

## DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE DRENAGEM ATRAVÉS DE SOFTWARE COMPUTACIONAL

### SIZING OF DRAINAGE SYSTEMS THROUGH COMPUTER SOFTWARE

RAFAEL LUDWIG<sup>1\*</sup>

JOÃO C. C. SAAD

FERNANDO F. PUTTI

JOSUÉ F. DA S. JUNIOR

ANA PAULA R. A. SCHIMIDT

DEBORA DE O. LATORRE

ILCA P. DE F. E SILVA

#### RESUMO

Em terras agrícolas, com déficit de drenagem, torna-se importante a remoção do excesso de água por estruturas artificiais, denominadas drenos, melhorando as condições de aeração, estrutura e resistência do solo. Porém, para obter-se um adequado funcionamento do sistema é importante considerar os diversos fatores envolvidos, como: características do solo, da cultura, do regime de escoamento e os critérios de drenagem. Para facilitar esse processo, desenvolveu-se um software na linguagem PASCAL, baseado nas equações de Hooghoudt e de Ernest para o regime permanente, e na equação de Glover-Dumm para o variável. Assim, para o dimensionamento dos drenos caberá ao usuário selecionar o regime correspondente a sua situação. Após essa etapa, parte-se para a seleção do perfil do solo, podendo ser homogêneo ou dividido em duas camadas, atentando que para regime variável considera-se a condutividade hidráulica do solo saturado constante ao longo do perfil do solo. Também é necessário identificar o local de instalação do dreno, em relação à camada impermeável e posteriormente o tipo de dreno a ser adotado, tubular ou trapezoidal. Feito isso e informando todos os dados necessários o programa poderá calcular o espaçamento entre os drenos com rapidez, atendendo as necessidades de cada projeto de drenagem.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Jd. Paraíso, CEP. 18.610-307 - Botucatu, SP. E-mail: [rafaludwig@yahoo.com.br](mailto:rafaludwig@yahoo.com.br)

**Palavras-chave:** espaçamento entre drenos, drenagem agrícola, programa computacional.

### **ABSTRACT**

On agricultural land, with drainage deficit, it is important to remove water excess by artificial devices, called drains, improving the aeration conditions and soils resistance and structure. However, to obtain an optimal functioning of the system, it is important to consider the factors involved, such as soil characteristics, culture, flow regime and the drainage criteria. To facilitate this process, a software was developed using the PASCAL language, based on Hooghoudt and Ernest equations for the steady-state condition, and the Glover-Dumm equations for the variable. Thus, for the drains design the user will have to decide which regime applies to each situation. After that, the soil profile is defined which can be homogeneous or divided into two layers, noting that arrangements for the variable flow considers constant the saturated soil hydraulic conductivity throughout the soil profile. It is also necessary to define the drain location above the barrier layer and the drain type, tubular or trapezoidal. Finally, after all the necessary data been informed the program could calculate the drain spacing quickly and accurately, meeting the needs of each drainage project.

**Keywords:** drain spacing, agricultural drainage, software

### **INTRODUÇÃO**

O déficit de drenagem nos solos diminui a aeração, interferindo no comportamento das raízes e nas atividades químicas e microbianas, podendo ocasionar maior compactação e conseqüentemente diminuir a permeabilidade (PRUSKI et al. 2006). Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), as propriedades do solo mais importantes relacionadas à drenagem são a condutividade hidráulica (K) e a porosidade drenável.

No dimensionamento de sistemas de drenagem devem ser consideradas as características do solo, da cultura, do regime de escoamento e os critérios de drenagem. Estas condições devem ser elaboradas de forma que o lençol freático permaneça a uma profundidade não prejudicial ao desenvolvimento da cultura (BERNARDO; SOARES;

MANTOVANI, 2006). Para Millar (1988) o espaçamento entre os drenos é um dos fatores mais importantes no dimensionamento de um sistema de drenagem.

No dimensionamento, pode-se utilizar as equações de regime permanente, as quais são empregadas quando objetiva-se manter o nível do lençol freático constante no tempo e no espaço, sendo indicado apenas para regiões com chuvas de baixa intensidade e longa duração. Por outro lado, em regiões com chuvas de alta intensidade e curta duração, bastante comum nos climas úmidos e semi-úmidos do Brasil, utiliza-se as equações de regime variável, no qual a drenagem ocorre após a chuva, rebaixando o lençol freático em período de tempo determinado, respeitando as necessidades da cultura.

Desta forma, para obter-se um adequado funcionamento do sistema é de extrema importância considerar os diversos fatores envolvidos. Tal constatação evidencia a complexidade existente no dimensionamento de um sistema de

drenagem, sendo trabalhoso quando feito manualmente. Assim, buscando facilitar esse processo, este trabalho objetivou desenvolver um software, para estimar o espaçamento entre os drenos.

## MATERIAL E MÉTODO

Adotou-se a linguagem PASCAL, através da programação orientada a objetos, por esta ser uma das mais difundidas e de fácil utilização, além da ampla disponibilidade funções.

O software foi desenvolvido com base nas equações de Hooghoudt e de Ernest para o regime permanente (Tabela 1) e na equação de Glover-Dumm para a variável (Tabela 2).

**Tabela 1-** Equações para determinar o espaçamento entre os drenos - regime permanente

Perfil do solo	Posição do Dreno	Teoria	Equações
Homogêneo	Diretamente sobre a camada impermeável	Hooghoudt / Donnan	$L^2 = \frac{8KAH + 4KH^2}{q} \quad (1)$
Homogêneo	Acima da camada impermeável	Hooghoudt com camada equivalente	$L^2 = \frac{8KdH + 4KH^2}{q} \quad (2)$
Duas camadas	Na interface de duas camadas distintas	Hooghoudt	$L^2 = \frac{8K_i dH + 4K_s H^2}{q} \quad (3)$
Duas camadas (K <sub>s</sub> <K <sub>i</sub> )	Na camada de solo inferior	Ernest	$H = q \left( \frac{D_v}{K_s} + \frac{L^2}{8K_i D_i} + \frac{L}{\pi K_i} \ln \frac{D_r}{Pm} \right) \quad (4)$
Duas camadas (K <sub>s</sub> <K <sub>i</sub> )	Na camada de solo superior	Ernest	$H = q \left( \frac{D_v}{K_s} + \frac{L^2}{8(K_i D_i + K_s D_s)} + \frac{L}{\pi K_s} \ln \frac{aD_r}{Pm} \right) \quad (5)$

Em que: L= espaçamento entre os drenos laterais (m); k= condutividade hidráulica do solo saturado (m.dia<sup>-1</sup>); k<sub>i</sub>= condutividade hidráulica do solo saturado na camada inferior (m.dia<sup>-1</sup>); k<sub>s</sub>= condutividade hidráulica do solo saturado na camada superior (m.dia<sup>-1</sup>); d= espessura da camada equivalente (m); H= altura do nível freático médio na metade do espaçamento entre os drenos em relação ao nível da água nos drenos (m); q= coeficiente de drenagem (m.dia<sup>-1</sup>); D<sub>r</sub>= distância entre a interface das duas camadas de solo ao nível da água nos drenos (m);

$D_s = D_r + 0,5.H$ ;  $D_v = H$ ;  $D_i$ = distância da camada impermeável até a interface entre as duas camadas de solo (m);  $a$ = fator de geometria;  $P_m$ = perímetro molhado (m);

**Tabela 2** - Equações para determinar o espaçamento entre os drenos - regime variável

Perfil do solo	Posição do Dreno	Teoria	Equações
Homogêneo	Diretamente sobre a camada impermeável	Glover-Dumm	$L^2 = \frac{\pi^2 K A t}{\alpha \ln \left( 1,16 \frac{h_o}{h_t} \right)}$ (6)
Homogêneo	Acima da camada impermeável	Glover-Dumm com camada equivalente	$L^2 = \frac{\pi^2 K d t}{\alpha \ln \left( 1,16 \frac{h_o}{h_t} \right)}$ (7)

Em que:  $L$ = espaçamento entre os drenos (m);  $k$ = condutividade hidráulica do solo saturado ( $m.dia^{-1}$ );  $A$ = espessura da camada de solo entre o nível da água nos drenos e a camada impermeável (m);  $h_o$ = altura inicial do lençol freático, em relação ao nível de água nos drenos logo após cessar a recarga (m);  $h_t$ = altura final do lençol freático, em relação ao nível de água nos drenos após o rebaixamento ocorrido durante o tempo  $t$  (m);  $t$ = tempo requerido para rebaixar o lençol freático de  $h_o$  para  $h_t$  (dias);  $d$ = espessura da camada equivalente (m);

Para o cálculo da espessura da camada equivalente utiliza-se a equação (8).

$$d = \frac{A}{\left[ 2,5 \frac{A}{L} \ln \left( \frac{A}{P_m} \right) \right] + 1} \quad (8)$$

Em que:

$A$ = espessura da camada de solo entre o nível da água nos drenos e a camada impermeável (m);

$P_m$ = perímetro molhado (m);

$L$ = espaçamento entre os drenos laterais (m);

O tempo requerido para rebaixar o lençol freático de  $h_o$  para  $h_t$  é função da tolerância da cultura a condição de inundação, variando de 2 a 4 dias.

Dividiu-se a estrutura do software de acordo com o regime de escoamento e a posição do dreno em relação à camada impermeável. O regime permanente pode ser implantado em solo homogêneo ou dividido em duas camadas, no qual para o primeiro os drenos poderão ser instalados: diretamente sobre a camada impermeável, ou acima da camada impermeável. Já para o solo dividido em duas camadas os drenos poderão ser instalados: na camada superior do solo, na interface das duas camadas ou na camada de solo inferior. Por outro lado, para o regime variável, o qual considera a condutividade hidráulica do solo saturado constante ao longo do perfil, os drenos poderão ser instalados: diretamente sobre a camada

impermeável, ou acima da camada impermeável.

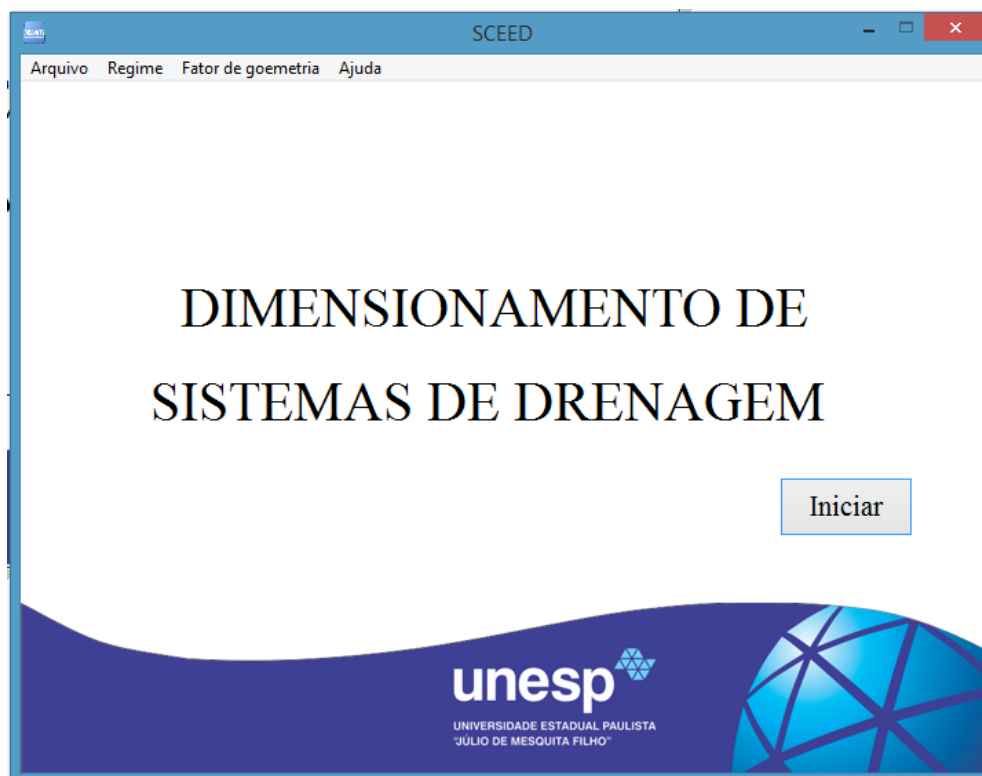
Para todas as combinações anteriores programou-se a

possibilidade de escolha do tipo de dreno, tubular ou trapezoidal.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse programa (Figura 1) se mostra de fácil manipulação, com interface intuitiva. Para a sua utilização, caberá ao usuário

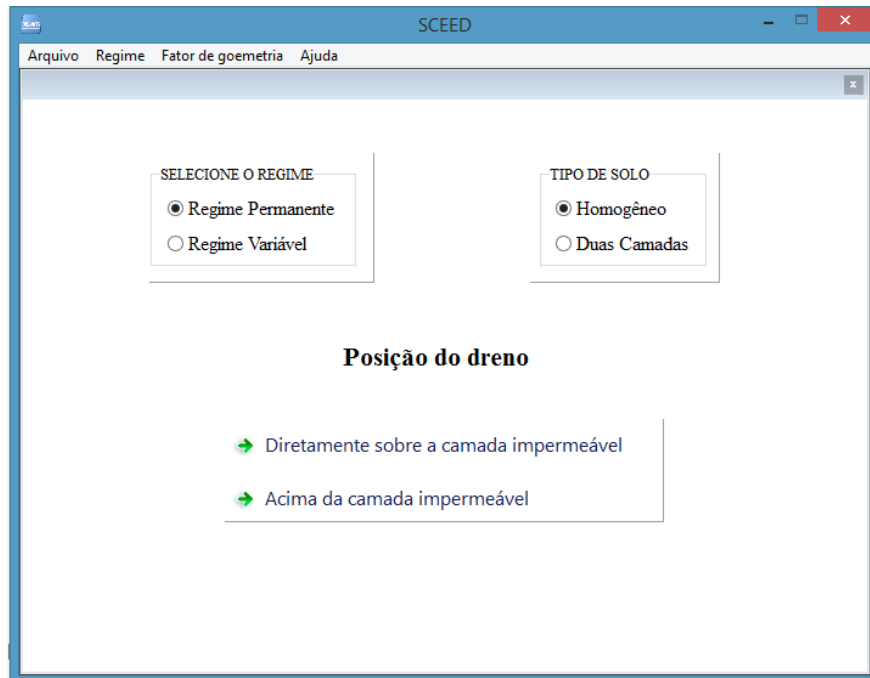
conhecer as características do clima, solo e cultura, as quais determinarão as características do sistema de drenagem.



**Figura 1-** Software para cálculo do espaçamento entre os drenos

Com os dados anteriores o usuário irá selecionar o regime correspondente a sua situação, tipo

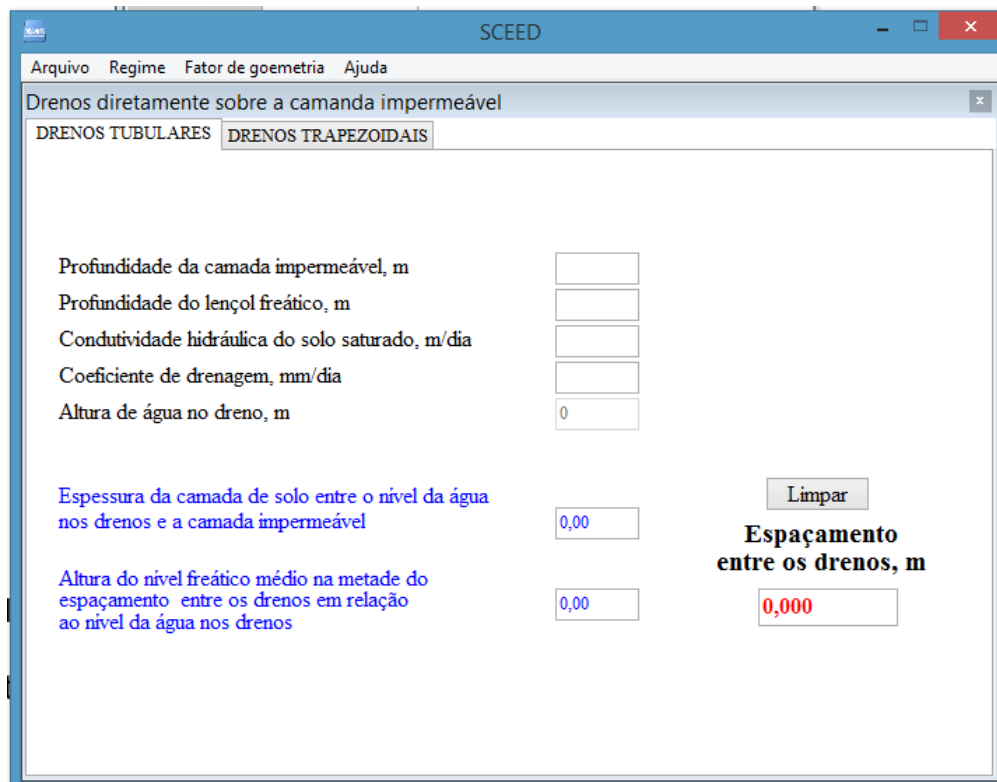
de solo para o regime permanente, e posição dos drenos em relação à camada impermeável (Figura 2).



**Figura 2.** Seleção das características do solo

Posteriormente indica-se o tipo de dreno a ser adotado, tubular ou trapezoidal. Feito isso será possível

informar os dados referentes ao solo, dreno e precipitação.



**Figura 3.** Seleção do tipo de dreno

## CONCLUSÕES

O software desenvolvido é uma opção aos métodos de cálculo manuais. Este programa favorece os trabalhos de melhoria das condições do solo para uso agrícola, é de fácil aplicação, interpretação, e manuseio,

realizando os cálculos do espaçamento entre drenos com rapidez e adequação, considerando as necessidades do projeto de drenagem.

## MATERIAL COMPLEMENTAR

Link para download: <http://goo.gl/X0hXHz>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILLAR, Agustin A.. **Drenagem de terras agrícolas:** bases agronômicas. 2. ed. São Paulo: Editeria Eeditorial Ltda., 1988. 306 p.

PRUSKI, Fernando Falco et al. Dreno 2.0: Dimensionamento e manejo de sistemas de drenagem de superfície. In: PRUSKI, Fernando Falco et al. **Hidros:** Dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. Viçosa: Ufv, 2006. Cap. 4, p. 61-102.

MARTINES, Mauro Aparecido; OLIVEIRA, Rubens Alves de. Drenagem. In: BERNADO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação.** 8. ed. Viçosa: Ufv, 2006. Cap. 11, p. 571-625.