795,61	2,38917	0,43136	1,0306	5,70811
14:54	30min.	275	10,1	0	2,7	0	817,61	2,43933	0,43136	1,0522	5,95034
Total								33,29926	1,52185	5,3624	62,71661
Média								1,75259	0,08010	0,5362	3,30087

Inicialmente observou-se uma velocidade de infiltração de 20 cm h⁻¹ e gradativamente este valor foi diminuindo lentamente no decorrer do tempo, de forma que após um hora e cinquenta e quatro minutos (13:24 às 14:54) alcançou um valor constante de 2 cm h⁻¹, sendo então este o valor denominado de VIB (Velocidade de Infiltração Básica do solo) (Figura 6).

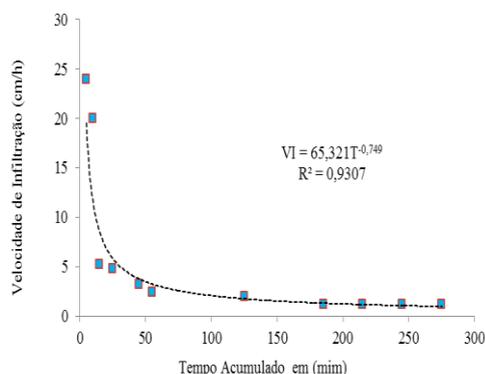


Figura 6 - Velocidade de infiltração da água no solo (cm h⁻¹).

Essa observação pode ser confirmada por Bernardo (1989), Reichardt (1990) e Tucci (2009) que afirmam que a velocidade de infiltração de água no solo inicialmente é alta e vai diminuindo gradativamente até um valor quase constante chamado de VIB.

De acordo com BERNARDO et al., (2006) o solo pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de infiltração básica em: > 30 mm/h (VIB muito alta), de 15-30 mm/h (VIB alta), 5-15 mm/h (VIB média) e < 5mm/h (VIB baixa). O valor para a VIB encontrado classifica o solo com uma VIB alta já que é maior que 1,5 cm.h⁻¹

Esse resultado sugere que o solo é de textura franco-arenosa já que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo. Os valores de VIB segundo a textura do solo podem ser: arenosa quando de 25 a 250 mm/h; franco-arenosa de 13 a 76 mm/h; franco-arenosa-argilosa de 5 a 20 mm/h e franco-argilosa: 2,5 a 15 mm/h (BERNARDO et al., 2006)

A infiltração acumulada de água no solo foi descrita pela equação potencial ou de Kostiakov e seus coeficientes e expoentes foram determinados pelo método

da regressão linear, aplicando-se a transformação logarítima nos dados de tempo acumulado e infiltração acumulada da Tabela 2. Sendo assim, as equações de infiltração acumulada e velocidade instantânea encontrada foram:

$$I_a = 2,122 X^{0,244} \quad \text{e} \quad VI = 65,321 T^{(-0,749)}$$

CONCLUSÕES

1. O método de infiltrômetro de anel é simples e prático para determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VI).
2. Além disso, pode-se concluir que o solo caracteriza-se ser de textura franco-arenosa e sua VIB, velocidade de infiltração básica, é classificada como alta (2 cm h^{-1}).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. C.; RIBEIRO, M. R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixo do Irecê (BA). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, p.263-370, 1996.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 5. Ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 596 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba: Livrocere, 1990, 355 p.

CUNHA LINS, J.L.X.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; ARAÚJO, E. DE.; JUNIOR, R. B. S.; Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. Revista Caatinga, Mossoró, v22, n.1, p.199-205, janeiro/março de 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa SPI, 2006. 306p.

EVERTS, C. J.; KANWAR, R. S. Interpreting tension-infiltrometer data for quantifying soil macropores: some practical considerations. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, 36(2):423-428, 1992.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 1.ed. Piracicaba, 1995. 497 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

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

PRUSKI, F.F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA E.F.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, P.A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L.T. Infiltração de água no Latossolo Roxo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 1, p.77-84, 1997.

RAWLS, W.J., DAVID, G., VAN MULLEN, J.A., WARD, T.J. Infiltration. In: ASCE.Hydrology Handbook. 2.ed. New York. p.75-124. (ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, 28), 1996.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Barueri, Manole, 2004.478p.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1987. 188 p.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, nov/1999.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 32, n. 2, p. 213-220, 1997.