

# **ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MODELO SISDRENA NA SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR**

J. H. MIRANDA<sup>1</sup>; S. N. DUARTE<sup>2</sup>; J. F. G. SABADIN<sup>3</sup>; S. RUITER<sup>3</sup>

**RESUMO:** O programa computacional “SISDRENA - Sistema de Drenagem” é um modelo de simulação de desempenho de sistemas de drenagem subterrânea que estima o escoamento superficial, a posição do lençol freático (LF), a vazão escoada pelos drenos, a evapotranspiração real e o armazenamento de água na zona radicular a partir de séries de dados diários de precipitação e evapotranspiração potencial, características físico-hídricas do solo, dados da cultura e características do sistema de drenagem. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise de sensibilidade do modelo, mediante incrementos positivos e negativos (-50 a 50 %) da condutividade hidráulica do solo saturado (Ko) e do Curve Number (CN), para verificar a influência desses parâmetros na estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para Piracicaba, SP. Os resultados obtidos mostraram que o modelo foi mais sensível aos valores adotados de CN do que aos valores de Ko.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem, drenagem, lençol freático

## **SENSIBILITY ANALYSIS OF THE SISDRENA MODEL IN SIMULATING SUGARCANE YIELD**

**SUMMARY:** SISDRENA – Drainage System is a simulation model developed based on historical series of daily precipitation and potential evapotranspiration, soil physical properties, crop data and drainage system lay-out. It allows to simulate the position of the water table, the drains flow, the real evapotranspiration and the storage of water in the root zone. The present work had as objective accomplishes a sensibility analysis of the model, by positive and negative increments (-50 to 50%) of the soil saturated hydraulic conductivity (Ko) and Curve Number (CN), to verify the influence of those parameters in the sugarcane productivity estimated for Piracicaba, SP. The obtained results showed that the model was more sensitive to the adopted CN values than for Ko values

**KEYWORDS:** modeling, drainage, water table

## **INTRODUÇÃO**

---

<sup>1</sup> Prof. Doutor, Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias n.11 cx.09, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP. Fone (19) 3429-4283 ramal: 210. e-mail: [jhmirand@esalq.usp.br](mailto:jhmirand@esalq.usp.br).<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.<sup>3</sup> Graduandos do Curso de Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

A modelagem computacional assume um papel importante ao permitir que o projetista antecipe a avaliação do desempenho e proponha otimização de sistemas de drenagem agrícola (MIRANDA, 1998). Este desempenho resulta da complexa interação existente entre condições de clima, solo, planta e do próprio sistema, resultando em comportamentos diferentes de um mesmo sistema de drenagem em anos bastante úmidos ou secos, influenciando diretamente na produtividade das culturas. Quando se relaciona este comportamento a procedimentos que estimam a resposta da cultura a diferentes condições de umidade do solo, torna-se possível avaliar os efeitos da drenagem sobre o crescimento e a produtividade das culturas (FEDDES, 1988). A adversidade proporcionada pelo encharcamento não corresponde, necessariamente, à presença direta do LF por si só, mas sim, à deficiência de aeração no solo, comprometendo a absorção de água e nutrientes, o transporte destes através do sistema radicular, tornando as plantas mais susceptíveis às doenças e à deficiência nutricional (COSTA, 1994).

As chuvas que atingem a superfície do solo sofrem a ação de processos físicos tais como a infiltração da água no solo, a retenção na superfície e o escoamento superficial.

No caso da redistribuição da água no solo, parâmetros físicos do solo, tais como a condutividade hidráulica, são extremamente importantes na medida em que auxiliam no entendimento da dinâmica da água, tornando-a fundamental para os estudos da drenagem agrícola.

Em relação ao escoamento superficial, dentre os métodos utilizados, quando se dispõe apenas de dados diários de precipitação, destaca-se o método empírico do número da curva (SCS, 1972). Este método apresenta o valor do parâmetro CN como um dado tabelado e que depende da cobertura do solo, condição hidrológica, tipo de solo e umidade antecedente do solo. Quanto maior o valor de CN, maior é o escoamento superficial e menor a retenção potencial. Por outro lado, quando se diminui o valor deste parâmetro o escoamento decresce e a retenção aumenta.

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade do modelo SISDRENA diante de desvios positivos e negativos (-50 a 50 %) dos parâmetros de entrada condutividade hidráulica do solo saturado e Curve Number (CN), verificando essa influência na estimativa da produtividade de cana-de-açúcar, em função de um dimensionamento econômico obtido por MIRANDA (1998), para Piracicaba, SP.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O SISDRENA é um modelo unidimensional que contabiliza os principais componentes que afetam o balanço de água em um volume de solo homogêneo e de superfície unitária,

localizado equidistante entre dois drenos paralelos e que se estende desde a camada de impedimento até a superfície do solo (MIRANDA, 1997).

As telas de entrada do modelo permitem ao usuário a escolha do tipo de solo a ser simulado (conseqüentemente escolhendo o parâmetro condutividade hidráulica do solo saturado) (Figura 1A) e na sequência permitindo a entrada dos outros parâmetros de entrada, inclusive o Curve Number (CN), cujo valor é dividido em 3 classes. O CN classe II é o parâmetro de entrada utilizado pelo modelo e por meio de interpolações determinam-se os valores do CN classe I e III (Figura 1B).

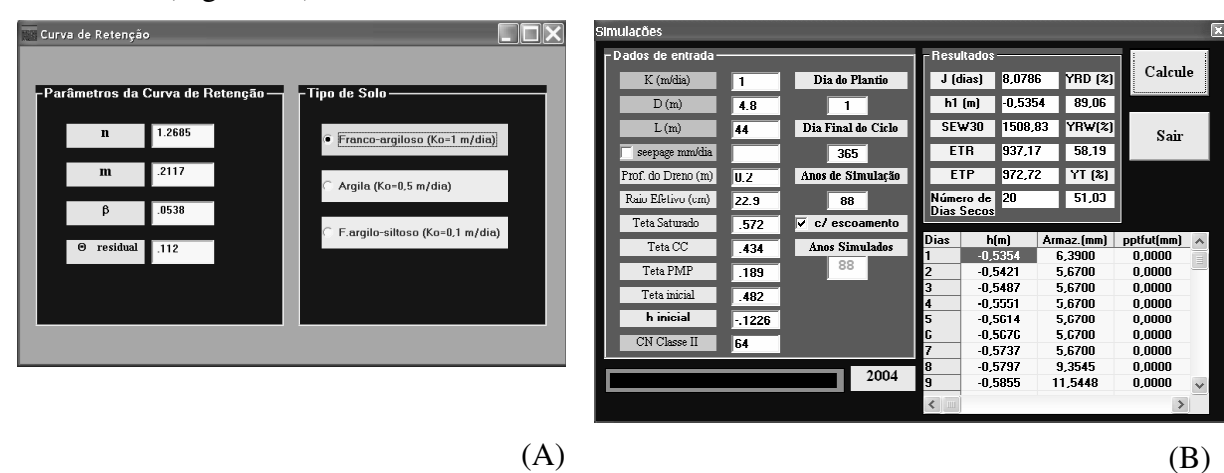


Figura 1. Telas do modelo SISDRENA para permitir ao usuário a entrada dos parâmetros

Nas simulações realizadas na análise de sensibilidade do modelo foram utilizados dados meteorológicos de chuva e evapotranspiração, de uma série de 1917 a 2004 (88 anos), para Piracicaba-SP, tendo como ano mais chuvoso o de 1983 (2017,7 mm) e o menos chuvoso o de 1972 com 660,3 mm, tendo como valor médio para Piracicaba, SP, um total anual de 1265,2 mm. Em relação à evapotranspiração tem-se que o valor máximo, total anual, foi de 1223,48 mm para o ano de 2002 e o mínimo de 953,52 para o ano de 1917, apresentando um valor médio anual de 1080,91 mm (Figura 2).

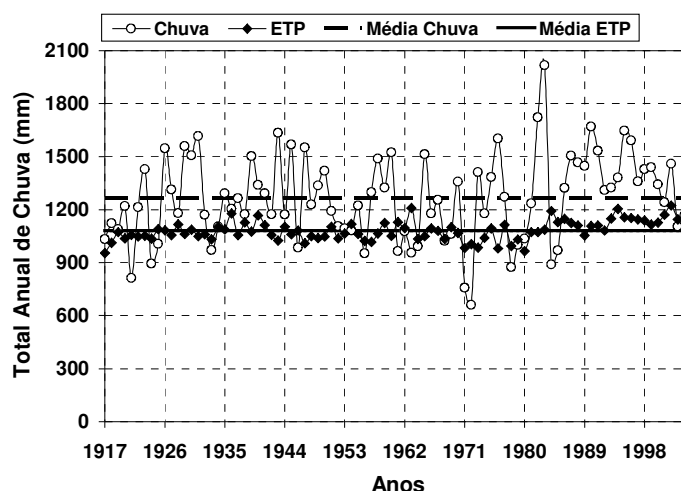


Figura 2. Valores totais anuais de chuva e evapotranspiração para Piracicaba, SP, no período de 1917 a 2004.

Foram utilizados três solos de perfil homogêneo, com texturas diferentes (Franco-argiloso, argila e Franco-argilo-siltoso) com valores de condutividade hidráulica saturada ( $K_o$ ) de 1,0, 0,5 e 0,1  $m\ day^{-1}$ , respectivamente. Estes dados foram obtidos por Duarte (1998) em uma várzea na região de Piracicaba-SP. Os parâmetros das curvas de retenção para os três tipos de solos, foram ajustados ao modelo de van Genuchten (1980).

Os espaçamentos utilizados nas simulações foram obtidos por meio de análise econômica por MIRANDA (1998), sendo respectivamente de 44 m para o solo 1, 24 m para o solo 2 e 12 m para o solo 3 e os valores de CN utilizados, que sofreram os incrementos, positivos e negativos, foram de 64, 85 e 90 para os solos 1, 2 e 3, respectivamente.

A análise do ajustamento entre as produtividades médias obtidas pelas simulações, tomando-se como referência a condição inicial em ausência de incrementos foram feitas utilizando-se o parâmetro estatístico erro padrão, que é definido pela eq. 1:

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

em que,

$e$  - erro padrão, %;

$y_m(i)$  - produtividade da cana-de-açúcar para as condições iniciais, %;

$y_s(i)$  - produtividade da cana-de-açúcar para as condições que tiveram o incremento, %;

$N$  - número de anos de comparação

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Pela análise de sensibilidade observou-se que tanto para os desvios positivos quanto negativos os maiores erros ocorreram para solos com maiores valores de  $K_o$  (Solo1 > Solo 2 > Solo 3). Até a uma faixa de 10 %, de acréscimo, os valores de erro para o Solo 2 e Solo 3 não apresentaram variações. De uma maneira geral em relação a  $K_o$ , os maiores erros foram devidos a incrementos negativos desse parâmetro.

Em termos de CN, os erros foram maiores do que os observados para  $K_o$ , principalmente para o Solo 1 e para incrementos positivos; nesse caso os maiores erros seguiram a seguinte ordem: Solo 1 > Solo 3 > Solo 2. Em termos de desvios negativos os maiores erros foram, respectivamente, para Solo 2 > Solo 3 > Solo 1.

Em relação à produtividade relativa média ( $YT_m$ ) os maiores erros foram observados para o Solo 1 em função de  $K_o$  seguidos do Solo 2 e Solo 3. Mas também de acordo com o que foi discutido anteriormente as maiores variações de  $YT_m$  foram obtidos em função do CN, principalmente para o Solo 1. Em termos negativos os valores praticamente ficaram semelhantes aos obtidos para os Solos 1 e 2. Houve uma pequena variação no erro padrão para o Solo 3 em termos de variação negativa mas, em termos positivos, houve um aumento significativo (Figura 1). De uma maneira geral, pode-se observar que o modelo é sensível às variações do CN o que se torna em um complicador uma vez que se trata de um valor tabelado e sujeito a uma série de comprometimentos por fatores externos, sendo difícil de ser estimado com precisão.

## **CONCLUSÕES**

Tendo em vista as condições impostas pelos incrementos positivos e negativos nos valores de  $K_o$  e CN, pode-se concluir que o modelo apresentou uma maior sensibilidade aos valores de CN em relação aos valores de  $K_o$ .

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

COSTA, R.N.T. Espaçamento econômico de drenos laterais e a dinâmica do lençol freático sobre o rendimento da cultura de milho (*zea mays*, L.). Piracicaba, 1994. 88 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

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.

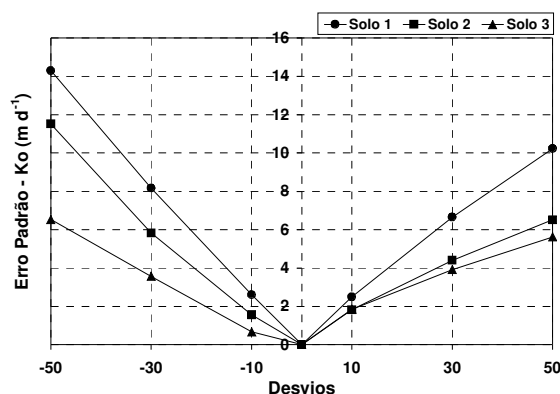
GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, v.44, n.3, p.892-898, 1980.

FEDDES, R.A. Effects of drainage on crops and farm management. Agricultural and Water Management, v.14, n.1, p.3-18, 1988.

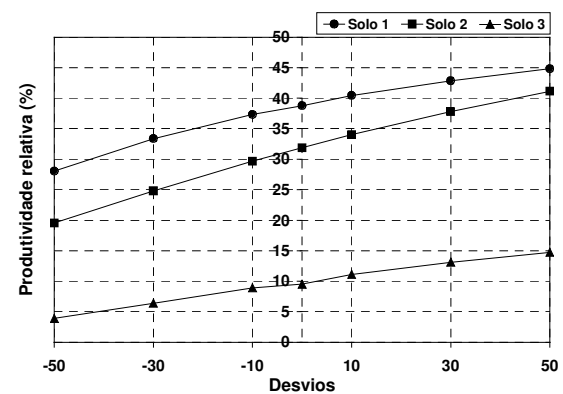
MIRANDA, J.H. Modelo para simulação da dinâmica da água em sistemas de drenagem subterrânea e cálculo do espaçamento econômico entre drenos. Piracicaba: ESALQ, 1997. 89 p. Dissertação Mestrado.

MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; VIANA, T.A.; SOUSA, Sergio A.V. Cálculo do espaçamento econômico entre drenos para três localidades do Brasil pelo modelo SISDRENA. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 1998, La Plata. ANAIS-CDROM. La Plata: ALIA, 1998. p. 1-5.

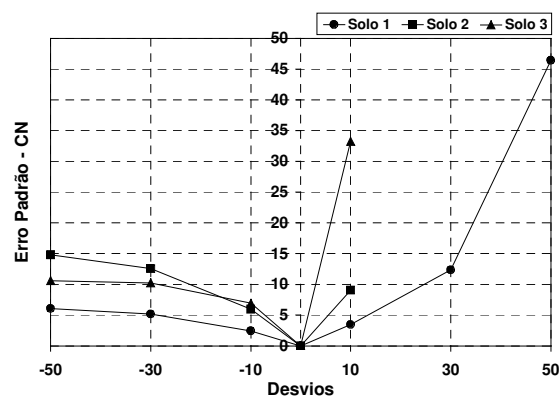
USA. Soil Conservation Service. National engineering handbook: IV. Hydrology. Washington: Department of Agriculture. 1972, 1/v.



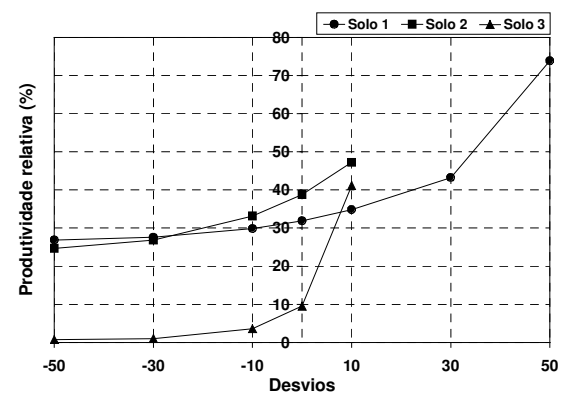
(A)



(C)



(B)



(D)

Figura 1. Representação gráfica dos valores de erro padrão obtidos pelos incrementos positivos e negativos de Ko (A), CN (B) e de produtividade relativa em função de Ko (C), em função de CN (D)