

Dimensões de bulbo molhado no solo, a partir de fonte pontual de água, para manejo de água na cultura da pupunha (*Bactris gasipaes*, Kunth)

Cássia Inês Lourenzi Franco Rosa*, Paulo Sérgio Lourenço Freitas, Antonio C. A. Gonçalves, Roberto Rezende, Altair Bertonha e Marcos Antonio Trintinalha

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
*Autor para correspondência.

RESUMO. Realizou-se o presente trabalho com o objetivo de determinar as dimensões do bulbo molhado formado a partir de um emissor pontual, aplicando água com vazões de 1,0, 1,8 e 3,4L h⁻¹ e volumes variando de 1,0 até 27,2 litros; para o manejo da água aplicada pelo sistema de irrigação por gotejamento na cultura da pupunha instalada no noroeste do Estado do Paraná, em um Latossolo com 83% de areia, 1% de silte e 16% de argila. Para a determinação das dimensões do bulbo molhado, o solo foi disposto em uma caixa de PVC, com capacidade de 1,0m³ e dimensões de 0,1m de diâmetro e 0,7m de profundidade, valores suficientes para garantir a formação do bulbo, sem restrições. Foram colocadas sondas de TDR ("Time Domain Reflectometry") a cada 0,05m de profundidade do solo e a cada 0,08m de espaçamento na superfície do solo. As dimensões do bulbo molhado, para a vazão de 3,4L h⁻¹, e o volume de água aplicado de 6,8 litros foram de 0,56m na horizontal e 0,40m na vertical. Quando se aplicou 13,6 litros, as dimensões do bulbo foram de 0,44m na horizontal e de 0,60m na vertical. Com base nestas informações, pode-se afirmar que, na área cultivada com pupunha e irrigada por gotejamento, utilizando emissor, o tempo de aplicação de água não deve exceder duas horas.

Palavras-chave: bulbo molhado, irrigação por gotejamento, tempo de aplicação, pupunha.

ABSTRACT. Wetting front movement from punctual water source, in irrigated palm tree (*Bactris gasipaes* Kunth). Aiming to describe the soil body, wetted by water applied on soil surface from a punctual source (drip emitter), this work was conducted at experimental irrigation center of Universidade Estadual de Maringá, at Maringá, Paraná, Brasil. A PVC Box with 1,0m diameter and 0,7m deep was filled by a sand soil, usually founded on a Northeast Region of Parana State. To identify the wetted front position, some TDR probe were placed horizontally each 0,05m deep, from soil surface to 0,60m. Some TDR probes were installed vertically from soil surface, each 0,08m from punctual source of water. Water was applied by 1,0; 1,8 and 3,4 liters per hour outflow emitter, and TDR readings were done at a 10 minutes interval, after beginning of water application. Results show that good evaluations of wetted front position can be obtained by this methodology use. For the studied conditions, the results showed that drip irrigation time, using this emitter, must be lower than 120 minutes, for the Pupunha palm tree, cultivated at this Parana State Region.

Key words: wetted front, drip irrigation, irrigation time, palm tree.

Introdução

A área cultivada com a cultura da pupunha e da palmeira-real, no Estado do Paraná, soma 881,6 hectares. Segundo a Emater, no ano passado, a produção de palmitos cultivados rendeu R\$ 5,156 milhões. A produção de palmitos das espécies pupunha e palmeira-real já é uma realidade no Litoral, Noroeste, Norte do Estado e no Vale do Ribeira. A iniciativa, na maioria das vezes, é do

próprio produtor, que encontra na atividade uma alternativa de renda viável em pequenas áreas (Embrapa, 2003). No Brasil, existem plantados 8.000 ha com a cultura da pupunha (Pupunha-Net, 2003). Só no estado de São Paulo, existem 965 ha plantados com a cultura da pupunha, sendo 170 ha irrigados (Hernandez *et al.*, 2001).

Durante as duas últimas décadas, a palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) tem sido objeto de pesquisas intensivas e desenvolvimento em várias

partes da América tropical (Clement, 1987). No entanto, ausentam-se trabalhos sobre a influência da umidade no solo em cultivos de pupunha. Isto se deve ao fato de que a maioria das regiões produtoras de palmito possui elevados índices pluviométricos. Porém, atualmente, a implantação de grandes áreas comerciais nas mais diversas regiões brasileiras requer informações sobre a adaptação dessa cultura em seu novo ambiente, garantindo seu desenvolvimento e produtividade.

A precocidade é um grande estímulo ao cultivo da pupunheira, pois a colheita inicial é por volta dos 18 meses, o que traz um retorno financeiro mais rápido. Tratando-se de uma cultura de alto valor econômico, a prática de irrigação poderá proporcionar um maior rendimento da produção em função da distribuição irregular das chuvas e pelo fato da cultura apresentar um sistema radicular bastante superficial.

Basso *et al.* (1999) avaliaram a profundidade do sistema radicular da cultura da pupunha em solo de textura arenosa irrigados por sulcos, observaram que a profundidade radicular não ultrapassava 60 a 80cm e concentrava-se de 0 a 40cm

Métodos distintos podem ser empregados na irrigação desta cultura, verificando-se que a definição do método mais adequado deve estar associada às características da cultura, aos fatores climáticos, às características do solo e à disponibilidade hídrica, entre outros.

O conhecimento da demanda hídrica durante os estádios fenológicos da cultura, a adaptabilidade de métodos de irrigação, bem como a movimentação da água no perfil do solo são de fundamental importância para que a técnica da irrigação se torne viável tecnicamente e economicamente.

A irrigação localizada, ou seja, o gotejamento e a microaspersão, é um método de aplicação de água ao solo em pequenas quantidades e com alta frequência, diretamente sobre a região radicular das culturas, de maneira que a umidade do solo nessa região seja mantida próxima ao limite superior da faixa de capacidade de armazenamento de água pelo solo.

Um dos fatores importantes a considerar no cálculo de um projeto de irrigação por gotejamento é a proporção da superfície, que deve ser umedecida com respeito à superfície total ou ao volume de solo que pode estar ocupado pelas raízes. Esta é a definição da porcentagem da área molhada.

Segundo Abreu *et al.* (1987), parece ser mais adequado definir a porcentagem de área molhada como área média molhada por planta, referida, percentualmente, à área média sombreada pela planta. A porcentagem da área molhada depende do

volume e da vazão em cada ponto de emissão, do espaçamento dos pontos de emissão e do tipo de solo em que está sendo aplicada a água. (Keller e Karmeli, 1975; Vermeiren e Jobling, 1986; Pizarro, 1987). No caso da irrigação por gotejamento, com emissores espaçados de tal forma que permita a formação de uma faixa contínua de umidade do solo, Keller e Blisner (1990), apresentam uma tabela para estimar a porcentagem da área molhada para uma lâmina de irrigação de 40mm, em função da vazão dos gotejadores, do espaçamento entre gotejadores e linhas laterais, e do tipo do solo.

Na irrigação por gotejamento, recomenda-se que a porcentagem de área molhada seja obtida com base em bulbos molhados produzidos em condições de campo, com aplicação de água pelos gotejadores do sistema de irrigação. Entretanto, muitos sistemas são dimensionados utilizando-se dados tabelados pela inexistência de informações de campo para a maioria dos solos. (Nascimento e Soares, 1988). Para o dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento é necessário estabelecer um valor mínimo absoluto para a porcentagem da área molhada; segundo Pizarro (1987), o valor da área molhada aceitável e recomendado varia de 30 a 40%.

Ramos *et al.* (1992), avaliaram os efeitos de quatro vazões (2, 4, 6 e 8L h⁻¹) e de quatro volumes de água (9, 18, 36 e 72 litros), aplicados pontualmente em um Latossolo Vermelho-escuro álico, sobre o desenvolvimento do bulbo molhado. O monitoramento da umidade, com sonda de nêutrons e tensiômetros, foi feito antes da aplicação de água, zero, 24 e 48 horas após cessada a irrigação. Observou-se que maiores volumes de água aplicados por irrigação promoveram maiores dimensões dos bulbos, para uma mesma vazão de aplicação. Para um mesmo volume aplicado, as maiores vazões promoveram maior avanço horizontal e menor avanço vertical.

Dentre os métodos que podem ser utilizados para medir o conteúdo de umidade em meios porosos, destaca-se, segundo Tommaselli (1997), a reflectometria de microondas (TDR-“Time Domain Reflectometry”).

Os objetivos do presente trabalho são de determinar as dimensões do bulbo molhado, formado pelo emissor pontual, utilizando três vazões e quatro volumes aplicados em um Latossolo da área experimental com a cultura da pupunha, fazendo uso da técnica do TDR.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido com solo do Campus do Arenito, localizado na Cidade Gaúcha,

Estado do Paraná, latitude de 23° 22' e longitude 52° 56' e altitude de 404m da área experimental onde se encontra instalada a cultura da pupunha.

Para a determinação dos volumes aplicados nos testes para determinação das dimensões do bulbo molhado, utilizou-se o software SISDA 3.5 (Mantovani e Costa, 1997) que utiliza para cálculo da evapotranspiração da cultura de referência (ET_o) a equação de Penman-Monteith (equação 1).

$$\lambda E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\gamma^* + \Delta} \frac{900}{T + 273} U_2 (e^* - e) \quad (1)$$

em que

λE - Calor latente de evaporação, MJ m⁻² d⁻¹;

R_n - Saldo de radiação, em MJ m⁻² d⁻¹;

T - Temperatura, em ° C;

U_2 - Velocidade do vento, em m s⁻¹;

γ - Constante psicrométrica, em kPa ° C⁻¹;

γ^* - Constante psicrométrica modificada, em kPa ° C⁻¹;

$(e^* - e)$ - Déficit de pressão de vapor, em kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de saturação de vapor, em kPa ° C.

Para tanto, calculou-se a evapotranspiração da cultura. Utilizando-se a equação 2, para isto, considerou-se o coeficiente da cultura igual a 1 para o primeiro ano e 1,3 para os anos subsequentes. (Hernandez *et al.*, 2001).

$$Etc = K_c ET_o \quad (2)$$

em que

Etc - evapotranspiração da cultura;

Kc - coeficiente de cultura.

Os valores da evapotranspiração da cultura de referência e evapotranspiração da cultura calculados, utilizando dados de série histórica de dez anos, estão apresentados na Figura 1.

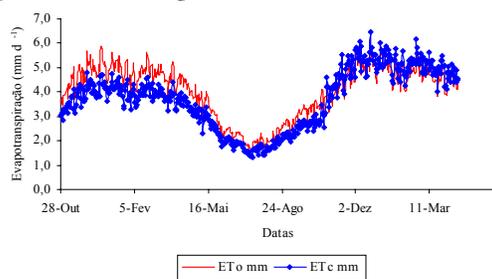


Figura 1. Evapotranspiração da cultura de referência (Eto) e evapotranspiração da cultura (Etc) calculada, utilizando SISDA 3.5.

Foi determinada, evapotranspiração máxima da cultura de 6,45mm d⁻¹ calculada utilizando o SISDA, 3.5 considerando um turno de rega de dois dias e uma área sombreada máxima pela cultura de 50%. O volume aplicado foi de 12,9 litros de água. Para a

determinação das dimensões do bulbo molhado foram utilizados volumes de água superiores e inferiores a 12,9 litros.

Vazões e volumes aplicados

Foram selecionados alguns gotejadores nos quais a vazão estivesse no intervalo de 1 a 4L h⁻¹, para uma carga hidráulica constante de oito metros, disponível no local do teste. Utilizou-se os emissores que proporcionaram as vazões de 1,0, 1,8 e 3,4L h⁻¹. Para verificar o efeito da vazão e do volume de água aplicadas por um emissor pontual na forma e dimensões do bulbo molhado, para todas as três vazões, o tempo máximo de aplicação foi de oito horas. Para este tempo, para vazões de 1,0, 1,8 e 3,4L h⁻¹, os volumes aplicados foram de 8,0, 14,7 e 27,2 litros, respectivamente.

O solo retirado da área experimental foi peneirado e disposto em uma caixa de PVC, com capacidade de 1,0m³ e com as seguintes dimensões: 1m de diâmetro e 0,7m de profundidade. Esta caixa, de acordo com Bassoi *et al.* (1999), seria suficiente para a determinação da dimensão vertical do bulbo.

A análise granulométrica do solo está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise granulométrica do solo.

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
16	1	83

Determinou-se a densidade do solo colocado na caixa para três camadas e os valores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade do solo para as camadas.

Profundidade (cm)	Densidade do solo (g cm ⁻³)
0-20	1,31
20-40	1,63
40-60	1,61

A curva de retenção de água no solo está apresentada na Figura 2.

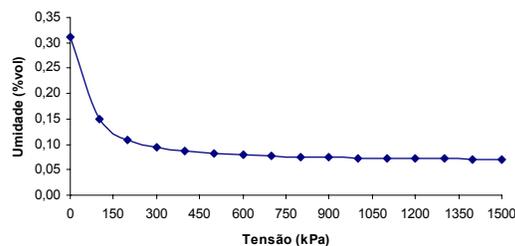


Figura 2. Curva de retenção de água no solo utilizado.

Fez-se orifícios na base da caixa. Colocou-se uma

camada de pedra brita fina, de espessura de 0,02m, e colocou-se o solo sobre esta camada.

As medidas do deslocamento da frente de umedecimento, promovida pela aplicação de água pelo emissor pontual, foram efetuadas utilizando o TDR. As sondas do TDR, com 0,2m de comprimento, foram instaladas com espaçamento de 0,05m no perfil do solo e 0,08m na superfície do solo (Figura 3).

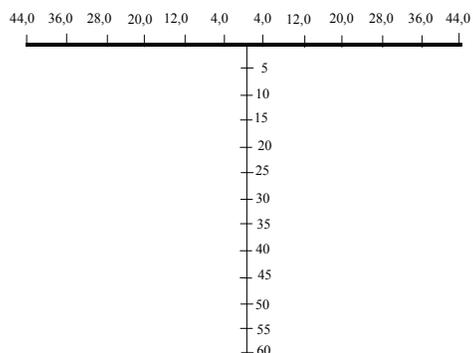


Figura 3. Esquema das posições de instalação das sondas.

Após o início da aplicação da água, em intervalo de 10 minutos, iniciou-se as leituras para a determinação do avanço da frente de umedecimento. Os dados foram coletados por um sistema automático, com as leituras simultâneas da 24 sondas. O equipamento foi programado para realizar 48 leituras, totalizando 8 horas de aplicação de água. Os dados foram transferidos via cabo para o computador e organizados de forma a possibilitar o traçado dos perfis de umedecimento. Para a vazão de $3,4L\ h^{-1}$, foi traçado o perfil para 2 e 4 horas de aplicação, em razão da velocidade da frente de umedecimento, pois a partir de 4 horas de aplicação de água, a frente atingiu a profundidade de 0,60m, a profundidade máxima do sistema de coleta.

Os testes foram realizados de dois em dois dias, seguindo o intervalo do turno de rega determinado para a cultura.

Resultados e discussão

Para as condições experimentais, o solo apresentou distribuição espacial homogênea. Encontrou-se simetria no movimento da água entre os diferentes eixos (x, y), em todos testes, para o tempo de máximo de aplicação para cada teste.

Na Figura 4, pode-se observar a forma e as dimensões do bulbo imediatamente após finalizada a aplicação água, para a vazão de $3,4L\ h^{-1}$ e volume de água aplicado de 6,8 litros.

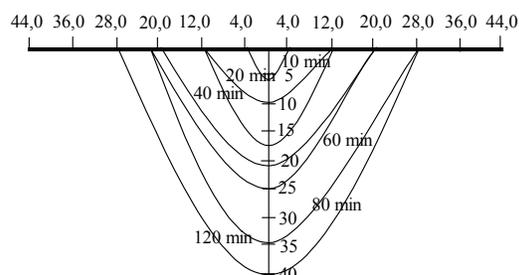


Figura 4. Bulbo molhado para vazão de $3,4L\ h^{-1}$ e tempo de aplicação de 120min.

Observou-se, também, que o avanço horizontal da água ocorre de forma assimétrica, mas, após duas horas de aplicação de água, a frente de umedecimento atinge as mesmas distâncias e as dimensões do bulbo foram de 0,56m na horizontal e de 0,40m na vertical.

Quando se aplicou um volume de água durante 8 horas, correspondente a 27,2 litros (Figura 5), foi possível traçar a frente de umedecimento durante as 4 primeiras horas de aplicação. Não está representado na Figura 5, mas as dimensões do bulbo, na vertical, atingem a profundidade máxima do sistema de aquisição de dados. Também a partir deste tempo de aplicação de água não há mais acréscimo das dimensões do bulbo na horizontal, considerando que as raízes da cultura da pupunha são superficiais (Basso *et al.*, 1999).

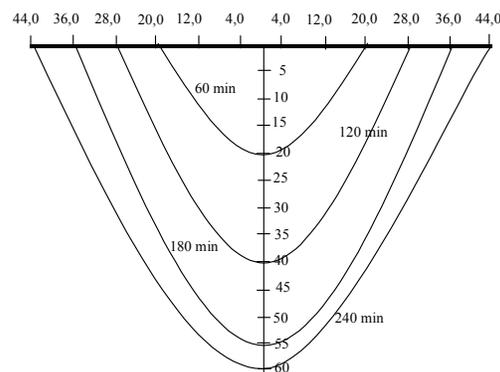


Figura 5. Bulbo molhado para vazão de $3,4L\ h^{-1}$ e tempo de aplicação de 240min.

Na Figura 5 estão representadas as dimensões obtidas após quatro horas de aplicação de água. Mas, a partir de quatro horas de aplicação, a frente de umedecimento atingiu a profundidade máxima da unidade experimental. A formação do bulbo apresentou as mesmas características da formação apresentada na Figura 4, obtida com a umidade do solo um pouco abaixo daquela verificada durante o teste apresentado na Figura 5. O espaçamento dos

emissores de 1m para esta condição, com tempo de aplicação de duas horas, não permitiria a formação de uma faixa contínua de umidade para esta condição de solo e de vazão.

Analisando a Figura 6, após duas horas de aplicação de água pelo o emissor, a frente de umedecimento atinge a distância horizontal de 0,20m, e apenas 0,15m de profundidade para um volume de água aplicado de dois litros. Mas, para oito horas de aplicação de água, a distância máxima alcançada na superfície do solo pela frente de umedecimento foi de 0,28m. A profundidade alcançada pela frente de umedecimento foi de 0,40m, valor este inferior ao da profundidade das raízes das cultura da pupunha, que é de 60cm, de acordo com Bassoi *et al.* (1999). Para esta condição de aplicação de água, considerando as necessidades hídricas da cultura da pupunha, nas condições mais adversas do clima, para a média histórica de 10 anos, correspondentes a 12,9 litros de água, seriam necessários dois emissores por planta.

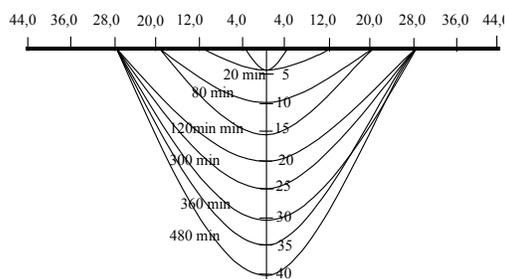


Figura 6. Bulbo molhado para vazão de 1,0L h⁻¹ e tempo de aplicação de 480 min.

Na Figura 7, observa-se a frente de umedecimento após oito horas de aplicação de água, com a vazão de 1,8L h⁻¹, totalizando um volume de 14,4 litros de água. Para esta condição o avanço horizontal foi de 0,44m, valor igual alcançado para a condição de aplicação de água com vazão de 3,4L h⁻¹ e volume aplicado de 27,2 litros.

Comparando-se os mesmos volumes aplicados, oito litros de água, para as vazões de 1,0, 1,8 e 3,4L h⁻¹, pode-se observar que para a vazão de 1,0L h⁻¹, o avanço horizontal foi de 0,28m e a profundidade atingida foi de 0,40m, mas, para a vazão de 1,8L h⁻¹, entre 240 e 300 minutos de aplicação, a frente de umedecimento atingiu 0,28m e a profundidade entre 0,30 e 0,40m, como pode ser observado na Figura 7. Para esta condição de volume aplicado de oito litros, que representa um tempo de aplicação de água de 140 minutos, está plotado o tempo de aplicação de 120 minutos na Figura 5, pois, para o tempo de 140 minutos, que totaliza oito litros, para vazão de 3,4L

h⁻¹, com sondas espaçadas de 0,08m, na horizontal, não foi possível detectar diferenças no avanço horizontal para estes dois tempos. O avanço horizontal para as duas condições foram iguais: 0,40m na vertical e 0,28m na horizontal, como pode ser observado nas Figuras 4 e 6.

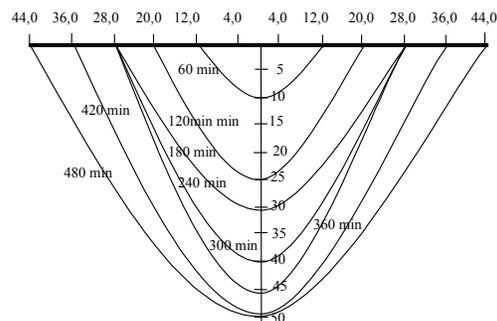


Figura 7. Bulbo molhado para vazão de 1,8L h⁻¹ e tempo de aplicação de 480 min.

A maior vazão aplicada, 3,4L h⁻¹, proporcionou um maior avanço horizontal, quando comparada com as demais vazões 1,8 e 1,0L h⁻¹, que após 8 horas de aplicação, atingiu 0,44, 0,28 e 0,28m, respectivamente. Situação também encontrada por Ramos *et al.* (1992).

Conclusão

Para a taxa de aplicação de água de 3,4L h⁻¹, o bulbo molhado alcançaria a dimensão máxima de 0,84m. Para as condições da área experimental, na qual está instalada a cultura da pupunha, o tempo de aplicação de água, utilizando a vazão de 3,4L h⁻¹, não deveria ultrapassar duas horas.

Caso sejam utilizados gotejadores que apresentam vazão de 1,0L h⁻¹, estes deveriam ser espaçados de 0,5m, para formar uma faixa contínua de umidade e atender às necessidades hídricas da cultura da pupunha.

Referências

- ABREU, J. M. H. *et al.* El riego localizado. In: Curso Internacional de Riego Localizado. Madrid, 1987.
- BASSOI, L. H. *et al.* Distribuição espacial do sistema radicular da pupunha em solos irrigados no vale do São Francisco. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v. 19, n. 2, p.164-176, 1999.
- CLEMENT, C. R. Pupunha uma árvore domesticada. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 5 n. 29, p. 42-49, 1987.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Disponível em: <<http://www.embrapa.br:8080/aplic/bn.nsf/0/ca984250f0683dd303256c290069feb3?OpenDocumenta>> acesso em: 11 de junho de 2003.

- HERNADEZ, F. B. T. et al. Irrigação na cultura da pupunha. In: CURSO SOBRE O CULTIVO PROCESSAMENTO E COMERCIALIZAÇÃO DE PALMITO PUPUNHA, 2001, Londrina, *Anais...* Londrina: Iapar, 2001. p.107-126.
- KELLER, J.; KARMEILLI, D. *Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler*. California, 1975, 133p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. *Sprinkle and trickle irrigation*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
- MANTOVANI, E. C.; COSTA, L. C. SISDA: Sistema de suporte à decisão agrícola. In: CONGRESSO DA SBIAGR-AGROSOFT, 1, Belo Horizonte, 1997. *Anais...* Belo Horizonte, 1997. 5p.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M. Bulbo Infiltrômetro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis; 1988. p.107-1218.
- PIZARRO, F. *Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion, exudacion*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1987.
- RAMOS, M. M. et al. Efeito da vazão e do volume de água aplicados por um emissor pontual em Latossolo Vermelho-Escuro álico, nas dimensões do bulbo molhado. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.1, n.6, 1992.
- TOMMASSELLI, J. T. G. *Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (Time-Domain Reflectometry)*. 1997. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G. *Riego Localizado*. Roma: FAO, 1986. 203 p.(FAO Riego y Drenaje,36).

Received on July 24, 2003.

Accepted on March 23, 2004.