

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE MODELO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE DRENAGEM

S. N. DUARTE¹; M. E. C. VELOSO²; J. H. MIRANDA³; L. R. BÉRGAMO⁴

RESUMO: Existem dúvidas a respeito da possibilidade de se obter dados representativos das propriedades físico-hídricas necessárias à modelagem do desempenho de um sistema de drenagem em áreas pequenas com grande variabilidade espacial. Este trabalho teve como objetivo comparar a variação das alturas do lençol freático medidas ao longo do tempo com a simulada pelo modelo SISDRENA, sem e com calibração, durante 136 dias. Os parâmetros calibrados foram lâmina diária de “seepage” ascendente, condutividade hidráulica do solo saturado, parâmetro do número da Curva (CN) e umidade volumétrica de saturação. Os resultados revelaram que o modelo só obteve um desempenho satisfatório quando foi feita a calibração prévia dos dados de entrada.

PALAVRAS-CHAVE: lençol freático, modelagem, dreno

SIMULATION MODEL OF DRAINAGE SYSTEMS PERFORMANCE: CALIBRATION AND VALIDATION

SUMMARY: Doubts exist regarding the possibility of obtaining representative data of the physical-hydric properties necessary to modeling the drainage system performance in small areas with great spatial variability. This work had as objective compares the heights variation of water table measured along the time with the data simulated by the SISDRENA model, without and with calibration, for 136 days. The calibrated parameters were daily depth of ascending "seepage", hydraulic conductivity of the saturated soil, curve number parameter (CN) and volumetric saturated humidity. The results revealed that the model only obtained a satisfactory acting when was made the previous entrance data calibration.

KEYWORDS: water table, modeling, drain

¹ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias n.11 cx.09, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP. Fone (19) 3429-4217 ramal: 251. e-mail: snduarte@esalq.usp.br.

² Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

³ Prof. Doutor, Depto de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

⁴ Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

Os dimensionamentos dos sistemas de drenagem agrícola executados na Região Sudeste brasileira tem se baseado muito mais na experiência prática do projetista do que na aplicação do conhecimento científico de drenagem propriamente dito (DUARTE et al., 1998).

O dimensionamento de sistemas de drenagem aplicando modelos de simulação, com base na avaliação de seu desempenho, tem se revelado uma metodologia promissora em outros países. O consagrado modelo norte-americano DRAINMOD é usado como ferramenta prática pelo USDA. Esse modelo, por utilizar séries de dados horários de precipitação, é capaz de simular com boa aproximação a infiltração da água no solo baseando-se na equação de Green & Ampt (SKAGGS, 1991).

No Brasil, a utilização do DRAINMOD apresenta como limitação principal a inexistência de um número suficiente de estações climatológicas equipadas com pluviógrafos e pelo fato de que, por via de regra, os pluviogramas existentes ainda não terem sido adequadamente analisados e processados, tornando-se restrita a disponibilidade de dados horários de chuva (DUARTE et al., 1998).

Assim, foram elaborados novos modelos como o SISDRENA (MIRANDA et al., 1998), que permite o uso do formato de dados pluviométricos que são muito mais abundantes no país. Para a simulação este modelo utiliza o método do Número da Curva para estimar o escoamento superficial.

Embora o problema da disponibilidade de dados de chuva horária já tenha sido superado, ainda existem dúvidas quanto ao fato das investigações de campo conseguirem realmente levantar os valores das variáveis de entrada dos modelos de forma que estas sejam representativas da área de projeto. Este fato tende a se agravar no caso de várzeas pequenas, onde é comum uma grande variação das propriedades do solo em distâncias pequenas.

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo comparar as variações da altura do lençol freático (LF) medidas com as simuladas ao longo do tempo, sem e com calibração prévia do modelo SISDRENA.

MATERIAL E MÉTODOS

As determinações de campo foram conduzidas em uma várzea localizada no Campo Experimental de Drenagem do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. A várzea

é sistematizada, medindo 8.100 m^2 ($180 \times 45 \text{ m}$), situando-se entre uma encosta e o Rio Piracicaba, em solo classificado como Gleissolo Eutrófico, que possui camada impermeável variando de 2,9 a 4,5 metros de profundidade. O sistema de drenagem, já implantado, é constituído por 19 drenos paralelos de PVC corrugado que deságuam num coletor aberto. Os drenos estão assentados com espaçamento de 10 metros, profundidade variando de 0,9 a 1,0 metro e declive de $0,003 \text{ m m}^{-1}$. O comprimento dos drenos é de 45 metros e o diâmetro dos tubos 0,1 metro.

A tomada de dados ocorreu durante o período compreendido entre 17 de novembro de 2004 a 1 de abril de 2005 (136 dias) durante o qual a área foi cultivada com uma cultura de milho.

Para observação no nível freático foi realizado um furo com trado do tipo holandês medindo três polegadas de diâmetro, localizado no semi-espaçamento entre dois dos 19 drenos existentes na área. O poço foi encamisado com tubos de PVC rígido com duas polegadas de diâmetro, perfurados até 20 cm da superfície e com comprimento tal que a extremidade superior ficasse 30 cm acima do nível do solo. A leitura diária da profundidade do nível freático era realizada pela manhã utilizando-se uma sonda elétrica.

Os dados de chuva necessários ao modelo de simulação foram obtidos de um pluviômetro localizado na própria área experimental. Os dados de evapotranspiração potencial foram calculados pelo método de Thornthwaite baseando-se em dados de temperatura média diária obtidos de um posto meteorológico localizado a cerca de 600 metros da área experimental.

Foram realizados três testes para medição da condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) utilizando o método do furo do trado (FERREIRA, 1988). Ao se aplicar o modelo de simulação sem calibração utilizou-se a média desses três testes que forneceu o valor de $0,306 \text{ m d}^{-1}$. Quando se aplicou o modelo com calibração utilizou-se o valor de K_o que proporcionou o melhor ajuste, que foi de $0,2 \text{ m d}^{-1}$.

Foi realizado um teste de infiltração na área entre os dois drenos visando a obtenção do valor da velocidade de infiltração básica (VIB) necessária à obtenção do parâmetro do Número da Curva necessário ao modelo SISDRENA. Para este teste foi utilizado o método dos anéis concêntricos, obtendo-se um valor de VIB igual a 5 mm h^{-1} . Tomando como base este valor e segundo as sugestões de PRUSKI (1990) obteve-se o valor $CN=91$ que foi utilizado no modelo sem calibração. No modelo calibrado desprezou-se o escoamento superficial.

A curva de retenção utilizada correspondeu àquela apresentada por DUARTE et al. (1998) para o solo denominado SOLO 1, que apresenta umidade volumétrica de saturação (θ_{sat}) de 0,645, valor esse utilizado no modelo sem calibração. No modelo calibrado utilizou-se $\theta_{sat} = 0,57$.

Quando se aplicou o modelo sem calibração não se considerou a entrada de “seepage” vertical. Ao se calibrar o modelo visando a obtenção de um melhor ajuste utilizou-se um valor de “seepage” vertical ascendente de 3 mm d⁻¹.

A análise do ajustamento entre as posições medidas e simuladas do LF foi realizada visualmente e utilizando o parâmetro estatístico erro padrão (SKAGGS, 1982), que é definido pela eq. 1:

$$e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (ym(i) - ys(i))^2}{N}} \quad (1)$$

em que,

e - erro padrão, cm;

ym(i) - profundidade do lençol freático medida no dia i, cm;

ys(i) - profundidade do lençol freático simulada no dia i, cm; e

N - número de dias de comparação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as alturas de chuva precipitadas e a variação do lençol freático medida e simulada, sem e com calibração dos valores de Ko, CN, θ_{sat} e “seepage”. Pode-se observar que sem calibração os valores simulados subestimaram sensivelmente as alturas do LF, que inclusive caíram abaixo da linha dos drenos durante determinado período. Já quando o modelo foi calibrado houve uma concordância maior entre os valores medidos e simulados. Dentre os parâmetros utilizados na calibração aquele de maior relevância foi a aplicação da lâmina de “seepage”, que é um fenômeno que realmente ocorre na área, devido a presença de uma encosta adjacente e ausência de dreno de cintura.

Os valores de erro-padrão calculados foram de 30,8 cm para a situação de ausência de calibração e de 17,6 cm obtido para o caso em que o modelo foi calibrado, confirmando o que pode ser constatado visualmente.

CONCLUSÕES

Tendo em vista as condições experimentais descritas conclui-se que o modelo só foi capaz de realizar uma boa previsão da flutuação do lençol freático após calibração, refletindo a

difficuldade de se representar com fidelidade as variáveis de campo no caso de várzeas pequenas com solo onde exista grande variabilidade espacial.

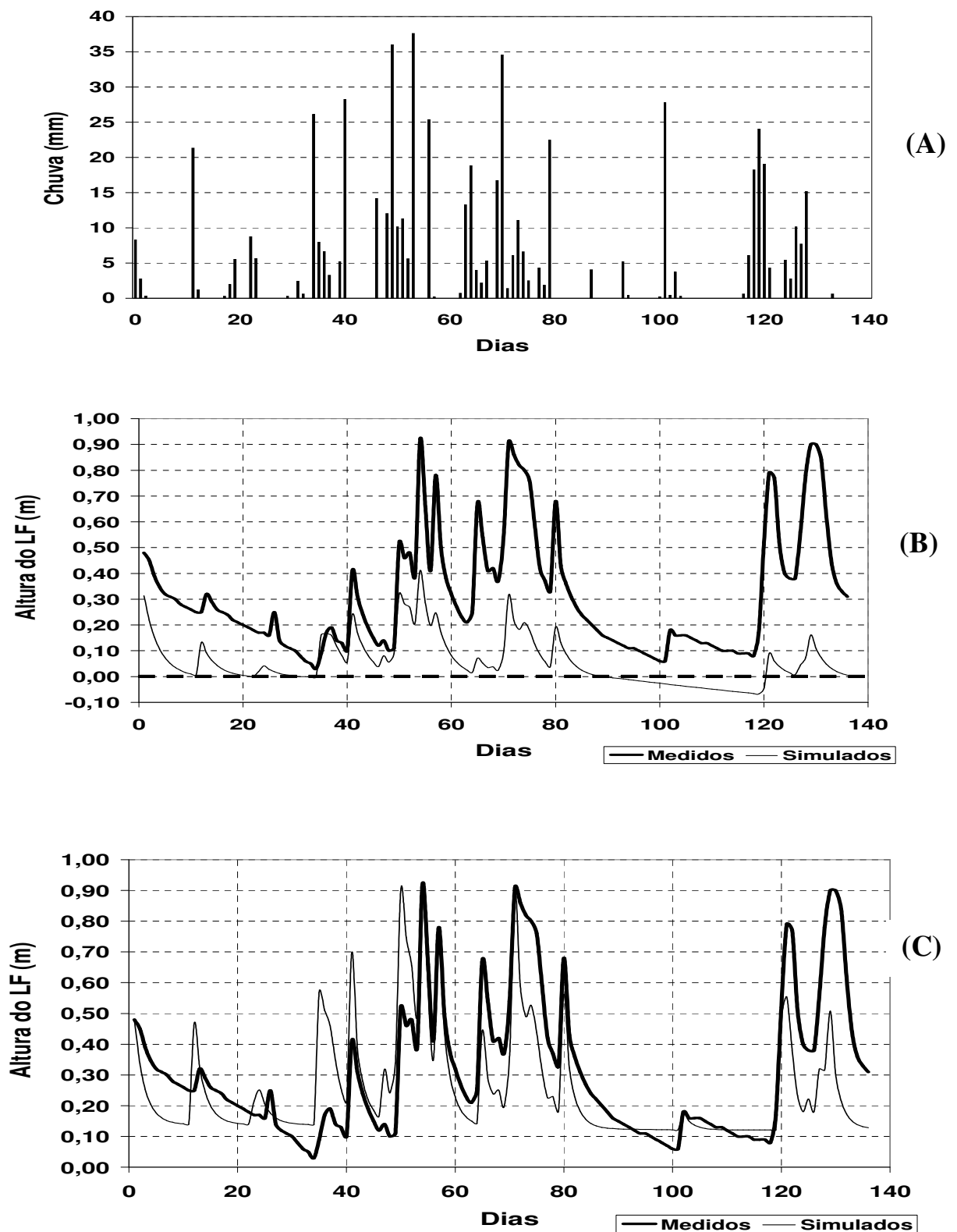


Figura 1. Valores diários de chuva (A) e simulação da altura do lençol freático sem calibração (B) e calibrado (C)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

DUARTE, S.N.; FERREIRA, P.A.; PRUSKI, F.F.; MARTINEZ, M.A. Modelo para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem subterrânea e cálculo de espaçamento de drenos. Parte II: validação de campo e aplicação. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.18, n.2, p.32-44, 1998.

FERREIRA, P.A. Curso de engenharia de irrigação. XI. Drenagem. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1988. 86p.

MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; FOLEGATTI, M.V. Modelo para simulação da dinâmica da água em sistemas de drenagem subterrânea. Engenharia Rural, Piracicaba, v.9, n.2, p.1-19, 1998.

PRUSKI, F.F. Análises de precipitações extremas e de escoamento superficial para áreas agrícolas da região Oeste do Paraná. Viçosa, MG, 1990. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa.

SKAGGS, R.W. Field evaluation of a management simulation model. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.25, n.3, p.666-74, 1982.

SKAGGS, R.W. Drainage. In: Modeling plant and soil systems. Madison: American Society of Agronomy, 1991. p.205-43. (Agronomy Monograph, 31).