

DIMENSÕES DE BULBO MOLHADO EM FUNÇÃO DE VARIÁVEL DE FÁCIL MENSURAÇÃO PRÁTICA: SOLO DE TEXTURA MÉDIA

W.M. RODRIGUES¹, S.L.A. LEVIEN², C.E. MAIA³

RESUMO: Modelos numéricos e analíticos vêm sendo usados para descrever ou estimar a distribuição de água no bulbo molhado, mas de uso limitado na prática devido a sua complexidade. O objetivo deste trabalho é descrever a profundidade máxima (Pmax) e o diâmetro máximo (Dmax) do bulbo molhado, em um solo de textura média, em função das variáveis: diâmetro superficial do bulbo (Dsup), tempo de aplicação de água (t) e vazão aplicada (q). As análises mostram que os modelos propostos estimam satisfatoriamente as dimensões do bulbo molhado.

PALAVRAS-CHAVE: manejo da irrigação, irrigação por gotejamento, volume molhado do solo

WET BULB DIMENSIONS IN FUNCTION OF EASY PRACTICAL MENSURATION VARIABLE: LOAM SOIL

SUMMARY: Numerical and analytical models have been used to describe or to estimate the distribution of water in the wet bulb, but of limited use in practice due to his complexity. The objective of this work is to describe the maximum depth (Pmax) and the maximum diameter (Dmax) of the wet bulb, in a loam soil, in function of the variables: superficial diameter (Dsup), time of application of water (t) and discharge flow (q). The analyses show that the proposed models estimate satisfactorily the wet bulb dimensions.

KEYWORDS: irrigation management, drip irrigation, wetted soil volume.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada vem se desenvolvendo consideravelmente nos últimos anos todo o Brasil, em especial com a fruticultura na região Nordeste. A agricultura irrigada encontrou na região semi-árida do Brasil um ambiente propício à atividade, tendo como principal fator limitante a água, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Dentre os métodos de irrigação, a localizada se destaca pela maior eficiência de aplicação de água. A irrigação por

¹ Professor Adjunto, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, e-mail: walterm@ufersa.edu.br

² Engenheiro Agrícola, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, e-mail: sergiolevien@ufersa.edu.br

³ Professor Adjunto, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, e-mail: celsemy@ufersa.edu.br

gotejamento é caracterizado pela aplicação da água em um ponto no solo, geralmente na superfície, a partir do qual se difunde até certa profundidade (Medeiros et al., 2004; Maia, 2005).

Modelos numéricos e analíticos vêm sendo usados para descrever ou estimar a distribuição de água no bulbo molhado, mas de uso limitado na prática devido a sua complexidade (Tabuada & Berger, 1998).

A conservação da água constitui um aspecto de grande relevância para a produção agrícola mais sustentável. Então, a busca de tecnologias ou fontes de informação que façam um adequado manejo da irrigação e o uso da água é necessária.

Assim, as funções relacionadas ao contorno geométrico do bulbo molhado necessariamente dependem de várias variáveis, naturalmente, em condições de campo, algumas destas variáveis podem ser mensuradas facilmente e outras não.

Neste trabalho são estudadas informações da geometria do bulbo molhado que são fundamentais para o dimensionamento e manejo da irrigação localizada superficial (Medeiros et al., 2004; Maia, 2005).

O objetivo deste trabalho é descrever a profundidade máxima (P_{max}) e o diâmetro máximo (D_{max}) do bulbo molhado, em um solo classificado como Latossolo Vermelho, em função das variáveis: diâmetro superficial do bulbo (D_{sup}), tempo de aplicação de água (t) e vazão aplicada (q).

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados dados de Medeiros et al. (2004) e de Maia (2005). O estudo foi realizado no Agropólo Assu-Mossoró em solos classificados como Latossolo Vermelho, de acordo com Embrapa (1999). Os tratamentos foram compostos de quatro tempos de irrigação (1, 2, 4 e 7 h) e quatro vazões dos emissores (1, 2, 4 e 8 L h⁻¹), dispostos em um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, tendo o tempo como parcela e a vazão como subparcela. Após a aplicação do volume de água foram abertas trincheiras e medidas as dimensões do diâmetro superficial (D_{sup}), diâmetro máximo (D_{max}), profundidade máxima (P_{max}).

Como já detectado em diversos trabalhos da literatura, tais como Schwartzman & Zur (1986), Medeiros et al. (2004) e Maia (2005), o modelo potencial de superfície de resposta descreve satisfatoriamente o processo de descrever as dimensões do bulbo molhado em função de q e t . Neste trabalho utiliza-se este importante fato para obter modelos matemáticos

para estimar Pmax e Dmax do bulbo molhado em função de variáveis de fácil mensuração prática no campo, isto é:

$$P_{\max} = f(D_{\text{sup}}, q, t) \quad (1)$$

$$D_{\max} = f(D_{\text{sup}}, q, t) \quad (2)$$

Neste trabalho, para os ajustes de curvas e regressões, foi usado os recursos disponíveis em planilhas de cálculo e no software SAEG. As unidades usadas para as dimensões do bulbo são cm,

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das diferentes repetições representam relativamente bem as oscilações de medidas naturais do solo, desde que haja uma certa estabilidade nessa variação. Por isso, neste trabalho inicialmente verificou se a estabilidade entre as medidas das diferentes repetições através da análise descritiva da seguinte maneira: para cada instante de mensuração e cada vazão foram associadas as medidas desvio máximo superior (MaxSup), definido pela diferença entre a maior medida obtida e a média das medidas, e desvio máximo inferior (MaxInf) definido pela diferença entre a menor medida obtida e a média das medidas. Desta forma a estatística descritiva de MaxSup e MaxInf permite avaliar a estabilidade das medidas (Tabela 1). Mais precisamente, sejam $\{X_1, \dots, X_{16}\}$, $\{Y_1, \dots, Y_{16}\}$, $\{Z_1, \dots, Z_{16}\}$ são os dados gerados das três medições (repetições), referentes as medidas de uma das dimensões do bulbo Dsup, Dmax ou Pmax, para cada i , $0 \leq i \leq 16$, define-se os valores dos desvios máximos superiores e inferiores observados são obtidas da seguinte maneira:

$$\text{MaxSup}_i = \max(X_i, Y_i, Z_i) - \frac{X_i + Y_i + Z_i}{3} \quad (3)$$

e

$$\text{MaxInf}_i = \frac{X_i + Y_i + Z_i}{3} - \min(X_i, Y_i, Z_i) \quad (4)$$

Medeiros et al. (2004) apresentam as superfícies de respostas potenciais, isto é, expressas por funções do tipo $y = a \cdot q^b \cdot t^c$, em que a , b e c são constantes reais, que descrevem Dsup, Dmax e Pmax em função de q e t de diversos tipos de solos, inclusive do Latossolo Vermelho.

Neste trabalho foram usados os dados de superfície de resposta que estimam Dsup, Dmax e Pmax, em função de t , o tempo de aplicação, e q , a vazão do emissor, de acordo com as equações:

$$D_{sup} = 23,549 \cdot q^{0,222} \cdot t^{0,188} \quad (5)$$

$$D_{max} = 22,322 \cdot q^{0,368} \cdot t^{0,366} \quad (6)$$

$$P_{max} = 14,623 \cdot q^{0,429} \cdot t^{0,417} \quad (7)$$

Tabela1. Resumo da estatística descritiva de MaxSup e MaxInf

Parâmetro	Dimensões (cm)					
	Dmax		Pmax		Dsup	
	MaxInf	MaxSup	MaxInf	MaxSup	MaxInf	MaxSup
Média	3,469	3,344	3,219	2,680	2,854	2,927
Erro Padrão	0,898	0,840	0,836	0,440	0,542	0,483
Mediana	2,417	2,833	2,167	2,330	2,167	2,500
Moda	4,00	3,00	2,67	3,00	1,66	1,33
Desvio Padrão	3,591	3,361	3,346	1,758	2,170	1,930
Variância da amostra	12,897	11,294	11,195	3,092	4,707	3,730
Mínimo	0,33	0,67	0,00	0,00	0,33	0,50
Máximo	14,33	13,67	10,33	6,67	8,33	7,33
Contagem	16	16	16	16	16	16

Os dados gerados pelas equações (5), (6) e (7) e as relações linear e potencial que se identifica entre Dsup e Pmax, bem como entre Dsup e Dmax, são usados para estimar as dimensões do bulbo.

No estudo da correlação entre as medidas de Dsup e de Dmax do bulbo foram identificados uma forte correlação linear e também bom ajuste potencial entre as variáveis. A forte correlação entre Dsup e Pmax atingida pelo bulbo permite a estimativa de Dmax e Pmax em função de Dsup. A idéia foi estimar as dimensões do bulbo a partir destas correlações e os modelos de superfície de resposta.

Ao efetuar-se o ajuste linear entre Pmax e Dsup obteve-se a relação:

$$P_{max} = 1,7848 \cdot D_{sup} - 26,971 \text{ com } R^2 = 0,7823 \quad (8)$$

Entre as variáveis Dmax e Dsup foi identificada a relação:

$$D_{max} = 2,2552 \cdot D_{sup} - 31,793 \text{ com } R^2 = 0,9088 \quad (9)$$

Já, usando o ajuste potencial, foram obtidos os resultados:

$$P_{max} = 0,1159 \cdot D_{sup}^{1,5997} \text{ com } R^2 = 0,8832 \quad (10)$$

$$D_{max} = 0,1774 \cdot D_{sup}^{1,5620} \text{ com } R^2 = 0,9433 \quad (11)$$

Uma consequência imediata destas relações é a possibilidade de estimar Dmax e Pmax em função de Dsup de forma direta e linear ou direta e potencial. Ao aplicar-se a relação linear obtida entre Dsup e Dmax, para estimar Dmax, obteve-se o teste de identidade

(observados versus estimados) com o seguinte resultado:

$$D_{\max_{\text{est}}} = 0,9088 \cdot D_{\max_{\text{obs}}} + 4,6487 \text{ com } R^2 = 0,9088 \quad (12)$$

E para Pmax obteve-se:

$$P_{\max_{\text{est}}} = 0,7823 \cdot P_{\max_{\text{obs}}} + 8,3955 \text{ com } R^2 = 0,7823 \quad (13)$$

O teste de identidade de Pmax em função de Dsup usando a relação potencial que foi identificada entre eles obteve-se

$$P_{\max_{\text{est}}} = 0,7082 \cdot P_{\max_{\text{obs}}} + 1,566 \text{ com } R^2 = 0,8117 \quad (14)$$

$$D_{\max_{\text{est}}} = 0,8456 \cdot D_{\max_{\text{obs}}} + 7,4027 \text{ com } R^2 = 0,9328 \quad (15)$$

Usando a superfície de resposta para estimar de Dsup (equação (5)), e aplicando o ajuste potencial, que relaciona Dmax em função de Dsup, na estimativa de Dsup, obtemos um modelo que estima Dmax em função de q e t, e o teste de identidade deste modelo revela:

$$D_{\max_{\text{est}}} = 0,8472 \cdot D_{\max_{\text{obs}}} + 7,2093 \text{ com } R^2 = 0,9821 \quad (16)$$

Fazendo o mesmo processo para estimar Pmax, isto é aplicar o ajuste potencial na superfície de resposta, obtemos um modelo matemático cuja identidade foi:

$$P_{\max_{\text{est}}} = 0,7502 \cdot P_{\max_{\text{obs}}} + 8,855 \text{ com } R^2 = 0,9510 \quad (17)$$

Aplicando o resultado obtido pela relação linear entre Dsup e Pmax, e aplicando ao modelo (equação (7)) obtemos um modelo que estima Pmax utilizando q e t. O teste de identidade apresenta o seguinte resultado:

$$P_{\max_{\text{est}}} = 0,8033 \cdot P_{\max_{\text{obs}}} + 7,5846 \text{ com } R^2 = 0,9293 \quad (18)$$

Com relação ao Dmax o modelo obtido, aplicando o modelo linear na equação (7) resultou:

$$D_{\max_{\text{est}}} = 0,8805 \cdot D_{\max_{\text{obs}}} + 6,4978 \text{ com } R^2 = 0,9193 \quad (19)$$

Através das análises descritivas pode-se informar sobre a maior ou menor dispersão dos dados em torno da média, e daí discutir a dimensão de erros de estimativas que se pode esperar do modelo. A análise descritiva dos desvios variacionais das medições de Pmax e Dmax mostraram variâncias de 4,262847 e 1,70081 em intervalo de 6,666667 e 4,333333; e portanto desvios padrões de aproximadamente 2,06 cm e 1,30 cm respectivamente. Dando uma idéia dos erros fortuitos ou sistemáticos relacionados às medidas de Pmax e Dmax no solo estudado. Enquanto a análise descritiva dos desvios variacionais entre os valores estimados de Pmax e Dmax em função de Dsup, q e t com relação aos valores observados apresentaram variâncias de 4,58653 e 3,056478 em intervalos de 7,507774 e 5,785457 respectivamente. Desta forma pode-se esperar um erro, uma diferença entre as medidas

estimadas de P_{max} e D_{max} , e os valores reais entre 3 e 5 cm, para mais ou para menos.

CONCLUSÕES

Os dados utilizados para desenvolver os modelos propostos apresentam uma boa consistência.

Os modelos propostos de estimativa de P_{max} e D_{max} em função de valores observados de D_{sup} para um solo de textura média apresentam uma pequena dispersão na predição de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

MAIA, C.E. Modelos matemáticos para estimativa da geometria do volume de bulbo molhado sob irrigação por gotejamento superficial no Agropolo Assu-Mossoró. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande. 128 p.

MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A.; MAIA, C.E. Caracterização de bulbo úmido em solos utilizados na irrigação localizada na região de fruticultura irrigada no Agropolo Assu-Mossoró. 2004. Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Relatório Técnico, CNPq. 89 p.

SCHWARTZMAN, M.; ZUR, B. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE 112: 242–253, 1985.

TABUADA, M.A.; BERGER, I.A.G. Modelação numérica da rega localizada. *Recursos Hídricos*, APRH, v.19, p.7-20, 1998