

**Análise Hidráulica de um
Sistema de Irrigação por Aspersão
do Tipo Canhão Hidráulico**



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2013

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Solos

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 236

Análise Hidráulica de um Sistema de Irrigação por Aspersão do Tipo Canhão Hidráulico

Roger Luiz da Silva Almeida

José Dantas Neto

Enio Fraga da Silva

Roger Luiz da Silva Almeida Filho

Rio de Janeiro, RJ

2013

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, nº 1.024, Jardim Botânico.

CEP: 22460-000, Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2179-5291

www.embrapa.br/solos

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Claudia Regina Delaia Machado, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Maria Regina Capdeville Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Quitéria Sonia Cordeiro dos Santos.*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Foto da capa: *Roger Luiz da Silva Almeida*

1ª edição

On-line (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Análise hidráulica de um sistema de irrigação por aspersão do tipo canhão hidráulico / Roger Luiz da Silva Almeida ... [et al.]. – Dados eletrônicos.

– Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2013.

17 p. : il. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos,

ISSN 1678-0892 ; 236).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes>> .

Título da página da Web (acesso em 20 dez. 2013).

1. Irrigação por aspersão. 2. Equipamento de irrigação. I. Almeida, Roger Luiz da Silva. II. Dantas Neto, José. III. Silva, Enio Fraga da. IV. Almeida Filho, Roger Luiz da Silva. V. Embrapa Solos. VI. Série.

CDD 631.587 (23. ed.)

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	13
Conclusões	17
Referências	17

Análise Hidráulica de um Sistema de Irrigação por Aspersão do Tipo Canhão Hidráulico

Roger Luiz da Silva Almeida¹

José Dantas Neto²

Enio Fraga da Silva³

Roger Luiz da Silva Almeida Filho⁴

Resumo

Este trabalho teve como objetivo calcular a uniformidade de irrigação para sistema de irrigação por aspersão do tipo canhão hidráulico submetido a vários espaçamentos em campo. Foi conduzido na propriedade hidroagrícola Lagoa do Ouro, no Município de Jequié, Bahia. O aspersor utilizado é do tipo canhão hidráulico, Plona-PLN 25. Foram utilizados 80 coletores no campo espaçados de 6 (m) para coleta das lâminas de água (mm). A evapotranspiração potencial da cultura foi medida a partir do tanque classe "A" instalado na propriedade. Os maiores valores apresentados de coeficientes de uniformidade CUC e CUD foram de 78% e 71% respectivamente para o espaçamento de 36x36 m; e os menores, 67% e 30% para o espaçamento 42x42 m.

Termos para indexação: canhão hidráulico, irrigação, uniformidade.

¹Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia agrícola, Prof. Adjunto da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Prof. Titular da Universidade Federal de Campina Grande.

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

⁴Engenheiro florestal, Mestre em Genética pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Uniformity of Water Application in System of Irrigation for Aspersión of the Type Hydraulical Cannon Sprinkler

Abstract

This work had as objective to calculate the uniformity of irrigation for system of irrigation for aspersión of the type submitted hydraulical cannon to some spacing in field. Lagoon of the gold in the city of Jequié-Bahia was lead in the hidroagrícola property. The used aspersor is of the type hydraulical Cannon, Plona-PLN 25. 80 collectors in the field spaced of 6 had been used (m) for collection plate of them of water (mm). The potential evapotranspiration of the culture was measured from the tank class room "A" installed in the property. The biggest presented values of coefficients of uniformity CUC and CUD had been of 78% and 71% respectively for the espaçamento of 36x36m and minors 67% and 30% for the spacing 42x42m.

Index terms: hydraulical cannon, irrigation, uniformity.

Introdução

A irrigação é uma prática agrícola ainda pouco difundida na região Semi-árida Nordestina. O custo dos equipamentos e implementos agrícolas associado à falta de mão de obra especializada no manejo da irrigação e a indisponibilidade de água em grande quantidade e qualidade inviabilizam a instalação e sustentabilidade de grandes projetos que poderiam ser desenvolvidos na região.

A incorreta utilização dos recursos hídricos é o principal problema nos projetos de irrigação instalados nas propriedades hidroagrícolas no Semiárido Baiano, uma vez que grandes perdas de água por escoamento superficial são facilmente detectadas com uma breve análise "*in loco*", fazendo com que o solo seja perdido por erosão e os macro e micronutrientes sejam carreados para longe da zona radicular das plantas.

A quantificação do excesso de água pode ser realizada através de uma análise mais minuciosa do sistema em questão, utilizando coeficientes de uniformidade de distribuição de água. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) são exemplos destes indicadores (BERNARDO et al., 2006).

Os canhões hidráulicos ou aspersores gigantes são equipamentos de irrigação que funcionam com pressões que variam desde 392,3 kPa até mais de 980,7 kPa, cujo raio de alcance (círculo efetivo molhado por cada aspersor) varia entre 30 a 100 metros. Na maioria dos casos, o canhão hidráulico é utilizado de forma portátil, instalado sobre linhas laterais, de maneira similar ao funcionamento de um sistema convencional.

A adaptabilidade deste tipo de sistema de irrigação às condições nordestinas é um processo que requer estudos do desempenho diante das condições climáticas existentes. Pouco trabalho tem sido desenvolvido focalizando a avaliação da uniformidade e eficiência deste tipo de sistema de irrigação. Pesquisas relacionadas com o tema podem colaborar na tomada de decisão e na sua maior difusão em regiões nordestinas.

Assim, objetivou-se com este trabalho verificar o desempenho de um sistema de irrigação por aspersão do tipo canhão hidráulico em condições de campo no Semiárido Baiano.

Material e Métodos

Os dados de campo foram coletados na propriedade Lagoa do Ouro localizada no Município de Jequié, BA, cujas coordenadas geográficas são: latitude 13°52' e longitude 40°5', com uma altitude de 199 metros. A classificação climática de Köppen indica que a área da pesquisa está sob domínio do clima Bw, precipitação anual inferior a 500 mm com chuvas de verão.

Em pontos aleatórios da área foram colhidas as amostras de solo à profundidade de 0-20 cm. Posteriormente, estas foram enviadas para a Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba (FAZU-MG) para análise física do solo, apresentando como principais resultados: capacidade de campo 29 g.cm⁻³, ponto de murcha 14 g.cm⁻³, densidade aparente de 1,28 g.cm⁻³ e textura franco arenosa.

A superfície da área experimental é praticamente plana onde se cultivava o capim Tifton e o Cameron utilizados para comercialização de feno e pastagem. O sistema é composto por 6 canhões hidráulicos modelo Plo-na-PLN 25, um por linha lateral, abastecidos por tubulações laterais de alumínio, com comprimento 84 m e diâmetro de 3". Estas tubulações laterais recebem água de uma tubulação principal de 174 m de comprimento e diâmetro de 5". O diâmetro do bocal maior e menor são, respectivamente, 13,8 e 6,8 mm, com ângulos de inclinação de 26°C.

Foram distribuídos 80 coletores sobre a área de influência do canhão espaçados de 6 metros, formando linhas paralelas entre si, sendo que as duas primeiras linhas se encontravam distanciadas de 3 metros em relação ao ponto canhão com o objetivo de se fazer a superposição e, assim, procurar um espaçamento que maximize a uniformidade de aplicação.

Para determinar a uniformidade de irrigação no sistema canhão hidráulico, foram tomados os valores das lâminas (mm) médias, obtidos durante a realização dos três ensaios. Foram utilizadas as Equações 1, 2 e 3 para uma análise comparativa dos resultados.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: X_i , precipitação observada em cada pluviômetro; \bar{X} , Altura de precipitação média dos pluviômetros; e n , o número de pluviômetros.

$$CUC_{alt} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i / Y_i - Y_{mp}}{Y_{mp} \sum_{i=1}^n S_i} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: CUC_{alt} , Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (1942) modificado por Heermann e Hein (1968) em %; Y_{mp} , lâmina média ponderada, considerando todos os coletores, em mm; Y_i , lâmina precipitada no coletor i , em mm; $S_i = i$, para $i = 1, 2, 3, \dots, n$, quando os coletores estão equidistantes.

A lâmina em cada coletor foi determinada através da relação entre o volume coletado e a área do coletor. A relação encontrada na transformação dos volumes, em ml, nas respectivas lâminas, em mm, foi: Lâmina (mm) = 0,127 x Volume (ml). Para o cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição foi utilizada a seguinte fórmula:

$$CUD = \frac{u}{U} \cdot 100 \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: u é a média dos 25% dos menores valores de lâminas de irrigação e U é a lâmina média aplicada sobre a superfície do solo.

Merriam et al. (1973) sugeriram a seguinte expressão para estimar a eficiência em potencial de irrigação em aspersores tipo canhão hidráulico:

$$EPA = \frac{\bar{H}_{25\%}}{Hm} \cdot 100 \quad \text{Eq.4}$$

Onde: $\bar{H}_{25\%}$ é lâmina média entre as 25% menores coletadas (mm); Hm - lâmina teórica aplicada (mm).

$$Hm = \frac{q_0 \cdot t \cdot 3600}{S_1 \cdot S_2} \quad \text{Eq.5}$$

Onde: q_0 , vazão do canhão (l.s^{-1}); t , tempo de duração do ensaio (h); S_1 , espaçamento entre posições dos aspersores na lateral; S_2 , espaçamento entre linhas laterais (m).

Para sistemas de irrigação por aspersão tipo canhão hidráulico pode-se utilizar a seguinte expressão para o cálculo da eficiência de aplicação (EA): (KELLER, 1984).

$$EA = CUC \cdot EPA \quad \text{Eq.6}$$

Para o sistema canhão hidráulico, a lâmina real de água total necessária para suprir o déficit hídrico (Y_r) foi determinada em função da capacidade de armazenamento do solo e foi definido a partir da equação proposta por Bernardo et al. (2006):

$$Lr = \frac{(CC - PMP) \cdot Da \cdot Z \cdot f}{100} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

CC - capacidade de campo (g.cm^{-3}); PMP - ponto de murchamento (g.cm^{-3});
Da - densidade aparente do solo (g.cm^{-3}); Z - profundidade efetiva do sistema radicular (em mm); f - fator de depleção de água.

Resultados e Discussão

A partir dos dados de precipitação coletados, foram simulados valores de lâminas teoricamente aplicadas (LA), lâminas médias coletadas (LC) e lâminas médias coletadas dos 25% do total dos pluviômetros, com as menores precipitações ($LC_{25\%}$), para o espaçamento usado em campo, que foi 30x30 m, bem como para outras combinações de espaçamento possíveis de serem usadas (Tabela 1).

Como a lâmina teoricamente aplicada diminui com o aumento da área irrigada pelo aspersor, as lâminas médias coletadas diminuem também com a área irrigada. Sendo assim, a área cuja combinação de espaçamento 24x24 m recebeu a maior lâmina (30 mm) e a combinação 42x42 m, a menor (10 mm).

A partir da lâmina real necessária de 31,6 mm e das lâminas coletadas, elaborou-se a relação do tempo de aplicação (TA) para cada combinação de espaçamento. Sendo assim, para o espaçamento que está sendo usado em campo 30x30 m, o tempo para aplicar a lâmina necessária é de 1,58h (1:35 h:min).

Tabela 1. Coeficientes de uniformidade e eficiência potencial de aplicação para vários espaçamentos.

	24x24	24x30	30x30	30x36	36x36	36x42	42x42
LA (mm)	25	20	19	13	11	9	8
LC (mm)	30	24	20	16	14	11	10
LC_{25} (mm)	20	16	14	11	10	6	3
LR (mm)	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6
TA (h)	1,05	1,32	1,58	1,98	2,26	2,87	3,16

Nota: LA, lâminas teoricamente aplicadas; LC, lâminas médias coletadas; $LC_{25\%}$, lâminas médias coletadas dos 25% do total dos pluviômetros, com as menores precipitações; LR, lâmina real necessária para a cultura; TA, tempo de aplicação.

A Figura 1 apresenta as isoietas de precipitação para o aspersor canhão funcionando isoladamente. Observa-se que o direcionamento do vento provocou um deslocamento da água distribuída na superfície do solo, concentrando em uma parte da área. Segundo Keller e Bliesner (1990), o sistema de aspersão tipo canhão apresenta bom desempenho em condições de baixa a média velocidade de vento. Nota-se que as precipitações possuem formas indefinidas e as alturas de precipitação medidas sobre o solo apresentam isoietas não circunscritas ao eixo do aspersor, isto pode ser provocado pela pressão de funcionamento do canhão hidráulico, pela direção do vento e de sua velocidade, já que o valor médio de 11 km/h observada nos ensaios está próximo ao limite de 14 km/h, considerada como elevada para irrigação por aspersão (BERNARDO et al., 2006).

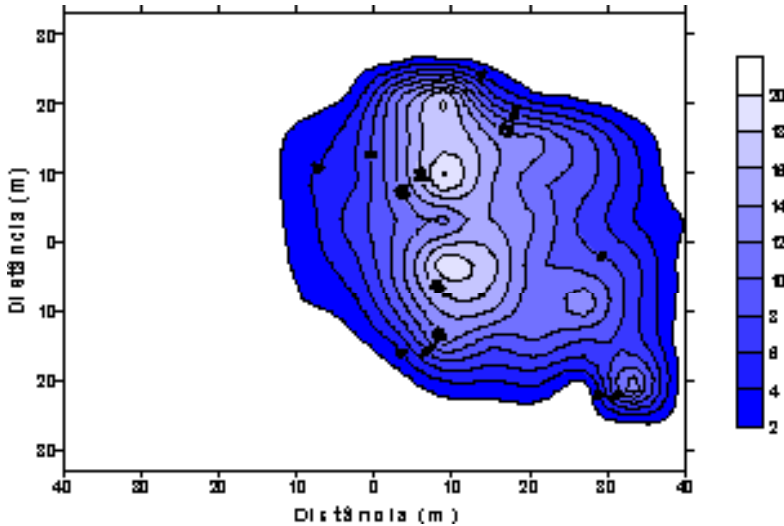


Figura 1. Isoietas das precipitações (mm) para o canhão hidráulico.

A partir dos dados de lâminas aplicadas e coletadas, simulou-se os seguintes coeficientes de uniformidade: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de Uniformidade de Christiansen alternado (CUC_{alt}) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para o espaçamento usado em campo de 30x30 m, bem como para outras combinações de espaçamento possíveis de serem usadas (Tabela 2).

O CUC avalia a uniformidade de distribuição de aplicação de água e o CUD avalia a uniformidade de distribuição e as perdas por percolação. No aspersor ensaiado, tanto o CUC como CUD, nas diversas faixas de espaçamento simuladas, estão dentro dos valores recomendados para este tipo de aspersor, com exceção dos espaçamentos de 42x42 m e 36x42 m, cujos valores de CUD são, respectivamente, 30% e 55%. Segundo Keller e Bliesner (1990), os valores de CUC entre 60 e 75% são típicos de aspersores tipo canhão, operando em baixas e em moderadas condições de vento. No entanto, Merriam e Keller (1978) afirmam que, para culturas forrageiras, o valor do CUD é economicamente viável entre 60 e 70% e que pode-se usar valor de até 50% quando ocorre suplementação regular de chuvas.

O espaçamento usado de 30x30 m apresenta CUD de 70%, sendo considerado bom, pois se enquadra perfeitamente no intervalo citado acima. A Tabela 2 mostra que os melhores resultados de uniformidade, proporcionados pela simulação, encontram-se no espaçamento 36x36 m. Se utilizarmos, no entanto, a metodologia CUC_{ait} , todos os coeficientes ficariam acima de 80%, o que é considerado por técnicos em irrigação um ótimo valor para aspersores do tipo canhão.

Tabela 2. Parâmetros de uniformidade e de eficiência para vários espaçamentos.

	24x24	24x30	30x30	30x36	36x36	36x42	42x42
CUC (%)	79	78	77	74	78	68	67
CUC_{ait} (%)	88	87	87	86	87	82	82
CUD	67	67	70	69	71	55	30
EPA	80	80	74	85	91	67	38
EA	63	62	57	63	71	36	23

Nos espaçamentos 24x24 m até 36x36 m, os valores de eficiência potencial de aplicação estão dentro dos limite aceitáveis para aspersores canhão. A eficiência de aplicação (EA) reflete as perdas por evaporação pelo arrastamento pelo vento e a uniformidade de aplicação de água. Como este índice engloba diversos outros índices estudados, a melhor combinação de espaçamento para o sistema de aspersão estudado é 36x36 m (EA = 71%); e o pior é 42x42 m (EA = 23%).

As Figuras 2 e 3 mostram os perfis de precipitação para os espaçamentos que proporcionaram a melhor (36x36 m) e a pior eficiência de aplicação (42x42 m). Fica evidente que a superfície onde a água se distribui mais homogênea é aquela representada pela Figura 2, onde o perfil se mantém quase que completamente uniforme sobre toda a superfície do solo, enquanto que pela Figura 3 observa-se uma constante variação das lâminas de água aplicadas sobre a superfície do solo (2 a 18 mm), onde a presença de uma grande variação de valores de precipitação se mostra bem mais clara, evidenciando uma não uniformidade na distribuição da água.

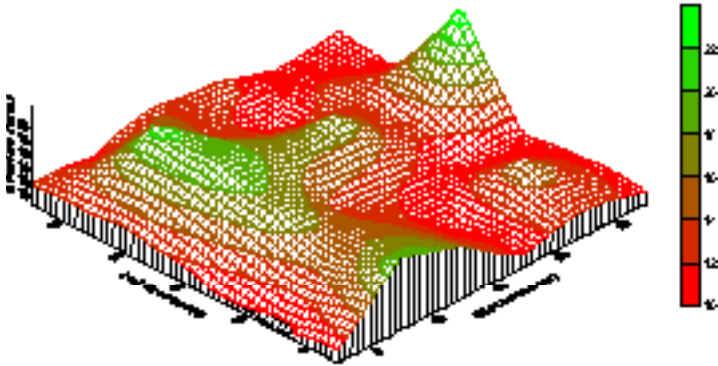


Figura 2. Perfil de precipitação para o espaçamento de 36x36 m.

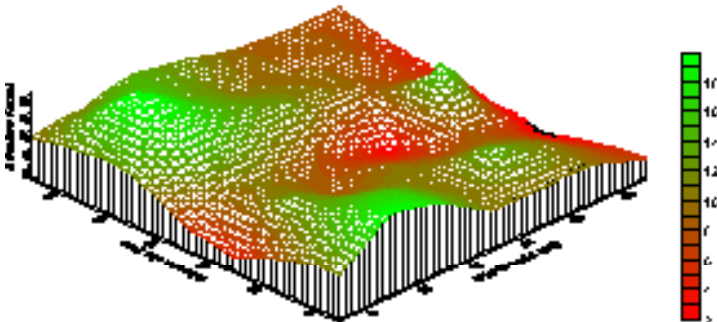


Figura 3. Perfil de precipitação para o espaçamento de 42x42 m.

Conclusão

A velocidade do vento e sua direção foram os fatores climáticos que mais influenciaram em setores que apresentaram baixos percentuais nos coeficientes de uniformidade. No que diz respeito à performance do canhão hidráulico, para o espaçamento utilizado pelo produtor (30 x 30 m), apesar de apresentar um valor do coeficiente de uniformidade de Christiansen (77%) considerado como bom, sua eficiência de aplicação de 57% é considerada como baixa.

Referências

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124 p. (University of California. Bulletin, 670).
- HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, 1968.
- KELLER, J. **Sprinkle irrigation**. Logan: Utah State University, 1984. 621 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 167 p.

Embrapa

Solos