SIMULAÇÃO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA EM CASA DE VEGETAÇÃO UTILIZANDO O PROGRAMA DELPHOS

RAIMUNDO L. CRUZ[1], GUILHERME A. BISCARO[2], ALESSANDRA C. DE OLIVEIRA[3], LEANDRO Q. C. DE ALBUQUERQUE[4]

1. Prof. Livre Docente de Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista, UNESP, campus de Botucatu/SP, fone (14) 3811-7165, e-mail: cruz@fca.unesp.br
2. Prof. Adjunto de Irrigação e Drenagem , Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Unidade Universitária de Cassilândia/MS.
3, 4. Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Unidade Universitária de Cassilândia

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

RESUMO: Este trabalho teve por objetivos comparar os resultados de irrigação localizada simulados pelo programa DELPHOS (CRUZ, 2000), com os dados coletados na irrigação por gotejamento de banana (*Musa cavendishi*) em uma caixa de solo totalmente impermeabilizada, instalada em casa de vegetação. O programa permitiu simular o desenvolvimento do bulbo de umidade formado sob um gotejador e sua evolução entre as irrigações. Os resultados indicaram que o modelo subestimou os dados observados, principalmente para os valores de teores de umidade do solo, próximos à saturação. A eficiência do modelo, calculada para todas as condições simuladas não ficou muito longe do valor 1,0 (um) que é o ideal.

PALAVRAS CHAVE: simulação, irrigação por gotejamento**,** *Musa cavendishi*

SIMULATION OF IRRIGATION LOCATED IN GREEN HOUSE USING DELPHOS PROGRAM

ABSTRACT: This work had as objectives to compare the results of located irrigation simulated by DELPHOS program (CRUZ, 2000), with the data collected in drip irrigation system of banana (*Musa cavendishi*) in a soil box totally waterproofed, installed in a green house. This program allowed simulating the development of the bulb under humidity formed by the dripper and its evolution among the irrigations. The results indicated that the model underestimated the observed data, mainly for the ground humidity values, next to saturation. The efficiency of the model, calculated for all simulated conditions was not very far from value 1,0 which is the ideal one.

KEY- WORDS: simulation, drip irrigation, *Musa cavendishi*.

INTRODUÇÃO: A água aplicada em um ponto do solo se distribui sob forças gravitacionais e de sucção, que resulta em um estado de umidade decrescente a partir do ponto de aplicação levando a formação de um bulbo. Lafolie et al. (1989 b), dizem que a estimativa da área irrigada é a maior fonte de erro na modelagem matemática do movimento da água em condições de irrigação localizada. Esta técnica de irrigação é aplicada a uma variedade muito grande de culturas e solos com diferentes características hidráulicas. As propriedades hidráulicas do solo normalmente apresentam uma

variabilidade espacial muito grande, é importante avaliar no projeto, o quanto a variabilidade espacial afeta o conteúdo de água do solo, em condições de campo.

Revol (1994), em sua tese de doutorado, visando à aplicação em sistemas de Irrigação Localizada, por gotejamento, procurando determinar a forma e tamanho do bulbo, para três tipos de solo, de maneira a possibilitar o cálculo do balanço hídrico e o correto espaçamento entre gotejadores. Botrel (1988), apresenta um modelo simplificado, para estimar a distribuição da água no bulbo molhado, por uma fonte pontiforme, baseou-se na metodologia desenvolvida por Van Der Ploeg & Benecke (1974), associada a metodologia de Van Genuchten (1980).

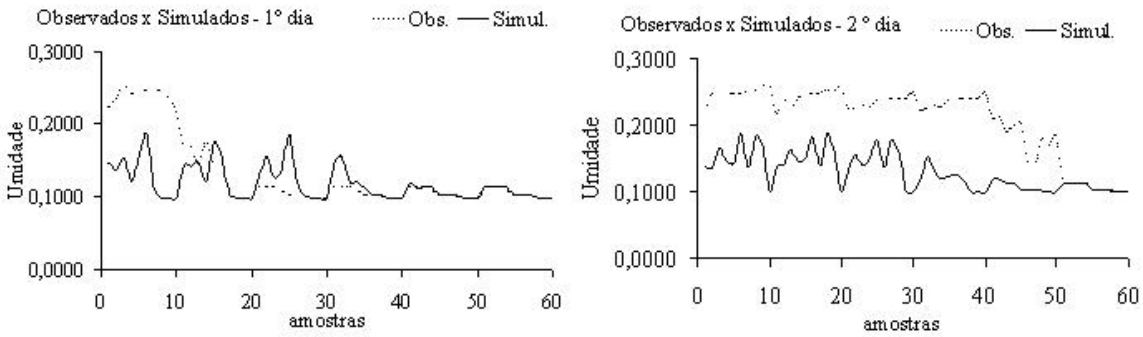
Coelho & Danior (1999), utilizaram para validação de um modelo de distribuição da água sob gotejamento, caixas de 1,2 x 0,8 m, com 0,8 m de profundidade, instaladas no interior de uma casa de vegetação, cultivadas com plantas de milho. Verificaram que o efeito de extração de água pelas raízes foi reconhecido pelo modelo por eles utilizado, mostrando um decréscimo no teor de umidade do solo no período diurno, com estabilização no período noturno, quando a evapotranspiração se anula. Os autores utilizaram a teoria de Van Genuchteen para ajuste das curvas de retenção da água pelo solo e condutividade hidráulica. Concluíram que o modelo gerou valores de teor de umidade do solo, próximos aos valores obtidos experimentalmente, permitiu avaliar o manejo da irrigação e atividade das raízes.

Em um estudo dos parâmetros hidráulicos do solo para avaliação do modelo de distribuição de água sob gotejamento, Coelho et al. (1999), observaram que, erros na determinação destes parâmetros implicam no insucesso destas soluções. Os parâmetros α, constante empírica relacionada com a porosidade do solo, e o parâmetro K, relacionado com a condutividade hidráulica do solo, podem ser determinados por diferentes métodos de campo ou laboratório, considerados constantes para um determinado tipo de solo. Concluíram que, α e K variam nas diferentes posições do bulbo molhado em relação aos gotejadores, de acordo com o regime de umidade em que as posições estão sujeitas.

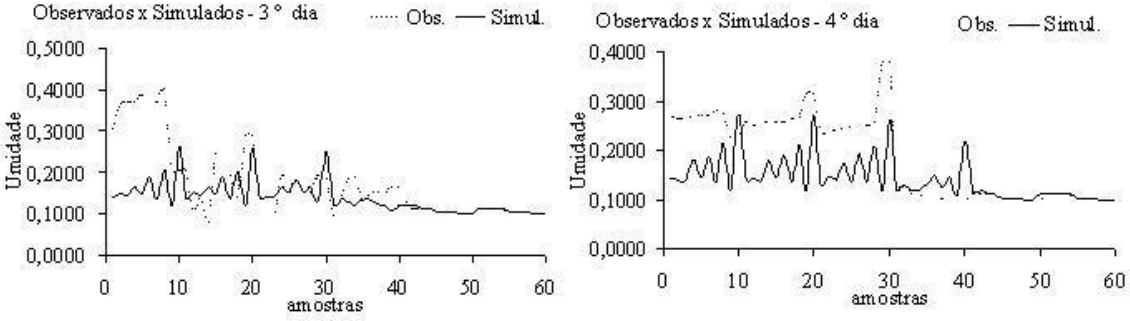
MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi instalado em uma casa de vegetação, localizada na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, campus de Botucatu/SP. Montou-se uma caixa de solo nas dimensões de 117 x 116 cm, com 100 cm de profundidade, e totalmente impermeabilizada. Nela foram colocados 2.545 quilogramas de solo seco ao ar, peneirado em peneira com malhas de 2 mm, de textura média classificado como terra roxa estruturada, bastante homogêneo. Depois de colocado na caixa se solo, sem compactação, o solo, ficou com uma densidade aparente de 1,l g cm^{-3}. Uma muda de bananeira (*Musa cavendishi*), com aproximadamente 50 cm, foi transplantada para a caixa, onde permaneceu por aproximadamente trinta dias, recebendo apenas as irrigações para manutenção e pegamento. O sistema de irrigação foi composto por um reservatório de "Mariotte" (paras se obter pressão constante), e um equipo hospitalar para soro, possibilitou a aplicação de água à vazão constante, por gotejamento junto à planta, próxima ao sistema radicular.

A evolução do bulbo de umidade foi acompanhada pela retirada de amostras, diariamente, seguindo linhas radiais, partindo de um ponto a cinco centímetros da planta, avançando de dez em dez centímetros, coletando amostras na linha horizontal e na vertical, também em profundidades cada dez centímetros, totalizando 100 (cem) amostras diárias. Para retiradas das amostras, utilizou-se um trado de rosca com aproximadamente 12 mm de diâmetro. O programa utilizado foi o DELPHOS, que é um aplicativo desenvolvido por Cruz (2000), na linguagem Visual Basic, para ser executado em ambiente Windows e que permite avaliar o desenvolvimento do bulbo de umidade, para um determinado tipo de solo, a vazão e o espaçamento do emissor mais adaptado, às condições da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A evolução do bulbo foi acompanhada durante cinco dias, e os dados coletados sempre após 24 horas da última irrigação. Os dados observados no campo foram comparados com os dados simulados no DELFHOS e estão apresentados nos Gráficos 1 a 5. Apenas 60 (sessenta), das 100 (cem) amostras coletadas foram realmente analisadas, pois, após uma certa distância do centro do bulbo, os valores de umidade não diferem mais entre si.



Gráficos 1 e 2 . Evolução do bulbo comparada com a simulação do programa para o 1° e 2° dias.



Gráficos 3 e 4. Evolução do bulbo comparada com a simulação do programa para o 3° e 4° dias.

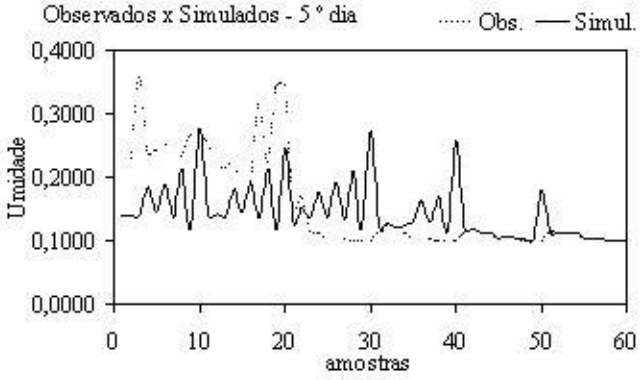


Gráfico 5. Evolução do bulbo comparada com a simulação do programa para o 5° dia.

O Quadro 1 mostra o cálculo dos parâmetros de validação, baseados na teoria de validação de um modelo. Nele observamos que os cálculos das diferenças médias, entre os valores simulados e os observados (M), ficaram muito próximos de zero, para todas as condições simuladas, principalmente para a condição de 24 horas após a primeira irrigação indicando, portanto, que a simulação restitui em média as observações.

Horas	***24***	***48***	***72***	***96***	***120***
Eficiência	0,911513	0,837502	0,765553	0,794439	0,804876
M	0,007955	0,045914	0,074777	0,101320	0,108330
MAE	0,015839	0,047919	0,094481	0,129911	0,157903
RMSE	0,038201	0,072092	0,124712	0,140247	0,151438
RMSE/ MAE	2,411827	1,504462	1,319959	1,079562	0,959062

Quadro 1 - Parâmetros de avaliação do modelo.

A eficiência do modelo, calculada para todas as condições simuladas também não ficou muito longe do valor 1,0 (um), que seria o ideal. Portanto, como todos os valores calculados estão acima de 0,5 (meio), podemos considerar que o modelo esta globalmente correto. Os cálculos de MAE e RMSE foram feitos para verificar se o modelo não apresenta erros sistemáticos. A razão RMSE/MAE, calculada para todas as condições observadas, resultou em valores maiores que um, significando que o modelo não apresentou erros, sistemáticos, exceto para os valores calculados para o tempo de 96 horas após a primeira irrigação, onde o valor RMSE/MAE = 1,079 indica a presença de erros sistemáticos.
A comparação dos dados observados x dados simulados e cálculo dos parâmetros de avaliação do modelo, permitem observar que o modelo em questão é bom servindo, portanto, como ferramenta no auxílio para elaboração de projetos de irrigação. No entanto, nota-se que o modelo subestimou os dados observados, principalmente para os valores de teores de umidade do solo, próximos à saturação.
A grande variabilidade nos teores de umidade do solo, para os valores observados e simulados, evidenciam as falhas de precisão nos cálculos dos parâmetros hídricos do solo, como afirmaram Coelho et al. (1999). Portanto, em nenhuma hipótese pode-se considerar o solo como meio homogêneo, como considerado neste trabalho, e valores dos parâmetros hídricos do solo deve ser estimado para as diferentes camadas, opções que o programa, apresentado neste trabalho permite.
O programa DELPHOS possibilitou diversas formas de utilização operacional, passando a dar informações necessárias para a escolha da vazão de um emissor, em função das características da cultura e do solo, devendo contribuir e facilitar muito a elaboração de projetos de irrigação localizada. Quando comparado aos resultados obtidos na caixa de solo, o programa se mostrou bastante confiável, representando bem os valores de campo.

CONCLUSÕES: O modelo subestimou os dados observados, principalmente para os valores de teores de umidade do solo, próximos à saturação. A eficiência do modelo, calculada para todas as condições simuladas não ficou muito longe do valor um, que seria o ideal. Portanto, como todos os valores calculados estão acima de 0,5 podemos considerar que o modelo está globalmente correto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTREL, T. A. **Simulação da distribuição espacial da água em solo irrigado com gotejador**. Piracicaba ,SP, 1988, 59 p . Tese de doutorado . ESALQ – USP.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 34, nº 2, p. 225-234, fev. , 1999.

COELHO, E. F.; OR, D.; SOUSA, V. F. de. Avaliação de parâmetros hidráulicos para modelos de distribuição da água no solo sob gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 34, nº 4, p. 651-657, abril, 1999.

LOFILIE, F.; GUENNELON, R.; VAN GENUCHTEN, M. T. Analysis of water flow under trickle irrigation: II. Experimental evaluation. **Soil Science**. *Am. J.*, vol. 53, p. 1318-1323, 1989 b.

REVOL, P. H. **Caractérisation hydrodynamique des sols par infiltration bidimensionnelle axysymétrique et modélisation simplifiée de la micro-irrigation**. (These doctorat) D.E.A . Université de Grenoble, 224 p. , 1994.

VAN der PLOEG, R. R.; BENECKE, P. Unsteady unsaturated, n-dimensional moisture flow in soil. A computer simulation program. **Soil Science Soc. Am. Proc**. , vol. 38, p. 881- 885, 1974.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Soc. Am**. *J.*, vol. 44, p. 892-898, 1980.