



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

MODELAGEM PARA O DIMENSIONAMENTO DE MICROTUBOS EM REGIME DE ESCOAMENTO TURBULENTO

SOUZA, R. O. R. M¹; MARIANO, R. V.² & ROCHA, F.J. DA²

¹Professor Doutor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Presidente Tancredo Neves nº 2501, UFRA/ICA, CEP: 66077-530, Belém/PA. Fone: (91)32105153. e-mail: rodrigo.souza@ufra.edu.br

²Estudante de graduação, FATEC, Sobral/CE

RESUMO: Com o intuito de oferecer embasamento técnico-científico para o desenvolvimento de uma irrigação de baixo custo e alto nível tecnológico, este trabalho teve como objetivo verificar o modelo que melhor represente a perda de energia no microtubo, considerando um regime de escoamento turbulento. O presente trabalho foi conduzido no Laboratório da FATEC/Sobral, onde foi estabelecida com base nos resultados dos ensaios dos microtubos em regime de escoamento turbulento, a relação entre pressão, comprimento, vazão e diâmetro. Os modelos avaliados foram: Equação de Khatri et al. (1979); Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório; e a Fórmula Universal, utilizando Blasius para determinação do fator de atrito. Dentre os modelos estudados a Fórmula Universal com a equação de Blasius para a determinação do fator de atrito foi o que melhor representou o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento.

Palavras-chave: irrigação localizada, microtubos, hidráulica

MODELING FOR THE DESIGN OF MICROTUBES IN TURBULENT FLOW REGIME

ABSTRACT: With the intention of offering technician and scientific background for the development of a low cost and high technological irrigation, the objective of this work was to verify the model that best represents the head lost in microtubes, considering a turbulent flow regime. This work was lead at the Laboratory of FATEC/Sobral, where it was established the relationship between pressure, length, flow and diameter, based on the results of the microtubes tests in turbulent flow regime. The evaluated models were: equation of Khatri et al. (1979); empiric equation based on the laboratory tests; and the Universal Equation, with Blasius for determination of the attrition factor. The Universal Equation with Blasius was the best model for represented the head lost in the microtube in turbulent fow regime.

Keywords: localized irrigation, microtubes, hydraulic.



INTRODUÇÃO

O microtubo é o mais antigo gotejador de longo percurso. Esse emissor nada mais é que um pequeno tubo de plástico com diâmetro entre 0,5 e 2 mm, que se caracteriza pela fácil instalação e baixo custo, quando comparado com outros tipos de emissores.

Os microtubos apresentam, quando trabalham em regime laminar, os inconvenientes de alta sensibilidade a variações de temperatura e pressão, além de maiores riscos de entupimento (Soares, 1981). Mesmo com essas dificuldades, Pizarro Cabello (1987) comenta que na Espanha os microtubos se tornaram muito populares pelo seu baixo custo e por uma peculiaridade interessante: o agricultor pode uniformizar as vazões, mesmo o sistema estando instalado, cortando os emissores no comprimento que se mostre adequado.

Uma alternativa para minimizar o risco de entupimento e a sensibilidade do microtubo às variações de temperatura e pressão, é a utilização dos emissores com um regime de escoamento turbulento.

Na literatura existem equações empíricas para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento. Khatri et al. (1979) realizaram um estudo sobre hidráulica de microtubos e determinaram equações que representam a perda de carga total em diversas condições de regime de escoamento.

A utilização da Fórmula Universal (Darcy-Weisbach) também seria uma alternativa para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento. Neste caso, o fator de atrito “f” pode ser estimado com a equação de Blasius (Porto, 1999).

Dentro desse contexto e com o intuito de oferecer embasamento técnico-científico para o desenvolvimento de uma irrigação de baixo custo e alto nível tecnológico, este trabalho teve como objetivo verificar o modelo que melhor represente a perda de energia no microtubo, considerando um regime de escoamento turbulento. Os modelos avaliados foram: Equação de Khatri et al. (1979); Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório; e a Fórmula Universal, utilizando Blasius para determinação do fator de atrito.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Irrigação da Faculdade Tecnológica de Sobral, onde foi estabelecida com base nos resultados dos ensaios dos microtubos em regime de escoamento turbulento, a relação entre pressão, comprimento, vazão e diâmetro.

A avaliação dos microtubos foi realizada em diferentes condições de diâmetro, pressão e comprimento. Durante o ensaio os emissores funcionaram em regime turbulento. Foram avaliados microtubos com diâmetros internos de 1,5 (A); 1,0 (B); 0,8 (C); 0,7 (D); e 0,6 mm (E). Os valores dos diâmetros foram fornecidos pelo fabricante. Os testes foram realizados com pressões até 300 kPa.

Para cada comprimento o emissor foi posto em funcionamento em cinco ou seis pressões de serviço diferentes. Os ensaios foram realizados nas seguintes condições: microtubo A com pressões entre 300 e 20 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,8 m; microtubo B com pressões entre 300 e 50 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,6m; microtubo C com pressões entre 300 e 100 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,3m; microtubo D com pressões entre 300 e 120 kPa e comprimentos de 0,1 e 0,2m; e microtubo E com pressões entre 300 e 220 kPa e comprimento de 0,1m.

A pressão de serviço do emissor foi regulada através de um registro de precisão e medida com um manômetro digital. A vazão do microtubo foi mensurada três vezes em cada condição de pressão. A vazão dos emissores foi calculada com base no volume de água coletado durante o tempo de três minutos.

Com base nos resultados dos ensaios de laboratório foram testados três modelos de representação do fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento. Os modelos testados foram:

Khatri et al. (1979):

$$HF = 0,0036 \frac{Q^{1,779}}{D^{4,857}} L \quad (1)$$

em que,

Hf é a perda de carga no microtubo (mca); Q é a vazão (L h⁻¹); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (cm).

Fórmula Universal (eq. 2) com a equação de Blasius (eq. 3) para a determinação do fator de atrito:

$$HF = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

$$f = \frac{0,316}{NR^{0,25}} \quad (3)$$

em que,

Hf é a perda de carga no microtubo (mca); f é o fator de atrito (adimensional); V é a velocidade da água (m s⁻¹); D é o diâmetro (m); L é o comprimento (cm); g é a aceleração da gravidade (m s⁻²); NR é o número de Reynolds.

Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório:

$$HF = a \frac{Q^b}{D^c} L \quad (4)$$

em que,



H_f é a perda de carga no microtubo (mca); “a”, “b”, e “c” são constantes; Q é a vazão ($L h^{-1}$); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (m).

Para escolha do modelo que melhor representa a perda de energia no microtubo, foram estimados valores de pressão para as diversas condições de vazão, comprimento e diâmetro. Esses valores foram comparados com os valores obtidos em laboratório. O parâmetro de comparação entre modelos foi o Erro Quadrático Médio (eq. 5).

$$EQM = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (D - D_i)^2}{n} \right)^{0,5} \quad (5)$$

em que,

D é o dado observado; D_i é o dado estimado; n é o número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados dos ensaios de laboratório foi realizado o ajuste da Equação Empírica para a obtenção dos seus coeficientes:

$$HF = 0,194 \frac{Q^{2,094}}{D^{5,233}} L \quad (6)$$

em que,

H_f é a perda de carga no microtubo (mca); Q é a vazão ($L h^{-1}$); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (m).

Com os valores de vazão, comprimento e diâmetro do microtubo foram estimados valores de pressão. Este procedimento foi repetido com cada modelo em estudo. Os valores estimados de pressão foram comparados com os valores obtidos em laboratório (Figura 1). A comparação

foi

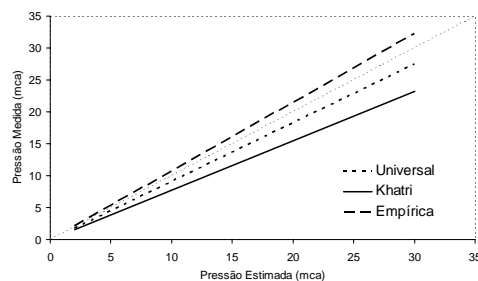


Figura 1. Relações entre pressões medidas e pressões estimadas, obtidas com base nas equações propostas por Khatri et al.(1979), Fórmula Universal com Blasius e a Equação Empírica.

realizada graficamente, quanto mais a equação ajustada (pressão estimada versus pressão medida) estiver próxima da equação $x = y$, mais os valores estimados se aproximam dos valores medidos.

A fórmula Universal com Blasius e a Equação Empírica obtiverem equações de pressão medida versus pressão estimada próximas da reta $X=Y$ (Tabela 1). Já a equação de Khatri et al. (1979) obteve um desempenho abaixo dos demais modelos, o que ficou comprovado pelo valor de EQM (5,8 mca).

Comparando a Fórmula Universal com a Empírica observa-se que a primeira obteve um desempenho superior, pois representou com maior precisão o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento, o valor de EQM para ambos os modelos foram respectivamente 3,7 mca e 3,9 mca. Pode-se observar também que a Fórmula Universal tende a superestimar os valores de pressão e a Equação empírica tende a subestimar.

Por tanto, com base nos resultados obtidos, recomenda-se a utilização da fórmula Universal com Blasius para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento.

Tabela 1. Parâmetros obtidos com base nos modelos propostos

Modelos	Pressão medida X Pressão estimada	EQM (mca)
Khatri et al. (1979)	$y=0,7739x$	5,8
Universal com Blasius	$y=0,918x$	3,7
Empírica	$y=1,0757x$	3,9

CONCLUSÕES

Dentre os modelos estudados a Fórmula Universal com a equação de Blasius para a determinação do fator de atrito foi o que melhor representou o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento, embora se tenha notado uma tendência de superestimativa dos valores de pressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KHATRI, K.C.; WU, I.; GILTILIN, H.M.; PHILLIPS, A. Hydraulics of microtube emitters. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of ASCE**, New York, v.105, n. IR2, p.167-173, 1979.
- PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- PORTO, R.M. **Hidráulica básica**. 2. ed. São Carlos: EESC, 1999. 519p.
- SOARES, A.A. Características hidráulicas de microtubos Cipla e linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, 1981. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

SIMULAÇÃO DA VAZÃO ÓTIMA DA IRRIGAÇÃO SOFTWARE APLICADO À SIMULAÇÃO DE IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE (SASIS)¹

**PORDEUS, R. V.²; AZEVEDO, C. A. V. DE³; DANTAS, L. A.⁴; DANTAS NETO, J.³;
MATOS, J. DE A. DE² & AZEVEDO, M. R. Q. DE A.⁵**

¹Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor.

²Eng°. Agrícola, Prof. Adjunto, Doutor, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN, Fone: (0xx84) 33151799, rvpordeus@gmail.com, rpordeus@ufersa.edu.br.

³Eng°. Prof. Adjunto, Doutor, UAEAg/ UFCG, Campina Grande-PB.

⁴Bel. Ciência da Computação, UAEAg/UFCG, Campina Grande-PB

⁵Eng°. Agrícola, Profª. Visitante, Doutora, UEPB, Campina Grande-PB.

RESUMO: Os sistemas de irrigação por superfície continuam sendo os mais utilizados no mundo inteiro, principalmente devido à economia de energia e sua facilidade de operação; no entanto, apresentam baixos níveis de desempenho como consequência, em geral, do dimensionamento e manejo inadequados. Assim sendo objetivou-se, com esta pesquisa desenvolver uma ferramenta capaz de possibilitar a otimização do desempenho da irrigação por sulco com fluxo contínuo, a partir de sucessivas simulações da fase de avanço e respectivos prognósticos dos parâmetros de desempenho do sistema de irrigação. O modelo proposto, escrito na linguagem de programação DELPHI 5.0 e denominado SASIS, “Software Aplicado à Simulação da Irrigação por Superfície”, teve sua validação testada para diferentes condições de campo. Os resultados demonstraram que a vazão aplicada exerce influência decisiva nos parâmetros de desempenho do sistema de irrigação, tendo os melhores desempenhos ocorrido para vazões próximas da mínima permitida.

Palavras-chave: Irrigação por sulco, simulação, otimização

SIMULATION OF THE GREAT FLOW OF THE IRRIGATION APPLIED SOFTWARE TO THE SIMULATION OF IRRIGATION OF SURFACE (SASIS)

ABSTRACT: The overhead irrigations for surface continue being the more used in the whole world, mainly due to the economy of energy and its operation easiness; however, these systems present low levels of performance, usually, as a consequence of inadequate design and management. Thus, the objective of this research was to develop a tool capable to make possible the optimization of the continuous flow furrow irrigation performance, making successive simulations of the advance phase and respective prognostics of the performance parameters of the irrigation system. The proposed model was written in the programming language DELPHI 5.0 and denominated SASIS, “Software Applied to

Simulation of the Surface Irrigation”, and had its validation tested for different field conditions. The results demonstrated that the applied discharge had decisive influence on the performance parameters of the furrow irrigation system, in which the best performance happened for discharges close to allowable minimum values.

Keywords: Furrow irrigation, simulation, optimization

INTRODUÇÃO

Apesar da irrigação por superfície ser a mais utilizada no mundo, ela é considerada de baixa eficiência de aplicação d’água, principalmente o sistema de irrigação por sulco, em que os de sulco aberto são os responsáveis pelos menores índices de eficiência. A baixa eficiência nos sistemas de irrigação por superfície se deve, em grande parte, à falta de um dimensionamento criterioso e à prática de manejo inadequado da irrigação. Segundo Rezende et al. (1988), níveis reduzidos de desempenho em sistemas de irrigação por sulcos podem ser atribuídos tanto ao dimensionamento incorreto quanto à operação e manejo insatisfatórios. A utilização de testes de avaliação seria recomendável, apesar do elevado custo e tempo necessários à execução dos trabalhos de campo e análise dos resultados. Além disso, torna-se praticamente impossível a avaliação de resultados combinados dos inúmeros parâmetros envolvidos no dimensionamento e operação dos sistemas.

Objetivou-se, neste trabalho, apresentar um software para simulação e otimização da irrigação por sulco com fluxo contínuo, capaz de, através de simulações da fase de avanço, prognosticar o desempenho de um evento de irrigação e selecionar a vazão ótima na irrigação por sulco com fluxo contínuo, isto é, aquela que maximiza a eficiência de aplicação d’água, balanceando as perdas por percolação e escoamento.

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO DO MODELO

O modelo de ondas cinemáticas implementado neste trabalho baseou-se num desenvolvimento teórico apresentado por Walker & Humpherys (1983).

Para solução numérica espacial das equações do modelo de ondas cinemáticas utilizou-se, o procedimento de integração Euleriana com aproximação de primeira ordem, apresentado por Walker & Humpherys (1983) e Wallender (1986), o qual resulta em duas equações algébricas mais estáveis e mais fáceis de serem resolvidas em microcomputadores.

Vazão máxima não erosiva - Para o cálculo da vazão máxima não erosiva o software SASIS se baseou no método recomendado por Walker & Skogerboe (1987). Os autores estudaram a vazão máxima não erosiva, em função de parâmetros obtidos a partir das dimensões do sulco.

Na determinação da relação entre vazão e a eficiência de aplicação d’água, taxas de percolação e de escoamento, inúmeras simulações foram realizadas pelo modelo SASIS, numa faixa de vazão compreendida entre a mínima e a máxima permitidas, sendo a simulação iniciada pela vazão mínima e se sucedendo com incrementos de 2% na vazão, até se atingir a vazão máxima permitida; a vazão ótima foi considerada a vazão que apresenta a melhor performance da irrigação, ou seja, a melhor eficiência de aplicação de água, atendendo à lâmina requerida de projeto.

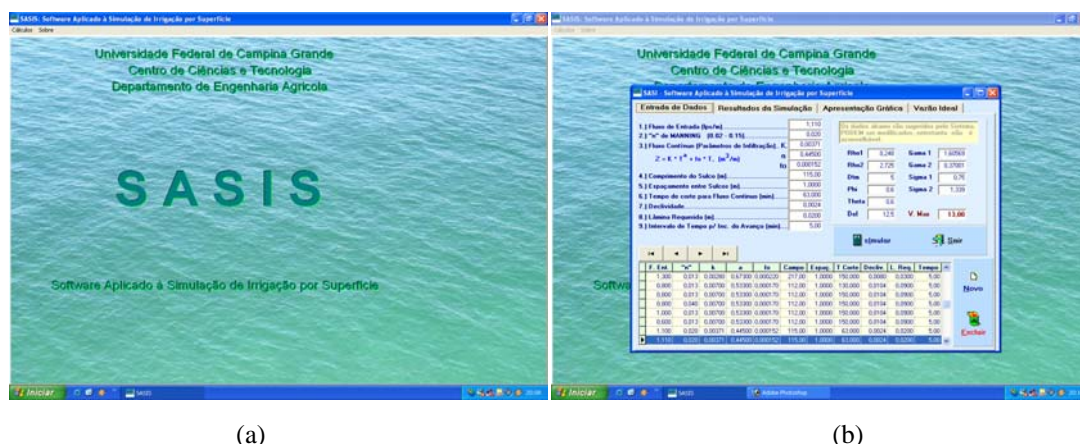


RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SASIS foi escrito na linguagem de programação DELPHI 5.0, escolhida por ser orientada a objeto, com integração total ao Windows em todas as suas versões, que permite, de maneira clara, prática, produtiva e eficiente, atualização e portabilidade de aplicativos nele desenvolvidos; oferece, também, significativa facilidade na utilização de Banco de Dados Relacionais, dispensando o trabalho de desenvolvimento de rotinas, controle de arquivos de dados/texto e periféricos de entrada/saída, possibilitando ao desenvolvedor foco total no trabalho específico, gerando códigos rápidos. Referida capacidade é extremamente importante na simulação e otimização da irrigação por superfície. Um diagrama de bloco é apresentado na Figura 1 exibindo, de forma relativamente simplificada, o algoritmo do software SASIS.

O SASIS é um software auto-explicativo, orientado a objetos, escrito para sistemas de microcomputadores compatíveis com o IBM, utilizando Windows 98, 2000, MILENIUM, XP, e sistemas operacionais subsequentes. Opera com arquivo autoexecutável em um CD ROM. Sua instalação é simples: basta clicar no ícone “Instalador Sasis”: clique em avançar e em concluir; o software será, então, instalado no disco rígido do computador, podendo ser criado um ícone de atalho na área de trabalho, caso o usuário o deseje. O software SASIS pode ser executado pelo comando do menu Iniciar do Windows, por duplo click no SASIS.EXE do Windows Explorer, ou clicando no ícone de atalho criado pelo usuário. Em qualquer caso, a primeira tela apresentada ao usuário será como mostra a Figura 1a.

Cálculo - Esta é a arquitetura mais importante do sistema, composto de quatro janelas: Entrada de Dados, Resultados e Simulação, Apresentação Gráfica e Vazão Ideal (Figura 1b). Ao clicar na janela, calcular do menu principal do SASIS, a tela Entrada de Dados é selecionada imediatamente; esta é a principal tela do programa, pois é a partir dela que são inseridos os dados de campo e os parâmetros operacionais, que serão utilizados na otimização do desempenho da irrigação por sulco com fluxo contínuo.



(a)

(b)

Figura 1. Tela de abertura e de inserção de dados de campo para a simulação da irrigação por sulco com fluxo contínuo

Entrada de Dados: A introdução de dados no software SASIS ocorre através da tela de entrada de dados; os espaços em branco devem ser preenchidos pelos valores correspondentes a Dados de Campo: Geometria e Topografia do Campo, Função de Infiltração e Parâmetros da Seção Hidráulica. A geometria e a topografia da superfície irrigada do campo são descritas pelos seguintes parâmetros: Comprimento do sulco; Espaçamento do sulco e Declividade na direção do fluxo. O primeiro campo em branco está reservado para o fluxo de entrada em $L\ s^{-1}$; além desses parâmetros existem espaços em branco para serem preenchidos com a lâmina requerida e incremento de simulação.

A janela Resultado da Simulação mostra, na tela, os resultados da simulação do avanço da água no sulco, tempo de recessão, perfil de infiltração da água no solo, balanço de volume e a performance da irrigação. Esta tela apresenta, ainda, as opções Imprimir e Sair; clicando em Imprimir, um relatório é fornecido com todos os valores da simulação, inclusive os dados de entrada de campo e os parâmetros operacionais (Figura 2).

Vazão Ótima - O software SASIS, além de gerar simulações do processo da irrigação por sulco com fluxo contínuo e drenagem livre, no final da área, fornecendo sua performance, inclui também a capacidade de gerar uma vazão ótima, ou seja, aquela que maximiza o desempenho do sistema. Na Figura 3 é visualizada a tela, que apresenta o módulo da vazão ótima. No espaço em branco que se encontra na parte superior desta tela, o usuário pode inserir uma vazão de entrada mínima, isto é, aquela que garante que a água atinja o final da área; em seguida, clicar no ícone Vazão Ótima; o software calculará a vazão máxima não erosiva internamente e desenvolverá a simulação da irrigação para diferentes valores de vazão gerados pelo programa, que variam entre a vazão mínima e a máxima permitidas, e apresentará valores para os parâmetros da performance do sistema de irrigação, para cada vazão utilizada na simulação,

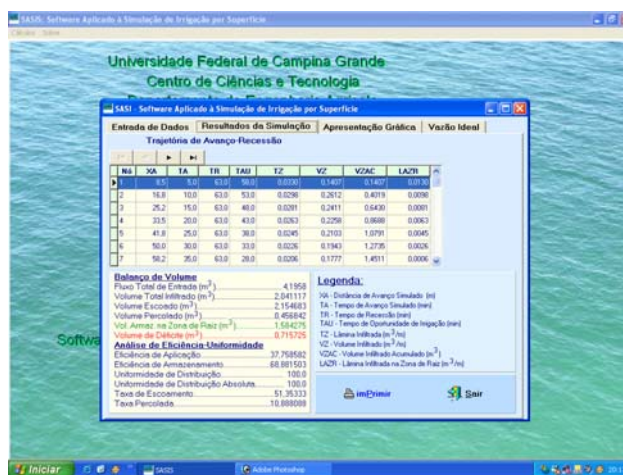


Figura 2. Tela exibindo os resultados da simulação do software SASIS

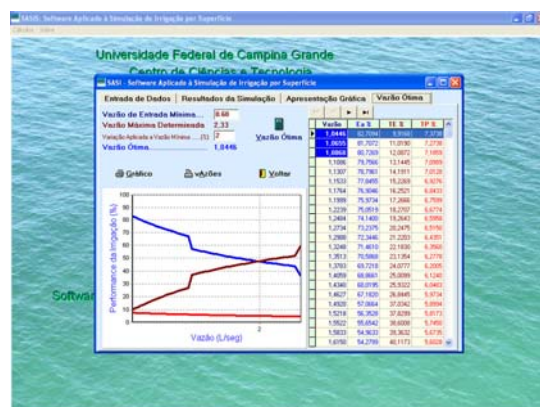


Figura 3. Tela de visualização do processo de otimização da performance da irrigação por sulco com fluxo contínuo

gerando um gráfico no qual são plotados, no eixo dos x, os valores de vazão calculados pelo programa em $L\ s^{-1}$ e, no eixo dos y, os valores da eficiência de aplicação, taxa de escoamento e taxa de percolação, em %. Na tela são exibidos um gráfico e um relatório da performance da irrigação. O software indicará a vazão que se enquadra como ótima, ou seja, aquela que resultar na maior eficiência de aplicação, provavelmente com o mínimo de escoamento superficial.

CONCLUSÕES

O SASIS apresenta mecanismos eficazes na realização de inúmeras simulações, numa faixa de vazão compreendida entre a mínima e a máxima permitidas, objetivando-se determinar a relação entre vazão e eficiência de aplicação d'água, taxas de percolação e de escoamento e, consequentemente, otimizar o desempenho do sistema de irrigação por sulco com fluxo contínuo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro ao trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- REZENDE, F.C; SCALCO, M.S.; SCALOPPI, E.J.; SCARDUA, R. Alternativas de manejo e dimensionamento em irrigação por sulcos. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, 1988, Sorocaba. **Anais ...** Sorocaba: CNEA/MA, v.1, p.102-114, 1988.
- WALKER, W.R.; SKOGERBOE, G.V. **Surface Irrigation: Theory and Practice**. Utah: 1987. 470p.
- WALKER, W.R.; HUMPHERYS, A.S. Kinematic-wave furrow irrigation model. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, ASCE, 109(IR4): 377-392, 1983.
- WALLENDER, W.W. Furrow model with spatially varying infiltration. **Transactions of the ASAE**, 29(4): 1012-1016, 1986.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SEUS COMPONENTES EM MAMONA CULTIVADA NO BREJO PARAIBANO¹

GOUVEIA NETO, G. C.²; LIMA, J. R. S.³; SILVA, J. M.²;
SILVA, I. F.⁴; ANTONINO, A. C. D.³ & SOUZA, C.⁵

¹Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq e pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ)

²Bolsista PIBIC/CNPq, UFPB CCA, CEP 58397-000, Areia, PB. Fone (83) 3362-2300. e-mail: neto_gouveia@hotmail.com

³Pesquisador Doutor, Depto de Energia Nuclear, UFPE, Recife, PE.

⁴Prof. Doutor, Depto de Solos e Engenharia Rural, CCA UFPB, Areia, PB.

⁵Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, CCA UFPB, Areia, PB

RESUMO: Com o objetivo de avaliar a evapotranspiração e a partição de seus componentes, em transpiração e evaporação, num solo cultivado com mamona, em condições de sequeiro, foi instalado um experimento numa área de 4 ha localizada na Fazenda Chã de Jardim pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba no município de Areia, PB. A evapotranspiração (ET) foi obtida pelo método do balanço de energia – razão de Bowen; a evaporação (E) foi obtida por pesagens diárias de seis microlisímetros instalados entre as filas da mamona, sendo a transpiração (T) obtida pela diferença entre ET e E. Verificou-se que na fase de emergência a evapotranspiração seguiu as variações da precipitação pluvial, com valor médio de 2,18 mm d⁻¹, e na fase de enchimento de bagas esse valor foi de 3,14 mm d⁻¹. Na fase de enchimento de bagas a evapotranspiração foi utilizada como 12,3% e 87,7%, em evaporação da água do solo e transpiração das plantas, respectivamente.

Palavras-chave: *ricinus communis*, transpiração, evaporação

EVAPOTRANSPIRATION, EVAPORATION AND TRANSPIRATION IN CASTOR BEAN CROPPED IN THE AREA MOUNTAINS

ABSTRACT: With the aim of evaluating the evapotranspiration partition in transpiration and evaporation components, an experiment in a soil cultivated with castor bean, under rainfed conditions, was installed in a 4 ha area in the Centro de Ciências Agrárias, UFPB, belonging to the Municipality of Areia, PB. Evapotranspiration (ET) was obtained by Bowen ratio energy balance method; evaporation (E) was obtained by weighing daily, the content of six microlisimeters installed among rows of castor bean. Transpiration (T) was obtained by the difference (ET-E). It was verified that in the emergency phase the evapotranspiration followed the variations of the rainfall, with the average value of 2.18 mm d⁻¹, and in the reproductive phase the average value was 3.14 mm d⁻¹. In the reproductive phase the evapotranspiration was partitioned as 12.3% in evaporation and 87.7% as transpiration.

Key-words: *ricinus communis*, transpiration, evaporation



INTRODUÇÃO

Com a criação do Projeto Biodiesel pelo governo federal houve uma maior demanda por culturas oleaginosas, tais como, mamona, babaçu, dendê, girassol, soja, etc. Devido à grande adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Nordeste, a cultura da mamona apresenta grande potencial para produção de óleo vegetal e geração de empregos.

Para que uma cultura seja introduzida de maneira correta em uma região devem-se ter estudos sobre suas exigências nutricionais, espaçamento, época de plantio e, principalmente, sobre o uso da água pela cultura (evapotranspiração).

A evapotranspiração é definida como a perda de água por meio da evaporação do solo e da transpiração das plantas. É um processo biofísico que envolve o conteúdo de água do solo, a passagem da água através da planta, a perda de água por transpiração através dos estômatos das folhas e o transporte de água na atmosfera por meio dos processos difusivos e turbulentos; sua estimativa é de fundamental importância para o planejamento da irrigação das culturas, para aplicação em modelos de predição de crescimento e produção de culturas e para propósitos ecofisiológicos (Rana et al., 2001). Existem vários métodos para se estimar a evapotranspiração, sendo que o balanço de energia-razão de Bowen vem sendo utilizado por diversos pesquisadores nas mais variadas culturas, tais como: soja, banana, feijão, etc (Fontana et al., 1991; Teixeira, 2001; Lima et al., 2005).

Embora estimativas precisas de evapotranspiração (ET) sejam úteis em vários estudos, a sua partição em transpiração da planta e evaporação do solo, é requerida para compreender melhor os processos que controlam as trocas de água e de CO₂ bem como a produtividade dos ecossistemas. Desse modo, faz-se necessário a utilização de técnicas que possam quantificar a transpiração e a evaporação separadamente.

A quantificação das perdas de água por meio da evaporação do solo pode ser obtida pelo uso de microlisímetros. Os microlisímetros foram inicialmente concebidos por Boast & Robertson (1982), e desde então têm sido usados para determinar diretamente a evaporação do solo sem vegetação ou de solos cultivados com culturas que não cobrem totalmente o solo (a mamona, por exemplo). Vários autores usaram o microlisímetro para medir a evaporação do solo (Plauborg, 1995; Jara et al., 1998).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração de um campo cultivado com mamona, por meio do método do balanço de energia, bem como medir a evaporação do solo, por meio de microlisímetros, em condições de sequeiro no Brejo Paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

As medidas para realização do balanço de energia foram efetuadas numa área de 4,0 ha, localizada na fazenda Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, situada no município de Areia, PB (6°58'12'' S, 35°42'15'' W e 620 m). O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido). O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 1999).

Para realização do balanço de energia foi instalada uma torre no centro da área contendo sensores de medidas da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, em quatro níveis ($z_1=35,0$; $z_2=70,0$; $z_3=105,0$; e $z_4=140,0$ cm). Além desses sensores, ainda se instalou um piranômetro para a medida da radiação global, um saldo radiômetro para as medições do saldo de radiação e um pluviógrafo para a medida da precipitação pluviométrica; esses sensores foram instalados na mesma torre, na altura de 2,0m da superfície do solo; já para a medida do fluxo de calor no solo foram instalados fluxímetros em dois locais, na profundidade $z=5,0$ cm, juntamente com um sensor de umidade do solo, na mesma profundidade, além de duas sondas térmicas instaladas horizontalmente, nas profundidades de $z_1=2,0$ e $z_2=8,0$ cm. Todas essas medidas foram armazenadas como médias a cada 30 min, com exceção da pluviometria, quando foi calculado seu valor total, em um sistema de aquisição de dados CR 10X da Campbell Scientific. A evapotranspiração foi obtida por meio do método do balanço de energia – razão de Bowen. Uma descrição detalhada desse método pode ser obtida em Lima et al. (2005).

A evaporação do solo foi medida por meio de microlisímetros. Cada microlisímetro tinha um diâmetro de 7,0 cm e um comprimento de 15,5 cm. Foram instalados seis microlisímetros entre as linhas da cultura da mamona. Os microlisímetros foram pesados diariamente, às 06:00 h, em balança eletrônica com resolução de 0,01g. A evaporação diária do solo, em mm, foi obtida pela seguinte equação:

$$E = \frac{P}{A} \times 10 \quad (1)$$

sendo E a da evaporação da água do solo (mm); P a diferença de peso entre dias consecutivos (g); A a área do microlisímetro (cm²); 10 o fator de correção para mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evapotranspiração durante a fase inicial de crescimento da mamona

Na Figura 1 é apresentada a evolução diária da precipitação pluvial e da evapotranspiração da cultura da mamona durante a fase de emergência e crescimento inicial. Esse período vai de 29 de maio a 26 de junho e corresponde de 1 a 29 dias após o plantio.

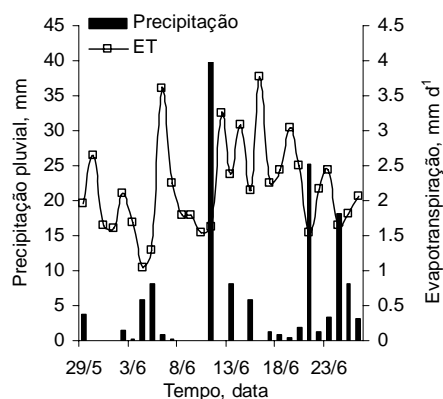


Figura 1. Precipitação pluvial e evapotranspiração da mamona durante o período de 27/05 a 26/06/2006 em Areia, PB



A quantidade total de água precipitada durante esse período foi 141,2 mm. Observa-se na Figura 1 que, de um modo geral, a evapotranspiração da mamona seguiu as variações da precipitação pluvial, com valores mais elevados após o umedecimento do solo. A evapotranspiração total durante a fase de emergência foi de $67,5 \text{ mm d}^{-1}$, com um valor médio de $2,18 \text{ mm d}^{-1}$. Lima et al. (2004) trabalhando com a mesma variedade, no mesmo tipo de solo e empregando a mesma metodologia, encontraram um valor médio de evapotranspiração de $1,84 \text{ mm d}^{-1}$ e um valor total de 88,3 mm, sendo o período compreendido dos 13 aos 60 dias após a emergência.

Partição dos componentes da evapotranspiração (evaporação e transpiração) durante a fase de enchimento de bagas

A evolução diária da precipitação pluvial, da evapotranspiração e de seus componentes (evaporação e transpiração) durante a fase de enchimento de bagas é apresentada na Figura 2. Observa-se que nesse período de estudo houve uma escassez de chuvas, ocorrendo apenas 3,3 mm de água precipitada, mas os valores de evapotranspiração permaneceram elevados com um total de 94,05 mm e um valor médio de $3,14 \text{ mm d}^{-1}$. Já na partição dos componentes da evapotranspiração, a evaporação consumiu apenas 11,57 mm, ou seja 12,3%, do total evapotranspirado. Já a transpiração consumiu 82,48 mm, ou seja, 87,7%, do total de água utilizado pela cultura. Isso deve ter ocorrido em virtude da cultura encontrar-se na fase de enchimento de bagas, e nessa fase a cultura utiliza uma maior quantidade de água em seus processos fisiológicos.

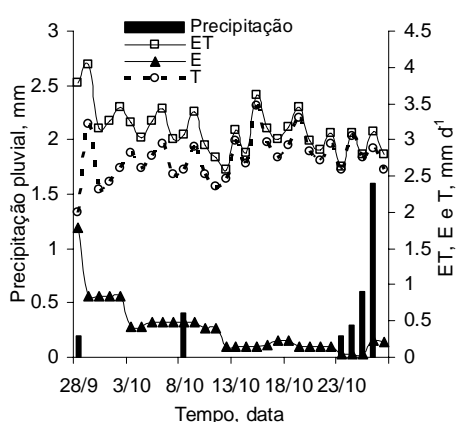


Figura 2. Precipitação pluvial, evapotranspiração da mamona e seus componentes (evaporação e transpiração) durante o período de 28/09 a 27/10/2006 em Areia, PB

CONCLUSÕES

A evapotranspiração da mamona, durante a fase de emergência, teve um valor médio de $2,18 \text{ mm d}^{-1}$ e na fase de enchimento de bagas esse valor foi de $3,14 \text{ mm d}^{-1}$.

A evapotranspiração da mamona seguiu as variações da precipitação pluvial. Na fase de enchimento das bagas 87,7% da evapotranspiração foi utilizada como transpiração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOAST, C.W.; ROBERTSON, T.M. "Mycro-Lysimeter" method for determining evaporation from bare soil: description and laboratory evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.689-696, 1982.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.403-410, 1991.
- JARA, J.; STOCKLE, C.O.; KJELGAARD, J. Measurement of evapotranspiration and its components in a corn (*Zea mays* L.) field. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.92, p.131-145, 1998.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SILVA, I.F.; SOUZA, C.; LIRA, C.A.B.O. Avaliação dos componentes do balanço de energia num solo cultivado com mamona no Brejo Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, Campina Grande, **Anais...**Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 2004. (CD ROM).
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A.; BORGES, E.; SILVA, I.F.; LIRA, C.A.B.O. Balanço de energia em um solo cultivado com feijão caupi no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p. 527-534, 2005.
- PLAUBORG, F. Evaporation from bare soil in a temperate humid climate—measurement using micro-lysimeters and time domain Reflectometry. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.76, p.1-17, 1995.
- RANA, G.; KATERJI, N.; PERNIOLA, M. Evapotranspiration of sweet sorghum: A general model and multilocal validity in semiarid environmental conditions. **Water Resources Research**, Washington, v.37, p.3237-3246, 2001.
- TEIXEIRA, A.H. de C. Avaliação dos componentes do balanço de energia durante o primeiro ano da cultura da banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.5, n.1, p.28-32, 2001.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA

ELIAS, I. R. DA S.¹; SOUSA, M. S. S.¹; MELO, A. S. DE²; BRITO, M. E. B.³;
SUASSUNA, J. F.¹ & FERNANDES, P. D.⁴

¹Graduanda em Licenciatura em Ciência Agrárias, UEPB – Catolé do Rocha - PB

²Prof. Dr. Departamento de Ciências Agrárias, UEPB – Catolé do Rocha – PB. alberto@uepb.edu.br

³Eng. Agrônomo, Doutorando Engenharia Agrícola, UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, CEP: 58100-000

⁴Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola- UFCG, Campina Grande - PB

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de cinco lâminas de água sobre a produção de mudas de maracujazeiro amarelo. O experimento foi realizado no Setor de Fruticultura da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV – Catolé do Rocha-PB. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 300 plantas úteis. As lâminas de água estudadas foram $L_1 = 60\%$ (42 mL), $L_2 = 80\%$ (56 mL), $L_3 = 100\%$ (70 mL), $L_4 = 120\%$ (84 mL), e $L_5 = 140\%$ (98 mL) da evapotranspiração diária. As variáveis analisadas foram altura da planta, diâmetro do caule e área foliar. Indica-se a lâmina de 82 mL por planta durante o ciclo para a produção do maracujazeiro amarelo com base na altura de planta. A eficiência no uso da água de $908 \text{ cm}^2 \text{ L}^{-1}$ para a variável área foliar é verificada em ' L_3 ' que totalizou 70 mL de água por planta durante o experimento.

Palavras-chave: Estresse hídrico, *Passiflora edulis*, crescimento

PRODUCTION OF PASSION FRUIT SEEDLINGS UNDER DIFFERENT WATER LEVELS

ABSTRACT: The present work had as objective evaluates the effect of five levels of water on the production of seedlings of yellow passion fruit plant. The experiment was done in the Section of Horticulture of the Paraíba University State, Campus IV - Catolé do Rocha-PB. The experimental plan was randomized blocks, with five treatments and six repetitions, totaling 300 useful plants. The water levels studied were $L_1 = 60\%$ (42 mL), $L_2 = 80\%$ (56 mL), $L_3 = 100\%$ (70 mL), $L_4 = 120\%$ (84 mL), e $L_5 = 140\%$ (98 mL) of the daily evapotranspiration. The analyzed variables were height of the plant, stem diameter and leaf area. 82 mL is water level indicated by plant during the cycle for the production of the yellow passion fruit with base in the plant height. The water efficiency use, $908 \text{ cm}^2 \text{ L}^{-1}$, for the variable leaf area is verified in ' L_3 ' witch 70 mL of water for plant during the experiment.

Keywords: Drought Stress, *Passiflora edulis*, growth

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de maracujá-amarelo do Mundo e um dos principais exportadores de seu suco, ao lado da Colômbia e do Equador (MARTINS et. al. 2007).

Para o bom desenvolvimento de um pomar, algumas orientações devem ser seguidas. O primeiro procedimento adotado para a instalação de qualquer tipo de pomar é a obtenção de mudas de boa qualidade. Para obtenção destas mudas de boa qualidade, necessita-se de um manejo adequado com as necessidades da cultura. Raij (1991) e Malavolta et al. (1989), indicam que a planta depende muito da disponibilidade de água adequada para o bom aproveitamento dos fertilizantes. Verifica-se, também, que a água é o fator que exerce maior influência sobre o processo germinativo, principalmente devido a reidratação dos tecidos, seguido da intensificação da respiração e todas as outras atividades metabólicas, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários aos processos de crescimento e de desenvolvimento (Carvalho & Nakagawa, 1988).

A água, contudo, é um recurso limitado, notadamente, no semi-árido nordestino, sendo que para a utilização deste recurso para fins de irrigação deve-se ater a melhoria na eficiência do seu uso, aliando-se o uso racional da água e a produção de culturas.

Com isso o objetivo deste trabalho foi a produção de mudas de maracujazeiro amarelo sob lâminas de água possibilitando a melhoria na eficiência do uso da água diante de parâmetros morfofisiológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Setor de Fruticultura da Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Catolé do Rocha-PB, com uma latitude sul de 6,21°, longitude de 37,45° a oeste do meridiano de Greenwich, apresentando uma altitude de 210m. O clima é caracterizado de acordo com a classificação de Köppen é o Aw', ou seja, quente e úmido com chuvas de verão e outono. A região possui precipitação pluviométrica na faixa de 800 mm anuais.

O experimento foi desenvolvido no período de 25 de março a 10 de junho de 2007, totalizando 75 dias, utilizando-se sementes de maracujá-amarelo híbrido IAC 273/ 277, adquiridas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O substrato utilizado foi esterco bovino curtido, e terra, na proporção de 1:1, seguindo recomendação de Lima (1995). Com as características químicas descritas na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco lâminas de água, [L₁: 42 mL (60%), L₂: 56 mL (80%), L₃: 70 mL (100%), L₄: 84mL (120%), e L₅: 98 mL (140%) por planta no ciclo (75 DAS), aplicadas a partir dos 45 dias após semeadura, quando houve

Tabela 1 – Análise do substrato utilizado no experimento. Catolé do Rocha-PB. 2007

pH _{água}	MO	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----								----%----	
8,6	59,48	4,83	1,03	4,44	4,1	3,7	0,0	0,0	13,3	13,3	100	8



uniformidade do processo de germinação] em cinco blocos e a unidade experimental composta por 10 plantas úteis. As lâminas foram determinadas a partir da evapotranspiração média obtida por meio do tanque ‘Classe A’ disposto no ambiente protegido.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura.

Avaliou-se entre os 30 e os 75 dias após a semeadura (DAS), o incremento em altura de planta, em diâmetro do caule. Na determinação da altura das mudas, utilizou-se uma régua graduada em centímetro, tomando como referência, a distância do colo ao ápice do caule da muda. Já o diâmetro foi medido no colo da planta com um paquímetro em mm. A área foliar foi determinada pela largura e comprimento da folha principal da muda (Folha 3) multiplicado pelo número de folhas e o fator de água periodicamente, obtendo-se o crescimento em área foliar ao longo do tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão polinomial utilizando o programa SAEG 9.0 da UFV-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo das lâminas de água sobre o crescimento das mudas de maracujazeiro amarelo. Para o incremento em altura de planta observa-se comportamento quadrático (Figura 1 A) com máximo em altura obtido aplicando-se, durante o período de formação de mudas, 82 mL de água distribuídos de acordo com a demanda evapotranspirativa obtida pelo tanque classe A, verificando-se neste ponto incremento em altura de 10,07cm estabilizando-se a partir de então. Uma maior altura de planta pode significar, para a formação de mudas de maracujazeiro, potencial ao crescimento das plantas e redução no intervalo entre o crescimento e a produção de frutas, constatando-se ainda que o uso adequado dos recursos hídricos torna mais eficiente o sistema de produção.

Para o diâmetro de caule verifica-se, também, comportamento quadrático com o aumento da disponibilidade de água às mudas de maracujazeiro (Figura 1 B), com máximo em diâmetro obtido com a lâmina de 89,5 mL por planta durante o ciclo, sendo que o diâmetro de colo máximo estimado nas mudas foi de 2,25 mm.

Denota-se que a disponibilidade de água vem a promover melhoria na formação de tecidos, notadamente, em diâmetro de caule e altura de planta, haja vista que vem a possibilitar

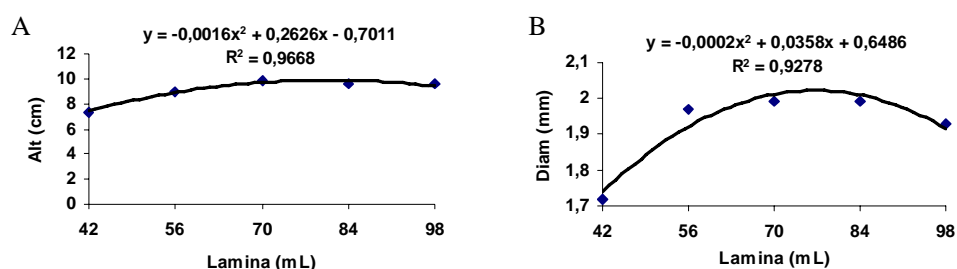


Figura 1: Altura de planta (A) e diâmetro de caule (B) em função das lâminas de água estudadas. Catolé do Rocha, 2007

ao vegetal melhoria no processo de trocas gasosas para acúmulo de carbono e realização da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004).

Com relação à área foliar verifica-se na Figura 2 o comportamento ao longo das épocas de avaliação para cada lâmina de irrigação estudada. Verificando-se na lâmina 'L₃' a maior eficiência em formação de tecidos por unidade de água fornecida, constatando-se incremento em área foliar média estimada de 908,00 cm², sendo 146% maior que a área foliar obtida aos 30 DAS, para as demais lâminas constata-se valores de incremento inferiores aos obtidos em L₃. A área foliar está intimamente ligada à formação de fotoassimilados, haja vista que representa o aparato fotossintético. Fazendo-se analogia com as outras variáveis, pode-se correlacioná-las com as maiores alturas de planta e diâmetro de caule nas lâminas próximas a de 'L₃' (70 mL).

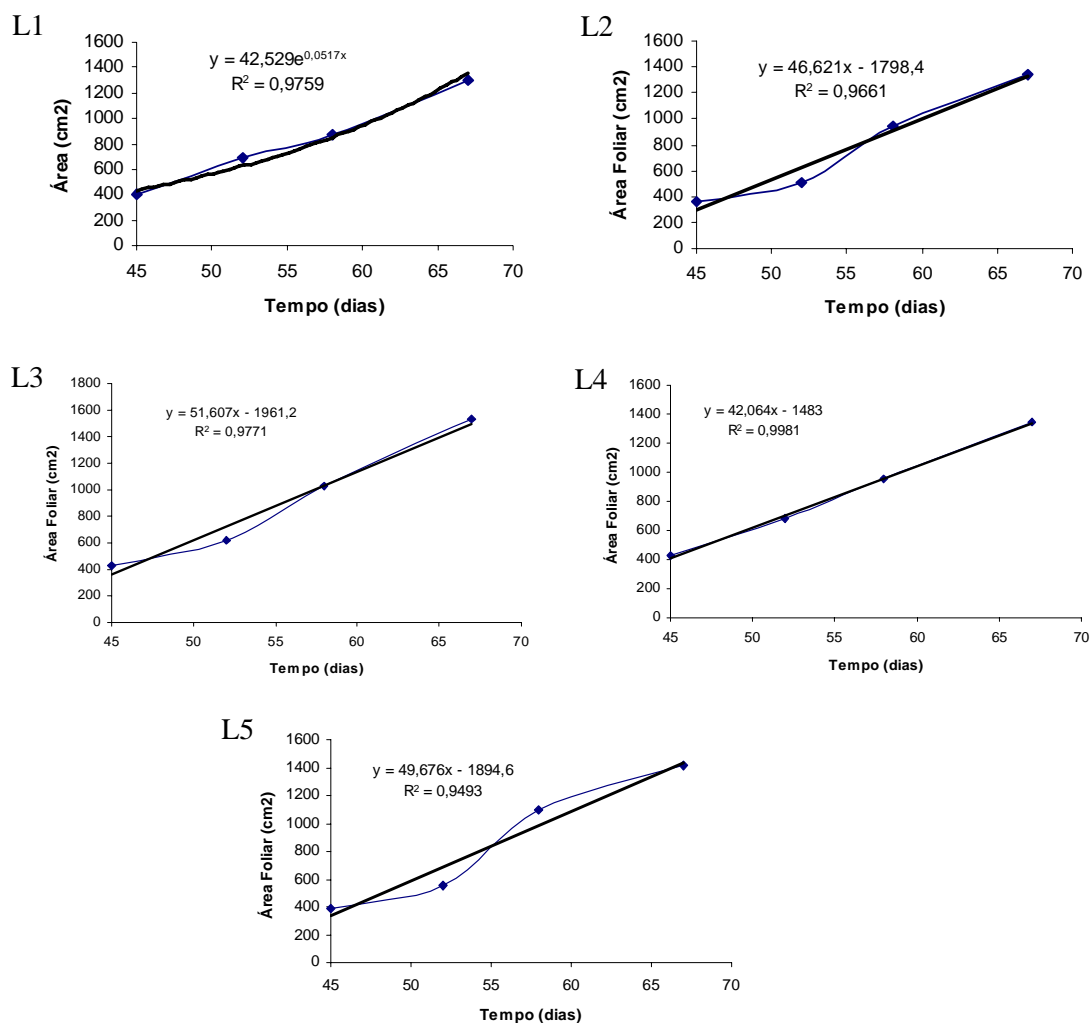


Figura 2: Área foliar em função do tempo para cada lâmina de água estudada. Catolé do Rocha, 2007



CONCLUSÕES

1. Indica-se a lâmina de 82 mL por planta durante o ciclo para a produção de mudas de híbridos de maracujazeiro amarelo com base na altura de planta
2. A eficiência no uso da água de $908\text{cm}^2\text{ L}^{-1}$ para a variável área foliar é verificada em 'L3' que totalizou 70 mL de água por planta durante o experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 429p.
- LIMA, A. A.; BORGES, A. L. & CALDAS, R. C, Substratos para produção de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 17, p. 127-129, 1995.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Aplicação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MARTINS, R. N.; DIAS, M. S. C.; RODRIGUES, M. G. V.; PACHECO, D. D.; CANUTO, R. S.; SILVA, J. C. Maracujá (*Passiflora* spp), PAULA JÚNIOR, J.; VENZOM, M. **101 culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG. p. 503-507, 2007.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/ POTAFOS, 1991. 343 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

IMPACTO DA IRRIGAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO E CLORETO NO LENÇOL FREÁTICO DO DIBAU, CEARÁ

ANDRADE, E. M.¹; LOBATO, F. A. O.²; AQUINO, D. N.³;
MENDONÇA, M. A. B.²; & RODRIGUES, J. O.³

¹Eng. Agrônoma, Ph.D., pesquisadora do CNPq, Profª. Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE.

²Estudante de Agronomia, bolsista do CNPq, Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Av. Mister Hull, s/n, Bloco 804, Campus do Pici, CEP: 60455 – 970, Fortaleza, CE. Fone: (85) 3366 9762 E-mail: lobatto18@yahoo.com.br

³Eng. Agrônomo, mestrando em Agronomia (Irrigação e Drenagem) da UFC, Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do manejo da irrigação nas concentrações do cloreto e do nitrato em um poço amazonas localizado dentro de um lote irrigado (C33) do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. Para isso foram coletadas amostras de água, mensalmente de dez/2003 a nov/2005, realizadas as análises químicas e determinadas as taxas de incrementos do cloreto e do nitrato. Os resultados obtidos mostraram que as concentrações dos elementos receberam influência do regime pluviométrico. O nitrato foi o elemento que sofreu maior influência do manejo adotado no lote, apresentando aumentos gradativos na sua concentração durante o período estudado com taxas de até 200%. Apesar das elevadas taxas de adição do nitrato, as águas ainda não apresentam limitações para consumo humano.

Palavras-chave: águas subterrâneas, sazonalidade, contaminação

IMPACT OF IRRIGATION ON NITRATE AND CHLORIDE CONCENTRATION ON GROUNDWATER IN DIBAU, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: This study was carried out to determine the irrigation management effect of the nitrate and chloride concentration in the water-table sited at Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. The water sample was taken, monthly, from Dec/2003 to Nov./2005, chemical analysis were developed and increment rates were calculated. Results showed up that concentration to studied elements were influenced by rainfall regime. Irrigation caused the groundwater concentration of nitrate to increase up to rates of 200%. Although the elevated rates of nitrate addition, water still suitable to human consumption use.

Keywords: groundwater, seasonality, contamination



INTRODUÇÃO

Em função da demanda crescente de água pela população, da saturação do meio físico por materiais não biodegradáveis ou por grandes quantidades de resíduos que são produzidos e, muitas vezes, não absorvidos pelo processo de ciclagem natural, há um esgotamento da água de qualidade para o consumo humano (Aquino et al., 2006). As águas subterrâneas tornam-se cada vez mais, uma importante fonte de água para o consumo humano à medida que outras fontes de abastecimento são degradadas (ANA, 2005). Os corpos hídricos subterrâneos constituem uma reserva estratégica e hoje representa um fator competitivo no mercado global. Dentre os poluentes das águas subterrâneas, o nitrato é o de ocorrência mais freqüente e quando se encontra em concentrações superiores a 10 mg L^{-1} pode causar metahemoglobina e câncer. As principais fontes desse elemento são os fertilizantes agrícolas, a criação de animais e as fossas sépticas. Este fato se torna mais agravante nas regiões áridas e semi-áridas do globo onde a intensificação da agricultura vem ocorrendo através da irrigação, do uso de fertilizantes nitrogenados e das ações orgânicas (esterco e reuso da água), sempre na busca de uma maior produtividade (Varnier e Hirata, 2002; Feng et al., 2005). Quando se adota um modelo de manejo da irrigação inadequado, com adoção de elevadas lâminas de irrigação, ocorrerá um acúmulo de sais nas águas e uma elevação no nível do lençol freático. Dentre os elementos lixiviados, os nitratos e os cloretos são que ocorrem com uma maior freqüência, havendo uma predominância do primeiro. Essa maior concentração do nitrato encontrado nas águas do lençol freático nas áreas agrícolas é derivada dos fertilizantes e decomposição de matéria orgânica (Chowdary et al., 2005). Na busca de se conhecer as condições em que se encontram os níveis do cloreto e do nitrato nas águas do lençol freático em uma área irrigada, bem como verificar a influencia do manejo da irrigação e a ação da chuva sobre as concentrações dos mesmos desenvolveu-se este estudo em um lote irrigado no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, localizado na parte baixa da bacia do Acaraú, Ceará. Está situado entre as coordenadas $03^{\circ}01'$ e $03^{\circ}22'S$ e $40^{\circ}01'$ e $40^{\circ}09'W$, abrange os municípios de Acaraú (74% da área total), Marco (18%) e Bela Cruz (8%), e dista aproximadamente 220 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köpper é Aw' tropical chuvoso, com precipitação média anual de 900 mm e evapotranspiração potencial de 1600 mm ano^{-1} . Em geral possui solos profundos, bem drenados, de textura média ou média/leve e muito permeáveis (DNOCS, 2005).

Para a realização deste trabalho foram efetuadas coletadas mensais de água em um poço amazonas, localizado dentro de um lote irrigado (C33) do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, no período de dezembro/2003 a novembro/2005. Depois de coletadas, as amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas de 1000 mL e em seguida enviadas ao Laboratório de

Água e Solo da Embrapa - Agroindústria Tropical, onde foram realizadas as análises químicas de nitrato e cloreto de acordo com a metodologia descrita por RICHARDS (1954).

De posse dos resultados das análises laboratoriais de nitrato e cloreto, determinou-se o incremento dos mesmos nas águas do poço ao longo do período estudado, tomando-se como referência a primeira amostra (dezembro/03) pela seguinte relação:

$$IC(\%) = \frac{C_{(n+1)} - C_n}{C_n} 100$$

onde $IC(\%)$ é o incremento do elemento; $C_{(n+1)}$ é a concentração do mês (n+1); C_n é a concentração do mês dezembro (n). Em seguida avaliou-se a ação da chuva e da irrigação sobre os elementos em questão. Os dados pluviométricos empregados foram os do município de Marco, obtidos no site da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores das concentrações dos íons cloreto e nitrato. Pode-se observar que as concentrações do nitrato apresentaram um aumento gradativo ao longo do período estudado. Observa-se, também, que os maiores valores ocorreram durante período seco, época em que a irrigação é praticada. Foi registrado um decréscimo na concentração do nitrato durante a estação chuvosa de 2005, contudo os valores registrados foram sempre superiores aos encontrados no início do estudo (dezembro/03). Já o cloreto não apresentou um efeito acumulativo expressivo como o do nitrato. Acredita-se que tal fato seja decorrente da classificação textural do solo (arenosa) e da qualidade da água empregada na irrigação (C_1S_2).

Tanto o nitrato como o cloreto não apresentaram limitações de uso para consumo humano, visto que os valores máximos observados foram, respectivamente, de $3,7 \text{ mg L}^{-1}$ e $5 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ ($177,25 \text{ mg L}^{-1}$), estando abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 que são 10 mg L^{-1} para o nitrato e 250 mg L^{-1} para o cloreto. Porém não se pode

Tabela 1: Concentração dos íons cloreto e nitrato nas águas do lençol freático do lote C33 do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú

Meses	Cloreto (mmol _e)	Nitrato (mg)	Meses	Cloreto (mmol _e)	Nitrato (mg L ⁻¹)
Dez/03	2,50	2,50	Dez/04	2,00	3,60
Jan/04	2,50	2,30	Jan/05	4,30	3,50
Fev/04	3,00	2,50	Fev/05	0,50	7,60
Mar/04	3,00	2,90	Mar/05	0,70	3,30
Abr/04	2,00	2,80	Abr/05	2,10	3,00
Mai/04	2,50	3,10	Mai/05	2,50	3,10
Jun/04	3,50	3,90	Jun/05	2,80	4,00
Jul/04	2,50	4,90	Jul/05	1,50	4,50
Ago/04	2,00	3,60	Ago/05	2,50	5,10
Set/04	2,50	4,10	Set/05	2,50	6,30
Out/04	3,00	5,00	Out/05	3,00	7,40
Nov/04	1,50	4,20	Nov/05	5,00	2,10



desconsiderar o acúmulo que vem ocorrendo ao longo do tempo. O nitrato em dez/03 apresentava valores inferiores a 1 mg L^{-1} , enquanto que em dez/04 (um ano depois) os níveis de nitrato já atingiam valores em torno de 3 mg L^{-1} .

O incremento do Cl^- e do NO_3^- ao longo do período estudado em relação às concentrações observadas no primeiro mês de coleta (dezembro) podem ser vista na Figura 1. Nota-se que os elementos tendem a diminuir suas concentrações na época em que ocorrem as precipitações, voltando a aumentar quando estas diminuem. Esse comportamento é mais evidenciado para o nitrato, visto que os menores incrementos coincidem com as maiores precipitações. Para o cloreto, este comportamento só se observa nos meses de fevereiro e março de 2005 quando apresentaram os incrementos mais negativos (-80 e -72%, respectivamente), resultantes de uma significativa diluição deste íon. Fernandes et al. (2005), estudando as águas subterrâneas da Chapada do Apodi, encontraram resultados semelhantes.

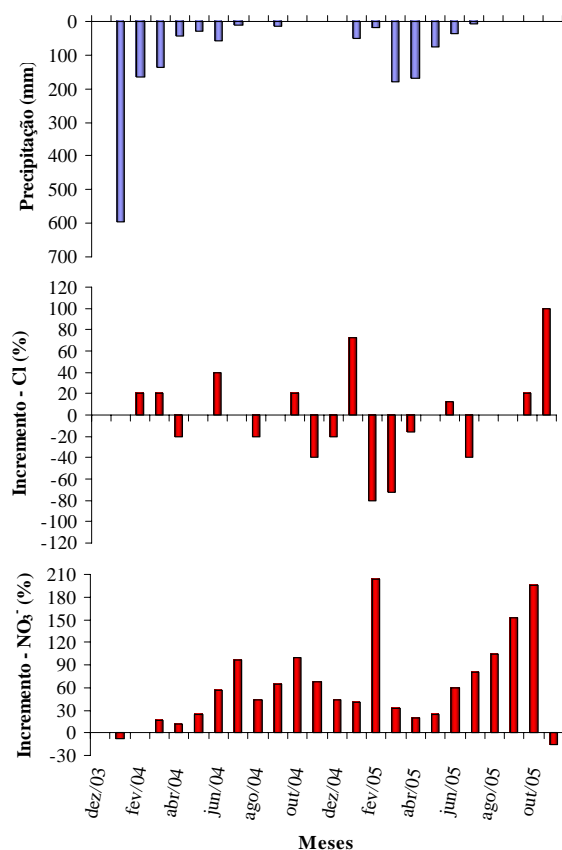


Figura 1: Incremento dos íons cloreto e nitrato e precipitações ocorridas no período estudado.

Com relação ao nitrato, observa-se claramente que os maiores incrementos ocorrem na estação seca. Esse comportamento pode ser atribuído à aplicação de lâminas de irrigação superiores das chuvas. A água em excesso lixivia o nitrato e este atinge rapidamente o lençol freático, o que resulta em um aumento da sua concentração na água armazenada (Feng et al., 2005).

Como o poço em estudo está localizado em um lote irrigado, o nitrato pode ser oriundo dos fertilizantes usados na adubação das culturas. O nitrogênio é um elemento que apresenta alta mobilidade na água, podendo facilmente contaminar grandes áreas (Varnier & Hirata, 2002; ANA, 2005).

Pela figura, observa-se ainda que o nitrato apresentou uma tendência de aumento ao longo do período estudado, atingindo incrementos em torno de 200% em um período de dois anos, indicando que o manejo da irrigação adotado no lote em estudo está influenciando na qualidade da água do lençol freático (Chowdary et al., 2005; Feng et al., 2005).

CONCLUSÕES

1. A concentração de nitrato nas águas do lençol freático no lote estudado, recebe uma maior influência do manejo de irrigação adotado do que o cloreto, uma vez que as taxas de incremento ficaram próximas de 200% para um período de dois anos;
2. As concentrações do cloreto e do nitrato são influenciadas pelo regime pluviométrico;
3. Os elementos estudados não apresentaram limitações para consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – Agência Nacional das Águas. **Panorama da qualidade das subterrâneas no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 74p.
- AQUINO, D. N.; ANDRADE, E. M.; OLIVEIRA, F. A.; LOPES, F. B.; LOPES, J.F.B.; RODRIGUES, J. O. A ação antrópica e as águas do rio Banabuiú: estudo de caso da cidade de Senador Pompeu, Ceará. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 8., 2006, Gravatá - PE. **Anais...** Porto Alegre: ABRH. 1 CD.
- CHOWDARY, V.M.; RAO, N. H.; SARMA, P.B.S. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects **Agricultural Water Management**, v.75, p.194–225, 2005.
- DNOCS, Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html. Acesso em: 26 out. 2005.
- FENG, Z. Z.; WANG, X. K.; FENG, Z. W. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. **Agricultural Water Management**, V.71, p.131–143, 2005.
- FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKOM, H.; LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. **Revista Águas Subterrâneas**, v.19, n.1, p.25-34, 2005.
- RICHARDS, L. A. (ed.) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Agricultural handbook 60. Washington: U.S: Department of Agriculture, 1954. 160p.
- VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê – São Paulo – Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, n.16, p-77-82, 2002.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&

I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

RELAÇÕES ENTRE DADOS PLUVIOMÉTRICOS DOS MUNICÍPIOS DE PIRACICABA/SP E SENADOR POMPEU/CE INFLUENCIADOS POR EVENTOS “EL NIÑO” E “LA NIÑA”

CARVALHO, M. A. R.¹ & CARVALHO, L. C. C.¹

¹Eng. Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP. Rua Adão Schmidt, 111 bl E2 apt 4, CEP: 13417-460 Jardim Elite, Piracicaba-SP. E-mail: mardcarv@esalq.usp.br

RESUMO: Com o objetivo de caracterizar a estação chuvosa (Fevereiro a Maio) do Sertão Central do Estado do Ceará (Brasil), a partir de dados pluviométricos do Centro-Sul do Estado de São Paulo (Brasil) durante as estações da Primavera e início do Verão (Outubro a Janeiro), foram analisados dados mensais de precipitação em Piracicaba – SP e em Senador Pompeu – CE no período de 1917 a 2007 e comparados com os fenômenos de “El Niño” e “La Niña” observados nestes anos. Foi utilizada a técnica dos Quantis para caracterizar períodos secos e chuvosos e um estudo de correlação foi feito, onde se constatou uma correlação inversa apreciável ($r = -0,41$) entre os dois municípios na presença de “El Niño” forte ou moderado e ausência de “La Niña”.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, estação das chuvas, fenômeno atmosférico-oceânico.

RELATIONS BETWEEN PLUVIOMETRICS DATA OF THE CITIES OF PIRACICABA/SP AND SENADOR POMPEU/CE INFLUENCED FOR "EL NIÑO" AND "LA NIÑA" EVENTS

SUMMARY: With the objective to characterize the rainy station (February to May) in the Central Field of Ceará State (Brazil), from pluviometrics data of the South-Central of Saint Paul State (Brazil) during the stations of Spring and beginning of Summer (October to January), had been analyzed monthly rainfall data in Piracicaba - SP and Senador Pompeu - CE on period of 1917 to 2007 and compared with the phenomena of "El Niño" and "La Niña" observed in these years. The technique of the Quantis was used to characterize dry and rainy periods and a correlation study was done, where evidenced an appreciable inverse correlation ($r = -0,41$) between the two cities in the presence of "El Niño", strong or moderate, and absence of "La Niña".

Keywords: pluviometric rainfall, rainy station, atmospheric-oceanic phenomenon.

INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará sofre, entre outros, sérios problemas de estiagem que ocorrem na região Nordeste do Brasil, fenômeno que, à luz do conhecimento científico atual, está intimamente ligado à circulação atmosférica de larga escala (Walker, 1928; Bjerknes, 1969) causando sérios transtornos às populações nordestinas, principalmente àquelas que vivem nos sertões dos Estados incluídos no Polígono das Secas.

O fenômeno “El Niño”, que se caracteriza pelo aquecimento da água na superfície da parte oriental do Oceano Pacífico, na altura da linha do Equador, tem geralmente como conseqüências, em sua fase madura (quase sempre no quarto trimestre do ano), secas no Nordeste brasileiro de Fevereiro a Maio, principalmente sobre o setor norte e enchentes no Sul e Sudeste, durante os meses de Dezembro a Fevereiro. Já o evento “La Niña” é ocasionado, entre outros fatores, pelo resfriamento das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) sobre o Oceano Pacífico Equatorial, ou seja, o contrário do “El Niño”.

A Técnica dos Quantis foi utilizada no trabalho pioneiro de Pinkayan (1966), que se destinava a avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre extensas áreas continentais dos Estados Unidos da América, em seguida, Gibbs & Maher (1967), também propuseram um sistema baseado em quantis (decis) com o fim de caracterizar períodos secos e chuvosos, o que lhes permitiu instituir um sistema de “alarme de seca” cujos princípios são até hoje utilizados pela meteorologia australiana (Xavier, 2001).

A correlação é uma análise estatística que mede a interdependência entre duas ou mais variáveis, onde o coeficiente de correlação de Pearson determina esse grau de associação.

Este trabalho tem como objetivo principal, analisar a influência dos fenômenos “El Niño” e “La Niña” na relação entre os dados pluviométricos das duas regiões e com isso oferecer indícios para uma visão antecipada da quadra chuvosa no Sertão Central do Estado do Ceará em função de uma pré-estação chuvosa da Zona Centro-Sul do Estado de São Paulo. Desta maneira, contribuindo para o equilíbrio sustentável do Agricultor e dos Recursos Hídricos do Semi-Árido Brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram utilizados dados pluviométricos de duas estações: uma no município de Senador Pompeu, que está localizado na região central do Estado do Ceará, área pertencente ao Polígono das Secas, atualmente pertencendo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, com coordenadas geográficas: 5° 35’ 00’’ de Latitude Sul, Longitude de 39° 22’ 00’’ Oeste e Altitude de 173 m e outra no município de Piracicaba, região centro-sul do Estado de São Paulo, foi o Posto Meteorológico do Departamento de Ciências



Exatas, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ / USP, que possui Latitude de 22° 42’ 30’’ Sul, Longitude de 47° 38’ 00’’ Oeste e Altitude de 546 m.

Os anos de 1971, 1972 e 1973 para Piracicaba, estavam com dados incompletos, para que estes anos não quebrassem a série (de 1917 a 2007), os meses sem dados disponíveis foram contabilizados pelas respectivas médias mensais do período. O ano de 1935, para Senador Pompeu, está sem dados, neste ano ele foi representado, através do método das Isoietas, pelo município vizinho, no caso Milhã.

As comparações entre precipitações pluviométricas dos dois locais, usando a Técnica dos Quantis, foram definidas como o quantil Q_p , para cada número real p entre 0 e 1, como valor em milímetros de chuva satisfazendo a condição:

$$\text{Prob} (X \leq Q_p) = p \quad (1)$$

Em que os quantis utilizados referem-se às ordens quantílicas $p = 0,15; 0,35; 0,65$ e $0,85$, com a finalidade de permitir a delimitação das categorias:

Muito seco	$\rightarrow X_i \leq Q_{0,15}$	
Seco	$\rightarrow Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35}$	
Normal	$\rightarrow Q_{0,35} < X_i < Q_{0,65}$	
Chuvoso	$\rightarrow Q_{0,65} \leq X_i < Q_{0,85}$	
Muito chuvoso	$\rightarrow X_i \geq Q_{0,85}$	(2)

Para se calcular as correlações, as equações gerais da estatística (Marques, 1969) foram utilizadas; por exemplo, a correlação linear foi obtida pela equação (3):

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} \quad (3)$$

em que:

$$S_{xy} = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{n - 1} \quad (4)$$

onde S_{xy} é a co-variância amostral e os S_x e S_y são os desvios-padrão das séries de dados.

Nessas expressões, a variável $X_i = \{ X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \}$ corresponde aos dados pluviométricos de Piracicaba enquanto a variável $Y_i = \{ Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n \}$ corresponde aos dados pluviométricos de Senador Pompeu.

Para o emprego da cronologia e intensidade dos fenômenos “El Niño” e “La Niña”, consideraram-se os eventos com forte e moderada intensidade entre os anos de 1917 e 2007 (Epagri, 2007) e a influência durante os meses de ocorrência do período chuvoso, ou seja, final de um ano e início de outro (Tabela 1). Os anos em que ocorreram eventos de fraca intensidade foram considerados anos neutros.

Tabela 1 – Cronologia das ocorrências e respectivas intensidades de El Niño e La Niña

Ano (período)	Intensidade de El Niño	Intensidade de La Niña	Ano (período)	Intensidade de El Niño	Intensidade de La Niña
1916 - 1918		Forte	1965 - 1966	Moderada	
1918 - 1919	Forte		1968 - 1970	Moderada	
1923	Moderada		1970 - 1971		Moderada
1924 - 1925		Moderada	1972 - 1973	Forte	
1925 - 1926	Forte		1973 - 1976		Forte
1932	Moderada		1982 - 1983	Forte	
1938 - 1939		Forte	1986 - 1988	Moderada	
1939 - 1941	Forte		1988 - 1989		Forte
1946 - 1947	Moderada		1990 - 1993	Forte	
1949 - 1951		Forte	1994 - 1995	Moderada	
1954 - 1956		Forte	1997 - 1998	Forte	
1957 - 1959	Forte		2000 - 2001		Moderada
1964 - 1965		Moderada			

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentadas as normais pluviométricas para Piracicaba e Senador Pompeu no período de 1917 a 2006, que são as médias calculadas em um intervalo de nove décadas consecutivas, utilizadas neste trabalho.

Na Tabela 3, estão os dados pluviométricos fornecidos por Agritempo (2007), onde se constata uma grande semelhança com os dados do estudo. Para Piracicaba foi calculada a média ponderada das estações D4-002, D4-104R, D4-061 e D4-102 e para Senador Pompeu só uma estação foi utilizada.

Os resultados obtidos para as correlações entre os dados pluviométricos de Piracicaba (soma das precipitações dos meses de Outubro, Novembro e Dezembro de um ano X mais a do mês de Janeiro do ano X+1) e Senador Pompeu (soma das precipitações dos meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio do ano X+1) foram: para o período integral (90 observações), $r = -0,12$, indicando uma correlação desprezível; para os anos com eventos exclusivos de “La Niña” (17 observações), $r = -0,16$, indicando correlação baixa; e para os anos com eventos exclusivos de “El Niño” (27 observações), $r = -0,41$, indicando correlação apreciável.

Na Tabela 4, estão as observações, usando a “técnica dos quantis”, feitas nos três períodos (integral, exclusivo de “La Niña” e exclusivo de “El Niño”), comparando as cinco categorias de precipitação (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso) dos quadrimestres, entre Piracicaba e Senador Pompeu.

Tabela 2. Normais pluviométricas para Piracicaba e Senador Pompeu (1917 a 2006)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Piracicaba	229,0	183,5	144,1	62,7	54,2	42,6	27,4	29,8	61,9	110,4	133,4	200,8
Senador P	66,6	102,1	167,9	162,1	106,4	52,2	24,0	11,5	5,4	1,7	6,0	20,2

Tabela 3. Precipitações médias de Piracicaba (1937 a 1997) e Senador Pompeu (1910 a 2000)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Piracicaba	213,9	176,4	126,0	60,9	50,3	43,9	25,7	25,4	53,1	115,7	123,9	175,2
Senador P	66,8	102,0	166,9	160,0	106,1	48,9	24,4	12,0	6,2	2,1	6,8	22,7



Tabela 4. Valores encontrados nas comparações entre as categorias de precipitação de Piracicaba e Senador Pompeu

	Período Integral	Exclusivo de La Niña	Exclusivo de El Niño
Categorias iguais	16 (17,8%)	1 (5,9%)	6 (22,2%)
Piracicaba acima	37 (41,1%)	9 (52,9%)	14 (51,9%)
Piracicaba abaixo	37 (41,1%)	7 (41,2%)	7 (25,9%)
Total	90 (100%)	17 (100%)	27 (100%)

CONCLUSÕES

Existe uma correlação inversa entre as precipitações de Outubro a Janeiro em Piracicaba-SP e de Fevereiro a Maio em Senador Pompeu-CE, para os três períodos analisados, sendo que, quando o fenômeno “El Niño” atua com exclusividade a correlação tem um valor apreciável ($r = -0,41$), já os outros dois períodos são muito baixos.

As comparações entre as categorias de precipitação mostraram que: no período integral não existe diferença entre Piracicaba e Senador Pompeu, o que é lógico; para o período de ação exclusiva do evento “La Niña”, Piracicaba tem 28,6%, a mais, de quadrimestres mais chuvosos em relação à Senador Pompeu; e quando o período é de exclusividade de ação do “El Niño”, Piracicaba tem 100%, a mais, de quadrimestres mais chuvosos em relação à Senador Pompeu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRITEMPO disponível em <http://www.agritempo.gov.br>. Acessado em 08 de agosto de 2007.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*. Boston, v.97, p.163–172, 1969.
- EPAGRI disponível em <http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/index.jsp>. Acessado em 07 de agosto de 2007.
- GIBBS, W. J. & MAHER, J. V. Rainfall Deciles as Drought Indicators, **Bulletin n.48**, Bureau of Meteorology. Melbourne-Australia, 1967.
- MARQUES, R. M. **Elementos de Estatística**. Campinas, São Paulo: Instituto Central de Matemática. Departamento de Estatística – UNICAMP, 1969.
- PINKAYAN, S. Conditional Probabilities of Occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. **Hidrology Papers**. n.12, Colorado State University, Boulder-Co, 1966.
- WALKER, G. T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. **Beitrait Physic Freinen Atmosphere**. Berlim, v.14, p.88–93, 1928.
- XAVIER, T. M. B, S. **“Tempo de Chuva” – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza: ABC Editora, 2001. 478 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PIAUÍ ATRAVÉS DE IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2

SOUSA, B. F. S.¹; TEIXEIRA, A. DOS S.²; LEÃO, R. A. DE O.³ & COSTA FILHO, A. B.⁴

¹Estudante de Mestrado, Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, Av. Mister Hull, s/n - Pici – Bloco 804 - CEP 60455-760 – Fortaleza – CE, Brasil beatrizsimplicio@yahoo.com.br

²Prof. Ph. D, Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, Av. Mister Hull, s/n - Pici – Bloco 804 - CEP 60455-760 – Fortaleza – CE, Brasil adunias@ufc.br

³Estudante de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa- UFV Departamento de Engenharia Agrícola Avenida P. H. Rolfs s/n - Campus - UFV CEP 36570-000 - Viçosa – MG

⁴Eng. Agrônomo, alanocbfilho@yahoo.com.br

RESUMO – Esse trabalho visa comparar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Alto Piauí, nos anos de 2004 e 2005, período chuvoso e seco, respectivamente, através do processamento de imagens de satélite, utilizando-se do algoritmo da classificação supervisionada de imagens por máxima verossimilhança no software ENVI 4.3. As seguintes classes foram obtidas: mata, água, antropizada, agricultura e nuvem. O uso do software ArcView 3.2 permitiu a quantificação e a espacialização destas classes. No ano de 2004 a ocupação do solo apresentou os seguintes resultados: água 5,1%; mata 55,1%; antropizada 10,8%; agricultura 10,8% e nuvens 18,0%. Para o ano de 2005 os resultados foram: água 2,1%; mata 59,5%; antropizada 18,1%; agricultura 18,9% e nuvens 1,1%. O algoritmo da máxima verossimilhança foi capaz de quantificar as classes de ocupação do solo na bacia entre os dois períodos. Para o processo de validação utilizou-se 10 pontos coletados em campo por meio de um equipamento GPS e confirmando estes na imagem classificada. Como também o cálculo do coeficiente de Kaapa e da Precisão Global. Estes apresentaram valores considerados excelentes.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, máxima verossimilhança, geoprocessamento.

LAND USE FOR THE ALTO PIAUÍ WATERSHED USING SATELLITE IMAGES CBERS-2

ABSTRACT - This paper aims to compare land use in two different periods for the Alto Piauí watershed. The land use was characterized for 2004 and 2005 in the rainy and dry period, respectively, using satellite images and the algorithm of maximum likelihood available as a routine in the software ENVI 4.3. The statistical treatment of maximum likelihood was applied to identify the following classes: forest, water, anthropical, agriculture, and cloud cover. The software ArcView was applied to quantify the areas of each class. It was found that in 2004 the percentage of land use was characterized as: water 5.1%, forest 55.1%, anthropical 10.8%, agriculture 10.8%, and cloud cover 18%. In 2005 the results were: forest water 2.1%, 59.5%, anthropical 18.1%, agriculture 18.9% and cloud cover 1.1%. All points identified in the



fields matched the results produced by the algorithm of maximum likelihood. The first validation process was developed by 10 points collected in field by a GPS equipment and assuring it in the classified image. It was also used Kappa coefficient and the global precision for validation, which showed excellent values. Therefore, the information generated can be used as a tool to help in the management of natural resources of the watershed.

Key-words: remote sensing, maximum likelihood, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Desde que a reação do ambiente, face à ação crescente do antropismo, tornou-se sensível, a humanidade passou a se preocupar com a sustentabilidade ambiental, cuja manutenção consiste, resumidamente, na utilização dos recursos naturais em níveis compatíveis com sua disponibilidade e/ou capacidade de renovação.

Segundo Tonial (2003), nas últimas décadas a sociedade tem se preocupado com as mudanças ambientais globais, basicamente associadas com a degradação ambiental e com as práticas não-sustentáveis de uso dos recursos naturais.

O sensoriamento remoto consiste em uma técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações podem ser obtidas através de radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais, como o Sol, ou por fontes artificiais como o radar. São apresentadas na forma de imagens, mas, atualmente as mais utilizadas são captadas por sensores óticos orbitais localizados em satélites.

O presente trabalho tem por objetivo determinar, em dois anos consecutivos (2004 e 2005), o uso e ocupação do solo da bacia do Alto Piauí, a montante do açude Petrônio Portela, através da classificação supervisionada de imagens do satélite CBERS-2, comparando os resultados obtidos com a verdade no campo, visando à validação da metodologia adotada.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho correspondeu a Bacia Hidrográfica do Alto Piauí, situada região sudeste do Estado do Piauí, Brasil, entre os paralelos 8° 45' 18.1" S e 9° 37' 8.8" S e os meridianos 42° 19' 59.1" W e 43° 26' 34.6" W, com extensão total de 6533,6 km².

Para a determinação das regiões de interesse e classificação, utilizou-se as cenas 154/110, 153/110 e 153/111 do satélite CBERS-2, sendo a primeira com data de passagem em 10/05/2004 e as duas últimas em 22/03/2004. Para o ano de 2005, utilizou-se as cenas 154/110, 153/110 e 153/111, sendo a primeira com data de passagem em 26 de julho de 2005 e as duas últimas em 29 de julho do referido ano. As referidas imagens foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

Realizou-se a classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança para quantificar as cinco classes pré-definidas de uso e ocupação do solo: Água, mata, antropizada, agricultura e nuvens. Após a classificação as imagens foram vetorizadas e, em seguida, exportadas para o software ArcView onde foi realizada a quantificação de cada classe dentro da bacia.

O processo de validação deste experimento foi realizado em campo coletando pontos de determinada classe (região de interesse) com GPS e confirmando estes na imagem classificada. Outro processo de validação realizado foi o da matriz de confusão ou matriz erro. A partir das amostras de treinamento para cada classe, obteve-se no software ENVI 3.6, a matriz de confusão e a partir desta a Exatidão Global e o coeficiente de concordância Kappa para cada cena utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança obteve-se a distribuição absoluta e percentual de uso e ocupação do solo da bacia do Alto Piauí, nos anos de 2004 e 2005. A Tabela 1 expõe os resultados obtidos.

A Bacia do Alto Piauí, para o ano de 2004, apresentou um percentual de ocupação de 5,1% de água, 55,1% de mata, 10,8% de antropizada, 10,8% de agricultura e 18% de nuvens. Para o ano de 2005 obteve-se que 2,1% da bacia estavam sendo ocupados por água, 59,5% por mata, 18,1% por área antropizada, 18,9% por agricultura e 1,1% com nuvens. A Figura 1 expõe os dados percentuais de ocupação do solo para 2004 e 2005, enquanto a variação percentual de cada classe está exposta na Figura 2.

Pela análise da Tabela 1 e das Figuras 1 e 2 pode-se concluir ainda que na bacia estudada: A classe água apresentou um decréscimo em 59% do primeiro ano para o segundo, traduzindo coerência com a pluviosidade observada nos dois anos. Segundo dados do INPE (2006) a média pluviométrica para a bacia foi de 811.12 mm em 2004 e de 650.51 mm em 2005.

Tabela 1. Distribuição das classes de ocupação do solo da bacia do Alto Piauí.

Classes	2004		2005	
	km ²	%	km ²	%
Água	334,14	5,1	139,74	2,1
Mata	3604,87	55,1	3896,7	59,5
Antropizada	709,56	10,8	1185,45	18,1
Agricultura	707,22	10,8	1241,3	18,9
Nuvens	1177,57	18,0	69,79	1,1

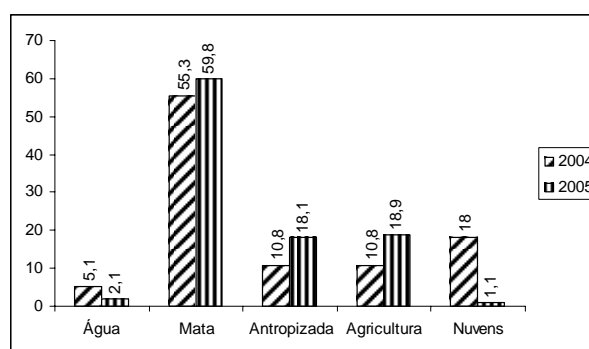


Figura 1 - Percentual da área ocupada por cada classe na bacia, nos anos 2004 e 2005.

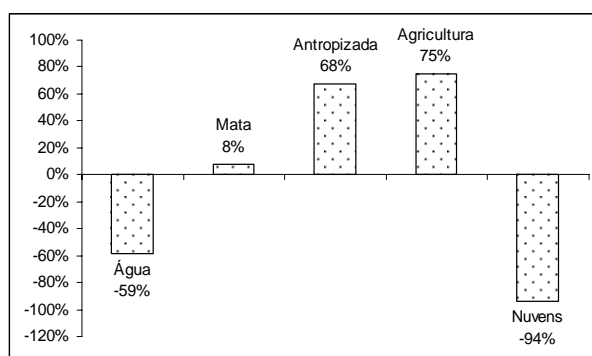


Figura 2 - Variação percentual da área ocupada por cada classe na bacia entre os anos 2004 e 2005.

A classe mata passou de 55,1% em 2004 para 59,5% em 2005, resultando em um aumento de 8%. Esta classe apresentou menor variação percentual do período chuvoso para o seco. Este fato deve-se à mata da região ser constituída por caatinga hiperxerófila, que tem por características a queda das folhas no período seco, o que faz com que estas áreas reflitam na imagem características de reflectância de solo descoberto, ocasionando diminuição na área classificada como mata e possível classificação como antropizada ou área agrícola.

A classe antropizada ocupava cerca de 10,8% da área da bacia em 2004, passando este valor para 18,1% em 2005, apresentando 68% de aumento que pode ter ocorrido tanto pelos fatores já citados anteriormente, como também pelas modificações provocadas pelo homem. A classe agricultura aumentou 75%, passando de 10,8% em 2004 para 18,9% em 2005.

A classe nuvens esteve mais presente na imagem selecionada no período chuvoso (2004) e apresentou redução em 94% na imagem selecionada para estudo do período seco (2005).

O processo de validação foi realizado através de uma análise comparativa entre as amostras das regiões de interesse (ROIs) utilizados com a imagem classificada. Os dados desta análise comparativa formaram uma matriz de erros para a classificação e os respectivos valores de Exatidão Global e Coeficiente de Kappa. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos através da matriz de erro em cada cena classificada.

Portanto, têm-se respectivamente como valores médios de precisão global e coeficiente de kaapa de 97,23% e 0,9232 para as cenas utilizadas. Assim, o valor do coeficiente de Kaapa encontrado, de acordo o critério de Landis e Koch (1977), é considerado excelente, pois está dentro da variação de 0,8 a 1. Sendo a exatidão global a razão entre o número de pontos amostrais com acertos pelo número de pontos amostrais utilizados, o valor médio encontrado pelo software indica que 97,23% dos pixels foram classificados corretamente. Os valores encontrados demonstram o bom índice de acerto na interpretação do uso e ocupação do solo nesta bacia.

Tabela 2 - Exatidão Global e Coeficiente de Kaapa obtidos.

Cenas	2004		2004	
	Exatidão Global	Kaapa	Exatidão Global	Kaapa
153/110	98.69%	0.9618	99.00%	0.9406
153/111	99.24%	0.9897	99.91%	0.9826
154/110	88.14%	0.7092	98.83%	0.9412

CONCLUSÃO

A classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança foi capaz de identificar as classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Alto Piauí possibilitando constatar que a mesma está conservada. Os resultados da classificação apresentaram-se coerentes com as características da região na qual a bacia está inserida. O coeficiente de Kaapa e a Exatidão Global apresentaram valores considerado excelentes, o que significa dizer que os mapas gerados possuem confiabilidade. O algoritmo da máxima verossimilhança permitiu observar a variação da ocupação do solo na bacia para os anos em estudo e mostrou que houve aumento das classes mata (8%), antropizada (68%) e agricultura (75%) e diminuição das classes água (59%) e nuvens (94%) entre os anos de 2004 e 2005. Os dados obtidos poderão auxiliar nas tomadas de decisões para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- LANDIS, J.R.; KOCH,G.C. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-14, 1977.
- TONIAL, T. M.; **Dinâmica da paisagem na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. São Carlos, 2003. 119 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de São Carlos.
- INPE. **Programa de monitoramento climático em tempo real na região Nordeste**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/proclima2/balanco_hidrico/balancohidrico.shtml>. Acesso em 20 de Janeiro de 2006



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2

MOREIRA, L. C. J.¹; COSTA, C. A. G.²; TEIXEIRA, A. S.³; GONDIM, R. S.⁴ & SOUSA, B. F. S.²

¹Estudante de graduação em agronomia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), bolsista do CNPq, Av. Mister Hull, s/n - Pici - Bloco 804 - CEP 60455-760, Fortaleza-CE, cleniojario@gmail.com

²Engº. agrônomo, mestrando em Irrigação e Drenagem pela UFC, Depto de Engenharia Agrícola, Fortaleza-CE

³Engº. Agrônomo, Prof. Ph. D, Depto de Engenharia Agrícola da UFC, Fortaleza-CE adunias@ufc.br

⁴Engº. Agrônomo, MSc. em Irrigação e Drenagem pela UFC, Doutorando em Recursos Hídricos. Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE rubens@cnpat.embrapa.br

RESUMO – Esse trabalho visa comparar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, nos anos de 2004 e 2005, respectivamente, por meio do processamento digital de imagens CBERS-2, utilizando-se do algoritmo da classificação supervisionada de imagens por máxima verossimilhança no software ENVI® 4.3. As seguintes classes foram obtidas: vegetação nativa, água, antropizada, agricultura e nuvem. Em 2004 a ocupação do solo apresentou os seguintes resultados: água 4,15%; agricultura 4,87%; antropizada 15,16%; nuvens 0,0% e vegetação 75,82%. Já para o ano de 2005 os resultados foram: água 3,34%; agricultura 1,14%; antropizada 8,25%; nuvens 0,15% e vegetação 87,27%. O algoritmo da máxima verossimilhança foi capaz de quantificar as classes de ocupação do solo na bacia entre os dois períodos e os resultados da classificação apresentaram-se coerentes com as características da região na qual a bacia está inserida nas determinadas épocas de obtenção das imagens.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, máxima verossimilhança, geoprocessamento.

MID-JAGUARIBE SUB-BASIN SOIL USE AND OCCUPATION FROM CBERS-2 SATELLITE IMAGES

ABSTRACT - This paper aims to compare land use in two different periods for the Mid Jaguaribe watershed. The land use was characterized for 2004 and 2005, using satellite images and the algorithm of maximum likelihood available as a routine in the software ENVI 4.3®. The statistical treatment of maximum likelihood was applied to identify the following classes: forest, water, degraded, agriculture, and cloud cover. It was found that in 2004 the percentage of land use was characterized as: water 4.15%, agriculture 4.87%, degraded 15.16%, cloud cover 0% and forest 75.82%. In 2005 the results were: water 3.34%, agriculture 1.14%, degraded 8.25%, and cloud cover 0.15% and forest 87.27%. Therefore, the information generated can be used as a tool to help in the management of natural resources of the watershed.

Key-words: remote sensing, maximum likelihood, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Sendo o solo o meio físico no qual se desenvolve a maioria das atividades humanas, informações acerca da sua ocupação e uso são imprescindíveis, tanto no diagnóstico quanto nas recomendações para a utilização racional dos recursos naturais disponíveis na área. Desta forma vários pesquisadores evidenciam a importância do conhecimento acerca do uso e ocupação do solo como subsídio para gerenciamento dos recursos naturais, como mostra um estudo feito por Meira et al. (2004) que observaram o uso e ocupação do solo e formação de voçorocas no município de Caetité-BA e no trabalho realizado por Martins et al. (2005) em que foi feito um zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS), com objetivo de avaliar a deterioração ambiental.

A classificação das imagens de satélite é umas das técnicas mais utilizadas nos SIG para a determinação do uso e ocupação do solo de uma área e consiste na identificação e quantificação dos diferentes *pixels* presentes na imagem obtida de uma determinada área. Assim, o trabalho teve como objetivo utilizar imagens disponibilizadas gratuitamente do satélite CBERS-2 para determinar a evolução do uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe por meio da classificação supervisionada, pelo método da máxima verossimilhança, para os anos de 2004 e 2005.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada foi a sub-bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe medindo 10.509 km², onde está localizada a barragem do açude Castanhão, com uma capacidade de armazenamento de 6,7 bilhões de m³ de água (DNOCS, 2007), e os municípios de Alto Santo, Ererê, Iracema, Iço, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Pereiro, Potiretama, São João do Jaguaribe e Solonópole.

A determinação do uso e ocupação do solo foi realizada com base na classificação de imagens dos satélites CBERS-2. Para a determinação das regiões de interesse e classificação, utilizou-se as cenas 149/106, 149/107 e 150/106, 150/107 do satélite CBERS-2, com data de passagem em 2004 no dia 09 de junho e em 2005 no dia 02 de setembro, respectivamente. Todas as imagens foram adquiridas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

Utilizou-se do satélite CBERS-2 a câmera CCD, que fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de ± 32 graus, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas da região que se quer analisar. Opera em 5 faixas espectrais: pancromática (0,51 a 0,73 μm); azul (0,45 - 0,52 μm); verde (0,52 - 0,59 μm); vermelho (0,63 - 0,69 μm) e infravermelho (0,77 - 0,89 μm). Este satélite requer 26 dias para realizar uma cobertura completa da Terra. (INPE, 2006).

Antes do processo de classificação ser iniciado, foram determinadas as regiões de interesse (classes de uso e ocupação do solo pré-determinadas) e posteriormente realizado o processo de classificação das imagens.

As imagens CBERS-2 possuem erro de localização de 7,1 km, por isso foi necessário realizar a correção das distorções espaciais (georreferenciamento), após obtê-las (INPE, 2006).



Foram utilizados pontos de controle de fácil localização na imagem tais como: cruzamentos de rodovias, paredes de açudes e pontes para o registro das cenas, referenciando esses pontos aos apresentados nas cartas da SUDENE. O registro da imagem foi realizado com o software ENVI®.

Foram utilizados a composição das bandas 4, 3 e 2 no espaço RGB para classificação física das imagens obtidas do sensor CCD do satélite CBERS-2, visando à determinação do uso e ocupação do solo. Por meio do software ENVI® foi realizada a classificação supervisionada, através do método da máxima verossimilhança, que classifica os *pixels* em determinada classe, conforme a distância estatística entre cada um deles e a média dos níveis de cinza da classe (Assad & Sano, 1998). O cálculo é feito para as várias classes pré-definidas e o *pixel* é atribuído à classe cuja probabilidade de pertencer a esta seja maior. As cinco classes de uso e ocupação do solo foram então classificadas com as características descritas na Tabela 1.

Ainda, no software ENVI®, foram realizadas a vetorização das classes obtidas nas imagens, a fim de serem analisadas e quantificadas. Depois de vetorizados, os dados foram exportados para o software ArcMAP®, onde foi realizada a quantificação da área de cada classe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra a distribuição absoluta e percentual de cada classe de uso e ocupação do solo por município da sub-bacia. O município de Jaguaribe, que em 2004, tinha uma área de 34,10% de seu território antropizado e em 2005 19,06%, é o município que apresenta, a maior percentagem de área antropizada, seguido por Jaguaretama com 21,86% em 2004 e 18,44% em 2005. Jaguaribara foi o município da sub-bacia que apresenta maior valor percentual de seu território coberto por água, com 35,66% e 32,62% em 2004 e 2005, respectivamente, fato atribuído à presença da barragem do açude Castanhão, no qual justifica também o percentual elevado de água de Jaguaretama, por também abranger parte do açude.

Tabela 1. Características observadas na classificação das imagens.

Classes	Características observadas na classificação
Água	reservatórios tais como açudes, lagoas e lagunas, com extensões variadas, a partir de 0,09 ha, área mínima representada por um <i>pixel</i> . Apresenta tonalidade que varia do preto ao azul claro conforme as águas apresentem de menores a maiores quantidades de sedimentos
Vegetação	engloba a caatinga, formação vegetal de porte variável, caducifólias, de caráter xerófilo, divididas em hipoxerófila e hiperxerófila. Apresenta-se na cor vermelha que varia de vermelho intenso a vermelho escuro, conforme a mata varie de hipoxerófila a hiperxerófila
Antropização	abrange as áreas onde não há cobertura vegetal devido a diversos tipos de atividades humanas, como áreas degradadas, estradas, aglomerados urbanos, jazidas, áreas de empréstimo etc. Apresenta-se em tonalidades de cores que variam do branco ao cinza-esverdeado
Agricultura	classe que engloba as áreas utilizadas na atividade agrícola, sendo caracterizada por polígonos de lados bem definidos, em vermelho intenso quando vegetada e branco a cinza quando solo em descanso ou preparado para o plantio
Nuvens	incluem as áreas das imagens cobertas por nuvens e sombras de nuvens. As nuvens que se apresentam na cor branca são de fácil identificação devido à presença de formas idênticas e contíguas. Na cor preta, as sombras das mesmas, caracterizam-se pela distância e localização condizente com a inclinação dos raios solares sobre a área.

Tabela 2. Distribuição absoluta e percentual da evolução das classes de ocupação do solo da bacia do Médio Jaguaribe entre 2004 e 2005.

	Ano	Água		Agricultura		Antropizada		Nuvens		Vegetação		Total (km²)
		km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	
AltoSanto	2004	54,02	4,26	135,84	10,70	122,72	9,67	0,00	0,00	956,99	75,38	1269,58
	2005	46,13	3,61	4,39	0,34	62,66	4,90	0,00	0,00	1166,01	91,15	1279,18
Ererê	2004	9,96	2,54	33,82	8,63	8,61	2,19	0,00	0,00	339,76	86,64	392,15
	2005	5,21	1,36	8,66	2,26	5,73	1,49	0,00	0,00	364,38	94,90	383,98
Iracema	2004	13,31	1,63	23,57	2,88	6,65	0,81	0,00	0,00	773,45	94,67	816,97
	2005	5,72	0,70	2,73	0,33	6,56	0,80	0,00	0,00	801,97	98,16	816,97
Icó	2004	9,71	0,52	69,84	3,77	335,11	18,09	0,00	0,00	1437,60	77,61	1852,26
	2005	11,79	0,64	45,96	2,48	136,54	7,36	0,00	0,00	1661,28	89,53	1855,57
Jaguetama	2004	40,67	4,16	38,99	3,99	213,77	21,86	0,00	0,00	684,42	69,99	977,85
	2005	27,78	2,84	4,56	0,47	180,30	18,44	0,00	0,00	765,22	78,25	977,85
Jaguaribara	2004	214,67	35,66	17,03	2,83	61,34	10,19	0,00	0,00	308,96	51,32	602,01
	2005	196,35	32,62	3,39	0,56	33,91	5,63	0,00	0,00	368,36	61,19	602,01
Jaguaribe	2004	47,21	2,52	53,80	2,87	639,98	34,10	0,00	0,00	1135,62	60,51	1876,60
	2005	24,34	1,29	27,61	1,47	358,44	19,06	0,00	0,00	1469,95	78,17	1880,34
Pereiro	2004	2,31	0,54	24,77	5,81	27,41	6,43	0,00	0,00	372,02	87,22	426,52
	2005	2,35	0,13	7,90	0,01	15,09	0,02	0,00	0,00	399,04	99,84	424,38
Potiretama	2004	7,61	1,87	39,30	9,68	15,58	3,84	0,00	0,00	343,65	84,61	406,14
	2005	3,49	0,85	0,94	0,23	6,75	1,64	0,00	0,00	401,14	97,29	412,30
SãoJoão Jaguaribe	2004	4,94	1,75	36,39	12,89	51,72	18,32	0,00	0,00	189,21	67,03	282,26
	2005	2,82	1,00	3,47	1,23	18,51	6,56	0,00	0,00	257,46	91,22	282,26
Solonópole	2004	28,99	1,89	34,32	2,24	98,94	6,46	0,00	0,00	1368,64	89,40	1530,89
	2005	23,51	1,52	9,63	0,62	38,32	2,48	0,15	0,01	1471,40	95,36	1543,01
Total	2004	433,41	4,15	507,68	4,87	1581,83	15,16	0,00	0,00	7910,32	75,82	10433,23
	2005	349,47	3,34	119,25	1,14	862,80	8,25	0,15	0,00	9126,19	87,27	10457,85

Os valores para cobertura com água em 2004 são bem mais elevados do que em 2005, para todos os municípios, devido à época da obtenção da imagem, como era de se esperar o mês de junho o volume de água acumulado é maior do que em setembro. Assim devido a pouca disponibilidade de imagens com baixa presença de nuvens para as mesmas datas em anos subsequentes deve-se ponderar os resultados deste trabalho com a variação temporal não só em relação ao ano, mas também em relação ao mês. Por isso, houve uma redução em todos os municípios nas classes de uso e ocupação água, agricultura e antropizada (Figura 1).

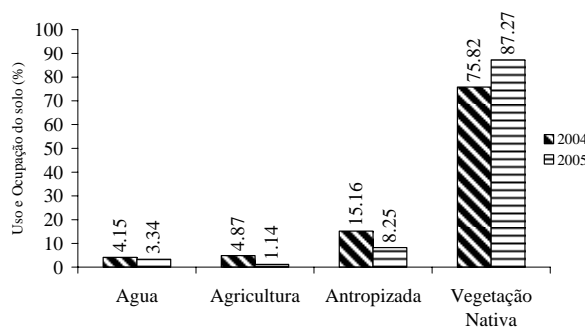


Figura 1 – Classificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia do Médio Jaguaribe.



Já a classe vegetação apresentou acréscimo de área em todos os municípios, mostrando uma recuperação da vegetação no período pós-chuva na sub-bacia. A agricultura apresentou os maiores decréscimos em área ocupada, podendo caracterizar um uso predominante de agricultura de sequeiro de culturas anuais.

CONCLUSÕES

A classificação supervisionada utilizando imagens do satélite CBERS-2, para os anos de 2004 e 2005 pelo método da máxima verossimilhança, foi capaz de identificar as classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe além de apresentar fácil utilização.

Os resultados da classificação apresentaram-se coerentes com as características da região na qual a bacia está inserida nas determinadas épocas de obtenção das imagens.

Os resultados podem nortear decisões na região, no sentido de que os recursos naturais sejam usados racionalmente, e, assim, contribuir para a sustentabilidade do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998. 434p.
- DNOCS. **Recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>. Acesso em 25 de Julho de 2007.
- INPE. **Satélites**. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/cbers1-2_cameras.htm>. Acesso em 25 de Janeiro de 2006.
- MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M. da.; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. de J. M.; GARCIA, M. S.; SANTOS, A. H. de O.; DILL, P. R. J.; NOAL, T. N.. Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS) (estudo de caso). **Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.
- MEIRA, A.S.; LEÃO, J.L.; SANTOS, M. S.; O uso e ocupação do solo e a formação de voçorocas no município de Caetité-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 6., 2004. Goiás. **Anais eletrônicos...** Disponível em: http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_015.htm. Acesso em 16 de janeiro de 2005.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

QUALIDADE DE ÁGUAS PARA A IRRIGAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAGOA SECA, PB

SOUSA, I.¹; MENDES, J. S.²; CHAVES, L. H. G.³ & CHAVES, I. B.⁴

¹Doutorando do PPG em Recursos Naturais do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. Av. Aprígio Veloso, 882, Campina Grande, PB, CEP 58109-970. E-mail: ivanildo_alan@ig.com.br

²Mestre do PPG Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: jacqueline.mendes@gmail.com

³Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Av. Aprígio Veloso, 882, Campina Grande, PB, CEP 58109-970. E-mail: lhgarofalo@hotmail.com

⁴Professor Associado do Departamento de Solo e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Campus II, Areia, PB, CEP 58397-000. E-mail: iedebchaves@hotmail.com

RESUMO: O estudo dos parâmetros físico-químicos da água é importante para definir sua qualidade para a irrigação. O município de Lagoa Seca tem como principal atividade a agricultura, dependendo fortemente das suas fontes de água para a irrigação. O presente trabalho teve o objetivo diagnosticar a qualidade de água para a irrigação do município de Lagoa Seca – PB, analisando os parâmetros pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos e RAS. Os resultados obtidos mostram que a qualidade da água na maioria das amostras analisadas, encontra-se dentro dos padrões recomendados para todos os parâmetros analisados, com exceção da condutividade elétrica, do cloreto e do efeito do íon sódio sobre as culturas e sobre a taxa de infiltração de água nos solos. Desta forma, torna-se necessário a realização do acompanhamento dos parâmetros indicadores da qualidade da água de irrigação durante o período seco e chuvoso, a fim de se obter um diagnóstico mais preciso.

Palavras-chave: salinidade, cátions, ânions

WATER QUALITY FOR IRRIGATION OF LAGOA SECA, PB

ABSTRACT: The study of the water physical-chemical parameters is important to define its quality for the irrigation. Lagoa Seca, Paraíba state, Brazil, has as main activity the agriculture, depending strongly on its water sources for the irrigation. This work aims to diagnosis the water quality for the irrigation from municipal district of Lagoa Seca, PB, analyzing the parameters pH, electric conductivity, calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride and RAS. The results obtained showed that the quality of the water of most analyzed samples is inside of the patterns recommended for all of the analyzed parameters, except for the electric conductivity, of the chloride and of the effect of the ion sodium on the cultures and on the tax of infiltration of water in the soils. In such a way, the accomplishment of the indicative parameters of the quality of the irrigation water becomes necessary during the dry and rainy period, in order to get an diagnose more correct.

Key-words: salinity, cations, anions



INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da água utilizada na irrigação é imprescindível no planejamento agrícola, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas onde a concentração de sais nas águas de irrigação oscila bastante de um local para outro e há evidências dessa variação ao longo do tempo, como foi constatado por Mendes (2007). As águas que se destinam a irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agrônômica das mesmas (Holanda & Amorim, 1997). O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas o qual diminui quando o teor de sais na solução do solo atinge níveis que não permitem que as culturas retirem água suficiente da zona radicular (Resende & Cordeiro, 2007). Os ecossistemas naturais do município de Lagoa Seca, PB, cuja principal ocupação está relacionada com a produção intensiva de hortaliças irrigadas, sofrem forte pressão antrópica que geram graves conseqüências ambientais, como a poluição dos corpos de água e do solo. A exploração agrícola se caracteriza pela ausência de práticas conservacionistas do solo o que tem acelerado o seu processo de degradação, evidenciado pelo volume de terras pobres em nutrientes, cobertura vegetal quase inexistente e redução da produtividade agrícola. Como conseqüência do assoreamento, a qualidade de água para a irrigação, pode ficar comprometida. Outro fato importante é o uso intensivo de águas consideradas de qualidade inferior providas, principalmente, de poços e barreiros. Essas águas, muitas vezes, podem apresentar alto teor de cloretos, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, sódio, cálcio e magnésio, o que prejudica o desenvolvimento de hortaliças, uma vez que muitas dessas plantas são sensíveis a salinidade (Eloi et al., 2007). Sendo assim, o presente trabalho teve o objetivo de diagnosticar os aspectos qualitativos dos recursos hídricos utilizados para a irrigação, no município de Lagoa Seca

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Lagoa Seca está localizado na Microrregião Campina Grande e na Mesorregião Agreste Paraibano do Estado da Paraíba, situando-se entre as coordenadas 27°17'09" de Latitude Sul, e 48°55'17" de Longitude Oeste. A área total do município é de 110 km² (IBGE, 2000) sendo 2,13 km² de área urbana e 107,87 km² de área rural. O clima Tropical Quente e Úmido é predominante na região, com o período de maiores chuvas concentrado entre os meses de abril e julho, totalizando uma precipitação pluviométrica anual média de aproximadamente 901,0mm; as temperaturas variam entre 15 e 22°C.; e a umidade relativa do ar está em torno de 80%. Para o levantamento dos aspectos qualitativos dos recursos hídricos foram definidos 44 locais de coleta de água para a análise, correspondentes a 36 propriedades do referido município. As coletas de água feitas no mês de março de 2007, foram realizadas em poços, barragens, barreiros e cacimbas, tendo sido coletada uma amostra de água em cada local

selecionado. Após o procedimento de coleta da água, as garrafas foram identificadas, acondicionadas em caixas térmicas com gelo e enviadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UAEAg/CTRN/UFCG. Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água avaliados foram: pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos e razão de adsorção de sódio (RAS). As águas foram classificadas quanto à conveniência para irrigação, seguindo as diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação, preconizadas pela University of California Committee of Consultants (1974), citado por Ayers & Westcot (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH obtidos das amostras coletada nas áreas estudadas variaram entre 3,9 e 8,4 (Tabela 1). Segundo Ayers & Westcot (1991) a faixa normal de pH da água para irrigação é de 6,5 a 8,4. Apesar de 2 amostras terem ficado abaixo do valor permitido para irrigação a maiorias das amostras de água se apresentou em condições ideais para a irrigação. Os valores médios encontrados de condutividade elétrica na água utilizada para irrigação nas amostras coletadas, estão na faixa de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ e $8,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1). Os valores normais da água utilizada em irrigação é de 0 a 3 dS m^{-1} (Ayers & Westcot, 1991), portanto, dos valores encontrados mais de 90% das amostras encontram-se enquadrados a estes valores. No entanto, estes mesmos autores estipulam restrições ao uso da água para irrigação dependendo de seu valor. Condutividade elétrica $< 0,7 \text{ dS m}^{-1}$, não apresenta restrição ao uso; $0,7 < \text{CE} < 3,0$ restrição varia de ligeira a moderada e $\text{CE} > 3,0$ a água apresenta restrição severa ao uso para irrigação. Levando em consideração esta classificação, observa-se que 54% das amostras coletadas apresentaram restrição variando de ligeira a moderada; 41% não apresentaram restrição ao uso, enquanto que apenas 5% tiveram restrição severa (Figura 1). Considerando que os níveis de tolerância à salinidade da água apresentados pela maioria das hortaliças que são cultivadas na área estudada variam de $0,7$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Holanda e Amorim, 1997), tem-se, então, que a maior parte das águas coletadas não representam risco para essas hortaliças. Os valores médios de cálcio obtidos situaram-se entre $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ e $476,5 \text{ mg L}^{-1}$. Apenas um ponto de água apresentou valores acima do recomendado, enquanto que todos os demais se enquadraram dentro dos valores normais para água de irrigação segundo Ayers & Westcot (1991). Com relação ao magnésio os resultados variaram entre $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ e 338 mg L^{-1} . Valores considerados normais segundo Ayers & Westcot (1991) varia entre 0 e 60 mg L^{-1} . Portanto, 13 amostras de água, que corresponde a 29,54%, estiveram fora da faixa aceitável. Os valores de sódio encontrados ficaram entre 1,9 e 1862 mg L^{-1} . Mais de 97% das amostras coletadas (43 amostras) estiveram dentro da normalidade em água para irrigação, conforme



Tabela 1. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o pH e condutividade elétrica (CE) correspondentes às amostras de água coletadas em diferentes fontes de água no município de Lagoa Seca

Medidas	Parâmetros	
	pH	CE
Máximo	8,4	8,4
Mínimo	3,9	0,1
Média	7,2	1,4
Desvio Padrão	0,76	1,44
CV (%)	10,54	104,70

Ayers & Westcot (1991). No entanto, a toxicidade do íon sódio sobre as plantas é avaliada através da Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Esta, por sua vez apresentou os seguintes percentuais: 66% restrição variando de ligeira a moderada; 27% não apresentaram restrição ao uso e 7% apresentaram restrição severa (Figura 1). Os valores de potássio obtidos das águas amostradas ficaram entre 2 mg L^{-1} e $229,5 \text{ mg L}^{-1}$ encontrando-se dentro do padrão permitido para irrigação 87,4% das amostras e 13,6% fora da faixa aceitável (Ayers & Westcot, 1991). Os valores de RAS juntamente com os da CE podem ser utilizados na avaliação do efeito do íon sódio sobre a taxa de infiltração de água nos solos. Levando em consideração os valores destes dois parâmetros, conclui-se que 54% apresentaram restrição ao uso na irrigação variando de ligeira a moderada; 39% não apresentaram restrição ao uso e apenas 7% apresentaram restrição severa (Figura 1). Os valores obtidos do cloreto variaram entre $0,2 \text{ mmolc L}^{-1}$ e 108 mmolc L^{-1} . De acordo com Ayers & Westcot (1991) nas diretrizes de água para irrigação valores menores que 4 mmolc L^{-1} implica não haver restrição alguma da água para irrigação. Isto significa que para a toxicidade do íon cloreto 39% das amostras apresentou restrição variando de ligeira a moderada; 36% apresentaram restrição severa e 25% das amostras de água coletadas não apresentaram restrição ao uso para irrigação (Figura 1). De acordo com os valores médios apresentados na Figura 2, pode-se observar que o sódio foi o cátion que predominou nas águas coletadas em todas as fontes tendo ocorrido em maior quantidade nas águas de barreiro, e que as maiores médias dos teores de magnésio, cálcio e potássio foram encontradas nas águas de barragem.

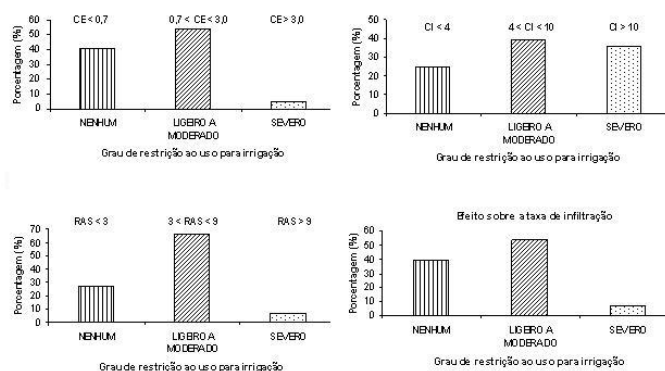


Figura1. Porcentagem do grau de restrição ao uso da água na quanto a conveniência para irrigação, baseada nas concentrações da CE (dS m^{-1}), de Cl (mmolc L^{-1}), RAS ($\text{mmolc L}^{-1/2}$) e do efeito sobre a taxa de infiltração da água no solo (CE x RAS).

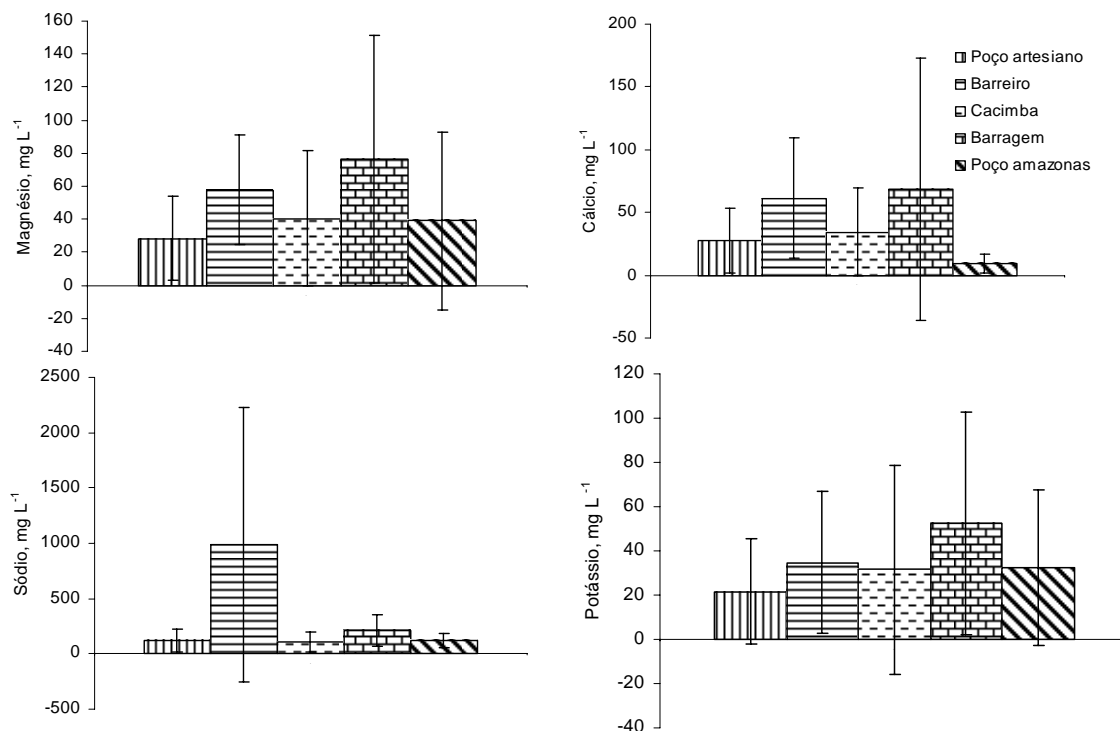


Figura 2. Concentrações médias de cátions em amostras de água coletadas em diferentes fontes

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a qualidade da água, da maioria das amostras analisadas encontrou-se dentro dos padrões recomendados para todos os parâmetros analisados, com exceção da condutividade elétrica, do cloreto e do efeito do íon sódio sobre as culturas e sobre a taxa de infiltração de água nos solos. Torna-se necessário o acompanhamento dos parâmetros indicadores da qualidade da água de irrigação durante o período seco e chuvoso, a fim de se obter um diagnostico mais preciso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1991, 218 p. (estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).
- ELOI, W.M.; DUARTE, S.N.; SOARES, T.M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p. 83-89, 2007.
- HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (eds.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande:UFPB, 1997. p.137-169.



MENDES, J.S. **Caracterização de águas e de solos do município de Congo-PB, microrregião do Cariri Ocidental**. Campina Grande, 2007. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande.

RESENDE, G.M.; CORDEIRO, G.C. Produtividade da cenoura em função da qualidade da água e condicionador de solo no vale do São Francisco. **Caatinga**, v.20, n.1, p.100-1004, 2007.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&

I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO, NO DISTRITO IRRIGADO BAIXO ACARAÚ, CEARÁ

LOPES, J. F. B.¹; LOPES, F. B.²; CHAVES, L. C. G.³ & LOBATO, F. A. O.⁴.

¹Estudante de Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Av. Mister Hull, s/nº, Bloco 804, Campus do Pici, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone (85) 3366 9762, e-mail: fredsonufc@yahoo.com.br

²Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista do CNPq, DENA/UFC, Fortaleza, CE

³Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, M. Sc. em Irrigação e Drenagem, Bolsista da FUNCAP, FUNCEME, Fortaleza, CE.

⁴Estudante de Agronomia, bolsista do CNPq, Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, num intervalo de dois anos, verificando se o tempo influencia na sua eficiência. Para isso realizou-se a avaliação do sistema em dois períodos distintos (julho de 2005 e 2007). As avaliações foram feitas numa área de bananeira, em um lote de pequeno produtor qualificado, localizado no DIBAU, Ceará. Os parâmetros analisados foram: CUC, CU, Ea e CV. Todos os parâmetros tiveram avaliação negativa do primeiro para o segundo período. O CUC passou de 87,05% para 80,98%, respectivamente, da primeira para a segunda avaliação. O CU decresceu de 83,31% para 80,45%. Estes dois coeficientes estão relacionados com o bom desempenho do sistema. Já o CV classifica-o como de baixa uniformidade, tendo variado de 18,19% para 38,29%. A Ea oscilou de 74,98% para 72,40%. Conclui-se então, que com o tempo houve uma redução no desempenho do sistema.

Palavras-chave: irrigação localizada, coeficientes de uniformidade, manejo da irrigação

PERFORMANCE OF THE MICROIRRIGATION SYSTEM, IN THE IRRIGATED DISTRICT OF BAIXO ACARAÚ, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: This work was carried out to get information in relation to the performance of microirrigation system between July/2005 and July/2007. It was observed the influence of the time in the irrigation efficiency. Evaluations were developed at a field cultivated with banana trees located in the Irrigated District of Baixo Acaraú (DIBAU), Ceará, Brazil. The indicators of irrigation efficiency were: CUC, CU, Ea and CV. Results showed that the performance of microirrigation system was up down from July/2005 to July/2007. CUC value changed from 87.05% to 80.98%. CU up down from 83.31% to 80.45%. Both parameters represent the good performance irrigation system. Values of CV were 18.19% and 38.29% to 2005 and 2007, respectively. Values Ea went from 74.98% to 72.40%.

Keywords: localized irrigation system, uniformity coefficient, irrigation management



INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é uma atividade imprescindível nos dias atuais, onde são observados crescimentos contínuos da demanda de alimentos, devido ao crescimento populacional e a busca incessante por uma melhor qualidade de vida. Esta atividade vem despontando no Nordeste brasileiro como uma expressiva atividade de mercado, acarretando produções e rendimentos mais elevados ao setor; destacando-se para a fruticultura que tem assumido lugar de destaque em tal cenário (Moreira et al., 2005).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais (Barreto Filho et al., 2000). Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação da água são relativamente pequenas. Para que se obtenha sucesso com a técnica da irrigação é necessário que o manejo seja bem efetuado. Vários são os parâmetros que auxiliam na realização de uma irrigação eficiente. A uniformidade de distribuição é parâmetro importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação (Favetta & Botrel, 2001).

A qualidade da irrigação é afetada por vários fatores. Diversos pesquisadores têm buscado identificar as interferências que ocorrem e prejudicam a aplicação eficiente de água no intuito de maximizar a eficiência dos sistemas de irrigação (Mantovani, 2002; Bralts, 1986; Pereira et al., 2005; Nascimento et al., 1999; Freire et al., 2005; Keller & Bliesner, 1990; Souza et al., 2005; Silva & Silva, 2003).

No intuito de se verificar se o tempo de uso é fator importante para a qualidade da irrigação em sistemas localizados, realizou-se a avaliação de um sistema de irrigação por microaspersão em dois períodos distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (DIBAU), que está localizado na bacia hidrográfica do Acaraú, região norte do Estado do Ceará, distante, aproximadamente 220 km de Fortaleza. Está situado entre as coordenadas 03° 01' e 03° 22' S e os paralelos 40° 01' e 40° 22' a O. Numa área de 8,0 hectares, classificada como Lote de pequeno produtor qualificado, realizou-se duas avaliações em um sistema de irrigação, nas datas de julho de 2005 e julho de 2007. A cultura plantada na área era a bananeira (*Musa sp*), variedade Prata, irrigada por microaspersão desde 2001. A bananeira apresenta um espaçamento entre fileiras duplas de 4,0 m, e dentro da fileira, um espaçamento triangular de 2,0 m, sendo que um emissor contempla três plantas.

O sistema de irrigação constava de 16 linhas laterais com 23 emissores autocompensantes. As avaliações do sistema de irrigação foram baseadas na metodologia de Merriam & Keller (1978). Assim, realizou-se a determinação das vazões de 16 emissores de uma sub-unidade representativa da área, sendo que foram selecionadas a primeira linha lateral, a situada a 1/3 da

linha de derivação, a 2/3 e a última. Do mesmo modo, em cada linha lateral, selecionou-se quatro emissores com o mesmo critério de seleção anteriormente descrito. As vazões foram medidas utilizando-se um cronômetro e uma proveta de 1,0 L, coletando-se o volume liberado pelo microaspersor em um tempo de 30 s. Para uma maior confiabilidade dos dados, foram realizadas três repetições em cada emissor, empregando-se a média aritmética para o cálculo dos coeficientes. De posse dos dados, calculou-se os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de uniformidade de distribuição (CU) seguindo a metodologia proposta por Merriam & Keller (1978). A Eficiência de Aplicação (Ea) e o Coeficiente de Variação (CV) foram obtidos de acordo com a recomendação de Gomes (1997). O primeiro foi calculado pelo produto entre o coeficiente de uniformidade e o coeficiente de transmissividade (Ks). O Ks varia de acordo com o clima, a profundidade do sistema radicular e a textura do solo. O valor utilizado no cálculo foi de 90% seguindo a proposta de Keller & Karmeli (1974). O coeficiente de variação foi obtido a partir da razão entre o desvio padrão das vazões amostrais e a vazão média dos emissores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes encontrados para as duas avaliações, podem ser visualizados na Tabela 1. Verifica-se que os valores de CUC foram de 87,05% e 80,98%, respectivamente, para julho de 2005 e julho de 2007. Estes valores mostram que o sistema de irrigação funciona com boa condição de uniformidade, de acordo com a classificação de Mantovani (2002). Moreira et al. (2005) avaliando sistemas de irrigação de bananeiras no Distrito Irrigado Jaguaribe Apodi, Ceará, encontraram valores de CUC superiores, principalmente após efetuarem ações corretivas. Silva e Silva (2003) obtiveram valores superiores a 95%, avaliando as características hidráulicas de um microdifusor autocompensante. A diminuição do CUC nos anos de 2005 e 2007, mostra que a manutenção do sistema de irrigação não vem sendo corretamente efetuada. Outros fatores como: tempo de uso, desgastes e não reposições de peças do sistema podem está contribuindo para esta diminuição.

Com relação ao CU, verifica-se que seu comportamento é similar ao CUC, ou seja, uma diminuição dos valores encontrados na primeira observação (83,31%) para com os verificados na segunda (80,45%). De acordo com a classificação de Bralts (1986), o desempenho do sistema de irrigação é classificado como bom, apesar da redução do valor. Souza et al. (2005) encontraram CU igual a 95,85% ao avaliar um sistema de irrigação localizada de baixa pressão

Tabela 1. Coeficientes obtidos nas duas avaliações do sistema de irrigação por microaspersão

Coeficientes	Unidade	Data da avaliação	
		julho/2005	julho/2007
q_n	$L\ h^{-1}$	40,83	40,83
q_a	$L\ h^{-1}$	34,01	42,33
CUC	%	87,05	80,98
CU	%	83,31	80,45
CV	%	18,19	38,29
Ea	%	74,98	72,40



denominado *bubbler*. Pereira et al. (2005), avaliando a uniformidade de um sistema de irrigação localizada, observou um CU de 68,08%, portanto, inferior àqueles encontrados neste trabalho. Estes mesmos autores citam que o CU foi o menor entre os coeficientes de avaliação estudados, o que também é verificado no presente estudo. Segundo López et al. (1992), citado por Pereira et al. (2005), o emprego desse coeficiente em avaliação de sistemas de irrigação localizada é mais indicado, pois, possibilita uma visualização mais clara com relação às plantas que estão recebendo menos água.

No que se refere ao coeficiente de variação, constata-se que houve uma variação brusca, no qual este parâmetro passou de 18,19%, em julho de 2005, para 38,29% em julho de 2007. Isso mostra que o manejo da irrigação não vem sendo corretamente efetuado, como comentado anteriormente. De acordo com a classificação de Pereira et al. (2005), o sistema de irrigação passou de uma condição de funcionamento muito boa para operar em uma situação de baixa uniformidade de aplicação. Nascimento et al. (1999) ao efetuarem a caracterização hidráulica de um microaspersor, encontraram CV igual a 0,7%. Barreto Filho et al. (2000) encontraram CV variando de 8% a 11% ao estudarem o desempenho de um sistema de irrigação ao nível de campo. Este aumento no CV pode ser atribuído a um funcionamento inadequado do sistema, provocado por entupimentos de emissores. Outros fatores também podem estar associados, como: descaracterização de emissores por ocasião de desentupimentos e o próprio desgaste natural do sistema devido ao tempo de uso.

Ainda pela Tabela 1, verifica-se que a eficiência de aplicação do sistema variou de 74,98% para 72,40%, respectivamente, da primeira para a segunda avaliação. Autores como Barreto Filho et al. (2000) encontraram valores variando de 78,3% a 84,6%, ao avaliarem subáreas de um sistema de irrigação por microaspersão em condições de campo. Freire et al. (2005), encontrou valor de E_a igual a 93,6%, ao efetuar a caracterização hidráulica de um microaspersor. Para Keller & Bliesner (1990) valores de E_a entorno de 80% são desejáveis. Verifica-se que os valores de E_a encontrados são bem inferiores ao recomendado pela literatura.

CONCLUSÕES

1. Houve uma redução no desempenho do sistema de irrigação, pois todos os parâmetros analisados tiveram avaliação negativa entre os dois períodos avaliados;
2. Para os parâmetros CUC e CU, o sistema de irrigação funciona sob boas condições de uniformidade e o CV classifica o desempenho como de baixa uniformidade;
3. A E_a passou de 74,98% para 72,40%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. Desempenho de um Sistema de Irrigação por Microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.309-314. 2000.

- BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKUS, D. A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).
- FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de Sistemas de Irrigação Localizada: Validação de Equações. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.427-430. 2001.
- FREIRE, J. O.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O. Caracterização hidráulica do microaspersor agroplast 59 l h⁻¹ bocal vermelho. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Teresina-PI. **Anais...**2005.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV – P&D/Café/EMBRAPA. 2002. 100p.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation systems evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271 p.
- MOREIRA, F. V. de O.; SANTOS, F. S. S. dos; SILVA, F. L. da. Avaliação da irrigação por microaspersão com ações corretivas visando melhoria no desempenho dos sistemas. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Teresina-PI. **Anais...**2005.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M.; AZEVEDO, C. A. V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor RAIN-BIRD QN-14. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.30-33. 1999.
- PEREIRA, J. M. G.; CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; SILVA, E. J.; BEZERRA, A. K. P.; SOUSA, A. E. C.; SOUSA, C. H. C. Avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação localizada instalado no município do Crato – CE. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Teresina-PI. **Anais...**2005.
- SILVA, R. A. da; SILVA, A. M. da. Avaliação das características hidráulicas do microdifusor autocompensante DAN JET 7200. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.27, n.4, p.873-878, jul./ago., 2003.
- SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo Software “*Bubbler*”. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.264 -271, jan./abr., 2005.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

DESEMPENHO HIDRÁULICO DE UM FILTRO DE DISCO E DE TELA, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE SÓLIDOS SUSPENSOS¹

FREIRE, E. A.² & MELO, A. F. M.³

¹ Parte da Dissertação de Tecnólogo em Recursos Hídricos Irrigação, apresentada pelo primeiro autor à FATEC - Sobral.

² Tecnólogo em Irrigação, Reijers Ltda, Caixa Postal 22, CEP 62 370-000, São Benedito, CE. Fone (88) 96070601 E mail: epitaciofreire@bol.com.br

³ Tecnóloga em Recursos Hídricos Irrigação, Bolsista do CNPq, CVT São Benedito CE.

RESUMO: Consistiu em verificar a eficiência de filtragem e perda de carga localizada antes e após um filtro de disco e de tela, ambos com o mesmo diâmetros e fornecedores iguais com concentrações de sólidos suspensos diferentes para cada tratamento, sob condições de um circuito hidráulico fechado, localizado no laboratório de irrigação do CENTEC Sobral, utilizando um reservatório de 100 L. Os tratamentos com sólidos suspensos a 0 mg L⁻¹ e 100 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹ de percentagens de diâmetros de TFSA, contribuíram para se perceber o aumento das perdas de cargas em média 5% menores, 4,25; 4,29 e 5,25 m.c.a no filtro de disco contra 4,42; 4,69 e 5,36 m.c.a. para o filtro de tela, ambos de ¾ polegadas e 120 mesh para cada tratamento onde foram em média 23,7% maiores no filtro de disco, 26, 31, 36 % para este e 22, 24, 29 % para o filtro de tela.

Palavras-chave: qualidade da água, eficiência de filtragem, perda de carga.

HYDRAULICAL PERFORMANCE OF A FILTER OF RECORD AND SCREEN, IN FUNCTION OF THE AMOUNT OF SOLIDS SUSPENSOS¹

ABSTRACT: It consisted of after verifying the efficiency of filtering and loss of load located before and a filter of record and screen, both of diâmetros and equal suppliers with different suspended solid concentrations for each treatment, under conditions of a closed hydraulical circuit, located in the laboratory of irrigation of the CENTEC Sobral, using a reservoir of 100 liters. The treatments with mg/L and 200 mg/L and 100 the 0 suspended solids mg/L of percentages of diâmetros of TFSA, had contributed to on average perceive the increase of the losses of loads 5% minors, 4,25; 4,29 and 5,25 m.c.a in the record filter against 4,42; 4,69 and 5,36 m.c.a for the screen filter, both of ¾ counts and 120 mesh for each treatment where greater in the record filter had been on average 23.7%, 26, 31, 36% for this and 22, 24, 29% for the screen filter.

Key-words: quality of the water, efficiency of filtering, loss of load.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação têm vivenciado um grande desenvolvimento, tanto em termos de tecnologia como em área irrigada, caracterizando-se pela aplicação de água diretamente sobre a região radicular, com pequenas vazões e alta frequência de modo a manter um conteúdo adequado de umidade no volume de solo molhado. (Lopes et al., 1992).

O uso da irrigação localizada vem crescendo cada vez mais devido ao avanço tecnológico dos materiais plásticos, que possibilitam o desenvolvimento de diversos tipos de tubos, emissores e válvulas. Dentre os métodos de irrigação utilizados, a irrigação localizada vem demonstrando um grande aumento em termos de área irrigada, por causa principalmente, da economia no uso dos recursos hídricos.

O uso de filtros de diversos tipos têm sido recomendado, procurando obter uma melhoria da qualidade físico-química e bacteriológica de água para irrigação localizada.

A escolha do tipo e capacidade do sistema de filtragem é de fundamental importância, evitando-se assim, o aumento dos custos de operação e manutenção do sistema de irrigação, devido à necessidade de limpeza e trocas frequentes de seus componentes.

O entupimento físico de componentes dos sistemas de irrigação pode ser causado por fatores, tais como, a suspensão de partículas inorgânicas (areia, silte, argila, etc), material orgânico (fragmentos de plantas, resíduos de animais), algas, bactérias e elementos químicos (ferro, manganês, carbonatos e bicarbonatos). Tem-se observado que os maiores problemas de obstrução são causados, em geral, pela presença de materiais em suspensão (Adin & Alon, 1986).

O número e tipo de filtro dependerão da qualidade da água disponível, da vazão requerida pelo sistema, da perda de carga admitida no cabeçal de controle, do grau de limpeza desejada, da frequência de limpeza dos filtros e da existência de automação de limpeza dos filtros. A filtração da água pode ser realizada através de vários tipos de filtros usados individualmente ou agrupados de forma a se obter uma melhor eficiência na remoção de impurezas podendo ser interessantes à instalação de pré-filtros na tomada de água, antes do cabeçal de controle.

A perda de carga observada pelo piezômetro em formato de “U” é dada entre as diferentes partículas do líquido e o atrito causado pela resistência da parede interna da tubulação quando da passagem do fluido pela mesma e classifica-se no circuito experimental de perda de carga localizada.

A eficiência no processo de filtragem é baseada no princípio segundo o qual os poros do meio filtrante são menores que o diâmetro das partículas a serem filtradas, porém a retenção dessas partículas a serem filtradas é conseguida por processos físico-químicos laboratoriais.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de filtragem de um filtro de disco e de tela, com finalidade de se observar a eficiência de filtragem nas diferentes concentrações de sólidos suspensos e determinar o perfil de carga localizada, trabalhando com a mesma pressão e vazão.



MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Sobral - CE, no Laboratório Hidráulica - Instituto CENTEC, entre os meses de Setembro e Dezembro de 2002. O sistema consistiu em um circuito hidráulico fechado, com apenas um reservatório, capaz de fornecer água com diferentes teores de sólidos em suspensão. O sistema funcionou com uma pressão estabelecida para o ensaio de 100 kPa e vazão de 1 L s^{-1} . A água foi bombeada do reservatório, mantida sob agitação mecânica constante para manter uma concentração de sólidos suspensos homogênea.

Foram confeccionados dois pontos de tomada de pressão. As tomadas foram fixadas de modo a não permitir vazamentos. Nos pontos de tomada de pressão, colocou-se uma mangueira de polietileno ligando diretamente às tomadas de pressão que posteriormente foram ligados cada uma nas conexões do piezômetro em “U” (Figura 1), sendo localizada a primeira a 20 cm antes do filtro de disco ou tela e a outra a 20 cm após o filtro de disco e de tela.

Para avaliar a eficiência de filtragem, removendo as impurezas da água a partir da avaliação das concentrações de sólidos suspensos totais na água e na saída do filtro de disco e de tela (Figura 2) foram acrescentadas amostras de solo, textura argilosa, cuja granulometria encontra-se na Tabela 1, capazes de levar a água do reservatório às concentrações de sólidos suspensos de 100 e 200 mg L^{-1} .



Figura 1. Esquema geral da bancada de ensaio

Tabela 1: Percentagem da amostra de solo, dada pela pesagem de TFSA

Tamanho das partículas (mm)	%
< 0,25	18,74
0,25 – 0,50	66,26
> 0,50	18,48



Figura 2. tipos de filtro: Tela e Disco

A qualidade da água apresentou concentração de sólidos em suspensão, que variou de 0, 100 e 200 mg L⁻¹. Em cada tratamento, após 20 minutos de funcionamento do sistema foram coletadas duas amostras para determinação da concentração de sólidos suspensos imediatamente após o filtro e ao reservatório. A eficiência de filtragem foi determinada utilizando a equação 1.

$$E_r = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

Sendo:

E_r - eficiência de remoção

S_1 - concentração de sólidos suspensos na entrada do filtro, (mg L⁻¹)

S_2 - concentração de sólidos suspensos na saída do filtro, (mg L⁻¹)

Adotou-se um roteiro básico para o julgamento da quantidade de sólidos suspensos na solução presente no reservatório. Cada tratamento, após o funcionamento do sistema e a filtragem da água com seus devidos tipos de filtros, foram coletadas 100 ml das amostras de água no reservatório e no registro.

Com a Lei de Stevin, que anuncia a diferença de pressão entre dois pontos da massa de um líquido em equilíbrio, observou-se a variação de pressão, dada pela leitura feita no piezômetro em “U”, onde consistiu na inserção de um tubo transparente, preenchido com mercúrio. Porém, com a tomada de leitura de pressão, propôs-se utilizar a expressão empírica de Stevin conforme mostra a Equação 2.

$$P_1 - P_2 = \gamma \Delta h \quad (\text{Lei de Stevin}) \quad (2)$$

Onde:

Δh - diferença de altura entre os dois pontos (m);

γ - peso específico do fluido (1000 Kgf m⁻³);

P_1 - pressão antes do filtro (Kgf m⁻²)

P_2 - pressão após o filtro (Kgf m⁻²)



A avaliação da perda de carga se deu antes e após o filtro, com relação aos diferentes tipos de filtro, tela e disco, e nas diferentes concentrações de sólidos suspensos. O aumento da diferença entre essas medidas de pressão representa a perda de carga no filtro devido à retenção e acúmulo de impurezas e presta-se também como indicador do momento de se efetuar a limpeza do mesmo. No final de cada tratamento, após 20 minutos de funcionamento do sistema, foram registradas as leituras no piezômetro, aplicando a Lei de Stevin (equação 2), obteve-se a diferença de pressão entre os dois pontos.

$$P_1 - P_2 = 12 \cdot 600 \Delta h \quad (3)$$

Onde:

P_2 - pressão após o filtro (kgf m^{-2}), e

P_1 - pressão antes do filtro (kgf m^{-2})

Δh - diferença de pressão (m)

São várias as equações que permitem estimar a perda de carga, dentre elas consagrou-se a equação de Bernoulli (equação 4). Desenvolvendo a equação de Bernoulli, considerando o ponto 1, antes do filtro, e o ponto 2, após, chegou-se a equação 5.

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Hf_{loc} \quad (4)$$

$$P_1 - P_2 = \gamma \cdot Hf_{loc} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O aumento da perda de carga exercida em cada tipo de filtro foi atribuído a quantidades de TFSA, adicionada ao reservatório.

Pode-se observar as perdas de carga nos filtros, sendo consideradas aceitáveis, por apresentarem valores bem próximos aos recomendados pelo fabricante, que normalmente situa-se entre 3 a 6 m.c.a., para filtro de tela e de disco, quando obstruídos, trabalhando dentro dos padrões normais de operação, sendo ligeiramente maiores no filtro de tela. As perdas de carga localizada, determinadas pelas equações 5, encontram-se na Tabela 2.

Segundo Bucks & Nakayama (1986), citado por Lima (1999), o aumento da perda de carga devido a retenção e ao acúmulo de impurezas, é um dos principais parâmetros usados na avaliação do desempenho dos filtros.

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que no filtro de disco a eficiência de filtração foi bem maior que no filtro de tela em média 23,7% maior.

Tabela 6: Perda de carga nos filtros em função do teor de sólidos suspensos.

Tratamentos S.S. (mg L^{-1})	Perdas de cargas (m)		
	<i>Filtro de tela</i>	<i>Filtro de disco</i>	<i>Diferença (%)</i>
0	4,42	4,25	4,0
100	4,69	4,29	9,3
200	5,36	5,25	2,1

Tabela 7: Eficiência de filtragem em função do tipo de filtro e teor de sólidos suspensos.

Tratamentos S.S. (mg L ⁻¹)	Eficiência de filtragem (%)		
	Filtro de disco	Filtro de tela	Diferença (%)
0	26 %	22%	18,1
100	31%	24%	29,1
200	36%	29%	24,1

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pela análise dos resultados experimentais apresentados e para as condições específicas do trabalho, conclui-se que o filtro de disco apresentou nos três tratamentos perdas de carga ligeiramente menores devida à retenção de impurezas e eficiência de filtragem maior quando comparados com o filtro de tela.

De acordo com sua eficiência de filtragem, recomenda-se o filtro de disco, por apresentar um maior grau de filtragem. Deve-se avaliar a natureza de origem dos materiais que compõem sólido suspenso, por exemplo: granulometria com diferentes partículas minerais e, ou materiais de origem vegetal ou resto de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIN, A.; ALON, G. Mechanisms and parameters of filter screens. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. New York. V.112. n.4, p. 293-304, 1986.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S. Injection of fertilizer and other chemicals for drip irrigation. In: **Agricultural turf irrigation conference**, houston, 1980. **Proceedings**. Houston: Irrigation Association, 1980. p.166-180.
- LIMA, M. M., **Desempenho de diferentes tipos de mantas sintéticas não tecidas na filtração da água para irrigação localizada**. 1999,75p. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Água e Solo). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1999.
- LOPES, J.R et al. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-prensa, 1992,405p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS-ENVELOPES EM SISTEMAS DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA

SANTOS, M. S.¹; BARROS, H. M. M.¹; TRAVASSOS, K. D.²;
RIBEIRO, S.¹; ANDRADE, L. O. DE¹ & LIMA, V. L. A. DE³

¹Mestrando em Eng. Agrícola, UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: michele.agricola@yahoo.com.br

²Eng.^a Agrícola, UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB.

³Eng.^a Agrícola, Prof^a. Doutora da UAEAG-CTRN-UFCG Campina Grande, PB

RESUMO: Para estudar o desempenho do tubo de drenagem Drenoflex em função de diferentes tipos de envelopes foi montado no Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Campina Grande (UAEAg-CTRN), um sistema experimental composto de nove tanques construídos de alvenaria. Cada modelo físico foi diferenciado pelo tipo de envelope usado, os quais foram: Brita zero, Bidím OP-20 e sem envelope. A avaliação do desempenho dos sistemas drenantes baseou-se em parâmetros como, carga hidráulica de entrada, resistência de entrada e fluxo. De um modo geral, os resultados mostraram que o uso do envelope é uma recomendada, para a instalação de sistemas de drenagem subterrânea.

Palavras-chave: Desempenho, Brita Zero, Bidím.

IMPORTANCE OF THE USE OF MATERIALS-ENVELOPES IN SYSTEMS OF UNDERGROUND DRAINAGE.

ABSTRACT: To study the performance of the pipe of Drenoflex draining in function of different types of envelopes it was mounted in the Laboratory of Engineering of Irrigation and Draining of the Federal University of Campina Grande (UAEAg-CTRN), a composed experimental system of nine constructed masonry tanks. Each physical model was differentiated by the used type of envelope, which had been: Breaks zero, Bidim OP-20 and without envelope. The evaluation of the performance of the drenantes systems was based on parameters as, hydraulic load of entrance, pre-entry drag and flow. In a general way, the results had shown that the use of the envelope is one practises recommended, for the installation of systems of underground draining.

Key-words: Acting, Breaks Zero, Bidím.

INTRODUÇÃO

Envoltório é todo material mineral, sintético ou orgânico colocado ao redor do tubo de drenagem, com a finalidade de propiciar condições para que o gradiente hidráulico na interface solo-envoltório seja mantido baixo. Este material deve facilitar o fluxo da água do solo para o dreno, permitindo que sua velocidade se mantenha baixa, e que a desagregação e o carreamento de partículas do solo para o interior do dreno sejam mínimos (Batista *et al.*, 1998). Em solos de baixa ou nula estabilidade estrutural, o carreamento de partículas do solo, pela água para o interior do tubo drenante pode redundar no colapso do sistema, devendo ser evitado com o emprego de envoltório apropriado quanto ao tipo e seu dimensionamento (Dierickx & Yuncuoglu, 1982).

Diversos tipos de materiais podem ser usados como envelope ou filtro: areia, cascalho, palha de arroz, fibra de coco e fibra de madeira, além de fibra de vidro, mistura de acrílico e celulose e outros materiais sintéticos, como nylon, fibras de poliéster, poliuretano e polipropileno (Eggelsmann, 1982).

Tendo em vista a escassez de pesquisas relativas ao uso de envelopes na drenagem agrícola e reconhecendo a necessidade de estudos comparativos da eficiência de sistemas, este trabalho tem por objetivo determinar o desempenho de tubos de drenagem sem envelope e com envelope de brita zero e bidím.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Campina Grande (Campus I, DEAg - CCT). Com o objetivo de estudar a aplicabilidade e o desempenho de sistemas drenantes, utilizou-se de um modelo experimental composto de nove tanques construídos de alvenaria tendo sido construído baseado no modelo usado por Broughton *et al.* (1987).

Cada sistema drenante foi composto de um tubo de drenagem drenoflex com comprimento de 0,6 m e um tipo de envoltório, brita zero, bidím OP-20 e sem material envoltório, disposto horizontalmente, centralizado e nivelado a 10,0 cm do fundo do tanque. O material envoltório bidím foi fixado nos tubos por meio de amarração manual sob a forma de espiral, com linhas de nylon de 0,5 mm de espessura, tal como se processa usualmente. Na colocação do material envoltório, brita zero, foram utilizadas duas placas de Duraplac com dimensões 0,76 x 0,35 x 0,03 m, distanciadas a 0,10 m a partir do tubo drenante, para servirem de gabarito na colocação destes envoltórios. Todos os tratamentos receberam um volume de 0,050 m³ de envoltório, ficando este com uma espessura de 0,10 m, envolvendo todo o tubo drenante. Após atingir a espessura predeterminada, o gabarito era cuidadosamente retirado e completando-se assim o volume com o material poroso.

Para a realização dos testes, mantendo-se fechado o ponto de descarga do tanque, abriu-se o registro de alimentação até que o nível de saturação do material poroso fosse alcançado, o que era constatado pelo posicionamento dos níveis hidráulicos em piezômetros. Ao se atingir a



condição de saturação, o fornecimento de água aos tanques era interrompido e o ponto de descarga era aberto individualmente, de modo que houvesse o rebaixamento do nível freático, sendo assim, foi realizado o registro da leitura das cargas hidráulicas de entrada.

Para cada sistema drenante instalado, foram avaliadas as cargas hidráulicas de entrada (h_e), fluxo (q) e a resistência de entrada (r_e). Para análise dessas variáveis utilizaram-se os critérios propostos por (Wesseling & Someren, 1972) e (Dieleman & Trafford, 1976).

A carga hidráulica de entrada (h_e) foi avaliada mediante uma régua graduada instalada paralelamente aos piezômetros, localizada na parte externa do modelo físico. Tomou-se uma leitura direta do nível da água no piezômetro inserido no sistema drenante. O fluxo (q) foi avaliado através de medida no ponto de descarga de cada tanque. Na determinação desta variável adotou-se a seguinte equação:

$$q = (86.400 \, v / t) * 2 \quad (1)$$

em que,

q - fluxo, $m^3 \text{dia}^{-1} m^{-1}$;

v - volume de água coletado, m^3 ;

t - tempo de coleta de volume de água, s;

2 - fator de ajuste, porque q é a descarga por unidade de comprimento de dreno e considerou-se 0,5 m de comprimento útil do tubo drenante.

A componente resistência de entrada (r_e), por se constituir num parâmetro dos mais importantes como valor independente, foi calculada mediante a equação abaixo, sugerida por (Wesseling & Van Someren, 1972):

$$r_e = h_e / q \cdot L^{-1} \quad (2)$$

em que:

r_e - resistência de entrada, em $\text{dia} \cdot m^{-1}$

h_e - carga hidráulica na entrada em m

q - fluxo do dreno, em $m^3 \text{dia}^{-1} \cdot m^{-1}$

L - comprimento do sistema drenante, em m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carga Hidráulica de Entrada (h_e)

Constatou-se que os menores valores da carga hidráulica de entrada foram obtidos quando se utilizou o envoltório de brita zero. Isto pode ser justificado pela espessura de 10,0 cm desse material envolvendo todo o sistema drenante e por sua granulometria uniforme, permitindo que ocorressem reduzidas perdas de carga na entrada do sistema. De acordo com os critérios propostos por Dieleman & Trafford (1976), todos os sistemas apresentaram

desempenhos regulares (Tabela 1). Os resultados da carga hidráulica na entrada obtidos nesta pesquisa concordam com os de Gonzaga (1994).

Resistência de Entrada (re)

A comparação entre as médias da resistência de entrada para os diferentes materiais são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que a resistência do envoltório de bidim foi praticamente o dobro da resistência oferecida pelo envoltório de brita zero. Isto pode ser devido ao fato de que o envoltório de brita zero apresentou um maior raio efetivo, granulometria uniforme e poros relativamente grandes. Nesta tabela, percebe-se ainda que os maiores valores de resistência de entrada (re) para o material drenante avaliado foram obtidos sem o uso do envoltório, seguido do envoltório de bidim.

Fluxo (q)

A maior e a menor descarga foram constatadas com o uso dos envoltórios de brita zero e sem material envoltório, respectivamente (Tabela 3). Isto demonstra uma elevada potencialidade de uso do envoltório de brita zero, apresentando capacidade para produzir um maior rebaixamento do lençol freático em menor espaço de tempo. Credenciando-o como um material que apresenta qualidades altamente desejáveis como envoltório.

Vale ressaltar que os envelopes utilizados na pesquisa (bidim e brita zero) reagiram de forma positiva para o rebaixamento do lençol freático, inclusive não se constatando, visualmente o transporte de partículas de solo para o interior do tubo de drenagem, o mesmo não foi constatado nos tubos sem material envoltório.

Tabela 1. Valores Médios da carga hidráulica na entrada (he), em m, em relação ao material drenante *versus* materiais envoltórios.

Material Drenante	Envoltórios		
	Bidim	Brita zero	Sem envoltório
Drenoflex	0,3053 ab A	0,2847 b A	0,3420 a B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5%.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Tabela 2. Valores médios da resistência de entrada (re), em dia.m⁻¹, em relação ao material drenante *versus* materiais envoltórios.

Materiais Drenantes	Envoltórios		
	Bidim	Brita zero	Sem envoltório
Drenoflex	0,0120 a A	0,0066 b A	0,0186 a B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5%.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Tabela 3. Valores médios do fluxo (q), em m³.dia⁻¹.m⁻¹, em relação ao material drenante *versus* materiais envoltórios.

Materiais Drenantes	Envoltórios		
	Bidim	Brita zero	Sem envoltório
Drenoflex	22,3033 b A	29,6267 a A	14,0467 c A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5%.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5%.



CONCLUSÕES

O uso da brita zero como material-envelope resultou em maior eficiência dos drenos, quando comparado com o bidim.

De um modo geral, os resultados evidenciaram que o uso de envelope deve ser uma prática recomendada, para a instalação de sistemas de drenagem.

Observou-se a importância do uso de envoltório, não só para evitar o carreamento de partículas de solo para o interior do tubo drenante, mas também para contribuir para uma considerável redução da resistência de entrada e uma performance adequada do sistema de drenagem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, M.de J.; NOVAES, F.de; SANTOS, D.G. dos & SUGUINO, H.H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização dos solos**. Brasília: SRH, 1998. 203 p.
- BROUGHTON, R.S., CHIRADA, K.E. & BONNELL, R.B. **Test of drain tubes with pin holes and small slots**. In: Drainage Design and Manegement. Michigan: ASAE, 1987. p. 362 - 371. (Publication 16)
- DIELEMAN, P.J. & TRAFFORD, B.D. **Ensayos de drenaje**. In: Irrigation and Drainage. Paper nº 28. Roma: FAO/ONU, 1976. p. 172.
- DIERICKX, W. & YUNCUOGLU, H. **Factors affecting the performance of drainage envelope materials in structurally unstable soils**. Agricultural Water Manegement, v.5, n.3, p. 215 - 225, 1982.
- EGGLSMANN, R. **Two decades of experience with drainage filters in the Federal Republic of Germany**. In: National Drainage Symposium, 4, Chicago, ASAE, 1982.p.115-120.
- GONZAGA, E. **Aplicabilidade de tubo de PVC para esgoto como material drenante alternativo**. 1994, 60 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- WESSELING, J. & van SOMEREN, C.L. **Drainage Materials.Provisional Report of the experience gained in the Netherlands**. In: Irrigation and drainage Paper. Washington:FAO/ONU, 1972. p. 55 - 83.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DE METAIS PESADOS DO SOLO, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, CULTIVADO PELA CULTURA DA UVA

**LIMA, V. L. A. DE¹; F. FILHO, J. J. P.²; SANTOS, M. S.³;
SANTOS, J. S. DOS³ & BARROS, H. M. M.³**

¹Eng.^a Agrícola, Prof^a. Doutora da UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB E-mail: Antuneslima@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, CCT/UFPB, Campina Grande-PB

³Mestrando em Eng. Agrícola, UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: hmmbr@yahoo.com.br

RESUMO: Com o objetivo de avaliar os impactos ambientais em uma fazenda localizada no sub-médio do São Francisco, explorada com a cultura de uva (*Vitis vinifera*) fertirrigada, foram feitas observações nas propriedades químicas do solo em dois períodos entre 1998 e 2001, em 16 setores de irrigação, 8 setores irrigados por microaspersão e 8 por gotejamento. A partir dos dados de laboratório as características químicas do solo foram avaliadas considerando os padrões recomendados. Para a quantificação de metais pesados (cádmio, cromo e níquel) utilizaram-se a classificação adotada pela CETESB, 2005. Apesar dos aumentos nos teores médios dos metais pesados no solo, estes se encontraram nos limites permitidos de acordo com a referência utilizada.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*, irrigação, metais pesados.

EVALUATION OF HEAVY METALS OF THE SOIL, IN TWO DIFFERENT DEPTHS, CULTIVATED BY THE CULTURE OF THE GRAPE

ABSTRACT: With the objective to evaluate the ambient impacts in a farm located in the sub-medium of the San Francisco, explored with the culture of grape (*vinifera Vitis*) fertirrigation, had been made comments in the chemical properties of the ground in two periods between 1998 and 2001, in 16 sectors of irrigation, 8 sectors irrigated for microaspersion and 8 for dripping. From the data of laboratory the chemical characteristics of the ground had been evaluated considered the recommended standards. For the metal quantification heavy (cadmium, chromium and nickel) they had used it classification adopted for CETESB, 2005. Although the increases in average texts of metals weighed in the ground, these if had in accordance with found in the allowed limits the used reference.

Key-words: *Vitis vinifera*, irrigation, metals heavy.



INTRODUÇÃO

O semi-árido brasileiro não só apresenta dificuldades, mas também potencialidades diferenciadas, além de apresentar vantagem em relação às regiões semi-áridas de outros países, em vista da pouca variabilidade de temperatura, da alta luminosidade e da baixa umidade relativa do ar. Essas vantagens, associadas à irrigação, resultam em condições com amplo potencial para o desenvolvimento da fruticultura irrigada.

A videira desponta como a cultura de alto valor comercial, representando importantes divisas para a região, sendo uma das frutas mais consumidas no mundo. A região do Sub-médio São Francisco possui clima semi-árido tropical, com área de mais de 260 mil hectares irrigáveis, possuindo ainda as seguintes características: altitude média de 365 metros, temperatura média de 26°, precipitação média anual de 450 mm, hidrologia apoiada no Rio São Francisco. É a única região do mundo que produz duas safras e meia por ano. Isso é possível com o auxílio da irrigação que tem tido um avanço considerado nas últimas décadas, tanto no que diz respeito ao aprimoramento de novos métodos de levar água ao solo e às culturas, quanto no incremento de novas áreas irrigadas. Dentre as vantagens da irrigação, está aquela que possibilita utilizar esse próprio sistema como meio condutor e distribuidor de produtos químicos, como fertilizantes, simultaneamente com a água de irrigação. A fertirrigação é a maneira mais eficiente e econômica de aplicar fertilizantes as plantas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas (Bernardo, 2002).

Neste sentido esse trabalho teve por objetivo avaliar os teores médios de metais pesados encontrados no solo, em duas profundidades diferentes, cultivado pela cultura da uva na região do Sub-médio do Vale do São Francisco sob sistema de fertirrigação, no período entre 1998 e 2001.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período entre 1998 e 2001 na fazenda da Empresa Brasiluvas localizada no sub-médio do Vale do São Francisco, no município de Juazeiro, BA, nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 9° 19' S e longitude 40° 12' N e altitude média de 365 m. Foram instalados 16 setores de irrigação, totalizando uma área de 35 hectares, dos quais 8 setores eram abastecidos por um sistema de irrigação por gotejamento e 8 setores por um sistema de gotejamento. A variedade estudada foi a Itália (*Vitis vinifera*) plantada no ano de 1985, explorada em duas safras anuais, em fileiras simples, com espaçamento de 3 x 3 m para o sistema de gotejamento e 2 x 4 m para o sistema de microaspersão, totalizando 1.111 plantas por hectares (gotejamento) e 1.250 plantas por hectares (microaspersão). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, considerando-se oito tratamentos, com sete repetições. Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir:

T1 – sistema de irrigação por gotejamento, 0-20 cm de profundidade em 1998

T2 – sistema de irrigação por gotejamento, 0-20 cm de profundidade em 2001

T3 – sistema de irrigação por microaspersão, 0-20 cm de profundidade em 1998

- T4 – sistema de irrigação por microaspersão, 0-20 cm de profundidade em 2001
T5 – sistema de irrigação por gotejamento, 40-60 cm de profundidade em 1998
T6 – sistema de irrigação por gotejamento, 40-60 cm de profundidade em 2001
T7 – sistema de irrigação por microaspersão, 40-60 cm de profundidade em 1998
T8 – sistema de irrigação por microaspersão, 40-60 cm de profundidade em 2001

Para a avaliação dos impactos ambientais decorrentes do uso da fertirrigação no solo, ocorridos no período em estudo, correspondendo a sete safras de uva fertirrigada. A coleta do solo foi feita através de tradagens, distribuídas nos setores de irrigação, onde em cada setor foram considerados 10 pontos para coleta de amostras, nas profundidades de 0-20 cm e 40-60 cm, e posteriormente misturadas formando uma amostra composta para cada profundidade considerada. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, codificadas e encaminhadas para o Instituto Agrônomo de Campinas para que fossem analisadas quimicamente através de metodologias próprias. A partir dos dados de laboratório as características químicas do solo foram avaliadas considerando os padrões recomendados. Para a quantificação de metais pesados (cádmio, cromo e níquel) utilizaram-se a classificação adotada pela CETESB, 2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análises estatísticas dos teores médios de metais pesados estão apresentados na Tabela 1, que aponta a média dos teores médios de cádmio, cromo e níquel nos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão.

Cádmio

Na Tabela1 observam-se os teores de cádmio nos dois sistemas de irrigação na camada mais superficial, este aumento foi maior no sistema de irrigação por microaspersão, onde aconteceu um acréscimo significativo de 244,82% quando inicialmente se tinha 0,058g dm⁻³ subindo para 0,20 g dm⁻³, no sistema por gotejamento o aumento foi de 29,57% bem menor que no outro sistema. Esta diferença entre os dois sistemas de irrigação pode ser devido ao teor de cádmio ser reduzido pela presença de matéria orgânica (Brady, 1989) como o sistema de

Tabela 1 Teores de metais pesados dos setores de irrigação

Tratamentos	Metais pesados		
	Cd	Cr	Ni
g dm ⁻³			
T1	0,071bc	0,006c	0,51 b
T2	0,092b	0,105 ab	1,23 ^a
T3	0,058bcd	0,006c	0,50 b
T4	0,20a	0,128a	1,11a
		0-20cm	
T5	0,023d	0,022c	0,30b
T6	0,034cd	0,062bc	0,97 ^a
T7	0,016d	0,010c	0,24b
T8	0,045cd	0,107 ab	0,41b
		40-60 cm	



gotejamento apresenta um maior teor de matéria orgânica também na presença deste metal no solo, em menores níveis. Este aumento nos teores médios de cádmio pode ser explicado pelo fato de que em meio ácido a disponibilidade de metais pesados para as plantas é aumentada, ou seja os metais tornam-se mais solúveis (Sauerbeck, 1991); pelo uso contínuo de fertilizantes fosfatados, e corretivos de acidez do solo, fontes desse metal (Alloaw, 1990) e também pelas cinzas de combustão das máquinas agrícolas que andam pelos setores de irrigação, pulverizando, levando adubos para aplicação da fertirrigação, gradagem, etc. Estéves et al, (1998) constataram grande influência das propriedades dos solos na retenção do cádmio. No solo com maior conteúdo de matéria orgânica, textura fina, maior capacidade de troca de cátions, tem a capacidade em fixar este elemento com maior intensidade. Os teores de cádmio variaram de 0 a 0,24 g dm⁻³ em todos os tratamentos, verifica-se que em nenhum caso ultrapassou os limites permitidos.

Cromo

Verificando a Tabela 1 nota-se um aumento nos teores médios de cromo nos dois sistemas de irrigação na camada mais superficial. Inicialmente se tinha um valor médio de cromo no solo para ambos setores de irrigação de 0,006 g dm⁻³ este valor aumentou para 0,105 g dm⁻³, no sistema de irrigação por gotejamento um aumento significativo de 1650% e para 0,128 g dm⁻³, no sistema de irrigação por microaspersão, um aumento significativo de 2033%. Na camada de 40-60 cm observa-se que os níveis médios de cromo inicialmente eram maiores do que na camada mais superficial e que houve aumento com o passar do tempo aumentando nos dois setores de irrigação, onde esse aumento foi maior no sistema de microaspersão 970% contra 181% no sistema por gotejamento. Estes altos valores na camada 40-60 cm é devido à facilidade que o cromo tem em circular no solo em direção a horizontes mais profundos, isto porque, em condições favoráveis o cromo se encontra no solo como uma espécie aniônica, CrO₄⁻² (Doménech, 1995).

Níquel

Ainda de acordo com os dados da tabela 1, percebemos um aumento dos teores médios de níquel em todos os setores de irrigação, sendo este aumento significativo nas camadas superficiais, nos dois sistemas de irrigação e no setor de irrigação por gotejamento na camada mais profunda. Na camada superficial o sistema de irrigação por gotejamento inicialmente tinha 0,51 g dm⁻³ passando para 1,23 g dm⁻³ um aumento de 141% e no sistema de irrigação por microaspersão inicialmente se tinha 0,50 g dm⁻³ passando para 1,11 g.dm⁻³ aumentando 122%.

Na camada mais profunda também houve um aumento nos dois sistema de irrigação, onde no sistema de irrigação por gotejamento inicialmente se tinha 0,30 g dm⁻³ passando para 0,97 g dm⁻³ um aumento de 223% superior ao apresentado na camada superficial, enquanto que no sistema de irrigação por microaspersão o aumento foi de 0,24 g dm⁻³ para 0,41 g dm⁻³ um aumento de 70% inferior a camada superficial. Trabalhando em áreas com cultivo de uva na Espanha, Marín (2000) encontrou valores de níquel acima dos limites recomendados que é de

75 ppm, o autor atribui os valores a atividades antropogênicas, através da atividade agrícola, que utilizam quantidades de fertilizantes fosfatados e nitrogenados que contém esses metais.

CONCLUSÕES

- Apesar do aumento nos teores médios dos metais pesados, estes se encontraram nos limites permitidos de acordo com a referência utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOAW, B.J. **The origins of heavy metals in soils**. New York, John Wiley & Sons. 1990. p. 29-39.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 6ª ed, Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 657p.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**, 7ª ed, Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989, 898p.
- CETESB – **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**, São Paulo, 2001. 232p.
- DOMÉNECH, X. **Química del suelo, El impacto de los contaminantes**, Departamento de Química Universidad autónoma de Barcelona, Madrid, 1995. 190p.
- ESTÉVES, J.I.; ANDRADE, L.; MARCET, P. & MONTERO, M.J. Influência da propriedades do solo na fixação e mobilidade de Zn e Cd, Dep. **Biología Vegetal y Ciencia del Suelo**, Universidad de Vigo, Edafologia, Volumen 5, 1998. p. 19-27.
- SAUERBECK, D.R. Plant, element and properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. **Water, Air Soil Pollut**, 1991. p.57-58, 227-237.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA UVA NA REGIÃO DO SUB-MÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, JUAZEIRO - BA

LIMA, V. L. A.¹; F. FILHO, J. J. P.²; SANTOS, M. S.²;
BARROS, H. M. M.³ & SANTOS, J. S. DOS³

¹Eng.ª Agrícola, Profª. Doutora da UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB E-mail: Antuneslima@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, CCT/UFPB, Campina Grande-PB

³Mestrando em Eng. Agrícola, UAEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: hmbbr@yahoo.com.br

RESUMO: No vale do São Francisco, as condições edafoclimáticas da região (especialmente baixa umidade relativa do ar durante a estação seca prolongada) favorecem o cultivo de variedades de uva de mesa e a sua colheita em qualquer época do ano, além de reduzir o aparecimento de doenças nos parreirais. Por isso é que grande parte das uvas finas de mesa exportada pelo Brasil é colhida nessa região. Com objetivo de avaliar dados da produtividade médias de safras da cultura da uva (*Vitis vinifera*) na região do Sub-médio do Vale do São Francisco foram feitas observações em 16 setores de irrigação, 8 setores irrigados por microaspersão e 8 por gotejamento. Os dados de produtividade foram obtidos através do banco de dados da fazenda Empresa Brasiluvas no período de 1998 a 2001, a partir dos dados de produção, comparou-se estes com alguns dados climáticos e verificando se estas surtiram algum efeito na produção. Os resultados indicaram um aumento gradativo da produtividade na fazenda. Observou-se ainda que as melhores produções de uva são sempre no segundo semestre.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*, produtividade, sistema de irrigação

PRODUCTIVITY OF THE CULTURE OF THE GRAPE IN THE AREA OF THE SUB-MEDIUM OF SÃO FRANCISCO'S VALLEY, JUAZEIRO-BA

ABSTRACT: In it is worth him of San Francisco, the conditions edafoclimáticas of the area (especially low relative humidity of the air during the station evaporates lingering) they favor the cultivation of varieties of table grape and your crop in any time of the year, besides reducing the emergence of diseases in the parreirais. Therefore it is that great part of the fine grapes of table exported by Brazil it is picked in that area. With objective to evaluate given of the productivity average of harvests of the culture of the grape (*vinifera Vitis*) in the region of the Sub-medium of the Valley of the San Francisco comments in 16 sectors of irrigation, 8 sectors irrigated for microaspersion and 8 for dripping had been made. The productivity data were obtained through farm Company Brasiluvas's database in the period from 1998 to 2001., from the production data, compared these with some climatic data and verifying if these they had occasioned some effect in the production. The results had indicated a gradual increase of the productivity in the farm. It was observed despite the best productions of grape are always in as the semester.

Key-words: *Vitis vinifera*, productivity, overhead irrigation

INTRODUÇÃO

A videira vem sendo cultivada desde tempos remotos e parece ser uma das primeiras frutas aproveitada pelo homem. Sua origem mais remota foi na região onde hoje se encontra a geleira eterna da Groelândia, no extremo da América do Norte. A partir dali, as uvas primitivas foram se espalhando para outras terras, alcançando, por um lado, o continente americano e, por outro, a Ásia e Europa (Tidei, 1991).

As regiões semi-áridas tropicais, que são caracterizadas pela ocorrência de chuva escassas, irregulares e concentradas em períodos aproximados de quatro meses, e por elevadas demanda evapotranspirométrica, com o uso da irrigação, torna essa região bastante favorável à exploração da fruticultura, principalmente da cultura da videira, proporcionando a obtenção de, pelo menos, duas safras por ano (Soares, 1998).

As condições climáticas dessas regiões beneficiam a produção de uvas finas de mesa. Devido ocorrer uma incidência reduzida de doenças, melhora a qualidade dos frutos, com aumento dos teores de açúcares nas bagas, além de apresentar uma série de particularidades no manejo, em virtude da adaptação e do comportamento fisiológico das plantas nessas condições. As plantas vegetam continuamente, ou seja, não paralisam sua atividade fotossintética e não apresentam fase de dormência, o que possibilita a colheita em qualquer época do ano, podendo obter até 2,5 safras anuais, enquanto que na região sudeste efetua-se apenas uma safra por ano (Leão & Maia, 1998).

O clima, através de elementos, tais como: radiação solar, temperatura do ar, chuva, velocidade do vento, umidade relativa e molhamento (orvalho), interferem na cultura da videira em todas as suas fases, tanto no desenvolvimento e crescimento das plantas, como na inter-relação dessa com as pragas e doenças. Estes elementos são os grandes responsáveis pela produtividade da cultura (Sentelhas, 1998).

Durante o ciclo vegetativo a temperatura elevada é bastante desejável, pois antecipa a maturação e contribui para aumentar o teor de açúcar da baga, graças a isso, as uvas produzidas no calor escaldante do Nordeste, no vale do São Francisco em condições irrigadas, tem sido consideradas as mais doces do País e, até agora, certamente as únicas que se prestam à fabricação de uva-passa (Tidei, 1991).

No caso de temperaturas altas, as plantas começam a ressentir-se a partir dos 39°C, atingindo o seu valor crítico por volta dos 45°C, e se sujeitas aos 55°C, por tempo suficiente, a planta não resiste (Almeida, 1956).

Desta forma o presente trabalho teve como objetivo a avaliação de dados da produtividade médias de sete safras da cultura da uva (*Vitis vinifera*) na região do Sub-médio do Vale do São Francisco sob dois tipos de sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão), relacionando a produtividade média dos dois setores de irrigação com dados climáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda da Empresa Brasiluvas localizada no sub-médio do Vale do São Francisco, no município de Juazeiro, BA, nas seguintes coordenadas



geográficas: latitude 9° 19'17" S e longitude 40° 12' 145" N e altitude média de 365 m. Foram instalados 16 setores de irrigação, totalizando uma área de 35 hectare, dos quais 8 setores eram irrigados por sistema por gotejamento e 8 setores por microaspersão. A variedade estudada foi a Itália (*Vitis vinifera*) plantada no ano de 1985, explorada em duas safras anuais, em fileiras simples, com espaçamento de 3 x 3 m para o sistema de gotejamento e 2 x 4 m para o sistema de microaspersão, totalizando 1.111 plantas por hectares (gotejamento) e 1.250 plantas por hectares (microaspersão). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, considerando-se oito tratamentos, com sete repetições. Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir:

- T1 – sistema de irrigação por gotejamento, em 1998
- T2 – sistema de irrigação por gotejamento, em 2001
- T3 – sistema de irrigação por microaspersão, em 1998
- T4 – sistema de irrigação por microaspersão, em 2001
- T5 – sistema de irrigação por gotejamento, em 1998
- T6 – sistema de irrigação por gotejamento, em 2001
- T7 – sistema de irrigação por microaspersão, em 1998
- T8 – sistema de irrigação por microaspersão, em 2001

Na propriedade estudada a uva é explorada em duas safras anuais, onde suas atividades estão direcionadas para atender o mercado Europeu durante os meses de maio-junho e novembro-dezembro.

Na propriedade estudada a uva é explorada em duas safras anuais, onde suas atividades estão direcionadas para atender o mercado Europeu durante os meses de maio-junho e novembro-dezembro, o ciclo de produção das uvas dura, em média, 120 dias (nesta região). Os dados de produtividade foram obtidos através do banco de dados (Tabela1) da fazenda, onde tem todos os dados por setores de irrigação como produção, quantidade de adubos aplicados, quantidade de horas aplicadas na irrigação, defensivos usados e etc, A partir dos valores de produção, comparou-se estes dados com alguns resultados climáticos e verificando se estas surtiram algum efeito na produção.

Na fazenda constam duas estações climatológicas, uma própria e outra pertencente a EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Para o presente trabalho utilizou-se os resultados climatológicos da estação da fazenda, os quais eram monitorados diariamente, onde eram anotados, digitalizados e armazenados no banco de dados. Considerou-se os seguintes resultados climatológicos: precipitação, evaporação, temperatura e umidade relativa do ar.

Tabela 1. Cronograma do ciclo da uva na fazenda

1º Semestre					
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Poda	Tratos culturais	Tratos culturais	Tratos culturais	Repouso	Repouso
Tratos culturais			colheita		
2º Semestre					
Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Poda	Tratos culturais	Tratos culturais	Tratos culturais	Repouso	Repouso
Tratos culturais			colheita		

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Figura 1 estão apresentados os dados de produtividade média de sete safras da cultura da uva em toneladas por hectare distribuído em valores médio para os setores de irrigação por gotejamento e microaspersão. Observa-se nesta figura é que as melhores safras anuais sempre ocorrem no segundo período do ano (julho a outubro).

Relacionando a produtividade média dos dois setores de irrigação com a temperatura média na Tabela 2, nota-se que a temperatura média exerce influência na produção, ou seja, onde se obteve temperaturas menos elevadas na faixa de 26,2 a 27,8° foi onde se obteve as melhores produções.

Com relação aos outros dados climáticos nota-se que a melhor média de produtividade no sistema de irrigação por gotejamento foi na segunda safra do ano de 1999, com uma produtividade média de 22,38 t/ha, tendo como precipitação média para os quatro meses de ciclo da uva em tomo de 2,01 mm, média da umidade relativa do ar 56,86 % e evaporação média de 7,59 mm. No sistema de irrigação por microaspersão a melhor média de produtividade ocorreu na segunda safra de 2000 com produtividade média de 26,23 t/ha, onde se teve precipitação média em tomo de 0,65 mm, umidade relativa do ar de 56,06 % e evaporação média de 7,78 mm.

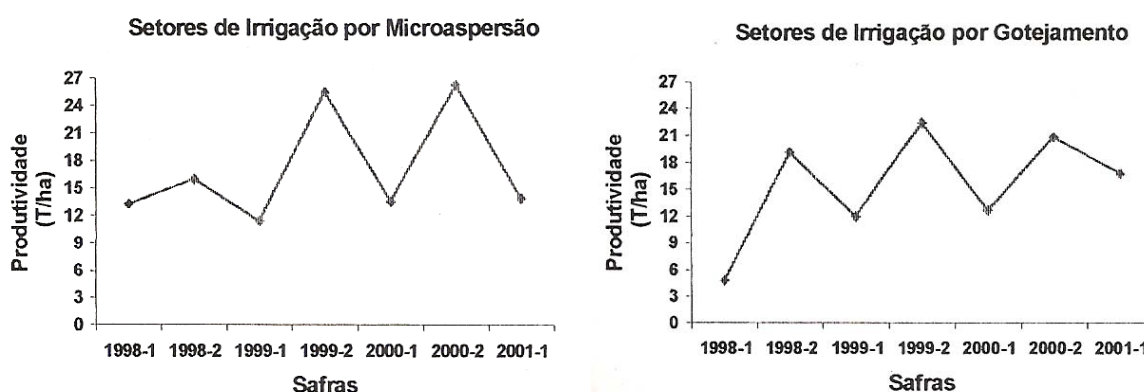


Figura 1. Produtividade média nos setores de irrigação por gotejamento e microaspersão

Tabela 2. Valores médios dos quatro meses correspondentes ao ciclo da uva de temperatura média, Precipitação, Umidade Relativa do Ar e Evaporação

Período	Temp. Média °C	Precipitação mm	Umidade %	Evaporação mm
1998.1	29,35	1,87	59,74	8,29
1998.2	27,80	0,04	50,59	9,10
1999.1	29,19	1,55	5,73	7,91
1999.2	26,22	2,01	56,86	7,59
2000.1	27,36	3,25	66,19	5,66
2000.2	26,88	0,65	58,73	7,78
2001.1	28,26	1,28	59,06	7,57



CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que houve aumento gradativo da produtividade na fazenda utilizando sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão. Observou-se ainda que as melhores produções de uva são sempre no segundo semestre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.R.M. **Viticultura e ampelografia. II parte, O Meio Vitícola**. Lisboa, Edições “Agros”/ Assoc. Estudantes Agronomia, 19956, 43 p.
- LEÃO P.C.S & MAIA D.G.J.; Aspectos Culturais em Viticultura tropical Uva de Mesa, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte – MG, vol.19, nº194, 1998, p 34-39.
- SENTELHAS, P. C. Aspectos Climáticos para a Viticultura Tropical, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte – MG, vol.19, nº 194, 1998, p.9-14.
- SOARES, J.M. **Irrigação. Informações Técnicas Sobre a Cultura da Videira no Semi-árido Brasileiro**: EMBRAPA-CPATSA. 1998.
- TIDEI, C. A. **A Uva, Manual Brasil Agrícola**, vol 6, ed Ícone, São Paulo- SP, 1991, 420-448 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&

I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

CRESCIMENTO DO MELOEIRO TIPO GÁLIA FERTIRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO¹

OLIVEIRA F. A.²; MEDEIROS, J. F. DE³; LIMA, C. J. G. S.⁴;
OLIVEIRA, M. K. T.⁴; GALVÃO, D. C.⁴ & SOUZA, P. S.²

¹Projeto financiado pelo CNPq

²Engº Agrº, Pós-graduando em Irrigação e Drenagem, UFERSA, CEP 59626-310, Mossoró-RN, e-mail:
thikaoamigao@bol.com.br

³Prof. Doutor, Deptº de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

⁴Graduando (a) Agronomia, Bolsista CNPq/PIBIC, Deptº de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

⁵Engº Agrº, Deptº de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

RESUMO – Este trabalho foi realizado durante o período de outubro a dezembro 2005, em fazenda da região produtora de melão do Agropolo Assu-Mossoró, com o objetivo de analisar o crescimento do meloeiro Gália fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados num esquema fatorial de 3 x 3 x 3, com três repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de três doses de nitrogênio (N_1 -42, N_2 -84 e N_3 -126 kg ha⁻¹) e potássio (K_1 -106, K_2 -212 e K_3 -322 kg ha⁻¹) sendo os níveis N_2 e K_2 são os mais recomendados na literatura, aplicados via fertirrigação com diferentes lâminas ($L_1 = 0,7.NTI$, $L_2 = 0,9.NTI$ e $L_3 = 1,1.NTI$). As variáveis analisadas foram: índice de área foliar (IAF) e a matéria seca da parte aérea (MSPA). O índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca foram influenciados positivamente pelo incremento das doses de nutrientes aplicados e pelas lâminas de irrigação.

Palavras-chave: Fertirrigação, nutrição do meloeiro, irrigação.

GROWTH OF THE MUSKMELON TYPE GÁLIA FERTIRRIGATED WITH DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM

ABSTRACT – An experiment was carried out during the period of october to december of 2005, in farm of the producing melons region of Agropolo Assu-Mossoró, with the objective of analyzing the growth of the melon plant Gália fertirrigation with different doses of nitrogen and potassium. The randomized blocks in a factorial scheme (3 x 3 x 3), with three replications. The Treatments consisted of combination the three nitrogen doses (N_1 -42, N_2 -84 e N_3 -126 kg ha⁻¹) and potassium (K_1 -106, K_2 -212 e K_3 -322 kg ha⁻¹), being the levels N_2 e K_2 are most recommended in technical literature, applied for fertirrigation with different irrigation depths ($L_1 = 1,1.NTI$, $L_2 = 0,9.NTI$ and $L_3 = 0,7.NTI$). The appraised variables were index of leaf area (IAF) and matter dries of the aerial part (MSPA). The index of leaf area and the matter accumulation dries were influenced positively by the increment in the doses of applied nutrients and for the irrigation depths.

Key-words: fertirrigation, melon nutrition, irrigation.



INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil, por apresentar clima semi-árido e alta luminosidade vem despontando como grande produtor de melão irrigado. Sobressaindo-se o Estado do Rio Grande do Norte com 44% de toda área plantada no Brasil e com produtividade de $26.636 \text{ Kg ha}^{-1}$, superior a Nacional e a nordestina (IBGE, 2005).

A grande expansão dessa cultura se deve principalmente as condições edafoclimáticas favoráveis associado a praticas culturais de alta tecnologia, com destaque para fertirrigação. A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90% em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética e o restante, da absorção de nutrientes minerais do solo. Como o crescimento é avaliado através de variações em tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função do acúmulo de material resultante da fotossíntese líquida, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento (Benincasa, 1988).

De acordo com Kvet et al. (1977) os elementos básicos para análise de crescimento de um vegetal, são a área foliar e a matéria seca total ou de parte da planta. A primeira permite estimar a eficiência das folhas na captação de energia solar necessária para as reações químicas comuns nos vegetais superiores, na produção de assimilados e na influencia sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, enquanto a segunda quantifica o aumento de material acumulado na formação de um órgão ou de toda planta.

As plantas superiores possuem, em média, 5% de nutrientes minerais na matéria seca, porém são grandes as diferenças entre espécies, e as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, intensificando-se com o florescimento, a formação e o crescimento dos frutos (Haag et al., 1981). Diante do exposto este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento do meloeiro tipo Gália fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio e diferentes lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante o período de novembro a dezembro de 2005 em fazenda produtora de melão localizada no agropolo Assu-Mossoró, cujo solo tem textura franco-arenosa, com a camada de 0-20 apresentando as seguintes características químicas: $\text{pH}=5,8$, $\text{Ca}^{2+}=2,68$, $\text{Mg}^{2+}=1,20$, $\text{K}^{+}=0,18$, $\text{Na}^{+}=0,04$, $\text{Al}^{3+}=0,05$, $\text{H}^{+}=1,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{P}=14 \text{ mg dm}^{-3}$. A água utilizada na irrigação foi proveniente de fonte de rio perenizado, e apresentou as seguintes características químicas: $\text{CE} (\text{dS m}^{-1})=1,39$; $\text{pH}=8,10$; $\text{Ca}^{2+}=4,45$; $\text{Mg}^{2+}=3,60$; $\text{K}^{+}=0,14$; $\text{Na}^{+}=6,00$; $\text{Cl}^{-}=8,10$; $\text{HCO}_3^{-}=5,05$; $\text{CO}_3^{-}=0,70 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})$, similar às águas de poços que exploram o aquífero calcário. Foram instalados três experimentos em áreas adjacentes e conduzidos simultaneamente, onde em cada um foi testada uma lâmina de irrigação em função da necessidade total de irrigação, conforme Allen et al. (1998): $\text{L}_1=0,7.\text{NTI}$; $\text{L}_2=0,9.\text{NTI}$ e $\text{L}_3=1,1.\text{NTI}$, respectivamente, sendo $\text{NTI}=1,1\text{ETc}$, considerada como a lâmina padrão para a

cultura. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições, num arranjo fatorial de 3 x 3, três doses de N (N_1 -42, N_2 -84 e N_3 -126 kg ha⁻¹) e de K (K_1 -106, K_2 -212 e K_3 -322 kg ha⁻¹) sendo N_2 e K_2 as doses recomendadas por Crisóstomo et al. (2002), aplicados via fertirrigação. A cultura estudada foi o melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) do tipo Gália, híbrido Solarnet, cujo fruto tem forma arredondada a ligeiramente ovalado, reticulado, denso e uniforme, sem sutura e a polpa é de coloração esverdeada clara. O plantio foi feito via semeadura direta, com uma semente por cova no espaçamento de 1,85 m x 0,40 m. O sistema de irrigação adotado foi localizado do tipo gotejamento, com um emissor por planta apresentando vazão de 1,8 L h⁻¹. para analisar o crescimento da planta, foram realizadas coletas aos 25, 37, 50 e 64 dias após semeadura, sendo coletada uma planta com competição completa e desenvolvimento considerada normal na parcela. As plantas coletadas foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo, conduzidas ao Laboratório de Irrigação e Drenagem no Departamento Ciências Ambientais da UFERSA, onde foram separados em folhas, ramos, frutos. A área foliar (AF) foi determinada utilizando-se um integrador de área foliar, modelo LI-3100 do Licor equipamentos e o índice de área foliar (IAF) (m² m⁻²) determinado a partir da relação entre a área foliar total de cada planta e a área de solo explorada pela mesma. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação forçada, à temperatura de 70°C±1 até atingir peso constante. Realizaram-se análises de variância por coleta e em parcela subdividida usando o tempo de coleta como subparcela e análise de regressão com ajuste em polinômios ortogonais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de área foliar (Figura 1 A), foi pouco influenciado pelos tratamentos aplicados até a terceira coleta (50 dias após semeadura), quando o efeito começou a ser mais significativo, com o maior valor obtido usando-se a dose de N_3 e K_3 . Esse comportamento se deve pela maior cobertura do solo devido ao máximo desenvolvimento da cultura. Os tratamentos apresentaram resposta quadrática, com valores máximos de 1,9 cm² cm⁻² (N_1K_1 e N_2K_2) a 2,2 cm² cm⁻² (N_3K_3), sendo os máximos valores obtidos aos 64 DAS. Esses valores estão acima daqueles encontrados por Tomaz et al (2005) trabalhando com melão ‘pele de sapo’ sob diferentes doses de N e não encontrou resposta a doses de potássio, encontrando valor médio de 1,77 cm² cm⁻², no entanto com comportamento cúbico para IAF. Observa-se na Figura 1A que as curvas dos IAFs para todos os tratamentos apresentam-se ascendente, no entanto se espera uma tendência ao decréscimo provocada pela senescência natural do meloeiro, justificando equações quadráticas.

Para as lâminas de irrigação (L), verificou-se que durante o ciclo da cultura o índice de área foliar (IAF) apresentou resposta quadrática, apresentando valores máximos 64 DAS de 1,6; 1,9 e 2,5 cm² cm⁻², para L1, L2 e L3, respectivamente. (Figura 1C). Verifica-se ainda que as lâminas L1 e L2 apresentaram a mesma resposta até 37 DAS, quando começaram a diferenciar-se. A lâmina 3

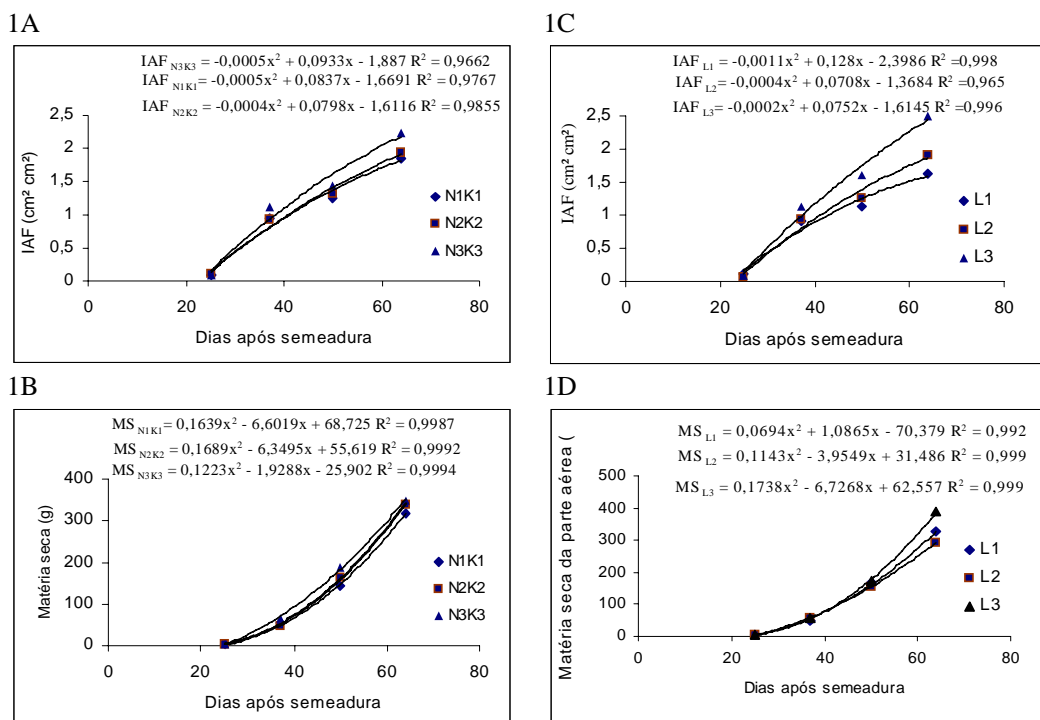


Figura 1. Índice de área foliar (1A e 1C) e matéria seca da parte aérea (1B e 1D) durante do crescimento do meloeiro Gália fertilirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio e diferentes lâminas de irrigação.

apresentou os maiores valores, provavelmente pela maior disponibilidade de nutriente proporcionada pela mesma, ao contrario da menor lâmina, que pode ter ocasionado estresse hídrico à cultura.

A matéria seca da parte aérea respondeu as doses dos nutrientes estudadas, sendo o maior valor encontrado no tratamento N_3K_3 , enquanto que os demais não diferiram entre si (Figura 1B). Nos três tratamentos a resposta foi quadrática, com os valores máximos de 319,1; 339,7 e 350,2 g planta⁻¹, encontrados aos 64 DAS. Pode-se observar ainda que a resposta ao tratamento N_3K_3 começou a distanciar dos demais a partir dos 37 DAS, este fato pode ser explicado pela maior exigência nutricional do meloeiro nesta fase, que corresponde a frutificação e desenvolvimento dos frutos. Silva Junior et al (2006) constatou que o acúmulo de nutrientes comporta-se similar ao de matéria seca, sendo maior entre 45 e 53 DAS, em melão ‘pele de sapo’. Com relação do efeito das lâminas de irrigação na matéria seca (Figura 1D) as equações que melhor se ajustaram foram do tipo quadrática, com R^2 variando entre 0,992 e 0,999. Os valores máximos foram obtidos foram 326,3; 293,8 e 388,9 g planta⁻¹ para as lâminas L1, L2 e L3, respectivamente, aos 64 DAS. Semelhante ao IAF verificou-se que o aumento da lâmina resultou em aumento ao acúmulo de matéria seca.

Com relação ao acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo de cultivo, ocorreu no início do ciclo, uma taxa de crescimento lenta, com posterior intensificação, até atingir um período de rápido acúmulo. Semelhante aos comportamentos encontrados por Duarte (2002); Morais et al (2004) e Silva Júnior (2006). Diante do comportamento de crescimento do meloeiro é possível conhecer os períodos de maior demanda de nutrientes pela cultura.

CONCLUSÃO

O índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca foram influenciados positivamente pelo incremento nas doses de nutrientes aplicados e pelas lâminas de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções básicas)**, Jaboticabal, FUNEP, p. 41, 1988.
- CRISÓSTOMO, L.A.; SANTOS, A.A.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J.; FERNANDES, F.A.M.; SANTOS, F.J.S.; CRISÓSTOMO, J.R.; FREITAS, J. A. D.; HOLANDA, J.S.; CARDOSO, J.W.; COSTA, N.D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA, 2002, 22p. (Circular técnica, 14).
- DUARTE, S. R. **Alterações na nutrição mineral do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: 2002. 70p. Dissertação Mestrado
- HAAG, P. H.; OLIVEIRA, G. D. DE; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. de. Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Cargill, 1981. p.447-474.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de recuperação automática – Sidra: Produção agrícola Municipal**. Quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura temporária. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Consultado em 17/05/2005.
- KVET, J.; ACHCAR, J. A. Análise Bayesiana para modelos não lineares de crescimento. **Revista Brasileira de Estatística**, V.58, P.77-94, 1997.
- MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; LIMA JUNIOR, O. J.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; OLIVEIRA, F. A. Crescimento de melão cantaloupe “Torreón” cultivado com diferentes cores de mulch e lâminas de irrigação nas condições de Mossoró-RN. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, 2004, suplemento (CD ROM).
- SILVA JÚNIOR, M. J.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; DUTRA, I. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “pele-de-sapo”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.364–368, 2006.
- TOMAZ, H. V. Q.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; ANDRADE, M. E. L.; DUTRA, I.; TEMÓTEO, A. S.; OLIVEIRA, F. A. Crescimento do meloeiro sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45, Fortaleza. **Anais...** ABH, 2005 (CR-ROM).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

GERMINAÇÃO DA *Stylosanthes capitata* SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

OLIVEIRA F. A.¹; MEDEIROS, J. F. DE²; LIMA, C. J. G. S.³;
OLIVEIRA, M. K. T.³; GALVÃO, D. C.⁴ & SOUZA, P. S.²

¹Eng° Agr°, Pós-graduando em Irrigação e Drenagem, UFERSA, CEP 59626-310, Mossoró-RN, e-mail: thikaoamigao@bol.com.br

²Prof. Doutor, Dept° de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

³Graduando (a) Agronomia, Bolsista CNPq/PIBIC, Dept° de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

⁴Eng° Agr°, Dept° de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a germinação *Stylosanthes capitata* sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciências Vegetais da UFERSA, Mossoró – RN. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram diferentes salinidades da água de irrigação (0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹). As variáveis avaliadas foram a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação. Com base nos dados analisados pode-se concluir que a leguminosa *Stylosanthes capitata* apresenta reduzido poder germinativo; a germinação e o índice de velocidade de germinação foram afetados pelos níveis de salinidade aplicados, sendo o efeito mais intenso nas salinidades a partir de 2,5 dS m⁻¹.

Palavras-chave: Estresse salino, condutividade elétrica, manejo da irrigação.

GERMINATION OF THE *Stylosanthes capitata* UNDER DIFFERENT LEVELS OF SALINITY OF THE WATER OF IRRIGATION

ABSTRACT – This work was accomplished with the objective of evaluating the germination *Stylosanthes capitata* submitted the different levels of salinity of the irrigation water. The experiment was driven vegetation home in the Department of Vegetable Sciences of UFERSA, Mossoró - RN. The randomized was used casualizado entirely, with seven treatments and 4 replications. The appraised treatments were different salinities of the irrigation water (0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 and 6,5 dS m⁻¹). The analyzed variables were the germination percentage and the index of germination velocity. With base in the analyzed data can be concluded that the leguminous *Stylosanthes capitata* presents reduced power germination; the germination and the index of germination speed were affected for the applied salinity levels, being the most intense effect in the salinities starting from 2,5 dS m⁻¹.

Key-words: saline stress, electric conductivity, irrigation management.

INTRODUÇÃO

O cultivo de leguminosas antecedendo as culturas aumenta a disponibilidade de nitrogênio no solo, absorção do mesmo pela cultura e conseqüentemente o rendimento final das culturas, sendo desta forma o sistema de rotação de cultura com leguminosas um importante manejo cultural na melhoria dos componentes de produção. Dentre as principais leguminosas utilizadas como adubação verde, destacam-se a mucuna preta, ervilhaca, nabo forrageiro, cunhã, guandu, crotalária entre outras. Atualmente tem se dado ênfase ao uso de leguminosas do gênero *estylosantes*, nativa das regiões tropical e subtropical, representada por cerca de 25-30 espécies (Lewis, 1987). O uso dessa leguminosa tem se intensificado por vários fatores como: resistência à seca a adaptação a solos ácidos de baixa fertilidade, bom potencial produtivo de matéria seca (12 a 13 ton ha⁻¹ de matéria seca), boa produção de semente (200 a 400 kg ha⁻¹) e boa fixação biológica de nitrogênio (180 kg ha⁻¹ ano⁻¹, equivalente a 400 kg de ureia), conforme Miranda et al. (1999).

Embora a *Estylosantes* seja resistente à seca e a solos ácidos, o progresso de seu cultivo na região do semi-árido nordestino depende do uso da irrigação para suprir a necessidade hídrica dessa cultura, total ou suplementar. A escassez de chuvas nessas regiões, a prática de irrigação constitui uma das alternativas fundamentais para garantir a produção das áreas cultivadas; no entanto, quando não se tem um manejo adequado da irrigação, pode ocorrer a salinização do solo, tornando-o improdutivo em curto espaço de tempo. Este problema ocorre em quase todos os perímetros irrigados do Nordeste; estima-se que cerca de 25 a 30% das áreas dos perímetros irrigados do DNOCS estejam salinizados (DNOCS, 1991).

Os efeitos do excesso de sais solúveis se manifestam através da pressão osmótica elevada e à ação tóxica de alguns elementos como o Na⁺ e o Cl⁻, que promovem distúrbios fisiológicos à planta, podendo ocasionar a morte. As plantas, por sua vez, apresentam comportamento variado quando submetidas às condições de salinidade. Vários estudos têm sido dirigidos à elucidação dos mecanismos de adaptação à salinidade, especialmente os referentes à fisiologia da resistência das plantas à salinidade. Um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação das sementes em substrato salino. A redução do poder germinativo, comparada ao controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade. Nesse método, a habilidade para germinar indica também a tolerância da planta aos sais em estádios subseqüentes de desenvolvimento. No entanto não se tem estudo suficiente em relação a resposta desta leguminosa sob condições de irrigação com água salina. Com base nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes salinidades da água de irrigação sobre a germinação da *estylosantes*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11'



31'' de latitude sul e 37° 20' 40'' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m. O clima local é do tipo BSw h' com base na classificação de Köppen e a média anual de precipitação é da ordem de 678 mm. As médias anuais de temperatura, insolação e umidade relativa são 27,4°C, 236 horas anuais e 68,9% respectivamente (AMARO FILHO, 1991).

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas com capacidade de 2 dm³, sendo usado como substrato amostras de areia quartzosa, devidamente lavada em água corrente para remoção dos sais e impurezas presentes na areia que poderiam interferir nos resultados.

Os diferentes níveis de salinidade utilizados neste experimento foram obtidos pela adição de cloreto de sódio (NaCl) e água, nas concentrações necessárias a se atingir os níveis salinos avaliados neste estudo, calibrados com o auxílio de um condutivímetro. A água utilizada neste experimento foi coletada no poço localizado no campus da UFERSA.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (T1-0,5; T2-1,5; T3-2,5; T4-3,5; T5-4,5 T6-5,5 e T7-6,5 dS m⁻¹) e quatro repetições. As variáveis avaliadas foram a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência. A porcentagem de germinação foi calculada pela equação 1, de acordo com Labouriau & Valadares (1976):

$\%G = (N / A) \times 100$ em que, %G – Porcentagem de germinação, N - Número total de sementes germinadas, A - Número total de sementes semeadas.

O índice de velocidade de emergência (IVG) foi determinado registrando-se diariamente o número de sementes germinadas até o sétimo dia e calculado pela equação 2, proposta por (Nakagawa, 1994).

$IVE = E1/N1 + E2/N2... + En/Nn$; Em que, IVE - Índice de velocidade de emergência, E1, E2... En = Números de plântulas normais emergidas na primeira, segunda até a última contagem, N1, N2... Nn = Número de dias da semeadura à primeira, até a última contagem.

Foram consideradas como emergidas as plântulas que apresentavam os cotilédones totalmente livres. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F e as médias analisadas graficamente, ajustando-se a modelos polinomiais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

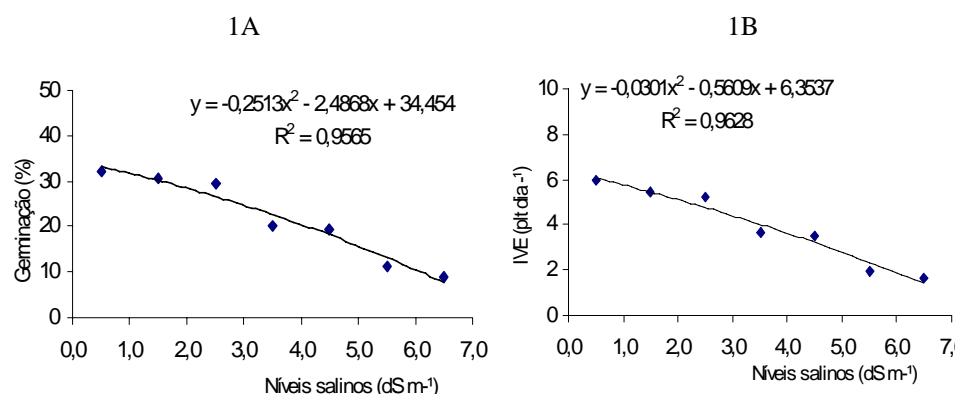
A *Stylosanthes capitata* Vogel respondeu aos níveis de salinidade estudados para a porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência, ao nível de significância de 0,01 de probabilidade. Esta resposta esta de acordo com Rhoades & Loveday (1990) ao observarem que a salinidade da água de irrigação influencia não só a porcentagem de germinação, mas também, o número de dias para germinar. Cavalcante et al. (2002) pesquisando o efeito da salinidade no maracujazeiro, verificou que a salinidade da água diminuiu a taxa de germinação das sementes, o crescimento e desenvolvimento das plantas. Sabe-se que a salinidade, ao reduzir o potencial osmótico do meio, aumenta o tempo de embebição de água pelas sementes, ocasionando, inicialmente, o prolongamento do período de emergência da plântula (Pizarro, 1985), fato verificado no presente trabalho (Tabela 1). Ainda segundo o citado autor, quando a redução do potencial osmótico é intensificada, ocorre inibição do processo germinativo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (%GER) e índice de velocidade de emergência da *Stylosanthes capitata* Vogel submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFERSA, Mossoró – RN, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		% GER	IVE
Salinidade	6	355,56**	11,59**
Resíduo	21	57,20	1,78
CV (%)		34,91	34,17
Desvio Padrão		11,11	1,99

A porcentagem de germinação foi afetada pelo incremento da salinidade da água utilizada neste experimento a partir da salinidade da água de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo a equação que melhor se ajustou do tipo quadrática, com $r^2 = 0,9565$ (Figura 1A). Verifica-se que a leguminosa em estudo apresentou baixa porcentagem de germinação, uma vez que no tratamento testemunha ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), apenas 32% das sementes germinaram.

Para o índice de velocidade de emergência (Figura 1B) se verifica uma resposta negativa aos níveis crescentes de salinidade. A análise de regressão mostrou que a curva polinomial quadrática foi a que melhor se ajustou aos dados, com $R^2 = 0,9628$. Desta forma pode-se afirmar que o aumento da salinidade na água de irrigação prejudica o IVE da *stylosanthes capitata*. Verifica-se assim uma redução entre 6,21% no nível $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ a 80,67% para a salinidade de $6,5 \text{ dS m}^{-1}$, em relação ao nível considerado testemunha ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$). Ferreira (1997) comenta que sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes ao absorverem água do solo, absorvem também os sais que, por excesso, provocam toxidez e conseqüentemente, acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, reduzindo assim o potencial germinativo. Nóbrega Neto et al. (1999), avaliando a germinação da leucena também observou decréscimo na germinação e na velocidade de germinação à medida que se aumenta a salinidade do meio.

Figura 1. Porcentagem de germinação (1A) e índice de velocidade de emergência (1B) da *Stylosanthes capitata* Vogel submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFERSA, Mossoró – RN, 2007



CONCLUSÕES

1. Com base nos dados analisados pode-se concluir que a leguminosa *stylosanthes capitata* apresenta baixo poder germinativo;
2. A germinação e o índice de velocidade de germinação foram afetados pelos níveis de salinidade aplicados, sendo o efeito mais intenso nas salinidades a partir de 2,5 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Sementes Boi Gordo (MT) pela doação das sementes utilizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO FILHO, J. **Contribucion al estudio Del clima del Rio Grande do Norte**. 1991. 11f. Tese (Doutorado) – ETSIA/UPM, Madrid. 2001.
- CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, J. B.; SANTOS, C. J. OLIVEIRA.; FEITOSA FILHO, J. C.; LIMA, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal** - SP, v. 24, n. 3, p. 748-751, 2002.
- DNOCS - **Departamento de Obras Contra as Secas**. Situação das áreas em 30/04/1991. Fortaleza: Grupos de Coordenação Executiva das Operações Agrícolas (GOA), 1991. sp.
- FERREIRA, P. A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. R.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p.37-67, 1997.
- LABOURIAU, L. G. & VALADARES, M. B. (1976). On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, n.48, p.174-186.
- LEWIS, G. **Legumes of Bahia**. Londres: Royal Botanic Gardens, 1987, 369p.
- MIRANDA, C. H. B.; FERNANDES, C. D.; CADISH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *stylosanthes*. **Pasturas tropicales**, v.21, p.64-69, 1999.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de Vigor em Sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NÓBREGA NETO, G. M.; QUEIROZ, J. E.; SILVA, L. M. M.; SANTOS, R. V. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento inicial da leucena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n.2, p.257-260, 1999.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, S. A. 1985. 542p.
- RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (ed.) **Irrigation of Agricultural Crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p. 1089-1142. (Agronomy, 30).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE: AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES EM CAMPO

CARVALHO, C. M. DE¹; PEREIRA, J. M. G.²; ELOI, W. M.³;
SILVA, E. J.⁴; NOGUEIRA, B. DE M.⁵ & BARBOSA, R. DA S.⁵

¹MSc. em Irrigação e Drenagem, Prof. da Faculdade de Tecnologia Centec Sobral, Av. Dr. Guarany, 317 – Cidao, Sobral – CE, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

²Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Faculdade de Tecnologia Centec Cariri.

³Doutoranda em Irrigação e Drenagem, Profa. da Faculdade de Tecnologia Centec Cariri.

⁴Mestrando em Irrigação e Drenagem, UFC, e-mail: edivamjs26@hotmail.com

⁵Graduandos em Tecnologia em Recursos Hídricos e Irrigação, FATEC Cariri

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido na Escola Agrotécnica Federal do Crato – CE, com a finalidade de avaliar um sistema de irrigação localizada tipo gotejamento instalado em uma área cultivada com a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.) e validar as equações de correlação entre os diferentes coeficientes de uniformidade. Os resultados obtidos com os valores dos coeficientes de uniformidade e de eficiência de aplicação mostraram que o sistema avaliado apresentou uma baixa eficiência, se apresentando bastantes inferiores aos valores recomendados por alguns autores. Os valores dos coeficientes de uniformidade calculados na avaliação e os valores estimados pelas equações mostram-se muito próximos, confirmando a validade das equações propostas. Verificou-se ainda, uma diferença em torno de 16,56 pontos percentuais entre os valores encontrados da eficiência de armazenamento utilizando os diferentes coeficientes de uniformidade. Recomenda-se realizar avaliações periódicas no sistema em funcionamento, preferencialmente duas vezes ao ano, para se evitar os problemas acima citados, obtendo-se assim valores de uniformidade e eficiência das aplicações aceitáveis.

Palavras chave: Avaliação e manejo de irrigação, irrigação localizada, *Psidium guajava* L.

UNIFORMITY COEFFICIENTS: EVALUATION AND VALIDATION OF THE EQUAÇÕES IN FIELD

ABSTRACT: This work was developed in Federal the Agrotécnica School of the Crato - CE, with the purpose to evaluate a system of located irrigation type dripping installed in an area cultivated with the culture of goiaba (*Psidium guajava* L.) and to validate the correlation equations enters the different coefficients of uniformity. The results gotten with the values of the coefficients of uniformity and efficiency of application had shown that the evaluated system presented low an efficiency, if presenting sufficiently inferior to the values recommended for some authors. The values of the coefficients of uniformity calculated in the evaluation and the values esteem for the equations reveal very next, confirming the validity of the equations proposals. It was still verified, a difference around 16,56 percentile points between the joined values of the storage efficiency using the different coefficients of uniformity. One sends regards to carry through periodic evaluations in the system in functioning,



preferential two times to the year, to prevent the problems above cited, getting thus values of uniformity and efficiency of the acceptable applications.

Key-words: Evaluation and handling of irrigation, located irrigation, *Psidium guajava* L.

INTRODUÇÃO

A irrigação localizada desponta como um dos inputs mais promissores para o desenvolvimento da fruticultura irrigada no Brasil, e mais especificamente no Nordeste, onde a competição futura por água e energia elétrica, principalmente no vale do São Francisco, tenderá a priorizar o emprego de sistemas de irrigação mais eficientes, criando, assim, possibilidades de aumento das áreas irrigadas nessa região (Nascimento et al., 1999).

A uniformidade é um indicador da igualdade (ou desigualdade) das taxas de aplicação dentro do diâmetro padrão de um emissor. Para se conhecer o nível de eficiência de um sistema de irrigação é necessário que se façam avaliações sistemáticas. Uma avaliação completa requer a análise de fatores como superfície molhada e a avaliação do funcionamento de acessórios como emissores, filtros, reguladores de pressão e válvulas volumétricas. E com o resultado, caso seja necessário, que se façam ajustes na operação e principalmente no manejo de irrigação (Sousa, 2003).

Vermeiren & Jobling (1997) acrescenta que, para auxiliar na avaliação de um sistema no campo, torna-se preciso conhecer alguns valores, como eficiência de aplicação (E_a), coeficiente de uniformidade (CU) e eficiência de armazenamento (K_s). A uniformidade de distribuição é uma informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação. São disponíveis diferentes métodos para avaliação dessa uniformidade, gerando, no entanto, coeficientes sem base de comparação. Devido ao crescimento da área irrigada por sistemas localizados e a importância da avaliação da sua uniformidade de distribuição, destaca-se a necessidade de correlação entre diferentes métodos aplicáveis.

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar um sistema de irrigação localizada tipo gotejamento instalado em uma área cultivada com a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.) e validar as equações de correlação entre os diferentes coeficientes de uniformidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Em uma área de 0,475 hectare avaliou-se um sistema de irrigação por gotejo, onde cada fileira de planta possui uma linha de polietileno de 12 mm contendo quatro emissores por plantas no espaçamento de 50 cm em faixa contínua do modelo Katif (emissor fixado na linha lateral) com vazão nominal de 4 L h^{-1} .

A cultura irrigada foi um pomar de goiabeira, plantada em um espaçamento de $5,0 \times 5,0$ m com quatro gotejadores por planta. Os equipamentos usados para medir as taxas de vazões dos emissores foram: um cronômetro e uma proveta graduada de 100 mL. Para medir as pressões, foram utilizados: manômetro com unidade em kgf cm^{-2} e junções plásticas. Na avaliação foram selecionadas quatro posições na linha lateral sobre a linha de derivação, as

quais se encontravam nas seguintes posições: início, a 1/3; a 2/3 da linha secundária e última linha. Após selecionar as quatro linhas laterais ao longo da linha secundária, foram selecionados quatro pontos ao longo da linha lateral, nas seguintes disposições: primeiro gotejador, gotejador situado a 1/3 a 2/3 do comprimento e o último gotejador, segundo Keller e Karmeli (1975).

Utilizando a média de três coletas de 3 minutos cada, nos quatro emissores, avaliou-se as vazões dos emissores por planta, a vazão média dos volumes coletados e, finalmente, coletou-se as pressões na entrada e saída das linhas laterais durante a avaliação. Através dos dados coletados em campo foram realizados os cálculos para a avaliação do sistema de irrigação, entre eles: coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), uniformidade de emissão do sistema (UE) e uniformidade estatística (Us). Posteriormente foi realizada uma comparação entre os valores dos coeficientes de uniformidade obtidos na avaliação com os obtidos através das equações de correlação entre os coeficientes (Tabela 1) proposta por Favetta et al. (1993).

Tabela 1. Equações de correlações entre CUD, Us e Cua citados por Favetta et al. (1993)

Equação	r
$CUD = -37,79586 + U_s (1,38450)$	0,99815
$CUD = -10,30951 + CUa (1,12276)$	0,99746
$CUa = 9,37365 + CUD (0,88840)$	0,99746
$CUa = -24,40025 + U_s (1,23221)$	0,99920
$U_s = 27,41242 + CUD (0,72094)$	0,99815
$U_s = 19,85654 + CUa (0,81090)$	0,99920

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor encontrado do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi igual a 68,08% sendo classificado de acordo com Bralts (1986) como ruim. Este mesmo valor do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) encontra-se classificado como regular (68% a 75%) de acordo com os valores recomendados por ASAE (1996). Observa-se na Tabela 2, que o valor do (CUD) obtido é o menor entre os valores dos demais coeficientes analisados. Porém, López et al. (1992), afirma que o emprego desse coeficiente em avaliação de sistemas de irrigação localizada é mais indicado, pois, possibilita uma visualização mais clara com relação às plantas que estão recebendo menos água. Os valores do (CUD) obtidos encontram-se muito abaixo dos recomendado pela literatura, nos quais pode-se atribuir estes resultados ao entupimento dos emissores, o dimensionamento inadequado do sistema e as péssimas condições de operação e conservação do sistema. Outro fator que pode está contribuindo para este baixo coeficiente, pode esta relacionado com a variação física do equipamento devido ao tempo de uso.

O valor do coeficiente de uniformidade absoluta (CUa) foi de 72,68%, sendo classificado de acordo por Bralts (1986) como regular. O sistema apresentou uma eficiência de aplicação (Ea) de 61,28%, estando bastante inferior ao valor recomendado pela FAO 36 citado por Sousa (2003), que deve está entre 90 a 95%. Segundo Merriam e Keller (1978) citados por Souza et al. (2001), este valor encontra-se na faixa de péssima uniformidade, sendo considerada inaceitável.



Tabela 2. Valores estimados por equações e valores calculados na avaliação do sistema

Método estimado	Método	Valor estimado	Valor calculado na avaliação	Diferença	Percentagem de diferença do valor calculado
Us	CUD	67,69	68,08	-0,39	-0,57
CUa	CUD	71,29		3,21	4,72
CUD	CUa	69,86	72,08	-2,22	-3,08
Us	CUa	69,48		-2,60	-3,61
CUD	Us	76,50	76,16	0,34	0,45
CUa	Us	78,79		2,63	3,45

Esta baixa eficiência deve-se a obstrução dos emissores, cortes nas mangueiras e vazamento nas conexões, o que pôde ser verificada na área de estudo durante a avaliação, pois não eram realizadas manutenções periódicas para garantir o seu bom funcionamento.

A uniformidade de emissão (Ue) encontrada foi de 57,79%, estando bastante inferior aos valores recomendados por Pizarro (1990), que deve estar entre 90 a 95%, considerando que a topografia do terreno encontra-se com declividade em torno de 2% e a cultura com espaçamento de 5 m, num clima semi-árido. Dentre outros fatores pode-se verificar o elevado valor do coeficiente da vazão dos emissores que comprovaram a baixa uniformidade do sistema.

O valor encontrado da uniformidade estatística (Us) foi de 76,19% sendo classificado de acordo com Favetta & Brotel (2001) como regular.

Tendo como base os valores obtidos de CUD, CUa e Us sendo igual a 68,08%, 72,08% e 76,16% respectivamente, realizou-se uma comparação de seus valores com os valores obtidos através das equações de correlação citadas na Tabela 1 segundo Favetta et al. (1993).

Os valores estimados pelas equações propostas e os obtidos pela aplicação convencional de cada método na avaliação do sistema são apresentados na Tabela 2, tendo as diferenças entre eles oscilado de -2,60 a 3,21, ou seja, houve uma variação de -3,61 a 4,72% dos valores calculados.

As diferenças percentuais encontradas entre os valores calculados e estimados (Tabela 2) mostram-se muito baixas, confirmando a validade das equações propostas por Favetta e Brotel (2001), e viabilizando a comparação entre resultados de uniformidade dos três diferentes métodos, através da estimativa desses coeficientes de uniformidade a partir de um dos mesmos previamente conhecidos.

O uso das equações de estimativa dos coeficientes analisados mostra-se bastante interessante na avaliação pós-implantação de sistemas de irrigação, devido à escolha dos pontos de coleta para as medições de vazão serem totalmente distintas entre os conceitos de uniformidade de emissão e de uniformidade estatística, identificando diferentes coeficientes de uniformidade (coeficientes de uniformidade de distribuição, coeficiente de uniformidade absoluta e uniformidade estatística) a partir de um único método conhecido.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com os valores dos coeficientes de uniformidade e de eficiência de aplicação mostraram que o sistema avaliado apresentou uma baixa eficiência. Através da comparação entre os valores encontrados com a avaliação em campo e os valores calculados através das equações de correlação entre os coeficientes de uniformidade comprovou-se a validação das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**. St. Joseph, 1996, p.792-797.
- BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).
- FAVETTA, G.M. & BOTREL, T.A. Uniformidade de Sistemas de Irrigação Localizada: Validação de Equações. **Scientific Agricultural**, vol.58, n.2, Piracicaba, Apr./June 2001.
- FAVETTA, G.M.; BOTREL, T. A.; FRIZONNE, J.A. Correlação entre três métodos de estimativa da uniformidade de distribuição em irrigação localizada. **Engenharia Rural**, Botucatu, v. 4, p. 117-134, 1993.
- KELLER, J.; KARMEI, D. Trickle irrigation design. S.1: **Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation**, 1975. 133p.
- LÓPEZ, J.R., ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego Localizado**. Madrid, Espana: Mundi – Prensa, 1992. 405p.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M.; AZEVEDO, C.A.V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor RAIN-BIRD QN-14. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 30-33, Jan/Abr. 1999.
- PIZARRO, F. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia**. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 1990.
- SOUSA, A. E. C. **Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da manga (mangifera indica L.)**. Sobral: CENTEC/CE, 2003. 21p. (Monografia).
- SOUZA, L.O.C.; MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A. Uniformidade de Distribuição de Água em Sistemas de Irrigação por Gotejamento, Utilizados na Cafeicultura Irrigada. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – XI CONIRD, **Anais...**, Fortaleza, 2001. 307-311p.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. Irrigação Localizada. Tradução de GHEY, H. R.; DAMASCENO, F. A. V.; SILVA JÚNIOR, L. G. A.; MEDEIROS, J. F. de. Campina Grande. UFPB, 1997. 184p. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 36).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO, SOBRE A PRODUÇÃO E OS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA

SILVA, C. T. S. DA¹; CARVALHO, C. M. DE²; AZEVEDO, H. M. DE³;
AZEVEDO, C. A. V. DE⁴, DANTAS NETO, J.⁴ & LEITE, K. N.⁵

¹MSc. em Irrigação e Drenagem, COGERH.

²MSc. em Irrigação e Drenagem, Prof. da FATEC Sobral, Av. Dr. Guarany, 317 – CIDAO, Sobral – CE, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

³Dr. em Recursos Naturais, Prof. da UFCG.

⁴Dr. em Irrigação e Drenagem, Prof. da UFCG.

⁵Aluna do Curso Superior de Tecnologia em Recursos Hídricos e Irrigação, FATEC Sobral.

RESUMO: A cana-de-açúcar é matéria-prima fundamental para a produção de álcool e açúcar. Com vista ao aumento da produtividade é que se objetivou, como identificar o efeito de diferentes níveis de adubação sobre o rendimento de açúcar e álcool da terceira folha de cana irrigada, (variedade SP-791011) nos tabuleiros costeiros da Paraíba. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Capim II, de propriedade da Destilaria Miriri, município de Capim, PB. O experimento foi realizado através de uma análise fatorial 2 x 4 com (W_1) e sem (W_0) irrigação e quatro níveis de adubação de cobertura, (N_0 , N_1 , N_2 e N_3) com três repetições. A produção de colmos foi influenciada significativamente pelo fator irrigação, mas a adubação de cobertura e a interação entre os fatores não indicaram efeito significativo. A maior produção de colmos, de açúcar e álcool, obtida no experimento foi, respectivamente, de 97,29 t ha⁻¹ ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha⁻¹), 14,71 t ha⁻¹ ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha⁻¹) e 10,46 m³ ha⁻¹ ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha⁻¹). De acordo com a análise de variância, os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar (POL, fibra e PCC) responderam significativamente apenas ao tratamento irrigação, enquanto o °Brix e a pureza não responderam a nenhum dos fatores.

Palavras chave: Adubação de cobertura, pivô central, *Saccharum officinarum* L.

EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF FERTILIZATION, ON THE PRODUCTION AND THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE IRRIGATED SUGAR CANE

ABSTRACT: The sugar cane is basic raw material for the alcohol production and sugar. With sight to the increase of the productivity it is that it was objectified, as to identify to the effect of different levels of fertilization on the sugar income and alcohol of the third leaf of irrigated sugar cane, (variety SP-791011) in coastal trays of the Paraíba. The research was developed in the Farm Capim II, of property of the Miriri Distillery, city of Capim, PB. The experiment was carried through through an factorial analysis 2 x 4 with

(W₁) and without (W₀) irrigation and four levels of fertilization of covering, (N₀, N₁, N₂ and N₃) with three repetitions. The production of colmos was significantly influenced by the factor irrigation, but the fertilization of covering and the interaction enter the factors had not indicated significant effect. The biggest production of colmos, of sugar and alcohol, gotten in the experiment was, respectively, of 97,29 t ha⁻¹ (W₁ = 1065 mm and 378 N₃ = kg ha⁻¹), 14,71 t ha⁻¹ (W₁ = 1065 mm and 378 N₃ = kg ha⁻¹) and 10,46 m³ ha⁻¹ (W₁ = 1065 mm and 378 N₃ = kg ha⁻¹). In accordance with it analyzes it of variance, the technological parameters of the sugar cane (POL, fiber and PCC) had answered significantly only to the treatment irrigation, while °Brix and the pureness had not answered to none of the factors.

Key word: Fertilization of covering, central pivot, *Saccharum officinarum* L.

INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba produziu 4.001.051 toneladas de cana moída, situando-se em 3º maior produtor das regiões Norte/Nordeste, (MAPA, 2003). De acordo com o mesmo autor, de toda a produção de cana-de-açúcar no Brasil na safra 2001/2002, 81,07% foram destinados à produção sucroalcooleira, aproximadamente 292 milhões de toneladas de cana moída, sendo que as regiões Centro/Sul e Norte/Nordeste totalizaram uma produção de aproximadamente 18 milhões de toneladas de açúcar e 11 milhões de m³ de álcool, numa área aproximada de 5 milhões de hectares. A verificação do rendimento da cana-de-açúcar é feita através da determinação dos parâmetros tecnológicos, especialmente do °Brix (teor de sólidos solúveis), POL (teor de sacarose), PZA (pureza do caldo), Fibra industrial e PCC (percentagem de cana bruta), sendo possível, a partir do conhecimento dessas propriedades, estabelecer critérios para comercialização da cana. Com o presente trabalho busca, através da pesquisa de campo, estudar o efeito de diferentes níveis de adubação de cobertura em dois regimes de irrigação nos parâmetros tecnológicos e de produção da terceira folha da cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros da Paraíba, , tomando-se como referencial a Variedade SP 791011.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, do Grupo UNIAGRO, situada no município de Capim, PB cuja área irrigada é aproximadamente 600 ha com dois pivôs centrais rebocáveis, que se deslocam em seis bases de 50 ha cada uma. A variedade de cana-de-açúcar utilizada no experimento foi a SP-791011, muito difundida no Estado da Paraíba. O experimento consistiu de um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em um arranjo fatorial 2 x 4; o fator 1 corresponde às duas lâminas de irrigação (W₀ = zero mm de água de irrigação), cuja quantidade de água utilizada corresponde somente à precipitação de chuvas, e (W₁ = 27,5 mm equivalente à lâmina utilizada na Fazenda Capim II), adicionada à precipitação de chuvas; o fator 2 corresponde a quatro níveis de adubação de cobertura de N e K apresentados na Tabela 1. As adubações de cobertura com N e K₂O aplicadas em linhas, foram realizadas de uma só vez, sendo que, as fontes de nitrogênio e potássio foram uréia e cloreto de potássio, respectivamente. A lâmina de irrigação foi aplicada em intervalos de 12 dias. As parcelas do experimento eram constituídas de 5 fileiras espaçadas 1,2 m,



Tabela 1. Quantidade de nutrientes para cada nível de adubação

Fertilizantes	Níveis de Adubação (kg ha ⁻¹)			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
N	28	68	112	156
K ₂ O	44	106	164	222
Total (kg ha ⁻¹)	72	174	276	378

comprimento de 12 m e área total de 72 m². Tendo uma área útil de 36 m², compreendendo as três fileiras centrais com 10 m de comprimento cada uma, sendo a bordadura constituída de uma fileira de plantas de cada lado e de 1,0 m em cada extremidade da parcela útil. A área útil da parcela foi colhida, contada e pesada o número de colmos, e calculada a produção de colmos em t ha⁻¹. Os rendimentos brutos de açúcar e de álcool foram calculados de acordo com a metodologia apresentada por Caldas (1998) e utilizada na destilaria Miriri. Em cada parcela útil foram retirados 5 colmos dos 10 escolhidos, também ao acaso, que foram analisados no laboratório da destilaria, tendo em vista as determinações dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, de acordo com Caldas (1998). Para determinar os parâmetros tecnológicos, as plantas foram homogeneizadas e moídas, retirando-se o caldo da cana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros de Produção: Os resultados da análise de variância da produtividade dos colmos em t ha⁻¹ e do rendimento bruto de açúcar em t ha⁻¹ e álcool em m³ ha⁻¹ da terceira folha de cana (variedade SP-791011) sob diferentes níveis de água e adubação de cobertura, estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância indica que não ocorreu efeito significativo entre o fator adubação nem para a interação irrigação x adubação, para as características estudadas, mas, com relação ao fator irrigação, observou-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, para as características produtividade dos colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool (Tabela 2). Os coeficientes de variação obtidos para as características avaliadas foram médios (superiores a 10%), que de acordo com Ferreira (2000), o experimento apresentou boa precisão experimental.

Tabela 2. Análise de variância, média e coeficiente de variação das produções da cana e os parâmetros tecnológicos

FV	QUADRADOS MÉDIO								
	GL	PC	AB	ALB	¹ BRIX	¹ POL	¹ FIBRA	¹ PZA	¹ PCC
Irrigação (F1)	1	40,977*	38,518**	28,805**	4,044ns	7,976*	6,768*	4,212ns	6,686*
Adubação (F2)	3	0,514ns	0,942ns	0,931ns	0,967ns	1,473ns	1,053ns	1,036ns	2,210ns
Int. (F1)x(F2)	3	0,747ns	0,373ns	0,381ns	0,117ns	0,275ns	0,901ns	0,961ns	0,437ns
QM (resíduo)	16	65,592	2,056	1,023	0,439	0,362	0,136	1,489	0,237
Média Geral		80,49	11,82	8,41	20,36	17,90	13,89	87,90	14,64
CV (%)		10,06	12,13	12,02	2,47	2,40	1,68	1,75	2,16

PC – produção média dos colmos (t ha⁻¹); AB – produção de açúcar bruto (t ha⁻¹); ALB – produção de álcool bruto (m³ ha⁻¹); ¹ Valores transformados em Arc sen de (X/100)^{0,5} sendo X o valor dos parâmetros tecnológicos (%); *: Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F; **: Significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F; ns: Não significativo

A produção média de colmos obtida no experimento foi de $80,49 \text{ t ha}^{-1}$, a menor produção foi de $68.440 \text{ colmos ha}^{-1}$ (775 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e a maior foi de $97,29 \text{ t ha}^{-1}$ (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}). Concordando com Taupier & Rodrigues (1999) ao relatarem que para se atingir produtividades máximas são necessários um valor máximo superior a 90 t ha^{-1} . A produção máxima de colmos obtida representa $94,3\%$ da encontrada por Azevedo (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 791011), na mesma área de estudo. O valor médio encontrado do rendimento bruto de açúcar foi de $11,81 \text{ t ha}^{-1}$. De acordo com Figura 1, o coeficiente de determinação R^2 no ajustamento da regressão para o rendimento bruto de açúcar com os regimes (sem e com irrigação) foi de $0,9717$ e $0,9955$, respectivamente, indicando ótima correlação do modelo polinomial entre a relação do rendimento bruto de açúcar e os níveis de adubação. A média geral para o rendimento bruto de álcool obtido no experimento, foi de $8,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. De acordo com a Figura 2, o coeficiente de determinação R^2 no ajustamento da regressão para o rendimento bruto de álcool em ambos os regimes (com e sem irrigação) foi de 1 , indicando que a correlação obtida pelo modelo polinomial entre a relação do rendimento bruto de álcool e os níveis de adubação, foi de 100% . A maior produção de açúcar bruto representa $90,8\%$ da encontrada por Azevedo (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 791011), na mesma área do experimento; a maior produção de álcool bruto obtida foi maior à encontrada por Silva (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 716469), na mesma área do experimento.

Parâmetros Tecnológicos: Constatou-se, através da análise de variância, que não ocorreu efeito significativo, no fator adubação nem para a interação irrigação x adubação, para todas as características estudadas, mas, com relação ao fator irrigação, observou-se efeito significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para as características Pol, fibra industrial e PCC (Tabela 2). Os coeficientes de variação obtidos para as características avaliadas foram baixos (inferior a 10%) indicando que o experimento apresentou ótima precisão experimental (Ferreira, 2000). Os sólidos solúveis dos colmos da cana-de-açúcar, apresentaram coeficiente de variação igual a $2,47\%$ e valor médio real encontrado dos sólidos solúveis, foi de $20,36^\circ \text{ Brix}$.

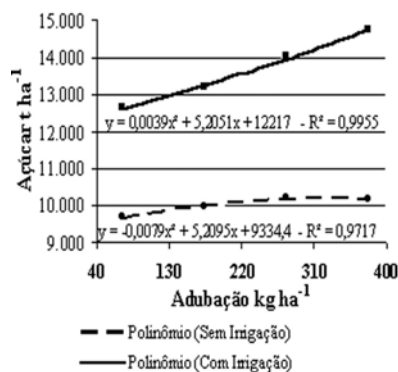


Figura 1. Rendimento bruto de açúcar em função dos níveis de adubação (t ha^{-1})

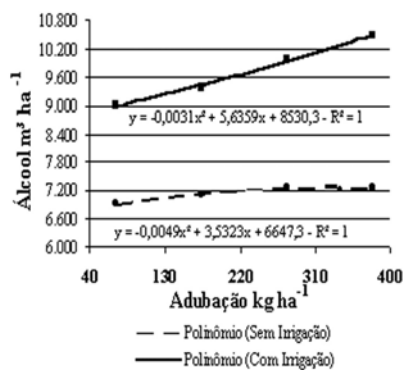


Figura 2. Rendimento bruto de álcool em função dos níveis de adubação ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)



O valor médio real encontrado da percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) dos colmos da cana-de-açúcar foi de 17,90%, obtendo um coeficiente de variação de 2,40%. O valor médio real encontrado da fibra industrial (%) dos colmos da cana-de-açúcar foi de 13,89%, o coeficiente de variação obtido (1,68%) foi ótimo. A qualidade e distribuição das fibras no colmo podem apresentar características de rigidez ou de fragilidade aos colmos. O teor de fibra no colmo pode ser um fator antieconômico no processo industrial; assim, a moagem da cana-de-açúcar estará regulada, normalmente, para canas com 12,5% de fibra. A cada 0,5 a mais de fibra, ocorre redução de 10 a 20% no rendimento da moagem, e cada 1% de fibra a mais pode reduzir, aproximadamente, 1,85 kg de açúcar por tonelada (Castro et al., 2001). O valor médio real encontrado da pureza do caldo em % dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 87,90% de pureza, obtendo um coeficiente de variação de 1,75%. O valor médio real encontrado da quantidade de açúcar (PCC em %) dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 14,64%, sendo que o experimento indicou um coeficiente de variação igual a 2,16%.

CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos em campo para a terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, conclui-se que: 1) o rendimento de álcool e de açúcar cresceu com o aumento do nível de adubação, em regime com irrigação; 2) Quanto maior o nível de adubação, maior também a diferença de produtividade entre o regime irrigado do não irrigado; 3) Os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar (Pol, fibra e PCC) responderam significativamente apenas ao fator irrigação, sendo que "Brix e Pza, não foram significativos a nenhum dos fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, H.M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 112p. (Tese de Doutorado).
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Álcool do Estado de Alagoas, 1998. 424p
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil Ltda, 2001. 138p.: il.
- FERREIRA, P.V. 1953 – **Estatística Experimental Aplicada à Agronomia**. 3ª ed./Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Unidades Produtoras de Álcool e Açúcar**. Safra 2001/2002. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 28/10/2003.
- SILVA, A.B. **Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de Adubação**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 64p.: il. (Dissertação de Mestrado).
- TAUPIER, L.O.G.; RODRÍGUES, G.G. A cana-de-açúcar. In: Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar (ICIDCA). **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia**. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 2.1, p.21-27p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DO MICROTUBO NO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

MONTEIRO, R. N. F.¹; MIRANDA, E. P. DE²; MARTINS, G. S.²;
SOUZA, R. O. R. M.³; MESQUITA, F. P.¹ & LEITE, K. N.¹

¹Graduando em recursos Hídricos/Irrigação, Rua Dr Afonso Magalhães nº 624, CEP 62100-000, Sobral/CE. Fone: (88) 92162520 rayyar19@hotmail.com;

²Prof. M.Sc. em Irrigação e Drenagem FATEC

³Prof. Doutor em Irrigação e Drenagem UFRA

RESUMO: Com o intuito de oferecer embasamento técnico-científico para o desenvolvimento de uma irrigação de baixo custo e alto nível tecnológico, este trabalho teve como objetivo avaliar o coeficiente de uniformidade de distribuição da vazão (CUD) em um sistema de irrigação localizada, com diferentes comprimentos de microtubos. O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Ensaio e Equipamento de Irrigação na Faculdade de Tecnologia FATEC/Sobral. Foram usados microtubos com comprimentos de 0,30 m, 0,60 m, 0,90 m e 1,10 m. Os CUD's encontrados foram respectivamente de: 97,22%, 95,02%, 97,60% e 98,41%. Os CUD's foram considerados excelentes para os quatro comprimentos diferentes, apresentando um pequeno aumento do CUD à medida que o comprimento do microtubo aumentou isso em função da perda de carga localizada no microtubo.

Palavras-chave: Irrigação localizada, microtubos, Hidráulica.

MICROTUBE LENGTH INFLUENCE ON DISTRIBUTION UNIFORMITY COEFFICIENT

ABSTRACT: With objective to offer scientific and technical background for a low cost irrigation and high technological level this work had as main objective to evaluate the distribution uniformity coefficient for the water discharge in a microirrigation system with different microtubes lengths. It was conducted at the irrigation equipment testing laboratory of the FATEC irrigation university in Sobral, Ceara State. It was used microtubes with 0,30m,0,60m,0,90m and 1,10m. The distribution uniformity coefficients were 97,22,95,02,97,60and 98,41 respective.

Key word: localized irrigation, hydraulics, microtubes



INTRODUÇÃO

A grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas (AZEVEDO et al., 1999). Pelo exposto, é necessário minimizar a quantidade de água aplicada via irrigação sem, contudo, comprometer a produção final. Nos dias atuais, o emprego da irrigação localizada vem sendo muito aplicado com esse objetivo.

A irrigação localizada caracteriza-se, basicamente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura (Bernardo, 1995).

Na irrigação localizada, a uniformidade de aplicação da água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores (Howell & Hiller, 1974 e Gomes, 1999).

A aplicação de água no solo com a finalidade de fornecer às espécies vegetais a umidade necessária ao seu desenvolvimento, pode ser realizada por meio dos mais diversos métodos de irrigação. Dentre os métodos que aplicam a água com alta frequência e de forma localizada, estão o gotejamento e a microaspersão.

Bralts (1986), citado Favetta & Botrel (2001) apresenta os seguintes critérios para interpretação dos valores do CUD (coeficiente de uniformidade de distribuição).

CUD	Classificação
• 90% ou maior	Excelente
• 80% a 90%	Bom
• 70% a 80%	Regular
• Menor que 70%	Ruim

Qualquer modificação, visando à melhoria de uniformidade de aplicação da água, implica em maiores cuidados e investimentos. Portanto, deve-se ter o objetivo definido, para que o custo final não se aproxime demasiadamente do necessário para instalar o gotejamento na mesma área.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o sistema de irrigação localizada por microtubos com diferentes tamanhos de comprimento.

MATERIAL E MÉTODOS.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensaio e Equipamento de Irrigação na Faculdade de Tecnologia Fatec/Centec – Sobral. Foi montado um sistema de irrigação com 10 laterais de polietileno flexível de ½” e de 30 m de comprimento, onde foram inseridos microtubos de 2 mm de diâmetros, espaçados entre si de 1 m. A pressão usada no ensaio foi de 100 kPa.

Para a avaliação do sistema seguiram-se os critérios de Keller e Karmelli (1974), citado por Bernardo (1995), selecionou-se ao longo da linha derivação, a primeira lateral, situada a um terço do comprimento, a situada a dois terços e a última lateral. Utilizando o mesmo critério, selecionaram-se dezesseis emissores na unidade operacional, mediu-se a vazão dos microtubos ao longo das linhas laterais e entre as linhas laterais, calcularam-se os coeficientes de uniformidade de distribuição do sistema por meio da equação de (1).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad (1)$$

CUD: coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

q_{25} : média de ¼ das vazões com menores valores (L h⁻¹)

q_m : média de todas as vazões. (Lh⁻¹)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de uniformidades de distribuição (CUD), para cada comprimento dos microtubos estão expressos na Tabela 1.

Observa-se que os CUD's foram considerados excelentes para os quatro comprimentos diferentes, apresentando-se um pequeno aumento do CUD à medida que o comprimento do microtubo aumentou, isso em função da perda de carga localizada no microtubo.

Tabela 1: Valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) para comprimentos de microtubos de 0,30 m, 0,60 m, 0,90 m e 1,10 m.

Tamanhos de microtubos (m)	0,30	0,60	0,90	1,10
CUD (%)	97,22	95,02	97,60	98,41

CONCLUSÃO

O aumento no comprimento do microtubo apresentou um pequeno aumento no coeficiente de uniformidade de distribuição;

O maior CUD foi obtido para o comprimento do microtubo de 1,10 m.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- AZEVEDO, H.J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M.M.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.
- BARRETO FILHO, A. DE A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J.A.; GOMES, E.M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado em nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.309-14, 2000.



- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- FAVETTA, G.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia agrícola**, v.58,n.2, p.427-430, abr./jun. 2001. Disponível em: www.scielo.br/pdf/sa/v58n2/4438.pdf. Acesso em: 9 de agosto 2007.
- GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412 p.
- HOWELL, T.A.; HILLER, E.A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974, San Diego. **Proceedings...** Riverside: Department of Soil Science and Agricultural Engineering, 1974. p.299-304.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR XIQUE-XIQUE COM DIFERENTES TAMANHOS DE LUVA DE QUEBRA JATO

MAGALHÃES, L. C. M.¹; MIRANDA, E. P. DE²; MARTINS, G. S.²;
FIALHO, J. S.³; MESQUITA, F. P.¹ & ALVES, A. DA C.¹

¹Graduando em Recursos Hídricos e Irrigação, bolsistas da FUNCAP, Rua Jânio Quadros, nº 511, Sobral/CE, CEP: 62010-680, Fone: (88) 8811-2974, luciana.cmm@bol.com.br;

²M.Sc. em Irrigação e Drenagem - UFC;

³M.Sc. em Solo e Nutrição de Plantas – UFC;

RESUMO: O experimento foi realizado no Laboratório de Ensaio e Equipamentos de Hidráulica da faculdade de tecnologia FATEC-Sobral. Foi montado um sistema de irrigação localizada alternativo por xique-xique, com o objetivo de verificar a influência de diferentes tamanhos de luvas no coeficiente de uniformidade de distribuição da vazão (CUD). Foram adotados 4 tamanhos diferentes, 5, 7, 9 e 12 cm. Para a avaliação do sistema seguiram-se os critérios de Keller e Karmelli. Verificou-se que o CUD, de um modo geral, aumentou com o aumento do tamanho da luva, correspondendo, a 43,8%, 50,8%, 42,77% e 56,6%, respectivamente, para os tamanhos de 5, 7, 9 e 12 cm.

Palavras chave: irrigação localizada, xique-xique, hidráulica.

LOCALIZED IRRIGATION SYSTEM EVALUATION WITH “XIQUE-XIQUE” AT DIFFERENT JET-BLOCKING GLOVES LENGTHS

ABSTRACT: The experiment was accomplished at the test and hydraulic equipment laboratory of the FATEC university in Sobral, Ceara State. An alternative localized irrigation system with xique-xique was mounted with the objective to verify the influence of different gloves lengths on the distribution uniformity coefficient (CUD). Four different length were adopted: 5, 7, 9 and 12 cm. To evaluate the systems the Keller and Karmelli parameters were followed. It was observed that the CUD in a general way were high with the gloves lengths corresponding to 43,8%, 50,8%, 42,77% and 56,6% respective for the lengths 5, 7, 9 and 12 cm.

Key-words: localized irrigation, xique-xique irrigation system, hydraulic.



INTRODUÇÃO

Na irrigação localizada a água é aplicada diretamente sobre a zona radicular, com pequenas vazões de alta frequência, formando no solo um bulbo úmido, facilitando o processo de absorção radicular. É a que possibilita o melhor controle da lâmina, por operar a baixas pressões e alta eficiência. Por outro lado, têm-se restrições quanto ao entupimento e, principalmente, ao aumento da vazão, devido ao desgaste dos emissores quando os mesmos são utilizados por um período excessivo (Boman & Parsons, 1993). Existem sistemas alternativos de irrigação localizada, de custos bem mais baixos, não comerciais, que podem ser desenvolvidos na própria fazenda, como o sistema xique-xique.

O xique-xique é um sistema simples e rudimentar, derivado do gotejamento, em que os emissores são furos efetuados na linha lateral, o jato de água é contido por uma luva de diferentes tamanhos de cortada longitudinalmente, promovendo a distribuição de forma localizada. Os critérios para dimensionamento hidráulico são os mesmos adotados para o gotejamento. As laterais podem ser de polietileno, PVC rígido ou outro material disponível, desde que apresente durabilidade no campo. O diâmetro dos furos pode variar de 0,6 mm a 2,0 mm, quando muito reduzido pode ocasionar entupimento. O diâmetro maior favorece maiores vazões, sendo necessária redução do comprimento da lateral para não elevar a variação da vazão inicial e final além de 10%.

A desvantagem desse sistema é a total desuniformidade de vazão que causa diferença na aplicação de água e de fertilizantes, ocasionando: crescimento desigual das plantas; redução na qualidade dos produtos; desperdício de nutrientes e de mão-de-obra. Com este sistema, pode haver no início da linha um excesso de adubos e água que a planta não consegue absorver e no final da linha uma falta, que pode causar deficiência na produção. O sistema de irrigação localizada por xique-xique tem como vantagens: o controle rigoroso da quantidade d'água a ser fornecida para a planta; baixo consumo de energia elétrica; possibilidade de funcionamento 24 horas por dia; elevada eficiência de aplicação d'água; manutenção da umidade próximo à da capacidade de campo; menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio; facilidade de distribuição de fertilizantes e outros produtos químicos junto à água de irrigação; necessidade de pouca mão-de-obra, facilidade de automação e possibilidade de uso de águas salinas. Desvantagens de entupimento e a exigência de filtragem altamente eficiente.

No Brasil existe um grande potencial de desenvolvimento para essa técnica, sendo uma alternativa às técnicas convencionais de irrigação. Antes de qualquer alteração de seus sistemas convencionais é necessário estudar as suas restrições técnicas, operacionais e econômicas.

O método usual para a determinação da uniformidade de emissão é por meio da equação de CUD propostas, por Keller e Karmeli (Bernardo, 1995).

Bralts (1986), citado por Favetta & Botrel (2001), apresenta os seguintes critérios para interpretação dos valores de CUD (coeficiente de uniformidade, em porcentagem):

Tabela 1. Caracterização da qualidade da irrigação de acordo com o coeficiente de uniformidade de distribuição.

CUD	Classificação
• 90% ou maior	Excelente
• 80% a 90%	Bom
• 70% a 80%	Regular
• Menor que 70%	Ruim

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o coeficiente de uniformidade de distribuição no sistema de irrigação localizada por xique-xique com diferentes tamanhos de luvas de quebra jato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensaios e Equipamentos de Irrigação da faculdade de tecnologia FATEC/Sobral. Foi montado um sistema de irrigação localizada alternativo por xique-xique, contendo dez laterais com trinta metros de comprimento, espaçadas em 80 cm entre si e com diâmetro de ½ polegada. A derivação tinha oito metros de comprimento com diâmetro de ¾". Foram usadas 4 comprimentos diferentes de luvas nos tamanhos de 5 cm, 7 cm, 9 cm e 12 cm, espaçadas dentro da lateral de 1 m.

Para a avaliação do sistema seguiram-se os critérios propostos por Keller e Karmelli (1974), citado por BERNARDO (1995) selecionando-se ao longo da linha derivação, a primeira lateral, a linha situada a um terço do comprimento, a situada a dois terço e a última lateral. O sistema foi submetido a uma pressão de 100 kPa. Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema empregou-se a equação (1).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad (1)$$

CUD= coeficiente de uniformidade de distribuição(%)

q_{25} = média de ¼ das vazões com menores valores(L/h⁻¹)

q_m = media de todas as vazões(L/h⁻¹)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das vazões obtidas, com diferentes tamanhos de luvas estão expressos na Tabela (2):

Tabela2: Coeficientes de uniformidade de distribuição para os 4 comprimentos de luvas quebra-jato.

Tamanhos de luvas (cm)	12	9	7	5
CUD(%)	56,6	42,77	50,8	43,8



Nos quatros ensaios avaliados, os CUD's foram considerados ruins. Observou-se também, de um modo geral, um ligeiro aumento no CUD com o aumento do comprimento da luva quebra-jato, isso devido ao efeito corretivo provocado pela perda de carga proporcionada pela luva, que funciona dissipando a energia.

CONCLUSÃO

Para os comprimentos testados, houve um pequeno aumento no CUD conforme aumentou-se o comprimento da luva quebra-jato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4.ed. Viçosa - MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- BOMAN, B.J.; PARSONS, M.L. Changes in microsprinkler discharges resulting from long - turn use. **Transaction of ASAE**. St. Joseph, v.9, n.3, p.281-284, 1993.
- FAVETTA, G.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia agrícola**, v.58,n.2, p.427-430, abr./jun. 2001. Disponível em: www.scielo.br/pdf/sa/v58n2/4438.pdf. Acesso em: 9 de agosto 2007.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR XIQUE- XIQUE SOB DIFERENTES PRESSÕES DE SERVIÇO

**ALVES, A. DA C.¹; MIRANDA, E. P. DE²; MARTINS, G. S.²;
SEABRA FILHO, M.³; VASCONCELOS, R. S.¹ & MAGALHÃES, L. C. M.¹**

¹Graduandos em recursos Hídricos/irrigação, bolsista FUNCAP, Rua Ernesto Marinho nº 147, CEP 62100-000, Sobral/CE.
Fone: (88) 92386932, nyalemara@hotmail.com;

²Prof. M. Sc. em Irrigação e Drenagem UFC;

³Prof. M.Sc. em Fitotecnia ESAL;

RESUMO: O objetivo do trabalho foi verificar a influência de diferentes pressões no coeficiente de uniformidade de distribuição da vazão em um sistema de irrigação localizada por xique-xique. O experimento foi realizado em uma área experimental da faculdade de Tecnologia FATEC/Sobral. Onde montou-se um ¹sistema de irrigação por xique-xique contendo uma derivação com dez linhas laterais de polietileno flexível com o diâmetro de 1/2", trinta metros de comprimento, onde estavam inserido os xique-xique de 12 cm de comprimento de luva quebra-jato, espaçadas de 1 m. O sistema foi submetido a pressões de 50 kPa, 100 kPa e 150 kPa, obtendo-se, respectivamente, CUD's de 59,10%, 56,60% e 61,70%. Em todas pressões os CUD's foram considerados ruins. As pressões exerceram uma influência nos CUD's, embora de modo irregular.

Palavras chave: irrigação localizada, xique-xique, hidráulica.

ALTERNATIVE IRRIGATION SYSTEM EVALUATION WITH "XIQUE-XIQUE" AT DIFFERENT SERVICE PRESSURE RATES

ABSTRACT: The main objective of this work was to verify the influence of different pressure levels on the distribution uniformity coefficient for the water discharge in a "xique-xique" alternative microirrigation system. The experiment was accomplished at the experimental area of FATEC Technology University in Sobral, Ceara State. The xique-xique irrigation system was mounted with one derivation line and ten flexible polyethylene laterals with half an inch diameter (1/2") and thirty meters long each lateral where the xique-xique was inserted with 12 cm of jet-blocking gloves 1 meter spaced. The different pressure levels were 50kpa, 100kpa, and 150kpa. With respective distribution uniformity coefficient as 59,1%, 56,60% and 61,70%. For all pressure levels the distribution uniformity coefficients were low. The pressure levels did influence the distribution uniformity coefficients however irregularly.

Key words: localized irrigation, xique-xique irrigation system, hydraulic.



INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica milenar que nos últimos anos tem-se desenvolvido acentuadamente, apresentando equipamentos e sistemas para as mais distintas condições. A história da irrigação se confunde com a do desenvolvimento e prosperidade econômica dos povos. As civilizações antigas se desenvolveram em regiões áridas, onde a produção só era possível graças a irrigação (Filgueira, 1981).

A irrigação é de extrema importância para o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da atividade agrícola. Em países em desenvolvimento existe um grande potencial para o crescimento desta técnica. No entanto, no Brasil existem limitações, por conta dos custos com equipamentos.

Por esse motivo nota-se o aumento no interesse pelo desenvolvimento de técnicas que possam minimizar os custos, e diminuir essa dependência. A irrigação por xique-xique, é uma dessas alternativas que consiste em um método fixo derivado do gotejamento, em que os emissores são furos efetuados na linha lateral, o jato de água é contido por uma luva cortada longitudinalmente, promovendo a distribuição de forma localizada. Os critérios para dimensionamento hidráulico são os mesmos adotados para o gotejamento.

As laterais podem ser de polietileno, PVC rígido ou outro material disponível, desde que apresente durabilidade no campo. O diâmetro dos furos pode variar de 0,6 mm a 2,0 mm, quando muito reduzido pode ocasionar entupimento. O diâmetro maior favorece maiores vazões, sendo necessária redução do comprimento da lateral para não elevar a variação das vazões inicial e final além de 10%.

A utilização dessa técnica vem crescendo no Brasil devido à necessidade de tecnologias que supra às deficiências hídricas locais, visando o desenvolvimento de pequenos agricultores, a fim de fornecer tecnologia de baixo custo.

No Brasil existe um grande potencial de desenvolvimento para essa técnica, sendo uma alternativa de tecnologia a baixo custo para pequenos agricultores. Antes de qualquer alteração de seus sistemas convencionais é necessário estudar as suas restrições técnicas, operacionais e econômicas.

Uma limitação para o desenvolvimento dessa técnica, além da sensibilidade ao entupimento e a variação de distribuição da água, é a necessidade de um projeto criterioso e detalhado de forma que a vazão dos orifícios seja estimada com precisão, devido principalmente as peculiaridades artesanais na preparação do material. Além da preocupação em realizar um correto dimensionamento, outros aspectos da irrigação por xique-xique necessitam de estudo e atenção. Devido à precisão de um criterioso levantamento de dados e um detalhado projeto hidráulico, sabe-se pouco do potencial de um sistema de irrigação utilizando orifícios protegidos por uma luva de polietileno em condições de campo, principalmente com relação ao desempenho hidráulico.

A avaliação completa de um sistema de irrigação requer a análise de muitos fatores, desde os puramente agrônômicos como a quantidade e frequência de irrigação, profundidade de molhamento em relação à profundidade das raízes, superfície molhada, a avaliação do funcionamento de acessórios como emissores, filtros, reguladores de pressão e válvulas volumétricas (Keller e Bliesner, 1990).

Um dos parâmetros usuais para inferir sobre o desempenho do funcionamento de um sistema de irrigação é pela determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), obtido pela coleta de vazões ao longo de uma lateral, inicialmente, e posteriormente de várias laterais.

Em decorrência do pequeno número de pontos determinados em cada linha lateral, principalmente quando se utilizam laterais de grande comprimento, Bernardo (1989) sugere a medição da vazão em oito emissores por lateral, selecionados da seguinte forma: no primeiro emissor; naqueles situados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do início da lateral e no último emissor. Utilizam-se quatro laterais, selecionadas com o mesmo critério anterior.

Baixa uniformidade de emissão pode ser creditada a muitas causas: construtivas, relacionada ao processo de fabricação dos emissores, expresso pelo coeficiente de variação de fabricação; hidráulica, devido as diferenças de pressão a que estão submetidos. em função da perda de carga na tubulação e ao desnível geométrico e a obstrução dos emissores

Bralts (1986), citado por Favetta & Botrel (2001), apresenta os seguintes critérios para interpretação dos valores de CUD (uniformidade de distribuição, em porcentagem);

Qualquer modificação, visando à melhoria de uniformidade de aplicação da água, implica em maiores cuidados e investimentos. Portanto, deve-se ter o objetivo definido, para que o custo final não se aproxime demasiadamente do necessário para instalar o gotejamento na mesma área.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o sistema de irrigação localizada por xique-xique quando submetido a diferentes pressões de serviços.

Tabela 1. Caracterização de qualidade da distribuição conforme valores de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

CUD	Classificação
• 90% ou maior	Excelente
• 80% a 90%	Bom
• 70% a 80%	Regular
• Menor que 70%	Ruim

MATERIAL E MÉTODOS.

O Experimento foi realizado em uma área experimental da faculdade de Tecnologia FATEC/Sobral. Montou-se um sistema de irrigação por xique-xique contendo uma derivação com dez linhas laterais de polietileno com o diâmetro de 1/2", com trinta metros de comprimento, distribuídas a 0,80m de distância. A estas, foram inseridas luvas quebra-jato de 12 cm de comprimento, espaçadas de um metro. Para avaliação do sistema seguiram-se os critérios de Keller e Karmelli (1974), citado por BERNARDO (1995) selecionando-se ao longo da linha derivação, a primeira lateral, a linha situada a um terço do comprimento, a situada a dois terço e a última lateral. Utilizando o mesmo critério, selecionaram-se dezesseis emissores na unidade operacional, mediu-se a vazão dos microtubos ao longo das linhas laterais e entre as



linhas laterais. O Sistema foi submetido as seguintes pressões de serviço 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa. Os coeficientes de uniformidade de distribuição do sistema foram calculados por meio da equação de (1).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad (1)$$

CUD: coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

q_{25} : média de ¼ das vazões com menores valores (L/h⁻¹)

q_m : média de todas as vazões. (L/h⁻¹)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de distribuição do sistema, sob diferentes pressões foi determinada pela fórmula de CUD, os valores estão expressos na Tabela 2.

Os CUD's para todas as pressões foram considerados ruins. Pode-se observar que a variação da pressão exerceu influência nos CUD's, embora de modo irregular. O maior valor de CUD foi para a pressão de 150 kPa.

Tabela 2. Coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) para as diferentes pressões de serviço.

pressões	50 kPa	100 kPa	150 kPa
CUD (%)	59,10	56,60	61,70

CONCLUSÃO

A variação da pressão de serviço exerceu influência no coeficiente de uniformidade de distribuição da vazão em um sistema de irrigação por xique-xique.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4.ed. Viçosa - MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- FAVETTA, G.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia agrícola**, v.58,n.2, p.427-430, abr./jun. 2001. Disponível em: www.scielo.br/pdf/sa/v58n2/4438.pdf. Acesso em: 9 de agosto 2007.
- FILGUEIRA, F. A. R. 1981, **Manual de Olericultura**. Vol.1.2. Edição, São Paulo. Agronômica Ceres.338p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.A. **Sprinkler and trickle irrigation.Types and components of trickle systems**. New York: von.Nostarand Reinhold, 1990. 152 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA DO TIPO DE MICROASPERSÃO NO MUNICÍPIO DE MAURITI - CE

**SILVA, R. A. DA ¹; BARREIRA JÚNIOR, J. V. ¹; LIMA, P. S. S. DE ¹;
BATISTA, R. R. ¹; CARVALHO, C. M. DE ² & FERREIRA, A. C. DOS S. ¹**

¹Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, FATEC Cariri, Juazeiro do Norte – CE, e-mail: rennan-ras@hotmail.com, carlos0376@gmail.com

²MSc. em Irrigação e Drenagem, Prof. da FATEC Sobral, Av. Dr. Guarany, 317 – Cidao, Sobral – CE, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em nível de campo localizado no condomínio de irrigação Tanquinhos, no município de Mauriti – CE. O trabalho foi realizado em uma área de 2 ha com a cultura da goiaba tendo o espaçamento de 6m x 4m. As coletas foram realizadas seguindo a metodologia de Keller & Karmeli (1974) sendo o tempo entre cada coleta na linha lateral de 3 minutos e nos emissores de 10 minutos entre cada coleta. Através dos dados coletados foram determinados os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de variação da vazão (cv) e uniformidade de emissão do sistema (UE). Com os resultados obtidos conclui-se que o sistema avaliado apresentou uma eficiência aceitável quando em relação aos coeficientes de uniformidade (CUD e CUa) e uma eficiência de aplicação dentro dos padrões recomendados segundo alguns autores.

Palavras chave: *Psidium myrtaceae*, microirrigação, vazão.

EVALUATION OF THE UNIFORMITY OF A SYSTEM OF IRRIGATION LOCATED OF THE TYPE OF MICROASPERSION IN THE CITY OF MAURITI – CE, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the performance of a system of irrigation for microaspersion in the culture of goiaba in level of field located in the condominium of Tanquinhos irrigation, in the city of Mauriti – CE, Brazil. The work was carried through in an area of 2 ha with the culture of goiaba having the spacing of 6m x 4m. The collections had been carried through following the methodology of Keller & Karmeli (1974) being the time between each collection in the lateral line of 3 minutes and in the senders of 10 minutes between each collection. Through the collected data the coefficients of distribution uniformity had been determined (CUD), coefficient of absolute uniformity (CUa), efficiency of application (Ea), coefficient of variation of the outflow (cv) and uniformity of emission of the system (UE). With the gotten results one concludes that the evaluated system presented an



acceptable efficiency when in relation to the uniformity coefficients (CUD and CUa) and an efficiency of application inside of the standards recommended according to some authors.

Key words: *Psidium myrtaceae*, *microirrigation*, *outflow*.

INTRODUÇÃO

Para aumentar a produtividade é necessário o empresário empregar toda tecnologia possível e, na agricultura, é essencial a aplicação correta de água às culturas, pois o seu desenvolvimento está atrelado a esta condição. A irrigação destaca-se como uma das principais técnicas a serem implantadas, porém grande parte das áreas irrigadas do país trabalha com energia elétrica proveniente do sistema interligado de geração e transmissão, ou com pequenas gerações locais, de origem hidráulica (Arruda, 1988).

A prática de irrigação, como em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso da semi-árida do Nordeste Brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder, na maior parte do ano, a taxa de precipitação (Holanda & Amorim, 1997).

Com isso, os sistemas de irrigação localizada são os mais adequados principalmente a microaspersão, pois permitem a aplicação de água apenas na projeção da copa das plantas, onde ocorre a maior concentração do sistema radicular da planta e não promovem o molhamento das folhas, reduzindo os riscos com doenças foliares e queda de frutos (Santos, 1997).

Entre os cuidados necessários para um bom manejo pode-se citar a avaliação do sistema de irrigação que deve ser realizada pelo menos uma vez por ano, pois é de suma importância determinar a uniformidade de distribuição da água em qualquer método de irrigação. Na irrigação por microaspersão, apesar de ser um método de irrigação no qual se tem um bom controle da lâmina aplicada é recomendável, após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento determinar a uniformidade de irrigação do sistema (Bernardo, 1995).

Vários são os fatores que influenciam na uniformidade de distribuição de água do microaspersor, podendo-se citar: posição do suporte, ângulo de irrigação, tronco e folhagem da árvore, elemento distribuidor, pressão de trabalho, reguladores, amortecedores e vazão nominal.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em nível de campo localizado no condomínio de irrigação Tanquinhos, no município de Mauriti – CE.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no condomínio de irrigação Tanquinhos, no município de Mauriti, em uma área de 2 ha com a cultura da goiaba tendo o espaçamento de 6m x 4m. As coletas foram realizadas seguindo a metodologia de Keller & Karmeli (1974) sendo o tempo entre cada coleta na linha lateral de 3 minutos e nos emissores de 10 minutos entre cada coleta.

Através dos dados coletados foram determinados os coeficientes de uniformidade de

distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de variação da vazão (cv) e uniformidade de emissão do sistema (UE).

Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD): A definição do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) apresentado por Keller & Karmeli (1974) é baseada na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores.

$$CUD = \frac{q_n}{q_a} \times 100 \quad (1)$$

em que:

q_n - é a média das 25% menores descargas dos emissores, em $L.h^{-1}$;

q_a - é média das descargas de todos os emissores, em $L.h^{-1}$.

Coeficiente de uniformidade absoluta (CUa): para calcular o coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), foi usada a expressão:

$$CUa = \left[\frac{\frac{q_n + q_a}{2}}{\frac{q_a + q_x}{2}} \right] \times 100 \quad (2)$$

em que:

q_x - é a média do 1/8 das maiores descargas de todos os emissores, em $L.h^{-1}$.

Eficiência de aplicação (EA): para o cálculo da eficiência de aplicação, utilizou-se a expressão:

$$Ea = K_s \times CU \quad (3)$$

em que:

K_s - é o coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 100% (onde o K_s desejável está em torno de 85 a 90% segundo o Manual 36 da FAO).

Uniformidade de emissão do sistema (UE) pode ser obtida por:

$$UE = \left(1,0 - 1,27 cv N p^{-5} \right) q_m q_a^{-1} \quad (4)$$

em que:

UE - é a uniformidade de emissão em decimal;

cv - coeficiente de variação dos emissores em decimal;

q_m - é a vazão mínima da subunidade, $L.h^{-1}$;

q_a - é a vazão média dos emissores na subunidade, $L.h^{-1}$.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores das vazões coletadas em campo, verificou-se que a maioria dos emissores encontra-se abaixo do valor especificado pelo fabricante que é de 60 L h^{-1} , conforme apresenta a Tabela 1.

Com os resultados obtidos em campo obtiveram-se os seguintes valores e parâmetros contidos na Tabela 2.

O sistema apresentou uma eficiência de aplicação (E_a) de 82,86% que segundo Bernardo (1995), para sistemas de irrigação localizada do tipo microaspersão encontra-se dentro do aceitável que é de $\geq 80\%$. Os valores encontrados do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade absoluta (CUa) foram classificados de acordo com Bralts (1986) como bom. Já no que se refere à uniformidade de emissão (UE), o valor encontrado foi inferior ao recomendado por Pizarro (1990) que deve estar entre 90 a 95%, considerando a topografia do terreno, espaçamento da cultura e o clima árido.

Tabela 1. Valores das medições da vazão dos emissores em L h^{-1}

Emissores	Linha Lateral		
	1	3	5
1°	47,40	58,80	56,40
9°	57,00	49,20	54,00
18°	49,80	55,20	53,40
27°	58,80	52,20	57,60

Tabela 2. Valores dos parâmetros analisados no sistema de irrigação avaliado

PARÂMETROS AVALIADOS	VALORES OBTIDOS
qa (L h^{-1})	54,15
qn (L h^{-1})	48,80
qx (L h^{-1})	58,80
CUD (%)	90,12
Cua (%)	91,10
E_a (%)	82,86
UE (%)	82,86

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos conclui-se que o sistema avaliado apresentou uma eficiência aceitável quando em relação aos coeficientes de uniformidade (CUD e CUa) e uma eficiência de aplicação dentro dos padrões recomendados segundo alguns autores. Recomenda-se realizar avaliações periódicas no sistema para monitorar a sua eficiência e evitar problemas que possam ocorrer devido a desgaste de material, entupimento dos emissores e vazamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, M. A. Análise de viabilidade da irrigação e participação da energia na composição de custos. In: **I SEMINÁRIO NACIONAL DE ENERGIA PARA IRRIGAÇÃO**, 1, 1988, Belo Horizonte: CEMIG, CODI, MINISTÉRIO DA IRRIGAÇÃO, 1988. p. 235-243.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6º ed. Viçosa: UFV, Imp Univ., 1995. 657p:il.
- BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: **SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA**, 5, Campina Grande: UEPB, p. 137-169. 1997.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transaction of the ASAE. St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, July/Aug., 1974.
- PIZARRO, F. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia**. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 1990.
- SANTOS, C. A. S. **Distribuição espacial e absorção de água pelo sistema radicular da cultura da manga (*mangífera indica* L.) irrigada por microaspersão**. Piracicaba, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ/USP.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PRODUÇÃO DE BANANEIRA CULTIVAR PACOVAN, EM RESPOSTA A DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO¹

ROCHA, C. R. T.¹ & SOARES, I.²

¹Parte da dissertação de Carlos Régis Torquato Rocha, apresentado como requisito para a obtenção do título de Mestre

²Prof. Mestre, Curso de Recursos Hídricos / Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte – CE.

Fone: 88.3566.4051. e-mail: cregist@hotmail.com

³Prof. Doutor, Depto de Solos e Nutrição de plantas, UFC, Fortaleza, CE.

RESUMO: Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito do nitrogênio, do fósforo e do potássio sobre a produção de bananeiras cv. Pacovan, durante três ciclos de produção. Aplicou-se 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95%) um mês antes da instalação do experimento. O experimento foi conduzido no campo Experimental do curu, Embrapa Agroindústria Tropical, município de Paraipaba – CE. Nas covas, com dimensões de 50 x 50 x 50 cm, aplicaram-se 20 litros de esterco bovino curtido e 100 g de FTE BR 12. Os tratamentos consistiram de quatro doses dos nutrientes N, P e K, tomando-se como base as doses de 400-200-700 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, de acordo com Teixeira et. al (1996), variando-se para baixo e para cima 200-100-350 kg ha⁻¹ ano⁻¹, como segue: N (0, 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de uréia), P₂O₅ (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de superfosfato triplo) e K₂O (0, 350, 700 e 1050 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio). A resposta da produção a adubação nitrogenada e potássica foi positiva, porém a fosfatada não apresentou resposta significativa.

Palavras chave: produtividade, adubação, NPK.

PACOVAN BANANA PRODUCTION, FERTILIZED WITH NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM

ABSTRACT: The objective of this study is to evaluate the effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the production of cv. Pacovan banana plants during three production cycles. 1 t ha⁻¹ of lime (95% PRNT) was applied to the area 1 month before the beginning of the experiment. The experiment was conducted in the Experimental field of Curu, at Embrapa tropical Agroindustry, in the community of Paraipaba –CE. In each of the plantation pits, measuring 50 x 50 x 50 cm, 20 liters of cured bovine manure and 100 g of FTE BR 12 were applied. The treatments consisted of four doses of the nutrients N, P and K, using 400-200-700 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O respectively as a base, according to Teixeira et. Al (1996), varying an increase or a decrease of 200-100-350 kg ha⁻¹ year⁻¹, as follows: N (0, 200, 400 and 600 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of urea), P₂O₅ (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of triple superphosphate) and K₂O (0, 350, 700 and 1050 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of potassium chloride). The production response to nitrogen and potassium enriched fertilization was positive, although phosphorus enriched fertilization did not present any significant response.

Key-words: Productivity, fertilization, NPK.

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores de banana do mundo, com uma produção de 6,5 milhões de toneladas em 2004, ocupando uma área de 486 mil hectares (FAO, 2004).

A bananicultura irrigada é uma atividade importante na região Nordeste, principalmente no semi-árido, que apresenta um potencial de produção pelas suas condições climáticas favoráveis, como temperatura média anual de 23 a 27°C, radiação solar média anual de 2800 horas e umidade relativa próximo de 50% (FAO, 2005).

A adubação tem grande importância para a obtenção de alta produtividade, principalmente quando se trata de cultura exigente em nutrientes como a bananeira. Essa cultura é a que mais extrai nutriente, quando comparada com outra de importância comercial no mundo. A adubação deve ser feita de acordo com a exigência nutricional da planta, preocupando-se com os teores dos nutrientes no solo, com a produção esperada, com o manejo adotado de modo que se tenha uma boa produtividade, frutos de boa qualidade e resistente às doenças.

As adubações com NPK têm sido aplicadas de modo empírico, podendo, estar acima ou abaixo da necessidade nutricional da planta, necessitando, assim, de pesquisas para maior racionalização na aplicação dos fertilizantes e manutenção da fertilidade do solo. Ausência de resultados experimentais na região nordeste do Brasil faz com que a aplicação de uma mesma quantidade de fertilizante para todas as variedades e/ou cultivares, pode tornar o cultivo de banana uma atividade antieconômica. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de bananeira, cultivar Pacovan, durante três ciclos, em resposta à aplicação de doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo Experimental do Curu, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, geograficamente situado entre os paralelos 03°28'52"S de latitude e 39°09'52"W de longitude e altitude de 31 m, no município de Paraipaba, Ceará. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é o do tipo Aw', ou seja, tropical chuvoso, apresentando o máximo de chuvas no outono e período seco no inverno, com precipitação anual média de 985,7 mm e evaporação de 2642,6 mm, com temperatura e umidade relativa médias anuais de 27,1°C e 86%, respectivamente. O solo apresenta relevo plano sendo classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 1999).

O pomar de bananeiras foi instalado em 4 de junho de 2003, utilizando-se mudas da cultivar Pacovan, produzidas a partir de cultura de meristemas e plantadas em fileiras duplas, no espaçamento de 4,0 x 2,0 x 2,4 m, com área experimental de 5600 m² e 756 plantas. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro plantas úteis, separadas por bordaduras simples dentro das linhas de plantio, circundada por bordadura dupla como quebra vento.



Aplicou-se 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95%) um mês antes da instalação do experimento, contendo 33 % de Cão, 16 % de MgO, como fonte de cálcio e magnésio. Nas covas, com dimensões de 50 x 50 x 50 cm, aplicaram-se 20 litros de esterco bovino curtido e 100 g de FTE BR-12.

Os tratamentos consistiram de quatro doses dos nutrientes N, P e K, tomando-se como base as doses de 400-200-700 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, de acordo com Teixeira et. al (1996), variando-se para baixo e para cima 200-100-350 kg ha⁻¹ ano⁻¹, como segue: N (0, 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de uréia), P₂O₅ (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de superfosfato triplo) e K₂O (0, 350, 700 e 1050 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos em, fatorial 1/4 (4³), totalizando dezesseis tratamentos distribuídos em 6 blocos (repetições). O fertilizante fosfatado foi aplicado na cova em parcela única no primeiro ano e a lanço 12 meses após, enquanto o nitrogênio e o potássio foram distribuídos manualmente e mensalmente a lanço, em círculo completo até o início da formação da família e em meio círculo após este período. Ao final do 1º, 2º e 3º ciclos da bananeira, em cada planta da unidade experimental, os cachos foram colhidos, despencados e pesados. O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão com um emissor para 4 plantas e uma vazão de 55 L ha⁻¹.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando o programa estatístico SAEG – Sistema de Análise Estatística e Genética (Theodoro & Euclides, 1999) Funções de resposta do tipo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2 + b_3P + b_4P^2 + b_5K + b_6K^2 + b_7NP + b_8NK + b_9PK$, para as características de produção, onde y é a variável dependente, b₀ ... b₉ são os coeficientes de regressão, e NPK são as doses de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A significância dos coeficientes de regressão foram testados pelo teste F até 10 % de probabilidade.

RESULTADOS

Nas condições estudadas a máxima produtividade estimada de cachos de banana da cultivar Pacovan, no segundo e terceiro ciclos de produção, foram obtidas com 415 e 585 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente (Figuras 1 e 2).

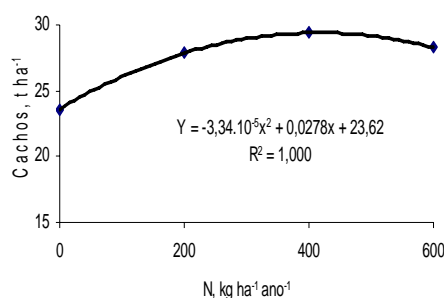


Figura 01. Produtividade estimada de cachos da bananeira Pacovan, em função das doses de nitrogênio, com aplicação de 200 e 1050 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, no segundo ciclo de produção.

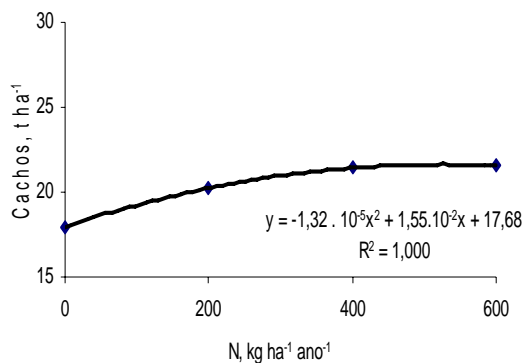


Figura 02. Produtividade estimada de cachos da bananeira Pacovan em função das doses de nitrogênio, com aplicação de 170 e 440 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, no terceiro ciclo de produção.

Santiago et al. (1987), verificaram que, em Porto Rico, aplicações de 240 a 360 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N aumentaram significativamente o rendimento da banana em aproximadamente 15 t ha⁻¹, em relação ao tratamento sem N. Entretanto, Borges et al. (2000) observaram em um Latossolo Vermelho Amarelo no Norte de Minas Gerais que a produtividade da cultivar Prata Anã não foi influenciada por doses de N variando de 200 a 1600 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Por sua vez, Weber et al. (2006), trabalhando em um Cambissolo, obtiveram maiores produtividades no primeiro e segundo ciclo de produção da cultivar Pacovan com as doses de 284 e 217 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente. Observaram, ainda, que no segundo ciclo de cultivo, houve aumento no número de frutos nos cachos em razão da adubação com N, atingindo-se o máximo com a dose de 198,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N. Borges et al. (2003) recomendam que a dose ótima de nitrogênio encontra-se na faixa entre 160 a 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹. No segundo ciclo de produção da cultivar Pacovan não atingiu a máxima produtividade com as doses potássio utilizadas neste trabalho (Figura 3), entretanto, no terceiro ciclo de produção a dose de 440 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O foi a que obteve a máxima produtividade de cachos da bananeira (Figura 4).

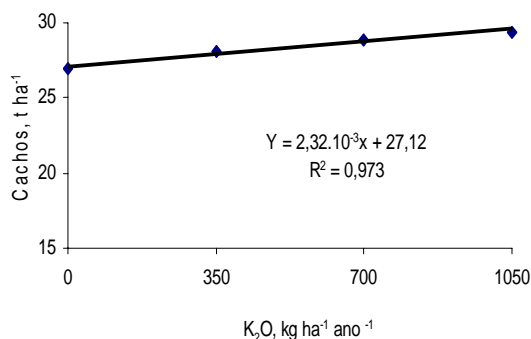


Figura 3. Produtividade estimada de cachos da bananeira Pacovan, em função das doses de potássio, com aplicação de 415 e 200 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente, no segundo ciclo de produção.

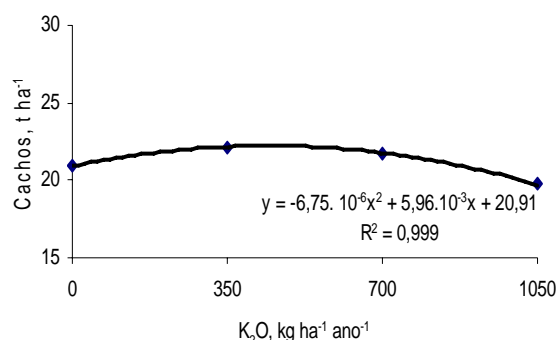


Figura 4. Produtividade estimada de cachos da bananeira Pacovan, em função das doses de potássio, com aplicação de 585 e 170 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente, no terceiro ciclo de produção.

No estado do Pará, estudando o efeito das doses de N e K na cultivar Pioneira Brasil et al. (2000), em um Latossolo Amarelo, obtiveram produção ótima com aplicações de 370 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, obtendo aumentos de produção da ordem de 73 e 39%, no segundo e terceiro ciclos, respectivamente, em relação à adubação sem K. Trabalhando com a cultivar Prata Anã, em um latossolo Vermelho-Amarelo na região semi-árida do norte de Minas Gerais, Silva et al. (2003) observaram máxima produção com aplicação de 962,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, promovendo aumento de 11,2% na produção de banana em relação á testemunha.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e potássica promoveram respostas positivas na produção da bananeira Pacovan. A adubação fosfatada não promoveu resposta na produção da bananeira Pacovan.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, A. L.; SILVA, S. O. **Extração de micronutrientes por cultivares de banana**. Revista Brasileira de Fruticultura, 17: 57 - 66, 1995.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, I. E. A.; SILVA, S. O. **Teores foliares de nutrientes e produtividade em genótipos de bananeira**. Cruz das Almas - BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 26 p. (Boletim de pesquisa, 19).
- BORGES, A. L., CORDEIRO, Z. J. M.; FRANCELLO, M.; SOUZA, L. da S.; SILVA, S. de O.; COELHO, E. F.; LIMA, M. B.; MEDINA, V. M.; RITZINGER, C. H. S. P.; FOLEGATTI, M. I. da S.; SOUZA, A. da S.; MESQUITA, A. L. M. CARVALHO, J. E. B. de; TRINDADE, A. V.; ALMEIDA, C. O. de; MATOS, A. P. de; MEISSNER FILHO, P. E.; FREIRE, F. das C. O.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MOSCA, J. L.; CARVALHO, A. C. P. P. DE. **Cultivo da banana para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, Ceará**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Sistema de Produção, 5). Disponível em: <http://sistemadeprodução.cnptia.embrapa.br> Acesso em 09 Agost. 2006.

- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, J. E. A.; VELOSO, C. A. C. **Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta á adubação nitrogenada e potássica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 12: 1-14, 2000.
- CARDOSO, M. J.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. **Produtividade da banana Grande Naine sob adubação química.** In: SIMPÓSIO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS, 2001, Anais. Fortaleza-CE, Embrapa, 2001. CD-ROM.
- FAO Statistical database.** Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 22 de Mar. 2005.
- FISHER, R. A.; YATES, F. **Tabelas estatísticas para biologia, medicina e agricultura.** São Paulo: EDUSP, 1971. 150p.
- NESS, R. L. L. **Extração de nutrientes e adubação NK em bananeira (Musa sp.), cv. Pacovan.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1989. 86p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTIAGO, M. A.; IRIZARRY, H.; POOL, D. J. **Experimentacion con aplicaciones de nitrógeno y potasa via riego por goteo en el bano Gran Naine en Puerto Rico.** In: REUNIÓN ACORBAT, Turrialba, 1987. Memorias. Turrialba: CATIE, 1987, p. 381 - 386.
- SILVA, J. T. A. da; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. **Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cultivar Prata Anã.** Revista Brasileira de Fruticultura, 25: 152-2-155. 2003.
- TEIXEIRA, L. A. J., SPIRONELLO, A., QUAGGIO, J. A., FURLANI, P. Banana. In: Raij, B. Van et al. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2ª ed. Campinas: IAC, 1996. p. 131-132. (Boletim Técnico, 100).
- THEODORO, F.; EUCLYDES, R. F. **Manual de uso provisório. SAEG 8.0,** Fundação: Arthur Bernardes, Viçosa 1999, 141p.
- WEBER, O. B.; MONTENEGRO, A. A. T.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOARES, I. **Produção de Adubação bananeiras cv. Pacovan, sob irrigação, em cambissolo adubado com doses de nitrogênio e potássio.** In: II SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2005, Anais. Piracicaba-SP, Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 2005.
- WEBER, O. B.; MONTENEGRO, A. A. T.; SILVA, I. M. N. E; CRISÓSTOMO, L. A.; SOARES, I. **Adubação nitrogenada e potássica em bananeira ‘Pacovan’ (Musa AAB, Subgrupo Prata) na Chapada do Apodi, estado do Ceará.** Revista Brasileira de Fruticultura, 28: 154 – 157. 2006.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

VOLUMES DE SOLUÇÃO EXTRAIDOS DE CÁPSULAS POROSAS EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO ENTERRADO EM MAMÃO¹

VÁSQUEZ, M. A. N.²; VÁSQUEZ, E. M. F.³; PEREIRA, J. M. G.⁴;
ARAÚJO, P. R. E.⁵ & PEDROSA, M. A. F.⁶

¹Trabalho financiado pelo ETENE/FUNDECI. BNB.

^{2,3}Professor Doutor do Curso de Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia. FATEC, Juazeiro do Norte - CE, (0XX88) 3566.4046, e-mail: mvasquez@centec.org.br; ^{4,5,6}Estudante do Curso de Recursos Hídricos em Irrigação, Bolsista da FUNCAP, Faculdade de Tecnologia, FATEC, Juazeiro do Norte - CE.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar os volumes de solução de solo coletados de cápsulas porosas para diferentes lâminas aplicadas por um sistema de irrigação por gotejamento enterrado na cultura de mamão. Os volumes coletados variaram segundo o tempo de coleta, as lâminas aplicadas e a profundidade de instalação das cápsulas porosas. A maior amplitude de variação destes volumes com o tempo de coleta foi registrada na maior lâmina aplicada, incrementando-se com a profundidade de instalação das cápsulas porosas e com a proximidade das linhas portagotejadores.

Palavras-chave: extratores de solução, manejo da água, tubogotejador.

SOLUTION VOLUMES EXTRACTED OF CERAMIC CUP IN SUBSURFACE DRIP IRRIGATION SYSTEM TO PAPAYA CULTURE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the volumes of soil solution collected in porous ceramic cups for different levels of water application for subsurface drip irrigation system in the papaya culture. The collected volumes varied according the collection time, the water application levels and installation depth of porous ceramic cups. The largest variation these volumes with time of collection was registered in the largest water level applied, increasing with the depth of installation of porous ceramic cups and the proximity of drip lines.

Key-words: solution extractors, water management, dripline.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população mundial salienta para o uso cada vez mais eficiente da água pelas culturas irrigadas, bem como para seu manejo racional, quando da operacionalização dos sistemas de irrigação, minimizando perdas por percolação e formação de frentes salinas, colaborando para a redução do impacto ambiental da irrigação, seja por redução do potencial de contaminação do lençol freático ou pela minimização do processo de salinização do solo.

A irrigação por gotejamento enterrado é uma ferramenta muito útil não só pelos ótimos resultados que se conseguem com a eficiência de irrigação e a demonstrada economia de água com respeito a outros tipos de irrigação aéreos, mas também pelas numerosas vantagens agrônômicas como a diminuição da evaporação do solo, menos problemas com argilas expansíveis, encharcamento, escoamento e contacto de água com a planta possibilitando a ausência de patógenos. Assim demonstram os sistemas de irrigação com tubos gotejadores enterrados para determinadas culturas, reportadas em numerosas referências (Hutmacher *et al*, 1992; Mead *et al*, 1992; Mc Gill e Hutmacher, 1993; Hutmacher *et al*, 1996).

O monitoramento destas vantagens, acima citadas, pode ser realizado mediante o emprego de cápsulas extratoras de solução de solo para verificar os volumes de solução coletados e relacioná-los com lâminas aplicadas pela irrigação que chegam ao sistema radicular das plantas sobre tudo quando as linhas laterais que portam os emissores se encontram por debaixo da superfície do solo. Silva *et al*. (2000) manifesta que o extrator de solução é uma alternativa capaz de solucionar o problema de forma eficaz e a um baixo custo, principalmente se associado a tomadas de decisões rápidas em campo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os volumes de solução de solo coletados em cápsulas extratoras de solução para diferentes lâminas aplicadas por um sistema de irrigação por gotejamento enterrado na cultura de mamão (*Carica papaya* L).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Estação Experimental de Barbalha pertencente à Faculdade de Tecnologia Centec - Cariri, em uma área de 7.128 m² (108 m x 66 m), numa plantação de mamão (*Carica papaya* L) da variedade Formosa, localizada no município de Barbalha-CE (7° 15' S, 39° 39' W e altitude de 418 m) DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, (1992). De acordo com a classificação climática de Köppen (Viana *et al*. 1997), o local encontra-se sob clima do tipo Cw', tropical chuvoso, sendo o solo classificado como neossolo flúvico (EMBRAPA, 1999).

O cabeçal de controle localizado na área experimental foi composto de um conjunto motobomba centrífuga de 1,5 CV de potência, com 3.500 rpm, filtro de disco, válvula reguladora de pressão, registros e manômetro de glicerina. A variação da pressão manométrica



esteve entre 294,20 kPa e 191,23 kPa por ocasião da abertura e fechamento dos registros para aplicação das lâminas de irrigação de 3,5; 5,6 e 6,3 mm, respectivamente.

As linhas laterais portagotejadores tiveram comprimento de 16,0 m e diâmetro de 13 mm, enterradas a 0,20 m da superfície do solo, distribuídos em três blocos que forneciam água a três trechos do sistema de irrigação. Os gotejadores foram autocompensantes, espaçados a 0,30 m, com vazão nominal de 1,6 L h⁻¹ e pressão de funcionamento de 146,97 kPa. Foi utilizado uma linha portagotejadores para cada faixa de plantio numa disposição de 3,0 m entre faixas e 2,0 m entre plantas.

Foram instaladas baterias de extratores de cápsulas porosas para cada lâmina de irrigação em cada bloco, a uma distância de 0,15 m em relação à planta de mamão e com a cápsula a 0,15; 0,45 e 0,60 m de profundidade em relação à superfície do solo. Os extratores de solução possuíam na sua extremidade inferior cápsula porosa de cerâmica de 20 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento. Os extratores de cápsulas porosas foram submetidos a um vácuo de aproximadamente 72 kPa por um período de seis dias, quando eram coletadas as soluções e aplicado um novo vácuo em um procedimento subsequente, tendo assim, uma frequência semanal no processo de extração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1A, 1B e 1C, se observam os volumes médios de solução do solo, coletados nos extratores de cápsulas porosas a cada seis dias, para a frequência de irrigação diária com três lâminas de irrigação (L1= 3,5 mm, L2 = 5,6 mm e L3 = 6,3 mm) para as três profundidades de instalação das cápsulas extratoras de solução (C1 = 0,15 m, C2 = 0,45 m e C3 = 0,60 m). Percebe-se que os volumes coletados variaram segundo o tempo de coleta, as lâminas aplicadas e a profundidade de instalação das cápsulas extratora de solução.

A maior amplitude de variação destes volumes, para o tempo de coleta nas três profundidades de instalação das cápsulas extratoras de solução, foram registrados na maior lâmina aplicada, L3 (18,0; 18,5 e 61,0 cm³), seguida da menor lâmina aplicada L1, (9,0; 20,3 e 48,7 cm³); sendo a lâmina intermediária aplicada L2, a que obteve menor amplitude de variação (7,0; 3,3 e 15 cm³). Estas variações podem ser atribuídas aos fatores inerentes ao próprio cultivo (estado fisiológico, desenvolvimento radicular), ao clima, à própria cápsula extratora de solução, como também ao solo devido as variações de umidade, coincidindo com Lopes *et al.*, (1992) que manifesta: a forma e dimensão do bulbo úmido dependem, principalmente, das propriedades e do perfil físico do solo e, para um dado solo depende ainda do volume de água aplicado, da variação da vazão dos emissores e do relevo do terreno. Tendo relação, também, com a disposição do emissor (superficial ou enterrado), as características do sistema radicular (arquitetura e atividade) e o manejo da irrigação praticado (Coelho & Or, 1999; Nogueira, *et al.*, 2000).

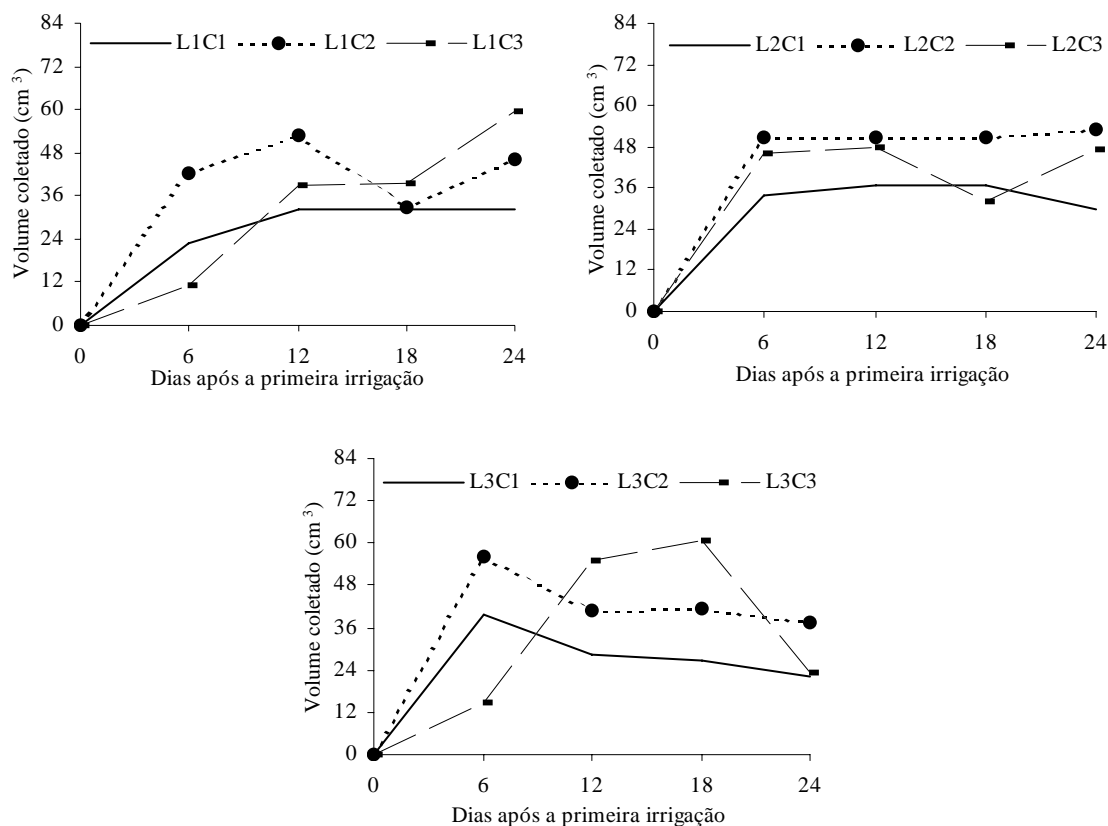


Figura 1. Variação de volumes de solução em função do tempo de coleta para as diferentes lâminas de irrigação aplicada e a profundidade de instalação dos extratores de cápsulas porosas

De igual forma, na Figura 2, se observa que os volumes de solução coletados se incrementam com a profundidade de instalação das cápsulas porosas à medida que se incrementam as lâminas de irrigação aplicadas. Os volumes coletados nas cápsulas extratoras de solução nas profundidades de C1, C2, C3 se incrementam na ordem de 31,14; 46,31 e 39,68 cm³ para as lâminas L1, L2 e L3, respectivamente. As cápsulas que se encontram mais próximas, por debaixo da linha portagotejadores, registraram maiores volumes coletados em todas as lâminas aplicadas que aquelas que se encontram mais distantes. Isto faz pensar que, as forças de ascensão capilar foram menores que as de gravitação, ocorrendo também uma maior infiltração e, conseqüentemente, uma drenagem. Entre outros fatores que explicam este fato estão o formato do bulbo úmido do solo arenoso, a perda de tensão na cápsula no momento da coleta e a altura hidráulica do volume da solução coletada.

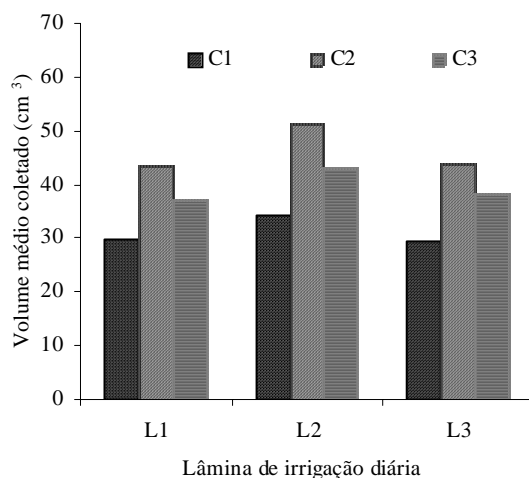


Figura 2. Volumes de solução coletados nas diferentes profundidades de instaladas das cápsulas porosas com relação às lâminas de irrigação aplicadas

CONCLUSÕES

Com o auxílio dos extratores providos de cápsulas cerâmicas, é possível conhecer a melhor lâmina de irrigação aplicada quando comparada com os volumes de solução coletados, possibilitando determinar a profundidade de instalação das linhas portagotejadores e a eficiência do sistema de irrigação enterrada.

Os volumes diferenciados de solução do solo coletados do interior das cápsulas cerâmicas mostram a heterogeneidade das características de infiltração, bem como da vazão e disposição dos emissores, da fenologia do cultivo, do clima e da própria cápsula extratora de solução.

AGRADECIMENTO

Ao ETENE/FUNDECI BNB, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, E. F; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.3, p.225-234, 1999.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normas climatológicas** (1961-1990). Brasília: DNMET, p.6, 1992.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solo, 1999. 412p.
- HUTMACHER, R.B.; MEAD, R.M.; SHOUSE, P. Subsurface Drip: Improving Alfalfa Irrigation in the West. **Irrigation Journal**, 46(1): 48-52. 1996.

- HUTMACHER, R.B.; PHENE, C.J.; MEAD, R.M.; CLARK, D.; SHOUSE, P.; VAIL, S.S.; SWAIN, R.; van GENUCHTEN, M.; DONOVAN, T.; JOBES, J. Subsurface drip irrigation of alfalfa in the Imperial Valley. **Proceedings**, 22nd California/Arizona alfalfa Symposium, University of C. A. and University of A. Z. Cooperative extension, Holtville, C. A., December 9-10, 22:20-32. 1992.
- LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; PEREZ, A.R.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego Localizado**. 2 ed. Madri: Mundi Prens, 1992. 405p.
- Mc GILL, S.; HUTMACHER, R.B. Buried Drip for Alfalfa? **The Furrow** **98** (7): 26-27, November-December. 1993.
- MEAD, R.M.; HUTMACHER, R.B.; PHENE, C.J. Subsurface drip irrigation of alfalfa. **Proceedings**, CIT/USDA-ARS Seminar on Subsurface Drip Irrigation: Theory, Practice and Application, Harris Ranch, Coalinga, C. A, October 22, pp. 177-178. 1992.
- NOGUEIRA, C.C.P.; COELHO, E.F.; LEÃO, M.C.S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n.3, p. 315-320, 2000.
- SILVA, E.F.F.; ANTI, G.R.; CARMELLO, Q.A.C.; DUARTE, S.N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, p.785-9, 2000.
- VIANA, T. V. A.; BASTOS, E. A.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V. Algoritmo da classificação climática de Köppen, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.255.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA COM O USO DA TÉCNICA DOS FRACTAIS¹

PAIXÃO, F. J. R.²; ANDRADE, A. R. DOS S. DE³; AZEVEDO, C. A. V. DE⁴;
COSTA, T. L.⁵; SOUSA, J. DOS S.²; LIRA, V. M.² & D. NETO, J.⁴

¹Parte da Dissertação de Mestrado do 1º. Autor, apresentada ao DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB;

²Doutorando, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande-PB, e-mail: jardel.paixao@gmail.com;

³Pesquisador Dr. Bolsista DRC/CNPq, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande – PB,

⁴Prof. Dr. DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, Br.

⁵MSc. Eng. Agric., Bolsista do CNPq, Prof. FATEC-SERTÃO CENTRAL.

RESUMO: Objetivando-se verificar a adequabilidade dos métodos da dimensão fractal na estimativa da condutividade hidráulica saturada, estimada pela teoria fractal. Conduziu-se esta pesquisa, na estação experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba, EMEPA-Lagoa Seca estado da Paraíba Brasil. A curva de retenção de água no solo foi estimada através dos modelos de Brooks e Corey, Brooks e Corey modificado para a dimensão fractal. A condutividade hidráulica saturada foi estimada pela dimensão fractal do solo e determinada em campo com cilindro infiltrômetro. O uso da dimensão fractal nas estimativas da condutividade hidráulica saturada permitiu avaliar satisfatoriamente essas propriedades.

Palavrachave: dimensão fractal, curva de retenção, propriedades físicas do solo.

DETERMINATION OF THE SATURETED HYDRAULIC CONDUCTIVITY WITH THE USE OF FRACTAL TECNICS

ABSTRACT: The objective of this work was to verify adequate methods of fractal dimension to estimate the saturated hydraulic conductivity. The experiment was conducted in sandy soil of the experimental area of the State Enterprise of Agricultural Research EMEPA, located in the Lagoa Seca city, Paraíba State, Brazil. The retention water curve was estimated by Brooks and Corey model, Brook and Corey model modified to fractal dimension. The saturated hydraulic conductivity was estimated by the soil fractal dimension and determined in the field by an infiltrometer ring. The use of fractal dimension to estimate the saturated hydraulic conductivity permit to evaluate these satisfactorily.

Key-words: fractal dimension, retention curve, soil physic curve.

INTRODUÇÃO

Em ciências do solo, os fractais são utilizados para descrição do percurso de infiltração e redistribuição da água, além de modelar, de forma eficiente, a ocorrência de fenômenos durante esses dois processos, uma vez que o solo é um corpo tridimensional. A dimensão fractal pode ser determinada com alguns atributos físicos do solo, permitindo estudos com novas abordagens fundamentadas em parâmetros físicos, passando a ocupar o espaço de estudos utilizando-se parâmetros puramente empíricos (Hott et al., 2005).

Existem modelos matemáticos de linhas, volumes e superfícies fractais, para se descrever aspectos relacionados às propriedades físico-hídricas do solo saturado e não saturado; no segundo caso, pode-se citar a equação de van Genuchten (1980). A dimensão fractal com base na distribuição dos tamanhos dos poros e das partículas do solo é de fundamental importância para a compreensão do comportamento da variabilidade das propriedades físicas do solo, que constitui uma descontinuidade da estrutura do solo ocorrendo, conseqüentemente, implicações na dinâmica da água do solo (Zhuang et al., 2001, citado por Andrade, 2002).

A dimensão fractal tem sido aplicada em solos levando-se em conta a distribuição das partículas e a tortuosidade dos poros do solo, com o objetivo de caracterizar o espaço poroso referente às propriedades de condução e retenção de água do solo, podendo-se avaliá-las pela dimensão fractal da distribuição das partículas (Bacchiet et al., 1996).

Diante o exposto a presente pesquisa tem como objetivo, verificar a adequabilidade dos métodos da dimensão fractal na estimativa da condutividade hidráulica saturada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias – EMEPA, localizada no município de Lagoa Seca, Estado da Paraíba, a uma altitude média de 335 m, apresentando as coordenadas geográficas de 07° 13' S; 35° 52' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw'i (clima tropical úmido com estação seca da primavera a início do verão). O solo da área é classificado como um Neosolo Reolítico (Embrapa, 1999).

Os pontos amostrais para determinação da taxa de infiltração, condutividade hidráulica, curva de retenção, nas profundidades de 0-20, 20-40 e de 40-60 cm, totalizando 36 pontos amostrais.

A condutividade hidráulica do solo saturado (K_s) na parcela experimental, foi determinada através de medidas de infiltração de água, pelo método do Infiltrômetro de anel, conforme metodologia descrita por Libardi (2000), permitindo-se monitorar a velocidade de infiltração até sua estabilização ao longo do tempo, assumindo um valor constante denominado velocidade de infiltração básica, donde se calcula a condutividade hidráulica saturada (K_s), através da Eq. 1. Esta velocidade básica de infiltração (V_b) é tão somente o valor da assíntota da velocidade de infiltração final (V_f) na curva de infiltração:

$$K_s = \frac{V_b L}{(L + h)} \quad (1)$$



Donde: Vb - Velocidade de infiltração básica de água no solo (cm h^{-1}); L - Profundidade do anel enterrado no solo (cm); h - Carga hidráulica (cm)

A equação empírica capaz de estimar KS neste trabalho se baseia na tortuosidade dos poros do solo, na qual foi proposta por Poulsen et al. (1999) e modificada por ANDRADE (2002) com uso da aproximação fractal na qual será usada neste trabalho, ficando da seguinte forma:

$$K_s = 8,64 \cdot 10^{-6} \frac{\rho_{H_2O} g}{\eta} \left(\frac{0,45 r^2 (\mu_{10})^D}{8 \theta_s^2} \right)^{(3-D)} \quad (2)$$

Em que: ρ - densidade da água (1.106 g m^{-3}); g - aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m s}^{-2}$); η - viscosidade da água (1.005 m s^{-2}); μ_{10} - porosidade drenável na tensão de 10 Kpa; θ_s - umidade do solo na saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); D - corresponde a dimensão fractal do solo determinada pela distribuição do tamanho das partículas sólidas do solo (DPSD) (adimensional); r - tamanho médio do raio de poros do solo.

Para se estimar KS usando-se a Eq. (2), é necessário determinar os parâmetros D , μ_{10} , θ_s e r , em que D foi estimada com base na distribuição granulométrica das partículas sólidas do solo, denominado de método; DPSD e com base na curva de retenção de água no solo, DSWRC.

No presente trabalho a curva de retenção de água do solo foi determinada em laboratório usando-se o Extrator de Umidade de Reichardt, nas tensões de 10, 33, 100, 300, 500, 1000 e 1500 kPa. A análise granulométrica foi realizada pelo Método do Hidrômetro, como recomendado por Bouyoucos. Na análise textural, a dispersão foi obtida mecânica (agitação) e quimicamente utilizando-se, como dispersante, o hidróxido de sódio IN.

A estimativa da dimensão fractal (D) que foi usada nos modelos matemáticos da curva de retenção de água foi estimada com base nos dados da curva de retenção de água no solo (D_{SWRC}). Frisen & Mikula (1987) derivaram uma equação que relaciona o incremento entre o volume de poros com o diâmetro dos raios com uso da dimensão fractal, dada por:

$$-\frac{dV(\geq r)}{dr} \propto r^{2-D} \quad (3)$$

em que: $V(\geq r)$ é o volume de poros com raio maior ou igual a r e D representa a dimensão fractal que descreve a superfície dos poros que, por sua vez, formam as partículas do solo. Uma maneira mais específica entre o volume de poros e o seu raio, foi encontrada por Perrie et al. (1996) e se escreve da seguinte forma:

$$-\frac{dV(\geq r)}{dr} = \beta(E-D)r^{E-D-1} \quad (4)$$

em que: E - representa a dimensão euclidiana, β - uma constante. A curva de retenção de água no solo pode ser obtida integrando a equação (2) da seguinte maneira:

$$\theta(r) = \int_{r_{\min}}^r r^{2-D} dr \quad (5)$$

Onde: $\theta(r)$ - corresponde ao conteúdo de água nos poros de raio r ; r - raio do poro; r_{\min} - raio mínimo de poros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo da área em estudo apresenta a camada superficial bastante arenosa, seguida da última camada com um acréscimo progressivo do teor de argila, tendo a seguinte composição: de 00-20cm: areia; 75,27 g kg⁻¹, silte; 8,08 g kg⁻¹ e argila; 16,65 g kg⁻¹ de 20-40cm: areia; 72,24 g kg⁻¹, silte; 10,10 g kg⁻¹ e argila; 17,66 g kg⁻¹, sendo caracterizado como um solo franco-arenoso nas duas profundidades, respectivamente.

Na Tabela 1 está descrito o resumo estatístico da condutividade hidráulica saturada do solo (K_s). Os valores do desvio padrão (DP) (31,440%) e do coeficiente de variação (CV) (63,123%) para K_s quando determinada pelo método do cilindro Infiltrômetro (método adotado como padrão nesta pesquisa) indicam uma alta variabilidade dos valores médios da K_s , mesmo levando-se em consideração a pequena área estudada.

Analizando os valores médios da condutividade hidráulica do solo ilustrados na Tabela 1, de acordo com o U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering, indicam que a área apresenta classificação de condutividade hidráulica moderada, na profundidade estudada (0-20 cm), quando estimados pelos métodos D_{PSD} e D_{SWRC} . Porém, os menores valores de CV (%) e DP foram constatados quando a K_s foi prognosticada pelos dois métodos com o uso da aproximação fractal (D_{SWRC} e D_{PSD}).

Pode-se constatar que os menores erros relacionados com as estimativas dos modelos usados para determinação de K_s foram para o método D_{PSD} ($Er = 7,387$). LIBARDI (2000) e REICHARDS e TIMM (2004) salientam que a condutividade hidráulica está relacionada com a granulometria e com a geometria dos poros do solo, sendo esta última não estática, mas sim

Tabela 1. Valores médios experimentais e estimados da condutividade hidráulica do solo saturado, para as três profundidades do solo, Campina Grande, PB, 2006

Parâmetros estatísticos	Condutividade hidráulica do solo saturado (cm h ⁻¹)		
	K_s - Infiltrômetro	K_s - D_{SWRC}	K_s - D_{PSD}
Média	0,50074	0,14738	0,17250
Variância	0,09885	0,00438	0,00773
Desvio padrão	31,440	6,621	8,794
Coef. de variação - CV (%)	63,123	55,82465	81,90016
Valor máximo	1,26022	0,28969	0,49005
Menor valor	0,06471	0,07025	0,06882
Amplitude total	1,19551	0,21943	0,42123
Erro padrão de estimativa (Er)	-----	8,082	7,387
Coef. de assimetria	0,38186	0,98770	1,81928
Coef. de curtose	-0,66241	-0,19633	4,20031



dinâmica, uma vez que o fluxo de água no solo poderá modificar o arranjo estrutural do mesmo, afetando a geometria de seus poros; assim sendo, a condutividade hidráulica do solo pode variar de solo para solo e para um mesmo solo, dependendo de sua porosidade e grau de compactação.

Para as condições de campo desta pesquisa, onde se tinha um solo franco arenoso, o método D_{SWRC} não foi capaz de prever a K_s com certa exatidão, quando comparada com a K_s medida em campo ($Er = 8,082$). Entretanto, Andrade (2000), trabalhando com solos de textura franco argilosa do estado de São Paulo obteve bons resultados da K_s com a aplicação do método baseado na dimensão fractal obtida pela curva de retenção de água no solo (D_{SWRC}).

CONCLUSÕES

Observam-se valores elevados do parâmetro estatístico; erro padrão de estimativa (ER), porém se justifica o uso da técnica da aproximação fractal tendo em vista a rapidez e o baixo custo com que se obtém essa propriedade hídrica do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. R. S. de. **Aplicação da teoria fractal e da geoestatística na estimativa da condutividade hidráulica saturada e do espaçamento entre drenos**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita” Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2002. (Tese de Doutorado).
- BACCHI, O.O.S., REICHARDT, K., VILLA NOVA, N.A. Fractal scaling of particle and pore size distributions and its relation to soil hydraulic conductivity. **Sei. Agric.**, v.53, n.2, p. 1-9, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412p.
- FRIESEN, W. J., MIKULA, R. J. Fractal dimensions of coal particles. **J. Colloid Interface Sci.**, v.120, p263-271, 1987.
- HOTT, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. Á. S.; GRIFFITH, J. J. Análise fractal de textura usando um operador de Hurst em uma imagem TM/Landsat. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4089-4093. IN. **Anais**.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da Água no Solo**. Piracicaba – ESALQ, 2000, 497 p.
- REICHARDT, K & TIMM, L. C. SOLO PLANTA E ATMOSFERA, **Conceitos, processos e aplicações**. Manole editora Piracicaba- São Paulo, 2004, 471p.
- POULSEN, T.G., MOLDRUP, P. YAMAGUCHI, T. JACOBSEN, O.H. Predicting saturated and unsaturated hydraulic conductivity in undisturbed soils from soil water characteristics. **Soil Sci.**, v. 164, n. 12, p.877-887, 1999.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, v.44, p.892-898, 1980.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE IGUATU-CE

ARRAES, F. D. D.¹; OLIVEIRA, J. B.²; GONÇALVES, J. L. G.²;
CARVALHO, F. W. A.² & PEREIRA, A. N.³

¹Estudante de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, bolsista do CNPq, EAFI-CE, Rua Alfredo Leopoldo, 131, Bairro Santo Antonio, CEP 63500-000, Iguatu-CE, e-mail: dirceutid@yahoo.com.br

²Professor, M. Sc., Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE, e-mail: joaquimbrancodeoliveira@gmail.com

³Professor Especialista, Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, e-mail: Nunes.pereira@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi estimar e comparar a evapotranspiração de referência (ET_o) pelos métodos de Penman-Montheith FAO 56 (padrão), Penman 1948, FAO-Penman corrigido, ASCE Penman-Montheith, FAO-radiação, FAO-Blaney-Criddle, Tanque Classe A, Priestley & Taylor e Kimberly Penman 1996, para dar suporte ao manejo da irrigação na região de Iguatu-CE, utilizando as informações meteorológicas históricas obtidas nas estações meteorológicas do INMET, e com auxílio do software REF-ET. Os resultados obtidos mostram que os valores estimados pelo método de PM-ASCE e FAO-24BC são os que mais se ajustam ao modelo de Penman-Montheith FAO 56.

Palavras-chave: evapotranspiração, modelos, estimativa.

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR THE CITY OF IGUATU-CE

ABSTRACT: The objective of the present work was to estimate and compare reference evapotranspiration (ET_o) using various methods (Penman-Montheith FAO 56 paper, Penman 1948, corrected FAO-Penman, ASCE Penman-Montheith, FAO-Radiation, FAO-Blaney-Criddle, Pan evaporation, Priestley & Taylor and Kimberley Penman 1996), aiming to support irrigation scheduling in the regions of Iguatu-CE, using historical meteorological data obtained from INMET meteorological stations, with aid of the REF-ET. The results showed that the estimated values for the PM-ASCE and FAO-24BC methods are the ones that are well adjusted to the Penman-Montheith FAO 56 model.

Key-words: evapotranspiration, models, estimate.



INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas são as maiores demandantes por água, necessitando por isso de um empenho redobrado dos pesquisadores no desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a economia de água. Uma das alternativas para racionalizar o uso da água em projetos agrícolas é estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c) (Cardoso et al., 2005). A evapotranspiração potencial ou de referência é um elemento climatológico fundamental correspondente ao processo oposto ao da precipitação pluvial. Enquanto a medida das precipitações é bastante simples e relativamente abundante, o mesmo não se pode dizer quanto à medida de ET_o, que é trabalhosa exigindo instalações especiais, custosas e muito cuidado experimental (Soriano & Pereira, 1993).

A ET_o pode ser obtida por medidas diretas ou por estimativas. As medidas diretas, feitas em lisímetros em geral, são de alto custo limitando o seu uso na propriedade agrícola. Existem vários métodos de estimativa da ET_o, sendo que os métodos empíricos são adaptados a determinadas condições locais onde foram desenvolvidos, tendo o seu uso limitado em maior escala (Pereira et al., 1997). O método de Penman-Monteith corrigido pela FAO no seu manual 56, com embasamento técnico-científico é o mais adotado universalmente.

Diante da necessidade de um grande número de elementos meteorológicos e o fato desses nem sempre serem acessíveis para a estimativa da ET_o por Penman-Monteith-FAO56, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de avaliar a correlação entre os diferentes modelos utilizados na determinação da ET_o, com o método de referência de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, a partir das médias mensais dos dados meteorológicos do município de Iguatu-CE.

MATERIAS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido, utilizando-se os dados médios mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa, insolação, velocidade do vento e evaporação do tanque Classe A, oriundos da Estação Climatológica Principal (ECP) de Iguatu, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 6° 22' S; longitude 39° 17' W e altitude 217,67 m. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima de Iguatu é caracterizado como BSw'h', ou seja, semi-árido quente, com precipitação pluvial total anual de 750 mm com predominância no verão e temperatura média anual de 27,5 °C.

Para a estimativa da evapotranspiração de referência (demanda evapotranspirométrica) utilizou-se o software REF-ET. O software estima a demanda evapotranspirométrica pelos métodos: Penman-Montheith FAO 56 (PM-FAO56), Penman 1948 (Pen-1948), FAO-Penman

corrigido (FAO-24Pn), ASCE Penman-Monteith (PM-ASCE), FAO-radiação (FAO-24Rd), FAO-Blaney-Criddle (FAO-24BC), Tanque Classe A (FAO-Pan), Priestley & Taylor 1972 (Prs-Tylr) e Kimberly Penman 1996 (KPen-1996). Sendo que o método de Penman-Monteith, considerado padrão, é o modelo recomendado pela FAO e apresentado no seu manual 56.

Para comparação e análise dos resultados, foram utilizados o erro-padrão de estimativa (EPE) (Eq. 1) e erro-padrão de estimativa ajustado (EPEA) (Eq. 2), como também seus respectivos coeficientes de determinações (R^2).

$$EPE = \left(\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n - 1} \right)^{0,5} \quad (1)$$

Onde: EPE = erro-padrão de estimativa; Y_i = evapotranspiração estimada pelo método (mm.d^{-1}); Y_m = evapotranspiração medida no Penman-Monteith-FAO (mm.d^{-1}); e n = número total de observações.

$$EPEA = \left(\frac{\sum (Y_{ic} - Y_m)^2}{n - 1} \right)^{0,5} \quad (2)$$

Onde: EPEA = erro-padrão de estimativa ajustado; e Y_{ic} = evapotranspiração estimada pelo Método, corrigida pelos coeficientes da regressão linear (mm.d^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a variação da ETo média mensal ao longo do período de estudo para o município de Iguatu (CE), na qual se pode observar um mesmo comportamento nas ETo estimadas pelas diferentes metodologias, com um decréscimo da ETo nos meses de Março, Abril e Maio e uma elevação a partir do mês de Junho. O modelo PM-ASCE foi o que mais se aproximou do Padrão Penman-Monteith FAO 56, tal fato pode ser associado os princípios físicos envolvidos em ambos os modelos (balanço de radiação e os efeitos aerodinâmicos). O modelo de estimativa da ETo FAO-Penman corrigido (FAO-24Pn), apresentou um comportamento de superestimativa em relação ao modelo-padrão de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, devido principalmente ao fator de ajustamento c que é baseado nas condições locais de clima. O modelo de estimativa da evapotranspiração de referência, baseado no Tanque Classe A (FAO Pan) foi o que apresentou a maior dispersão relação ao modelo Padrão (PM-FAO56), ou seja, o modelo subestimou no período chuvoso de janeiro á junho, e

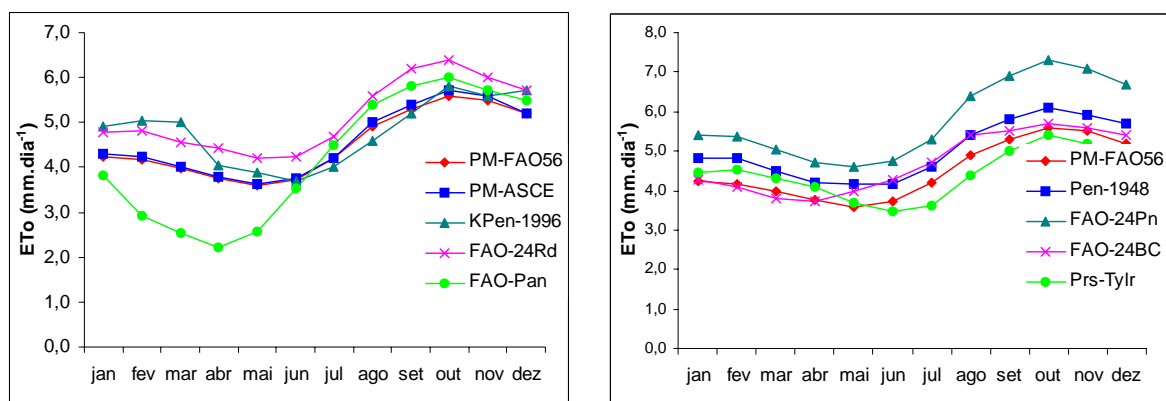


Figura 1. Evapotranspiração média mensal estimada por diversos métodos para o município de Iguatu-CE.

superestimou para o período seco (julho a dezembro). Atribui-se a esse fato a ETo do tanque depender muito do poder evaporante do ar e da advecção

Os gráficos das regressões dos diferentes modelos de determinação da ETo mensal em relação ao método de Penman-Monteith FAO 56, estão apresentados na Figura 2. De acordo com a referida Figura, os modelos Tanque Classe A (FAO-Pan), Priestley & Taylor (Prs-Tylr) e Kimberly Penman (KPen-1996) não apresentaram bons resultados com os coeficientes de correlação (R^2) inferiores a 70%. Enquanto que as comparações dos demais métodos com PM-FAO56 foram satisfatórias, pois apresentaram coeficientes de correlação superiores a 70%.

Analisado a Tabela 1, podemos observar que o método FAO-24Pn apresentou uma superestimativa da evapotranspiração de referência em relação ao PM-FAO56 em torno de 26% e de 30% para o mês de maior demanda. Segundo Sedyama (1996) esse comportamento foi observado em diversas regiões do globo. Enquanto que o método Tanque Classe A subestimou ETo quando

Tabela 1-Sumário das estatísticas dos métodos de estimativa da ETo para todos os meses e para o mês de maior demanda e a classificação ('rank') dos métodos..

Todos os Meses								
	PM-ASCE	KPen-1996	Pen-1948	FAO-24Pn	FAO-24Rd	FAO-24BC	FAO-Pan	Prs -Tylr
%	101	101	109	126	113	102	92	98
EPE	0,21	0,74	0,64	1,33	0,88	0,47	2,36	0,70
EPEA	0,04	0,48	0,42	1,2	0,59	0,12	0,39	0,1
Mês de Pico								
	PM-ASCE	KPen-1996	Pen-1948	FAO-24Pn	FAO-24Rd	FAO-24BC	FAO-Pan	Prs -Tylr
%	101	97	111	130	116	103	115	100
EPE''	0,24	0,53	0,83	1,90	1,17	0,63	2,51	0,75
EPEA''	0,05	0,16	0,60	1,69	0,93	0,16	0,87	0
POND	0,16	0,48	0,63	1,45	0,88	0,39	1,79	0,50
RANK	1	3	5	7	6	2	8	4

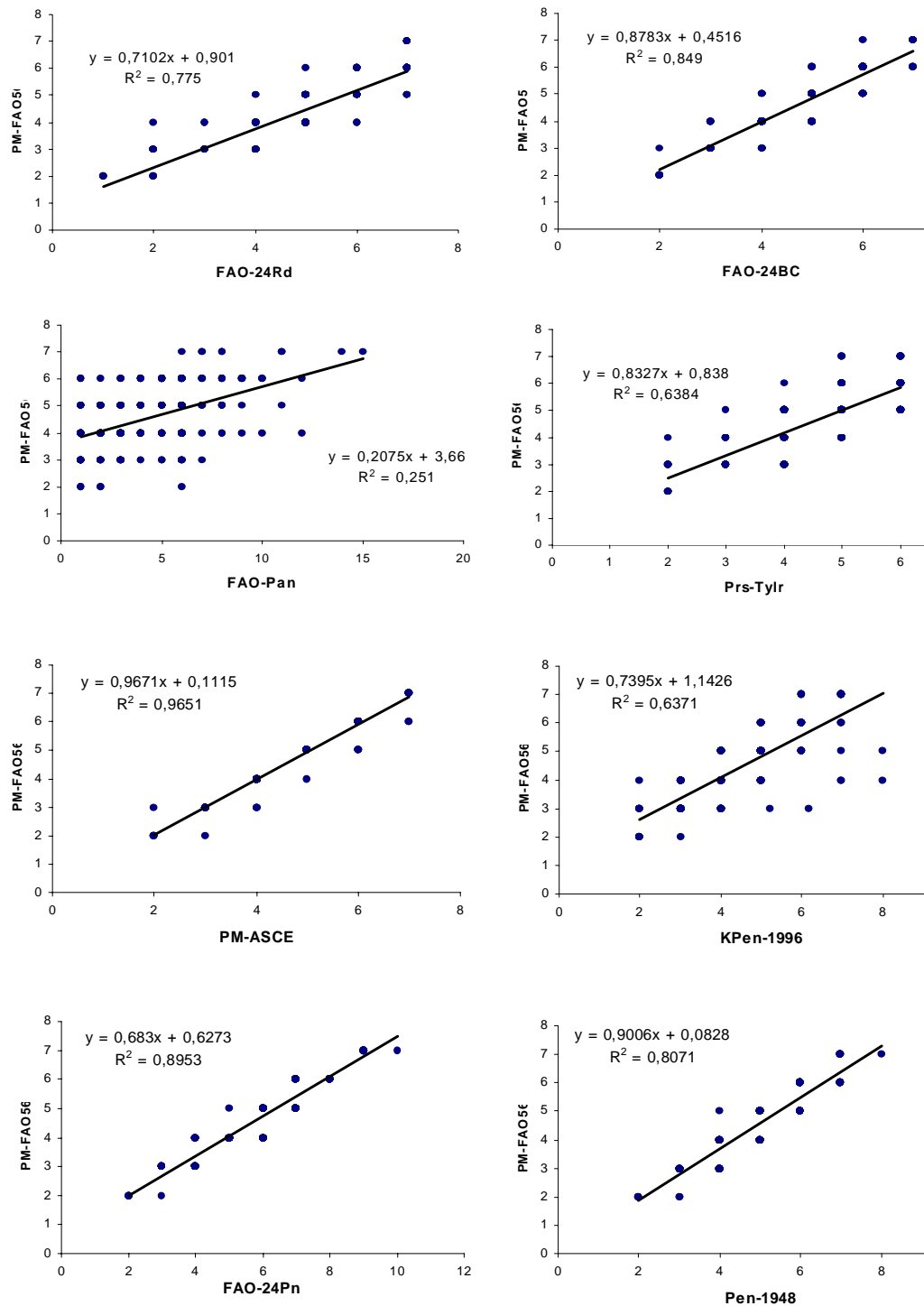


Figura 2. Análise de regressão entre os valores da ETo (mm.d⁻¹) estimados pelos diversos modelos e os valores estimados pelo método de referência de PM-FAO56, para município de Iguatu.



comparado ao método padrão. Na Tabela 1 são apresentados valores do erro-padrão da estimativa (EPE), erro-padrão da estimativa ajustado (EPEA), como também o erro-padrão da estimativa para o mês de maior demanda (EPE'') e o erro-padrão da estimativa ajustado (EPEA'') e a classificação baseada no "ranking" dos métodos, para os elementos meteorológicos medidos.

A ordem de classificação dos métodos de estimativa da ETo foi feita com base nos valores do EPE e do EPEA, também foi analisado os valores de EPE'' e nos valores de EPEA''. O método FAO-24Pn, com base nas médias mensais da ETo, foi o que apresentou os maiores valores para os coeficientes estatísticos analisados (Tabela 1), seguindo do método Tanque Classe A. Enquanto que os métodos PM-ASCE e FAO-24BC foram os que apresentaram os melhores resultados para a estimativa da ETo mensal

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que os valores estimados pelo método de PM-ASCE e FAO-24BC são os que melhor se ajustam ao modelo padrão de Penman-Monteith FAO 56.

Recomenda-se o modelo de Blaney-Creddie parametrizado pela FAO por ter menos parâmetros para estimativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- CARDOSO, G.B.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; SOUSA, V.F.; SOUZA, F. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. Fortaleza: **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.1, p.16-23., 2005.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. 183p., il.
- SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. i-xii, 1996.
- SORIANO, B.M.A., PEREIRA, A.R. Estimativa da evapotranspiração de referência para a sub-região Nhecolândia, pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 123-129, 1993.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

QUALIDADE DA ÁGUA NO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO NA CULTURA DA GOIABA (*Psidium guajava* L.) NA UNIDADE EXPERIMENTAL BARBALHA, CEARÁ, BRASIL

BEZERRA, J. S.¹; SALES, J. C. DE²; OLIVEIRA, A. C. M. DE²;
SILVA, E. J.³; SOUSA, G. G.⁴ & ISIDRO, R.²

¹Tecnóloga em Recursos Hídricos e Irrigação, graduando em Ciências Biológicas, URCA, Rua Lavras da Mangabeira, 896, Seminário, Crato, CE CEP: 63100-000. Fone: (88) 9604-4763. e-mail: a-julliana@hotmail.com.

²Prof. Doutorando, Curso de Recursos Hídricos / Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte/ CE;

³Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, Fortaleza.;

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas – CCA/UFC, Fortaleza.;

RESUMO: O trabalho teve a finalidade de avaliar a qualidade da água de irrigação no cultivo de goiaba na Unidade Experimental da Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri - EMBRAPA de Barbalha-CE, cujos parâmetros analisados foram relacionados com a quantificação físico-química, salinidade e toxicidade, conforme padrão de concentração dos elementos descrita pelo manual FAO-29. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes (LAE) - CENTEC Cariri. Quanto às condições da qualidade da água em questão, os parâmetros encontram-se dentro dos padrões físico-químicos, salinidade, toxicidade de íons e outros recomendados.

Palavras chave: Irrigação, água, goiaba.

WATER QUALITY IN THE SPRINKER IRRIGATION SYSTEM FOR IN THE CULTURE OF GUAVA IN BARBALHA, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: The work had the purpose to evaluate the efficiency of the water of irrigation in the culture of guava, in the Experimental Unit of the College of Technology CENTEC Cariri - EMBRAPA of Barbalha-CE. The parameters analyzed had been related with the quantification physicist-chemistry, salinity and toxicity, as standard of concentration of the elements described for manual FAO-29. The analysis had been carried through in the Laboratory of Analyses Water Physicist-chemistries and Efluentes (LAE) - CENTEC Cariri. As to the conditions of the quality of the water in question, the parameters are within the physicist-chemistries, salinity, toxicity of ions standards.

Key words: Irrigation, water, guava.



INTRODUÇÃO

A região do Cariri Cearense encontra-se localizada em uma região de constante recarga do lençol freático, explorado para abastecimento das cidades da região e também na irrigação, dentre outras atividades. Dado o uso da irrigação na cultura da goiaba, devem-se considerar os aspectos da água relacionados com a quantidade necessária e qualidade desejada. Embora a qualidade da água seja definida por suas características físicas, químicas ou biológicas; para a irrigação do experimento, de um modo geral, a qualidade da água foi analisada em função dos principais elementos físico-químicos e suas concentrações. A intensidade de acumulação de sais no solo é influenciada pela qualidade da água. Águas provenientes de irrigação contêm misturas de sais de origem natural, conseqüentemente, os solos irrigados encerram mistura similar, e geralmente com concentrações mais elevadas. A medida que a água se modifica para valores com restrições, o controle da salinidade torna-se mais difícil e sua proporção pode afetar diretamente no rendimento geral da cultura. Este trabalho objetivou determinar as características qualitativas das águas utilizadas na irrigação da goiabeira (*Psidium guajava* L.), com base em características físico-químicas e relações entre elas, como: potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, condutividade elétrica (CE), temperatura (T), dureza (CaCO_3), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloretos (Cl), sódio (Na), potássio (K), sólidos totais dissolvidos (STD), nitrogênio amoniacal (N), nitrato (NO_3^-), carbonato (CO_3^{--}), bicarbonato (HCO_3^-), fósforo total (P) e ferro (Fe).

MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas de água para análise foram realizadas no Campo Experimental do CENTEC em Barbalha – Ceará, localizado em região de clima semi-árido quente, temperatura média anual 30°C e precipitação média anual de 1.160 mm. Geograficamente, a área apresenta as coordenadas $7^\circ 19' \text{ S}$ de latitude, $39^\circ 18' \text{ W}$ de longitude e 409,03m de altitude, com uma subárea de aproximadamente 0,507 ha, cultivados com goiaba da variedade Paluma em estágio de frutificação, utilizando um sistema de irrigação do tipo microaspersão com fileira única (tubulações PVC), espaçados 6,00 x 5,00 m com um (1) emissor por planta. Para a realização das coletas, foram utilizados recipientes de polietileno com capacidade de um litro, lavados, esterilizados e identificados devidamente, objetivando resultados precisos nas determinações dos respectivos parâmetros. Para a análise efetiva de fósforo, os recipientes foram imersos em solução de HCL (ácido clorídrico). As coletas ocorreram em intervalos de tempo de quinze (15) a vinte (20) dias, sendo quantificadas seis (6) coletas no total do período. As análises para avaliação da qualidade da água na irrigação, foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes (LAE) - CENTEC Cariri, conforme metodologias da tabela 1 e classificadas de acordo com metodologias da FAO-29 (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os padrões de classificação da FAO-29 e os resultados médios obtidos (Tabela 2), as medidas das temperaturas apresentaram valores normais entre 26°C e 31°C, que apresentaram condições proporcionais a reações bioquímicas com mínima interferência na solubilidade dos gases presentes na água. O pH variou de 6,2 a 6,7, conforme a classificação de pH, estes resultados indicam um ótimo valor de concentração hidrogeniônica, satisfatória à prática da irrigação dadas às condições de solo-água-planta. A alcalinidade das amostras apresentou boa classificação. A alcalinidade, o pH e o teor de gás carbônico estão inter-relacionados (Sperling, 1996); portanto, os valores encontrados destes parâmetros não representam risco de corrosão às tubulações. Em relação à dureza, os resultados mostraram valores entre 150 e 200 mg L⁻¹ de CaCO₃, classificada como uma água dura (entre 150 e 300 mg L⁻¹ de CaCO₃ - FAO), assim, a combinação entre dureza e altas temperaturas poderiam causar incrustações nas tubulações, originando maior precipitação dos sais dissolvidos. No entanto, como dureza e temperatura mantiveram a normalidade, não se constataram riscos de incrustação nas tubulações. No uso da água para a irrigação, avaliamos a influência de fatores de sodificação do solo, utilizando o índice de RAS (Relação de Adsorção de Sódio) representados pela relação de cálcio, sódio e magnésio. De conformidade com os resultados apresentados pelas análises, temos os valores entre 0,85 e 2,7 meq L⁻¹ de cálcio, 0,85 e 1,45 meq L⁻¹ de magnésio, e 0,019 meq L⁻¹ de sódio, de modo que em cinco (5) das seis (6) coletas, o sódio não foi detectado. Nestas concentrações a RAS (conforme tabela 3) assumiu um valor de 0,014 meq L⁻¹, podendo ser classificada como água de qualidade do tipo A, descrita na Tabela 4, caracterizando um solo com baixo risco de diminuição de permeabilidade da água. Em geral, a forma solúvel do ferro e manganês na presença de ar atmosférico pode causar alterações físicas na cor da água, entretanto, estão mais presentes na forma insolúvel. A amostra da água de irrigação do experimento não apresentou coloração, e a análise química comprovou que este parâmetro está ausente na maior parte das amostras, apresentando apenas o valor de 0,03 mg Fe L⁻¹ na 3ª coleta. A análise de cloretos detectou valores entre 0,7 e 1,8 meq L⁻¹, classificados dentro da normalidade conforme FAO-29. Em relação ao nitrogênio amoniacal, apenas uma das amostras apresentou 0,046 mg L⁻¹, indicando que a mesma estava dentro dos parâmetros permitidos para a água destinada à irrigação. A ausência de nitrogênio na forma orgânica ou de amônia descartou a possibilidade de poluição recente. Uma das principais origens natural do Fósforo é proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. Segundo os resultados obtidos; apenas em uma das seis amostras foi verificada a presença do fósforo (0,0014 mg L⁻¹) e potássio (0,0025 meq L⁻¹), o que é justificado por se tratar de um manancial do tipo poço profundo. Os valores médios do potássio e fósforo estão classificados dentro dos critérios normais recomendados pela FAO-29 para água de irrigação. Para bicarbonatos os valores encontrados estavam na faixa de 0,053 a 0,075 meq L⁻¹, constatando sua normalidade, que segundo FAO-29, os valores normais para bicarbonatos



Tabela 1: Parâmetros utilizados para análises de água e suas metodologias.

Parâmetros	Unidade	Referência	Metodologia
Temperatura	°C	APHA, 1995	Termômetro Filamento de Mercúrio
Cond. Elétrica	Ms / cm	APHA, 1995	Eletrométrico
Pot. Hidrogeniônico	-	APHA, 1995	Eletrométrico
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	APHA, 1995	Titulométrico com H ₂ SO ₄
Cálcio	meq/L	EMBRAPA, 1979	Volumétrico de EDTA
Dureza	mgCaCO ₃ /L	APHA, 1995	Titulométrico com EDTA
Magnésio	meq/L	EMBRAPA, 1979	Volumétrico de EDTA
Cloretos	meq/L	APHA, 1995	Argentométrico
Sódio	meq/L	APHA, 1995	Fotométrico
Potássio	mg/L	APHA, 1995	Fotométrico
Ferro	mgFe/L	APHA, 1995	Colorimétrico da Fenantrolina
Fósforo total	Mg P/L	APHA, 1995	Espectrofotométrico da fenantrolina
Carbonato	meq/L	RICHARDS, 1954	Titulométrico com H ₂ SO ₄
Bicarbonato	meq/L	RICHARDS, 1954	Titulométrico com H ₂ SO ₄
Nitrog. Amoniacal	mg /L	APHA, 1995	Nesslerização Direta
Nitrato	mg /L	APHA, 1995	Salicilato de Sódio
Sól.Tot. Dissolvidos	mg /L	APHA, 1995	Gravimétrico

Tabela 2: Resultados médios obtidos pelas amostras.

Análise	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta	6ª Coleta
T	26,2	28,0	28,0	28,76	31,6	28,0
CEa	0,33	0,47	0,48	0,37	0,64	0,44
pH	6,41	6,5	6,29	6,71	6,75	6,65
Alcalinidade	163,4	170,0	164,0	114,83	115,0	115,0
Dureza	200,33	169,6	184,0	168,55	150,66	166,03
Cálcio	2,7	2,1	1,01	0,85	1,04	0,98
Magnésio	0,90	0,85	1,45	1,36	1,23	1,28
Potássio	0,0025	-	-	-	-	-
Sódio	0,019	-	-	-	-	-
Cloretos	1,13	0,77	1,86	1,17	1,0	1,75
Amônia	ausente	0,046	ausente	ausente	ausente	ausente
Fósforo	0,0014	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Ferro	ausente	Ausente	0,03	ausente	ausente	ausente
Nitrato	0,34	0,35	0,42	0,31	0,054	0,32
Carbonato	ausente	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Bicarbonato	0,075	0,072	-	0,058	0,070	0,053
STD	264,75	130,0	272,0	168,5	280,0	278,0

Tabela 3: Fórmula para cálculo da Relação de Adsorção de Sódio (RAS), segundo Richards

$$RAS = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$$

Fonte: REICHARDT, 1990

Tabela 4: Classificação da água de acordo com a Relação de Adsorção de Sódio (RAS)

Índice de Sódio	RAS	Risco de diminuição de permeabilidade
A	< 3	Baixo
B	3 a 5	Médio
C	5 a 8	Alto
D	> 8	Muito alto

devem estar de 0 a 10 meq/L. Não foram encontrados indícios de carbonato nas amostras analisadas. O nitrato foi detectado em valores muito baixos, variando entre 0,054 e 0,42 mg L⁻¹. Considerando-se os valores 130 e 280 mg L⁻¹ encontrados nas amostras da água do experimento

para sólidos totais dissolvidos, a amostra estava dentro dos parâmetros normais determinados pela FAO-29 que deve ser de 0 a 2000 mg L⁻¹. Os sólidos totais dissolvidos assim como a condutividade elétrica da água (CEa), podem expressar o conteúdo de sais presentes na água, e seu baixo índice pode estar relacionado a sua origem. Pelos resultados obtidos nas análises, a condutividade elétrica da água apresentou-se entre 0,33 e 0,64 mS cm⁻¹; considerada, portanto, uma concentração baixa de sais da água para irrigação. O baixo índice de CEa pode ser usado como comprovação dos baixos valores de concentração de elementos físico-químicos presentes na água.

CONCLUSÕES

Quanto à água do poço profundo usado na irrigação das goiabeiras, pode-se dizer que a mesma não oferece risco de salinidade, toxicidade ou outros fatores negativos que foram levados em consideração neste estudo. Todos os parâmetros analisados encontram-se dentro dos critérios básicos exigidos para água de irrigação. Os parâmetros utilizados na qualidade de água de irrigação devem ser analisados em conjunto, pois as impurezas podem causar incrustações e corrosões nas tubulações, entupimento dos emissores, baixa eficiência de funcionamento do sistema, e dependendo dos compostos químicos presentes, podem causar reações adversas e alterar a qualidade dos corpos d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. João Pessoa: FAO. 1999. (estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.
- SILVA, E. J. da. **Qualidade da água usada para fertirrigação na cultura da goiaba no município de Crato-Ceará**. 2004. 80f. Graduação (Recursos Hídricos / Irrigação) - Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Juazeiro do Norte, 2004.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Minas Gerais: Segrac, 1996.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

COMPARAÇÃO ENTRE EQUAÇÕES EMPÍRICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM DUAS LOCALIDADES NA BIO-REGIÃO DO CARIRI, CEARÁ, BRASIL

SALES, J. C. DE¹; KLAR, A. E²; LUCENA, E. M. P. de.³ & BORGES, A. M.⁴

¹Prof. Doutorando, Curso de Recursos Hídricos / Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte – CE, CEP: 63100-000, Crato, CE. Fone: (88) 3566.4047. e-mail: julsales@fca.unesp.br.

²Prof. Doutor, Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista;

³Prof. Doutor, Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Ceará.

⁴Profª. Mestre, Curso de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte – CE.

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma componente muito importante na demanda de água em dimensionamento de sistemas de irrigação. O modelo de Penman-Monteith, mais complexo do que outras equações, recomendado oficialmente pela FAO, demanda muitos elementos meteorológicos em sua solução, dificultando sua aplicação. Justifica-se o desenvolvimento de métodos indiretos de estimação com precisão aceitável, de baixo custo e que seja de fácil obtenção. Este estudo foi realizado objetivando verificar a precisão dos métodos de estimativa de ET_o proposto por: Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974) aplicando a equação de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998) como padrão na comparação das equações. Na análise dos resultados foi aplicado um estudo estatístico de análise através da regressão linear e correlação entre as variáveis dos dados. Os resultados obtidos indicam que, nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte, os métodos de Blaney-Criddle e Makking podem ser indicados para o cálculo da evapotranspiração de referência.

Palavras chave: perda de água, modelo, estimação.

OPTICAL COMPARISON OF EMPIRICAL EQUATION FOR ESTIMATION POTENCIAL EVAPOTRANSPIRATION IN TWO LOCALITIES IN BIO-REGION OF CARIRI, CEARA, BRAZIL

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET_o) is one very important component in the water demand in sizing of irrigation systems. The model of Penman-Monteith, more complex than other equations, recommended officially by FAO, demand many meteorological elements in its solution, making it difficult its application. The development of indirect methods of esteem with acceptable precision is justified, of low cost and that and easy attainment. The purpose of this study was to evaluate the precision of the methods for estimating ET_o considered by Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974),

being applied the equation of Penman-Monteith as standard in the comparison of the equations. A statistical study of analysis through the linear regression was applied, correlation between the variable of the data. The gotten results indicate that, in the cities of Barbalha and Juazeiro do Norte, the methods of Blaney-Criddle e Makkink may be recommended.

Key-words: loss of water, model, estimating.

INTRODUÇÃO

Existem grandes áreas no globo terrestre que apresentam quantidades expressivas de precipitação durante uma estação, e falta de água noutra. Estas áreas apresentam suprimento relativamente abundante de água no período chuvoso e nelas podem ser produzidas mudanças nas condições hídricas dos solos no período seco, através do uso de irrigações no momento e na quantidade adequada. O Ceará tem mais de 90% de seu território encravado no semi-árido, que se caracteriza pela distribuição irregular das chuvas no espaço e no tempo, ou seja, a cada inverno chove quantidades variáveis que são diferentemente distribuídas nas várias regiões. Em um projeto de irrigação, diversas variáveis são importantes quando se deseja o uso racional da água, porém, a estimativa de consumo de água pelas culturas, assume grande destaque, na medida em que se busca maximizar a produção e minimizar os custos. Desse modo, conhecer e quantificar a evapotranspiração de referência, da forma mais precisa possível, proporcionará a possibilidade de se estimar o volume e a intensidade de água a aplicar em uma comunidade vegetal, resultando na otimização do uso dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi averiguar a acurácia de seis (06) equações empíricas: Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974), comparadas com a equação de Penman-Monteith, recomendadas como modelo padrão pela FAO (Allen et al., 1998). Na verificação da aplicabilidade regional dos dados, foram utilizados dados do período de 1979-1988 para a localidade Barbalha e 1978-1987 para Juazeiro do Norte, Estado do Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se uma série de dados meteorológicos do período de 1979 a 1988 para o município de Barbalha (latitude 7°19'S, longitude 39°18'W e altitude 409 m) e de 1978 a 1987 para Juazeiro do Norte (latitude 7°21'S, longitude 39°16'W e altitude 377 m), ambas localizadas na Bio-região do Cariri-região localizada no sul do Estado do Ceará. Os dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa, insolação e velocidade do ar foram obtidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará. A equação de Penman-Monteith para calcular a evapotranspiração de referência pode ser expressa pela equação (1). Esses cálculos seguem o procedimento recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (Allen et al., 1998). O método de Penman-Monteith é uma equação complexa que requer temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, insolação e dado da velocidade do vento. Então, a equação de Penman-Monteith foi utilizada para comparar as



equações empíricas selecionada. A evapotranspiração de referência mensal foi estimada usando os métodos desenvolvidos por Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974) e, respectivamente conforme Tabela 1. Os métodos de Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Makking e Hargreaves foram determinados usando o programa Sistema de Estimativa da Evapotranspiração - SEVAP (Departamento de Ciências Atmosféricas, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG), enquanto os métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Kharrufa foram determinados através do uso da planilha do Excell. A evapotranspiração potencial foi estimada usando varias equações empíricas e foram comparadas com a equação de Penman-Monteith. A fim de estabelecer um critério ótimo na avaliação dos dados, considerou-se o índice de ajuste do coeficiente de Pearson ou coeficientes de determinação (R^2) e o índice de correlação (R) que foram calculados através dos programas STAT e ASSISTAT respectivamente.

Tabela 1. Modelos de equações de sete métodos selecionados para estimar a evapotranspiração de referência.

Método	Approach	Equação	
Penman-Monteith - PM	Combinado	$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_0)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$	1
Blandey-Criddle - BC (1950)	Temperatura	$ET = kp (0,46T + 8,13)$	2
Hargreaves-Samani- HGS (1985)	Temperatura	$ET = aR_a T D^{1/2} (T + 17,8)$	3
Kharrufa – KF (1985)	Temperatura	$ET = 0,34pT^{1,3}$	4
Makkink – MK (1957)	Radiação	$ET = R_s (0) + (0) + 0,12$	5
Priest-Taylor- PT (1972)	Radiação	$ET = \forall W(R_n - G)/8$	6
Hargreaves - HG (1975)	Temperatura	$ET = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a$	7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi estimar o parâmetro ótimo das equações empíricas da evapotranspiração de referência em Barbalha e Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. Os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) foram estimados através da equações (2), (3), (4), (5), (6) e (7), respectivamente conforme Tabela 1, em que foram comparados com a equação de Penman-Monteith (equação 1). Visualiza-se nas Figuras 1 e 2 a variação mensal das médias de evapotranspiração de referência, onde se verifica que para os município de Barbalha os modelos de MK, PT e HG superestimam PM em todo o período, enquanto HGS superestima nos cinco primeiros meses do ano, subestima em junho, julho e agosto e volta a superestimar no restante

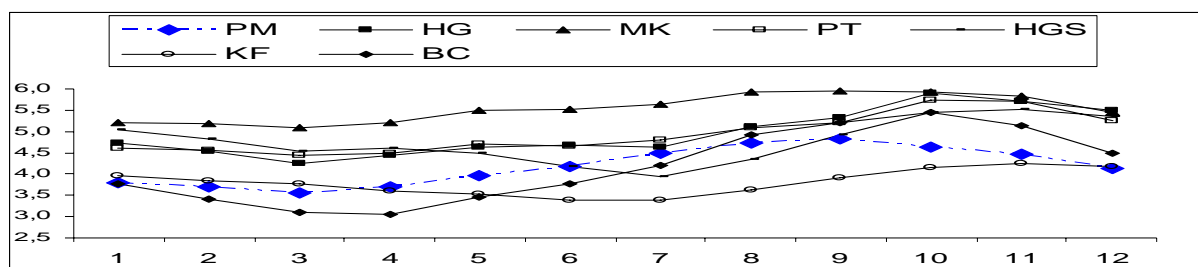


Figura 1. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência para a localidade de Barbalha, período de 1979-1988 (a linha tracejada indica o método FAO Penman-Monteith).

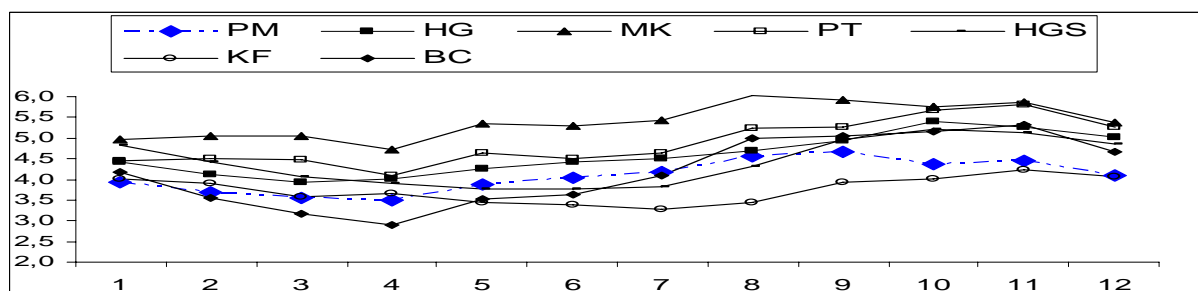


Figura 2. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência para a localidade de Juazeiro do Norte, período de 1978-1987 (a linha tracejada indica o método FAO Penman-Monteith).

do período. O modelo de KF superestima nos três primeiros meses, subestima de maio a novembro e volta a superestimar em dezembro. Observa-se que BC subestima PM nos sete primeiros meses do ano, e superestima nos demais meses do período. Para o município de Juazeiro do Norte, observa-se o mesmo comportamento apresentado em Barbalha para MK, PT e HG, enquanto HGS superestima nos quatro primeiros meses do ano, subestima em maio, junho, julho e agosto e volta a superestimar no restante do período. O modelo de KF superestima nos quatro primeiros meses, e subestima o restante do ano. Observa-se que BC superestima PM em janeiro, subestima de fevereiro a julho, e superestima o restante do ano. Os valores da evapotranspiração de referência obtidos das seis (6) equações empíricas tiveram seus valores recalibrados através de critérios de métodos estatísticos, onde foram comparados com a equação de Penman-Monteith. A comparação dos valores da evapotranspiração de referência das equações utilizadas neste estudo indica que os modelos de Hargreaves-Samani e Kharrufa não devem ser recomendados para serem utilizados no cálculo da evapotranspiração de referência nestas localidades. Os resultados dos coeficientes de determinação (R^2) dos modelos de Prisestley-Taylor e Hargreaves não apresentaram bons resultados, enquanto o coeficiente correlação (R); apresentou um melhor ajuste. Já os resultados obtidos com os modelos de Blaney-Criddle e Makkink, mostraram um ótimo desempenho tanto em relação à regressão quanto à correlação (Tabela 2).



Tabela 2. Valores dos parâmetros estatísticos dos seis métodos selecionados.

Método	Barbalha		Juazeiro do Norte	
	R ²	R	R ²	R
Blandey-Criddle - BC	0,8243	0,91	0,8593	0,93
Hargreaves-Samani - HGS	ns	ns	ns	ns
Kharrufa - KF	ns	ns	ns	ns
Makkink – MK	0,9555	0,98	0,9006	0,95
Priest-Taylor – PT	0,5616	0,75	0,6778	0,82
Hargreaves - HG	0,5132	0,72	0,6900	0,83

CONCLUSÕES

De acordo com os dados utilizados e com as condições consideradas, o presente estudo permitiu comparar o resultado de seis (6) diferentes modelos utilizadas para estimar a evapotranspiração de referência com o modelo de Penman-Monteith, nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte na Bio-região do Cariri, Estado do Ceará, Brasil. Dois critérios estatísticos foram aplicados para testar o melhor modelo que poderia ser utilizado nestas localidades. Com relação aos modelos utilizados, recomendamos estimar a evapotranspiração potencial quando os parâmetros originais forem ajustados. O estudo comparativo dos modelos também mostrou que as equações de Hargreaves-Samani e Kharrufa não devem ser utilizados para o cálculo da evapotranspiração de referência nestas localidades. Os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos de Priestley-Taylor e Hargreaves não foram bons, enquanto os coeficientes correlação (R) apresentaram um melhor resultado. Os resultados dos modelos de Blandey-Criddle e Makkink mostraram um ótimo desempenho tanto em relação à regressão quanto à correlação, podendo ser indicados para estimar a evapotranspiração de referência nestas localidades do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BLANEY, H.F.; CRIDDLE, W.O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA Soil Conservation Service, 1950. 48p. Technical Paper n.96.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z. **Reference crop evapotranspiration from temperature**. Journal of Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- KHARUFA, N.S. **Simplified equation for evapotranspiration in arid regions**. Beiträge zur Hydrologie, Kirchzarten, Sonderheft 5.1, p.3947, 1985.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&

I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO MARACUJÁ PARA REGIÃO DO VALE DO CURU¹

SOUZA, M. DO S. M. DE²; BEZERRA, F. M. L.³; SILVA, C. R. DA⁴;
RABELO FILHO, M. A.²; NASCIMENTO, R. S.⁵ & SOUSA, A. E. C.²

¹Trabalho extraído da dissertação do primeiro autor defendida na UFC

²Mestre em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, CE, Caixa Postal 12.168, CEP: 60455 – 760, (089) 9402.6241. E-mail: socorro_30@yahoo.com.br

³Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

⁴Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrônômica, UFPI, Bom Jesus, PI

⁵Prof. Depto, Engenharia Florestal, UFPI, Bom Jesus, PI

RESUMO: Com o objetivo de estimar a evapotranspiração (ET_c) e o coeficiente de cultivo (kc) do maracujá, o experimento foi conduzido na Fazenda experimental Vale do Curu – CE, pertencente à Universidade Federal do Ceará, UFC, localizado no município de Pentecoste - CE, durante o período de maio de 2004 a fevereiro de 2005. A evapotranspiração foi estimada através da lei da conservação de massas, na forma do balanço hídrico em um volume de controle com a profundidade de 0,60 m. O período do balanço hídrico foi de 296 dias após o transplante (DAT). Os resultados mostraram um crescimento variável da evapotranspiração acumulada durante o ciclo do maracujazeiro, isto é, 1.489,3 mm para a tensão de 35 kPa. A evapotranspiração diária foi de 5,81 mm dia⁻¹. Os valores médios de coeficientes de cultivo obtidos foram de 1,09 usando a equação de Penman-Monteith (FAO) e 0,88 para o Tanque Classe “A”.

Palavras chave: *Passiflora edulis*, balanço hídrico, Tanque Classe “A”.

EVAPOTRANSPIRATION OF PASSION FRUIT FOR CURU VALLEY REGION

ABSTRACT: Aiming to estimate the evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) of passion fruit, the experiment was developed at the experimental farm “Vale do Curu” of Federal University of Ceará – UFC in Pentecoste County Brazil, during May 2004 and February 2005. The evapotranspiration was estimated through the law of conservation of masses using the water balance in a controlled volume of soil at 0.60 m depth. The period of the water balance was 296 days after transplanting (DAT). The results showed a variable increase on accumulated evapotranspiration during passion fruit plant cycle, i.e., 1489.3 mm for the tension 35 kPa. The daily average evapotranspiration was 5.81 mm day⁻¹. The average values of crop coefficient were obtained were 1.09 for Penman-Monteith (FAO) and 0.88 for Class “A” tank.

Key-words: *Passiflora edulis*, water balance, class “A” tank.



INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma cultura típica de países tropicais, os quais são responsáveis por aproximadamente 90% da produção mundial, destacando-se o Brasil como o maior produtor. Já no ano de 2000, a área colhida no Brasil foi de 33,4 mil hectares, tendo como os maiores produtores os Estados da Bahia, São Paulo, Sergipe, Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, Ceará, Pará, Rio de Janeiro e Alagoas (Agrianual, 2005).

A produção e comercialização mundial de frutas encontram-se em uma fase de grande expansão, em função dos progressos tecnológicos atingidos em nível de produção e pós-colheita. Soma-se a estes fatores os avanços obtidos nos setores de transporte marítimo e meio de comunicação que favoreceram as transações de produtos hortifrutícolas.

Manejar a irrigação significa monitorar indicadores que determinem a quantidade de água aplicada e o momento certo de se irrigar. Os indicadores mais comuns nessa ocasião são: umidade e tensão de água no solo. Existem muitos métodos utilizados na determinação ou estimativa destes indicadores, no entanto, os métodos mais comuns são: o uso de tensiômetros e o método gravimétrico (Aguiar & Silva et al., 2005).

Silva (2001), trabalhando com a cultura do maracujá amarelo relatou que nos estádios fenológicos formação da cultura, floração – frutificação e maturação dos frutos próximos de 1,0.

Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar a evapotranspiração de cultura para diferentes fases fenológicas da cultura do maracujá, nas condições da região do Vale do Curu – CE.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC) da Universidade Federal do Ceará, em Pentecoste, CE (3°45'S; 39°15' W) durante o período de março de 2004 a fevereiro de 2005. Para tanto, utilizou-se a cultura do maracujá, cultivar Redondo Amarelo.

O solo da área foi classificado como Neossolo Flúvico, textura arenosa (EMBRAPA, 1999). O experimento foi instalado numa área de 3780 m² (108 m x 35 m). A semeadura foi realizada em sacos de polietileno e o transplante ocorreu com 39 dias após a semeadura em covas de 0,50 x 0,50 x 0,50 m, dispostas no espaçamento de 4,0 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras. Foram instaladas quatro baterias de tensiômetros com manômetros de mercúrio nas profundidades de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m para definir o dia da irrigação (tensiômetros a 0,10 m) e quantificar a lâmina de irrigação (tensiômetros a 0,10; 0,30 e 0,50 m). A tensão da água no solo para reinício das irrigações foi de 35 kPa.

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, constituído por 14 linhas distanciadas entre si de 2,5 m, com três gotejadores por planta com vazão média de 8,41 L h⁻¹ para uma pressão de serviço de 100 kPa. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pelo método do balanço hídrico para a camada de solo 0 – 0,60 m pela contabilização da irrigação,

da variação do armazenamento, da drenagem profunda ou ascensão capilar. O coeficiente de cultivo (k_c) foi obtido pela relação $k_c = ET_c/ET_o$ sendo, ET_o a evapotranspiração de referência, estimada pelos métodos: Tanque Classe “A” e Penmam-Monteith FAO. Os valores dos coeficientes de cultivos foram obtidos a partir do 48 dias após o transplântio (DAT) e estendeu –se até os 296 DAT, compreendendo os estádios fenológicos vegetativo (60 DAT), formação da cultura (61 a 120 DAT) e floração–frutificação (a partir dos 120 DAT).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração da cultura do maracujá, bem como os demais componentes do balanço hídrico durante o período de maio de 2004 a fevereiro de 2005, são apresentados na Figura 1. A variação do armazenamento da água no perfil do solo (VARM) mostrou-se valores variados na amplitude de -13,97 a 18,94 mm no decorrer do perfil seguiram o volume que saiu no sistema no decorrer dos subperíodos da cultura, essas diferenças de dias de cada subperíodos, sendo mais acentuada no estágio de floração–frutificação o que vem constatar que as irrigações foram aplicadas em período de baixa umidade e em outros onde havia umidade alta do solo. Já a lâmina total de água aplicada durante os 296 dias após transplântio de estudo, através da irrigação, atingiu 1.627,2 mm.

Com relação à drenagem profunda (DRE), tem-se que os seus valores mais elevados ocorreram nos subperíodos 243 e 123, com -8,76 e -25,23 mm, respectivamente. Reichardt et al. (1979), encontram valores de drenagem de -307 mm. Estudando o balanço hídrico na cultura da manga em um Latossolo Vermelho–Amarelo, Azevedo et al. (2003) encontraram valores de drenagem de -99,5mm. Cruz et al. (2005) também encontraram valores de drenagem de -72,4 mm em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com citros.

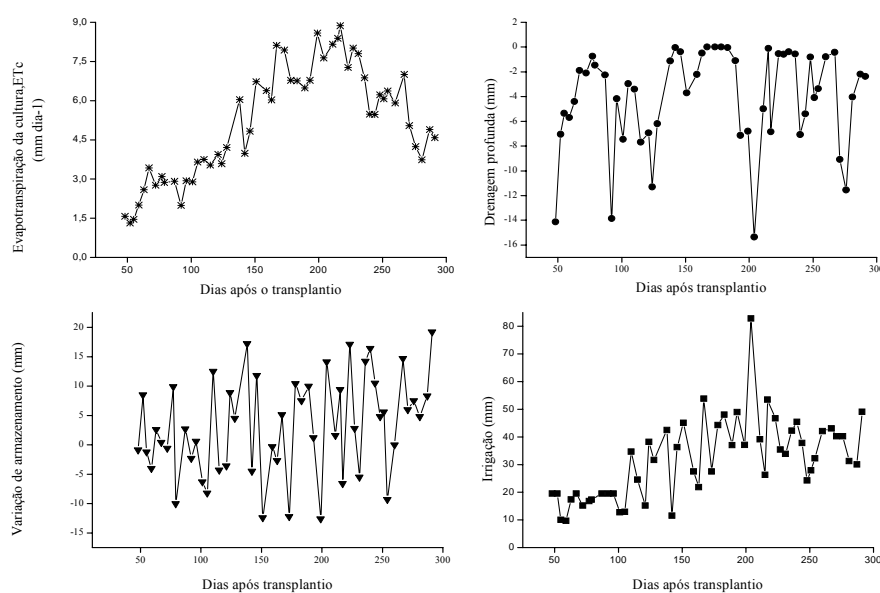


Figura 1. Componentes do balanço hídrico da cultura do maracujá na região do Vale do Curu, Pentecoste, CE.



A evapotranspiração da cultura em diversas fases fenológicas os valores estimados da evapotranspiração da cultura de acordo com o estágio fenológicos, elevando-se atingir valor máximo de $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$ aos 96 DAT no estágio vegetativo. No período compreendido de 101 a 163 DAT, que equivale o estágio de formação da cultura, a ET_c média foi de $5,71 \text{ mm dia}^{-1}$ (Tabela1), e valores extremos foram observadas no início e no final do estágio presenteado uma tendência de aumento nos valores da ET_c com aproximação do final desse estágio. O estágio floração–frutificação foi o que apresentou maior valor da ET_c em comparação com as demais fases, com a média de $6,95 \text{ mm dia}^{-1}$.

Os valores médios dos coeficientes de cultivo k_c por estágios fenológicos estão contidos na Tabela 2. Observa-se que os mesmos não diferiram tanto entre si, porém apresentou ligeiramente superiores aos encontrados por Martins (1998) nos estágios fenológicos formação da cultura (0,60) e floração–frutificação (0,75).

Dessa forma, os valores $E1$, $E2$ e $E3$ foram 0,65, 1,13 e 1,25, respectivamente quando utilizou o método de PM. Considerando o período, tem-se um K_c médio de 1,09 e 0,88 primeiro e segundo, métodos, respectivamente. Pela Tabela 2, verifica-se que o valor do K_c obtido na média pelo método de PM, semelhante com K_c obtido por Silva (2001), utilizando o método de PM.

Tabela 1. Valores dos componentes do balanço hídrico do maracujá amarelo, nos estágios fenológicos vegetativo ($E1$), formação da cultura ($E2$) e floração – frutificação ($E3$) na tensão 35 kPa no Vale do Curu, CE, 2005

Período	Estádio	I	$\sum Q_{60}$ mm	ET_c	ET_c diária (mm dia^{-1})
27/05 – 19/07	$E1$	169,5	-18,6	164,1	2,99
20/07 – 24/09	$E2$	433,9	-27,4	422,4	5,71
25/09/04 – 06/02/05	$E3$	1023,9	-29,2	923,8	6,95
27/05/04 a 06/02/05		1627,3	-74,6	1489,3	5,81

Tabela 2. Valores médios dos coeficientes de cultivo do maracujá nos estágios fenológicos, obtidos pelas ET_o do método Penmam – Monteith – FAO (PM) e Tanque Classe “A” (TCA) na região do Vale do Curu, Pentecoste, CE.

Estádios fenológicos	Duração	Coeficiente de cultivo (K_c)	
	DAT	PM	TCA
Vegetativo	39 a 100	0,65	0,69
Formação da cultura	101 a 162	1,13	0,92
Floração – frutificação	163 a 296	1,25	1,08
Média		1.09	0.88

CONCLUSÕES

A evapotranspiração total e média do maracujá foi 1.489,3 mm e 5,81 mm dia⁻¹, respectivamente para nível de tensão 35 kPa.

O maior consumo de água foi na fase fenológica de floração-frutificação, com valor médio de 6,95mm dia⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo o apoio financeiro para a execução do experimento, através do projeto de pesquisa Nº 470984/2003-1 – Avaliação de déficit hídrico e adubação potássica no desenvolvimento do maracujazeiro irrigado por gotejamento no Vale do Curu, CE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. Anuário de agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005. 409p
- AGUIAR E SILVA, M.A.; DE AZEVEDO, L. P.; SAAD, J.C.C. **Manejo da irrigação com base na umidade do solo**. Botucatu: FEHIDRO, 2005, p. 50-73.
- AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da; SILVA, V. de P.R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.58, n.3, p.241-254, 2003.
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L. A. de; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n1, p. 1-10.2005.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, 1999 412 p.
- MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* sins var. *flavicarpa* Deg) a lâmina de irrigação de irrigação e doses de adubação potássica**. Piracicaba, 2002. 80f. (Dissertação do mestrado). Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz – USP.
- MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* sims f. *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. Campos dos Goytacazes, 1998. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF-UERJ.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U.; CADIMAZ, A. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1, p.1-5, 1979.
- SILVA, A. A. G. **Maracujá amarelo: aspectos relativos à fenologia, demanda hídrica e conservação pós-colheita**, 2001. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP – USP, Botucatu, SP.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

BALANÇO HÍDRICO NO SOLO CULTIVADO COM DO FEIJÃO CAUPI¹

SOUZA, M. S. M DE²; BEZERRA, F. M. L.³; CAVALCANTE, Í. H. L.⁴ ;
CAVALCANTE, M. Z. B.⁴; NASCIMENTO, R. S.² & SOUSA, A. E. C.²

¹Trabalho extraído da monografia do primeiro autor defendida na UFC

²Mestre em irrigação e Drenagem, UFC, Caixa Postal 12.168, CEP 60455 – 760, Fortaleza, CE .(089) 9402-6241.e-mail: socorro_30@yahoo.com.br

³ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴Mestre em produção vegetal,UNESP, Jaboticabal, SP

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estudar o consumo da água do feijoeiro, durante diversos estádios de seu desenvolvimento. O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação/DENA/UFC. Um conjunto de quatro lisímetros de drenagem foi utilizado para a obtenção de evapotranspiração da cultura (ETc). Dados meteorológicos foram utilizados para estimativa da evapotranspiração de referencia (ETo), pelo método de Penmam–Monteith. O consumo de água pela cultura variou de 2,0 a 7,7 mm dia⁻¹, sendo o consumo para todo o ciclo igual a 337,4 mm.

Palavras chaves: evapotranspiração, drenagem profunda, lisímetro

WATER BALANCE IN A SOIL CULTIVATED WITH COWPEA BEAN

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the water consumption of cowpea bean during the different plant development stages. The experiment was conducted at the experimental area of the Hydraulics and Irrigation Laboratory/DENA/UFC, Brazil. Four drainage lysimeters were used to obtain crop evapotranspiration (ETc). Meteorological data were used to esteem evapotranspiration reference (ETo), by Penmam–Monteith method. The water consumption of bean varied from 2,0 to 7,7 mm day⁻¹, being the consumption during all cycle equal to 337.4 mm.

Key-words: evapotranspiration, deep drainage, lysimeter

INTRODUÇÃO

O feijão caupi, também conhecido como feijão-de-corda ou feijão macassar é amplamente cultivado por pequenos produtores, constituindo-se em uma das principais culturas de subsistência na maioria dos Estados da Região Nordeste. É uma planta de ciclo mais curto que o feijão comum, resistente ao déficit hídrico e que exige pouca fertilidade de solos. É também uma excelente fonte alimentar, encerrando 24% de proteínas e 340 calorias em cada 100 gramas de sementes.

Existem vários métodos para a estimativa da evapotranspiração das culturas, baseados em parâmetros do clima, do solo e da planta, porém a utilização desses métodos muitas vezes é dificultada pela vasta gama de variáveis necessárias, tornando alguns métodos de uso restrito a áreas com estação meteorológica. O método do balanço hídrico do solo tem como característica ser simples e necessitar poucos parâmetros para a sua determinação, sendo necessária à utilização de tensiômetros e pluviômetros, equipamentos de fácil acesso a qualquer agricultor, além de fornecer valores confiáveis, como citam Camargo et al. (1994), os quais verificaram que as estimativas do total de água no solo a partir do balanço hídrico compararam-se bem com aquelas obtidas com a sonda de nêutrons.

A Evapotranspiração é uma das principais variáveis do ciclo hidrológico. A taxa de evapotranspiração refere-se ao total da perda de água para a atmosfera, da superfície do solo e das plantas pela combinação simultânea da evaporação com a transpiração (Sediyama, 1998).

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração e os demais componentes entre eles drenagem profunda, variação do armazenamento de água e lâmina de irrigação do balanço hídrico, em solo cultivado com feijão caupi na região de Fortaleza, CE.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidráulica e Irrigação pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizado no Campus do Pici, em Fortaleza. O clima é do tipo Aw', classificado como tropical chuvoso com precipitação de verão - outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C. O solo da área do experimento é classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, de textura Franca Arenosa.

A pesquisa foi conduzida em quatro lisímetros de drenagem, constituídos de tanques de cimento amianto de volume de 0,79 m³. Como suporte biológico utilizou-se a cultura do feijão caupi, cultivar Setentão, considerada de ciclo curto e de crescimento indeterminado. A cultura foi irrigada por um sistema de irrigação localizado, tipo microaspersão. Em cada lisímetro foi instalada uma bateria constituída dos tensiômetros de 0,10; 0,30 e 0,50 m de profundidades. As leituras da coluna de mercúrio nos tensiômetros foram realizadas, diariamente, no período de 17 de julho a 23 de setembro de 2002.

A evapotranspiração da cultura foi determinada a partir do balanço hídrico, apresentada por Reichard (1985) pela equação simplificada: $ET_c = P + I - D \pm \Delta h$, sendo P a precipitação natural; I a irrigação; D a Drenagem profunda; ET_c a evapotranspiração da cultura e Δh a variação da



armazenagem da água no solo dentro dos lisímetros. Considerou-se um volume de solo de profundidade de 50 cm, para as determinações dos componentes do balanço hídrico da cultura do feijão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes do balanço hídrico durante o período de 17 de julho a 23 de setembro de 2002 são apresentados na Figura 1. Observa-se que a precipitação pluvial não houve contribuição para a cultura. A variação de armazenamento de água no perfil do solo (VARM) mostrou valores positivos nos subperíodos 3, 6, 9, 12, 14, 15, 16, 18, 19 e 20, com 0,8, 1,4, 3,5, 0,7, 4,4, 3,5, 3,5, 13,1, 6,1 e 2,4 mm, respectivamente; enquanto nos demais subperíodos foram negativos.

Com relação à drenagem profunda (DRE) os maiores valores positivos nos subperíodos 11 e 12, com 15,5 e 17,5 mm, respectivamente, e o valor total foi 131,4 mm. A lâmina de irrigação (LI) de água aplicada durante os 21 subperíodos de estudo, através de irrigação que atingiu 447,2 mm. Comparando com a evapotranspiração (ET) acumulada no mesmo subperíodos, constata-se que a cultura não sofreu restrição de água, tendo recebido uma lâmina extra de água de 109,8 mm, em praticamente todo período estudado.

De acordo com Reichard et al. (1979) a maior dificuldade na elaboração de estimativas de termos de balanço hídrico se encontra na estimativa do termo de drenagem, obtido a partir da equação de Darcy. Existem sérias dificuldades na aplicação da equação de Darcy, em razão de

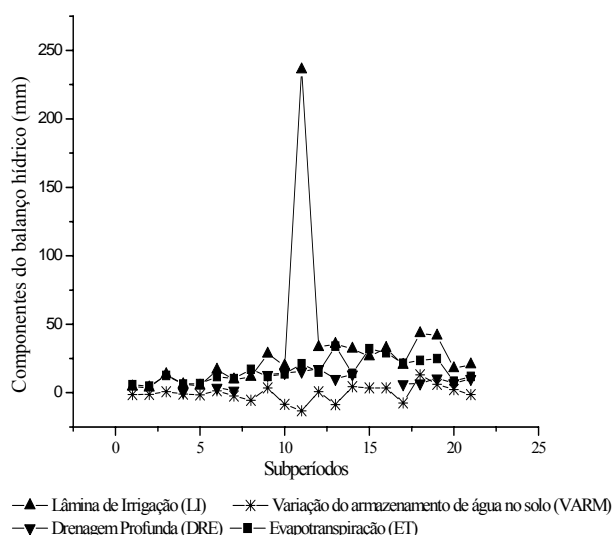


Figura 1. Comportamento da variação do balanço hídrico durante o período 17/07 a 23/09/2002 em solo cultivado com feijão caupi

erros cometidos na estimativa do gradiente de potencial e, sobretudo, na escolha do valor da condutividade hidráulica; além disso, a determinação dos fluxos de drenagem profunda, utilizando-se perfis de umidade e de potencial total de água do solo, mostra-se confiável em períodos de déficit hídrico porém é menos confiável nos períodos chuvosos, quando ocorrem aumentos no armazenamento de água no solo (Andrade et al., 1988).

A taxa de evapotranspiração média da cultura (Figura 2) foi de $5,2 \text{ mm dia}^{-1}$, totalizando $337,4 \text{ mm}$ para todo o período. Com relação aos estádios fenológicos da cultura, obteve-se $4,7 \text{ mm dia}^{-1}$ para a fase vegetativa, $7,2 \text{ mm dia}^{-1}$ para a fase de floração/ início da formação das vagens e $5,6 \text{ mm dia}^{-1}$ para a fase de enchimento das vagens e $3,0 \text{ mm dia}^{-1}$ no início da maturação.

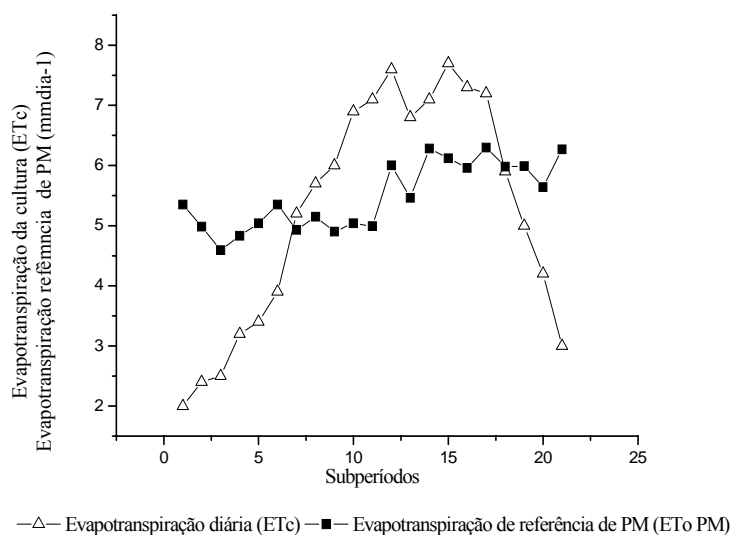


Figura 2. Variação da evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman - Monteith (ETo PM) e evapotranspiração da cultura diária durante o período 17/07 a 23/09/2002 em solo cultivado com feijão caupi.

CONCLUSÕES

1. A evapotranspiração do feijão caupi nas condições edafoclimáticas de Fortaleza foi superior a evapotranspiração de referência nas fases fenológicas floração e enchimento de grãos.
2. A evapotranspiração da cultura do feijão caupi apresentou um valor médio de $5,2 \text{ mm dia}^{-1}$, totalizando $337,4 \text{ mm}$ para todo o período. Os valores extremos foram $2,0$ e $7,7 \text{ mm dia}^{-1}$.
3. O pico de consumo de água para o caupi ocorreu no estágio fenológico floração.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C.L.T.; SEDIYAMA, G.C.; COUTO, L; SANS, L.M.A.; FERREIRA, P.A. Balanço hídrico num Latossolo Vermelho-Escuro álico cultivado com milho com irrigação por aspersão. **Agronômica Ceres**, São Paulo, v.35, p.89-104, 1988.
- CAMARGO, M.B.P., HUBBARD, K.G., FLORES-MENDONZA, F. Test of a soil water assessment model for a sorghum crop under different irrigation treatments. **Bragantia** , Campinas , v.53, n.1, p.95-105, 1994.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U.; CADIMAZ, A. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1, p.1-5, 1979.
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo- planta- atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill , 1985. 445 p.
- SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivadas**. Brasília, DF : ABES, 1998, 181 p. (Curso de especialização por tutoria à distância).