

# DELINEAMENTO DE DRENOS SUBSUPERFICIAL, CONSIDERANDO DIVERSAS CARACTERIZAÇÃO DE CHUVA CRÍTICA NO APORTE HÍDRICO<sup>1</sup>

WALDENISIA S. GADELHA<sup>2</sup>, LUIS CARLOS U. SAUNDERS<sup>3</sup>, ROSIRES C. CURÍ<sup>4</sup>, HYPERIDES P. MACEDO<sup>5</sup>, J. DANTAS NETO<sup>6</sup>.

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 analisa o delineamento de drenos subterrâneos, utilizando duas condições de chuva crítica: chuvas com duração máxima de um dia (Hooghout) e chuvas consecutivas onde se tem em conta seu efeito acumulativo (Kraijenhoff Van De Leur-Maasland). A pesquisa foi realizada na unidade de operação e demonstração (UOD) do perímetro irrigado Maniçoba, CODEVASF, em Juazeiro-Ba. Os resultados mostraram que, para o regime hidrológico da região em estudo, as equações e condições desenvolvidas por Kraijenhoff Van De Leur e Maasland para chuvas consecutivas, resultaram em um projeto com design mais econômico.

**PALAVRAS CHAVES:** dreno subterrâneo, perímetro irrigado Maniçoba, chuva crítica.

**ABSTRACT:** This paper analyzes the underground delineation of drains, using two conditions of critical rain: Rains with maximum duration of one day (Hooghout) and consecutive rains where it is taking in account its accumulative effect (Kraijenhoff Van De Leur-Maasland). The experiment was accomplished in UOD (Unit of Operation and Demonstration) of the irrigated perimeter Maniçoba/CODEVASF, in Juazeiro-BA. The results showed that considering the hydrology of the area in study, the equations and conditions used by Kraijenhoff Van De Leur-Maasland for consecutive rains resulted in a project with a design more economical.

**KEYWORDS:** underground drains, Maniçoba's irrigation perimeter, critical Rain.

**INTRODUÇÃO:** No Brasil, a crescente importância da irrigação para a geração de empregos e para o desenvolvimento econômico do país tem tornado imprescindível o estudo dos fatores envolvidos no desempenho dos cultivos, ressaltando-se a drenagem. A drenagem é uma das mais importantes práticas de recuperação de solos e de manejo de águas e tem grande impacto na produtividade e, conseqüentemente, na receita agrícola.

Um sistema de drenagem que conduza a um estado satisfatório de umidade poderá ser obtido a partir da caracterização adequada dos critérios hidrológicos que servirão de base para o “design” das estruturas de drenagem.

<sup>1</sup> Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao DEAg/UFC, financiada pelo CNPq, CODEVASF e DNOCS.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Civil, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS e doutoranda do Curso de Recursos Naturais, CCT/UFCG, Campina Grande, PB, (083) 310.1373, e-mail: [waldenisia2002@yahoo.com.br](mailto:waldenisia2002@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Centro de Ciências Agrárias da UFC, Tel.: (85)32887360, (085)99538423 - email: [prassufc@ufc.br](mailto:prassufc@ufc.br)

<sup>4</sup> Eng<sup>a</sup> Civil, PhD, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande – PB, (083) 3310.1290, e-mail: [rosirescuri@yahoo.com.br](mailto:rosirescuri@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Civil, Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica, Ministério da Integração, Brasília– DF, (61)34145828, e-mail: [sih@integracao.gov.br](mailto:sih@integracao.gov.br)

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, DEAg/UFCG, Campina Grande, PB, (83)33101373, e-mail: [zedantas@deag.ufcg.edu.br](mailto:zedantas@deag.ufcg.edu.br)

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa do delineamento de sistemas de drenagem subsuperficiais, utilizando diferentes hipóteses para chuva crítica na definição do aporte hídrico, para caracterização dos dados científicos essenciais à dinâmica de projeto da região, tendo em conta, principalmente, os aspectos climáticos e econômicos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área escolhida para aplicação da metodologia foi a Unidade de Observação e Demonstração (UOD) do perímetro Irrigado Maniçoba, no município de Juazeiro, Estado da Bahia.

No delineamento do projeto de drenagem subsuperficial considerou-se, dentre outros fatores, a norma de drenagem (a profundidade do lençol freático e capacidade de descarga) e a profundidade. A norma de drenagem é caracterizada principalmente pela capacidade de rebaixamento dos drenos, ou seja, baixar o lençol freático de uma posição 'p<sub>0</sub>' para uma posição 'p<sub>1</sub>', em um intervalo de tempo de 'T' (dias), supondo-se que não choverá durante este período. O valor de 'p<sub>1</sub>' é medido desde a superfície do terreno. Neste caso é necessário caracterizar qual chuva terá efeito decisivo na recarga do lençol, ou seja, chuva crítica.

O espaçamento dos drenos foi calculado considerando as seguintes alternativas a serem analisadas e comparadas: (a) regime permanente, princípios de Hooghoudt e recarga crítica de chuvas isoladas de um dia de duração, que sejam superadas 'N' vezes ao ano; (b) regime variável, princípios de Kraijenhoff Van de Leur-Maasland com recarga crítica de chuvas consecutivas.

*Regime permanente, equação de Hooghoudt:* A equação geral de Hooghoudt obedece às normas de drenagem do regime permanente e considera apenas a contribuição horizontal e radial no cálculo do espaçamento. Considerando chuva ou recarga crítica não acumulativa, tem-se:

$$L^2 = \frac{8 K_2 h d}{R} + \frac{4 K_1 h^2}{R} \quad (1) \text{ , Onde: } L = \text{espaçamento entre drenos, m; } R = \text{recarga, m d}^{-1};$$

K<sub>1</sub> = permeabilidade do estrato situado sobre os drenos, m d<sup>-1</sup>; K<sub>2</sub> = permeabilidade do estrato situado abaixo dos drenos, m d<sup>-1</sup>; h = altura do lençol freático em seu ponto médio, com relação ao nível dos drenos, m; d = espessura equivalente de Hooghout, depende de L, D<sub>0</sub> e r<sub>d</sub>; R<sub>h</sub> = resistência horizontal; R<sub>r</sub> = resistência radial; r<sub>d</sub> = raio do dreno, m; D<sub>0</sub> = espessura do estrato desde o dreno ao impermeável, m; Ln = Logaritmo neperiano.

A elevação admissível (h<sub>adm</sub>), h<sub>adm</sub> = d<sub>p</sub> - p<sub>f</sub> (2); Onde: p<sub>f</sub> = profundidade ótima, m; d<sub>p</sub> = profundidade do dreno, m.

*Regime variável, princípios de Kraijenhoff Van De Leur-Maasland para recarga acumulativa:* Neste estudo, a elevação do lençol freático, de modo a satisfazer as condições de drenagem relativas à época de chuvas, obedece às normas de drenagem do regime variável, princípios de Kraijenhoff Van de Leur-Maasland, para recarga acumulativa. Este método caracteriza-se pela elevação do lençol freático até uma profundidade "p<sub>r</sub>", medida desde a superfície do terreno, como consequência da precipitação crítica que ocorre com uma frequência máxima de 'N' vezes por ano. Este critério tem sido estudado e aplicado por Pizarro em projetos na Espanha e Brasil (Piauí – Projeto de Irrigação Caldeirão), mostrando ser preferencialmente aplicável para 'N' igual a cinco, Pizarro (1975).

Neste estudo, seguiu-se o considerado por Pizarro (1978), no que se refere a "p<sub>r</sub>", profundidade máxima de elevação do lençol, que agrupa distintos cultivos em classes, tendo em vista as condições de drenagem e a frequência de chuva.

O espaçamento, a partir dos estudos de Kraijenhoff Van de Leur-Maasland que utilizam a recarga ou chuva contínua com percolação constante, foi calculado através das seguintes equações:

$$h = p \cdot \frac{\pi^2}{8} \cdot \frac{j}{\mu} \left[ 1 - \frac{32}{\pi^3} \cdot \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^3} \cdot \left( e^{-n^2 \frac{b}{t}} \right) \right] \quad (3) \text{ . O valor de 'h}_{adm} \text{ foi calculado segundo a}$$

equação (2), para o instante final da chuva e para os três dias consecutivos após o seu término. A profundidade (p<sub>r</sub>), requerida ou admissível que o lençol freático deve ter (igual à altura 'h' sobre os drenos após convergência) .

*Caracterização da chuva crítica utilizando as equações de Kraijenhoff Van de Leur-Maasland:* A frequência das chuvas ocorridas na região foi calculada utilizando-se dados pluviométricos de 01 de janeiro de 1963 a 31 de dezembro de 1983. Tem-se, portanto, 20 anos, ou seja, 7305 dias de registro de dados pluviométricos do posto de Maniçoba. As falhas existentes nos dados do posto de Maniçoba foram corrigidas com as informações do posto pluviométrico de Juazeiro que fica a 30km do posto estudado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Espaçamento dos drenos Princípios de Hooghoudt: O espaçamento entre drenos usando os *princípios de Hooghoudt, regime permanente* e recarga crítica não acumulativa, equação (1), foi calculado com base nos seguintes dados:

- R = chuva ou recarga crítica = 0.040m/dia;
- $K_1$  = permeabilidade do estrato situado sobre os drenos = 2.89m/dia, determinada em campo pelo método do poço;
- $K_2$  = permeabilidade do estrato situado abaixo dos drenos =  $K_1 = 2.89$ m/dia, pois o estrato entre a superfície e o impermeável, neste lote, é uniforme;
- h = altura do lençol freático em seu ponto médio, com relação ao nível dos drenos = 0.80m;
- d = espessura equivalente de Hooghoudt = 0.40m;
- $r_d$  = raio do dreno = 0.060m, de uso frequente pelos irrigantes do perímetro.

Foram realizadas cinco tentativas para o espaçamento (L), L = 30, 20, 12, 11.50 e 11.62. Houve convergência para L=11.62m.

*Princípios de Kraijenhoff Van De Leur - Maasland, para regime variável* e recarga crítica acumulativa para a época de chuva, foi calculado utilizando os seguintes dados:

- chuva crítica (chuva de um dia, que é superada 5 ou menos vezes por ano) igual a de 40mm;
- elevação freática (h), para a chuva crítica R = 40mm e macroporosidade ( $\mu$ ) de 16% é 0.25m;
- altura freática admissível ( $h_{adm}$ ), para profundidade ótima ( $p_f$ ) = 1.10m e cultivos extensivos (Classe B), foi de 0.10m;
- constante 'C', para chuvas de até nove dias (número máximo de dias consecutivos de chuva no posto de Maniçoba, no período estudado). Para a determinação da referida constante, foram utilizados os seguintes dados: comprimento inicial (L) = 30m, sugerido por Pizarro (1978) para solos arenosos; condutividade Hidráulica (K) = 2.89 m/dia, Macroporosidade ( $\mu$ ) = 0.16%, espessura do estrato (d) = 0.80m.
- chuva ou recarga crítica considerada nos cálculos foi aquela que ocupou o centésimo lugar, T x N = 100, visto que o período (T) é de 20 anos e a frequência crítica (N) é 5 vezes ao ano;
- precipitação de ordem 100 totalizou uma altura de chuva de 28.7mm e teve dois dias de duração, ou seja, p = 14.40mm/dia (0.0144m/dia);
- a elevação freática resultante, para a chuva crítica de 14.40mm/dia, foi de 352mm;
- duração da chuva (b) = 2 dias;
- raio ( $r_d$ ) = 0.06m;
- distância do dreno ao impermeável ( $D_0$ ) = 0.40m;
- altura inicial sobre o nível dos drenos ( $h_0$ ) = 0.70m;
- altura sobre o nível do dreno ao final do tempo t ( $h_t$ ) = zero;
- altura média do lençol freático, sobre os drenos, em seu movimento de  $h_0$  a  $h_t$  ( $D_1$ ) = 0.35m.

Utilizando os dados acima especificados, realizaram-se cinco tentativas, L = 30, 20, 21, 21.5 e 21.8m. Foi obtida convergência para L = 21.8m.

A partir dos espaçamentos encontrados determinou-se a necessidade de dreno subterrâneo por hectare para a área ( $ND_S$ ), obtendo-se o seguinte resultado: regime permanente ( $ND_S$ )=860m/ha e regime variável ( $ND_S$ )=460m/ha.

No que se refere aos dados obtidos, faz-se as seguintes considerações: (a) a profundidade dos drenos foi fixada em 1.20m para evitar escavação em material rochoso, o que, dentre outros problemas, dificultaria a implantação do sistema. Esse valor corresponde à menor profundidade do impermeável; (b) observa-se nas equações de Kraijenhoff Van de Leur – Maasland, regime variável, que as condições de ambiência

exigidas adequam-se às encontradas na região; (c) a metodologia utilizando a equação de Hooghoudt, regime permanente, foi escolhida para análise em razão de ser muito comum o uso desta equação nos projetos de drenagem da região; (d) a necessidade de dreno subterrâneo por hectare ( $ND_s$ ) foi determinada para que pudesse ser utilizada como parâmetro comparativo na avaliação do custo de implantação do projeto.

**CONCLUSÕES:** Os resultados apresentados neste trabalho permitem concluir que: (a) dependendo da Metodologia e do critério de recarga adotado, obtêm-se diferenças expressivas, evidenciando ser importante a adequabilidade das condições físicas e climáticas da região na escolha da metodologia a ser adotada para o delineamento de drenos subterrâneos; (b) o espaçamento utilizando a equação de Hooghoudt subestimou o espaçamento calculado através da equação de Kraijenhoff Van de Leur – Maasland em 46.8%. Pode-se inferir que esta ocorrência seja ocasionada pela dissonância entre as condições físicas e climáticas da região estudada e as condições implícitas do regime permanente (Hooghoudt); (c) comparando-se a necessidade de tubos de drenagem por hectare ( $NT_D$ ), utilizando o espaçamento encontrado por Hooghoudt e por Kraijenhoff Van de Leur – Maasland, verificou-se que o custo de implantação ao adotar-se o espaçamento pelo regime permanente foi 87% maior que o proporcionado pela metodologia do regime variável, considerando apenas este item do orçamento; (d) para a região em estudo, as equações e condições utilizadas por Kraijenhoff Van De Leur-Maasland resultaram em projetos com um design mais econômico.

**LITERATURA CITADA:** Hooghoudt, S. B. Bijdragen tot de Kennis natuurkundige grotheden van den grond. Versl. Landb., Ond. 42, Algemeene landsdrukkerij, The Hague, (13) B: 449-541, 1936.  
Kraijenhoff Van De Leur, D. A. A study of non steady groundwater flow with special referent to a reservoir coefficient (Part I: De Ingenieur, 70:B 87-94; Part II: de Ingenieur; B 285-292), 1962.  
Pizarro, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos: Madrid, Editora Agrícola Española, 1978. 521p.  
Pizarro, F. Curso de drenagem e dessalinização. Fortaleza, MINTER/DNOCS, Convênio DNOCS/IRYDA, 1975. 204p.