



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

## MACROFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO EM CULTIVOS DE MAMÃO E BANANA<sup>1</sup>

VÁSQUEZ, E. M. F.<sup>2</sup>; VÁSQUEZ, M. A. N.<sup>2</sup>, FREIRE, M. S.<sup>2</sup>,  
PONTES, R. E.<sup>3</sup> & ROCHA, C. R. T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trabalho realizado com o apoio do Sítio Barreiras, município de Missão Velha-CE.

<sup>2</sup>Professor(a) do Curso de Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia. FATEC, Juazeiro do Norte - CE, (0XX88) 3566.4046, e-mail: edilza99@yahoo.com;

<sup>3</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos em Irrigação;

**RESUMO:** O sistema solo-cobertura vegetal é um habitat cujas interações refletem positiva ou negativamente sobre o conjunto de organismos do solo dada sua complexidade tanto em termos quantitativos quanto em diversidade. Estes organismos exercem papel relevante, pela otimização das condições em que as plantas se desenvolvem, facilitando as práticas de manejo e conservação do agroecossistema. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a distribuição da fauna edáfica em áreas cultivadas com mamão e banana na região do Cariri cearense. No solo cultivado com mamão, os valores para número de indivíduos foram superiores quando comparados aos encontrados no solo com banana, demonstrando ser esta cultura uma alternativa para recuperar ou manter a qualidade biológica do solo.

**Palavras chave:** fauna edáfica; diversidade de espécies.

## EDAPHIC INVERTEBRATE MACROFAUNA IN PAPAYA AND BANANA CULTIVATIONS CROPS

**ABSTRACT:** The vegetable soil-cover system is a habitat who contemplates interactions positive or negatively the organisms group of soil according to the complexity in quantitative and diversity terms. These organisms execute important paper, for optimization of conditions in the grow plants, facilitating them practices of handling and conservation of agroecossistema. The objective present work was to characterize the distribution edaphic invertebrate macrofauna in papaya and banana cultivations crops in Cariri from Ceará. In soil cultivated with papaya, the values for number of individuals were superior when compared to soil found with banana, demonstrating to be this culture an alternative to recover or to maintain the biological quality of soil.

**Key-words:** soil fauna; diversity



## INTRODUÇÃO

Nas condições agroecológicas do Cariri cearense, a bananeira e o mamoeiro cultivados, assume importante papel na formação de divisas, na alimentação da população e fixação do homem à terra. No município de Missão Velha - CE estas culturas têm tornado-se relevantes e os produtores necessitam fazer uso de tecnologias para atingir maiores produtividades.

Os solos agrícolas têm sido constantemente degradados devido à exploração intensiva levando à modificação progressiva de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, implicando em desequilíbrio da estrutura ecológica do solo, o que reduz o aproveitamento das plantas e afeta a produtividade das culturas.

O manejo do solo por meio de práticas como revolvimento, calagem, fertilização, rotação de culturas, cobertura vegetal e aplicação de agroquímicos causam alterações que refletem positiva ou negativamente sobre o desenvolvimento dos organismos (Ribeiro et al., 1992).

No solo vive uma diversidade de animais responsáveis por todos os níveis tróficos de decomposição, além de predadores e patógenos, e o material orgânico, na superfície do solo, mantém condições ambientais favoráveis ao equilíbrio da estrutura agroecológica. Nesse ambiente, observam-se os eventos de maior importância biológica do agroecossistema (Gassen, 1993).

O manejo inadequado de plantas cultivadas pode afetar a incidência e a população de pragas e, principalmente, de seus inimigos naturais. O desequilíbrio provocado por preparos intensivos do solo é desfavorável à sobrevivência de inimigos naturais, além de aumentar a população de pragas e a necessidade de uso de agroquímicos favorecendo bem mais a degradação do solo.

A fauna do solo tem sido considerada de grande importância nos sistemas agrícolas, com efeito, nos processos e nas propriedades do solo, reduzindo não apenas a adubação, mas também aumentando o rendimento dos fertilizantes aplicados (Clossley Jr. et al., 1989; Siqueira, 1993). Estes animais interagem com outros microorganismos, os quais decompõem e mineralizam os detritos do solo (Höfer et. al., 2001), afetando a estrutura do solo e alterando as suas propriedades físicas e biológicas. Portanto, estes organismos exercem papel relevante no sistema solo-planta pela otimização das condições adequadas de manejo e uso do solo para as plantas.

No entanto, a grande diversidade de organismos existente no agroecossistema dificulta a determinação da riqueza total da área avaliada, sendo necessário para tanto, eleger alguns grupos taxonômicos, que sejam diversos trófica, ecológica e taxonomicamente (di Castri et. al., 1992).

Considerando a importância das culturas banana e mamão, e a necessidade de informações sobre a influência que a comunidade de organismos do solo exerce no sistema de manejo dessas culturas, na região semi-árida do Cariri, desenvolveu-se um estudo preliminar tendo como parâmetro biológico a população de macrofauna do solo, com o objetivo de fornecer elementos para análises futuras.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Missão Velha, estado do Ceará cujas coordenadas geográficas são: latitude 7° 15' S, longitude 39° 39' W e altitude de

aproximadamente 352 m. De acordo com a classificação climática de Köppen (Viana et al. 1997), a fazenda encontra-se sob clima do tipo Cw', tropical chuvoso, sendo o solo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999).

Para avaliação da composição e abundância da fauna de solo procedeu-se 4 coletas, em intervalos de 15 dias, realizadas em áreas produtoras de mamão e de banana com dimensão de 1 há cada área. Em cada tipo de cultura foram coletadas 5 amostras de um metro quadrado, em pontos definidos aleatoriamente. Estas amostras foram avaliadas e o número de organismos presentes no material foi triado e identificado através de literatura disponível (Gallo et al., 1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1 pode-se verificar a distribuição da fauna edáfica sob cultivos de mamão e banana.

Das coletas realizadas, considerando as duas áreas em estudo, obteve-se um total de 5.562 indivíduos faunísticos pertencentes às populações de Arthropoda, Annelida e Molusca, dos quais observou-se predominância de indivíduos Arthropoda, em ambas as culturas, com valores totais destes indivíduos estimados em 97,1% e 78,42% nas áreas de mamão e banana, respectivamente.

No solo sob cultivo de mamão predominou a classe Crustácea (tatuzinho) com 86% dos indivíduos coletados. No solo sob cultivo de banana, também houve predominância deste grupo de indivíduos (32,67%), porém 2,6 vezes menos quando comparado com a área anterior. A superioridade na população de tatuzinho na área cultivada por mamão pode ser resultado da presença de restos culturais (troncos caídos em decomposição) encontrados no solo, fornecendo abrigo e alimento, resultando em níveis populacionais mais elevados destes indivíduos. Silva & Carvalho (2000), demonstram que práticas como o não revolvimento do solo e a permanência de cobertura vegetal evidenciam boas condições para população de artrópodes.

A classe Insecta foi representada por quatro ordens. As mais abundantes foram Hymenoptera (18,61%), Blattodea (13,35%) e Chilopoda (7,39%) na área de banana; Blattodea e Chilopoda com 4,57% e 4,24% de indivíduos, respectivamente, na área sob cultivo de mamão. As demais ordens tiveram representações menos expressivas.

No solo sob cultivo de banana pode-se observar, ainda, que a classe Gastropoda teve representação superior quando comparada com a área cultivada com mamão, tendo número de indivíduos representados por 10,65% e 1,36%, respectivamente.

Comparando-se os valores populacionais encontrados para cada cultura no uso do solo, nota-se que há maior abundância de indivíduos na área cultivada por mamão, já que esta apresentou 87,34% do total de indivíduos encontrados nas duas áreas, que foi de 5.562 indivíduos. Este dado pode ser resultado de um maior volume de material vegetal encontrado como resíduo cultural.

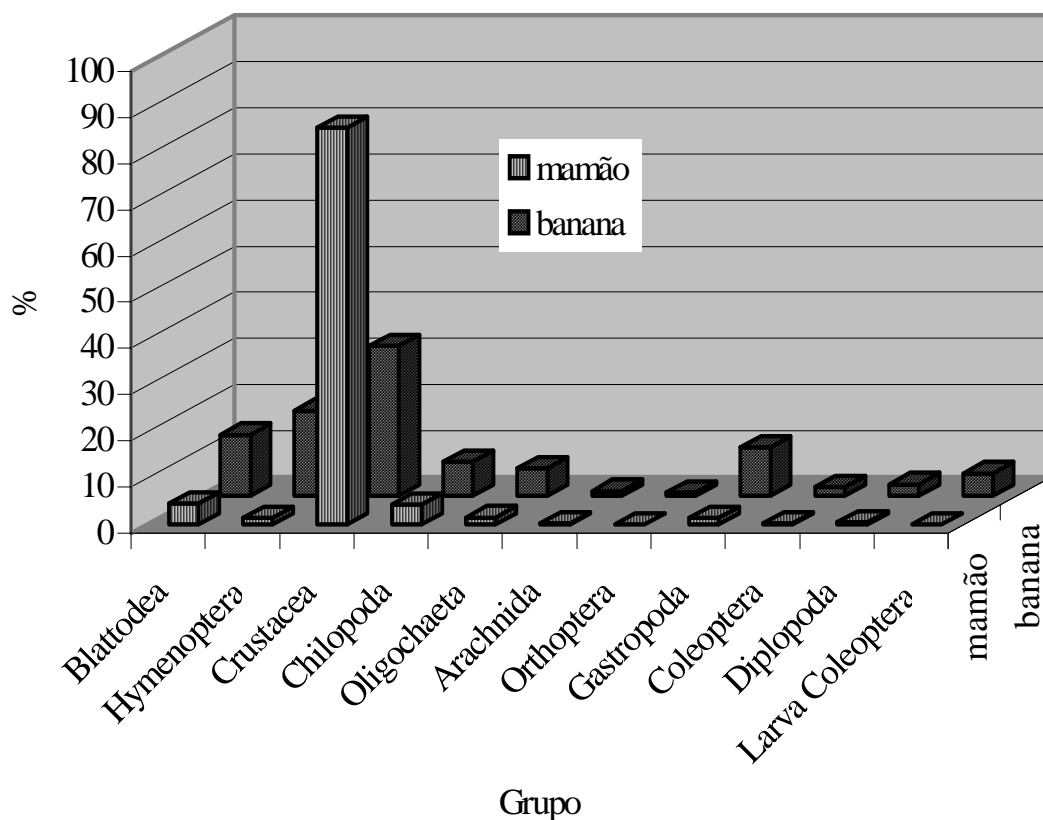


Figura 1. Percentagem de insetos coletados em áreas sob cultivo de mamão e banana.

Segundo Crossley Jr. et al. (1989), manejos do solo tais como uso de arado e grade, alteram a natureza da comunidade edáfica de modo que algumas espécies aumentam e outras diminuem. O uso de fertilizantes e a consorciação de culturas, em geral, favorecem a fauna do solo, especialmente, os microartrópodes. No entanto, o uso de pesticidas, o cultivo intensivo do solo, o monocultivo prolongado e a queima reduz a diversidade e a densidade populacional desses organismos do solo (Siqueira, 1993).

## CONCLUSÕES

-O estudo das populações permitiu uma adequada definição e diferenciação entre as condições do solo nas áreas avaliadas, constituindo-se em eficientes indicadores da qualidade do solo.

-O cultivo do mamão pode ser uma alternativa de plantio para sistema de rotação de culturas devido à diversidade e abundância de macrofauna edáfica que contribui para manutenção ou recuperação do solo.

## AGRADECIMENTO

Ao Sítio Barreiras, pelo apoio na realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CROSSLEY JR, D. A.; COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F. The importance of the fauna in agricultural soils: Research approaches and perspectives. **Agriculture, ecosystems and environment, Netherlands**, v. 27, p. 47 - 55, 1989.
- Di-CASTRI, F., J. R. VERNHES, T. YONÈS. 1992. Inventorying and monitoring biodiversity: a proposal for an international network. *Bio. Int.* 27: 1-28.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solo, 1999. 412 p.
- GALLO, D.; NAKANO, N.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. <sup>a</sup>; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1988. 531p.
- GASSEN, D. N. O manejo de pragas no sistema de plantio direto: In: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. (Passo Fundo, RS). Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Embrapa-CNPT / FUNDACEP / FECOTRIGO / Fundação ABC / Ed. Aldeia Norte, 1993. p. 129 – 139.
- HÖFER, H., W. HANAGARTH, M. GARCIA, C. MARTIUS, E. FRANKLIN, J. RÖMBKE, L. BECK. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *Euro Journal Soil Biolog.* 37: 229 – 235.
- RIBEIRO, S. P.; DOMINGOS, D. J.; FRANÇA, R. C. Densidade e composição da fauna de invertebrados de solo de Cerrado no estado de Minas Gerais. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.21, n.1, p.203-214, 1992.
- SILVA, R. A.; CARVALHO, G. S. Ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas-de-solo. *Ver. Ciência Rural*. V.30, n.2, p. 199-203. UFSM. Santa Maria, RS. 2000.
- SIQUEIRA, J. O. **Biologia do solo**. ESAL-FAEPE. 1993. 230 p.
- 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, 1997, 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

## CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM FILTRO DE MANTA SINTÉTICA NÃO TECIDA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

NASCIMENTO NETO, J. R.<sup>1</sup>; MESQUITA, F. P.<sup>1</sup>; MIRANDA, E. P. DE<sup>2</sup> & SOUZA, R.O.R.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante, FATEC/Sobral, Rua Oriente nº 435, CEP:62598-000, Jijoca de Jericoacoara/CE. Fone: (88)99691693. e-mail: netoparaguai456@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Prof. M.Sc. FATEC, Sobral/CE

<sup>3</sup>Prof. Doutor, UFRA, Belém/PA

**RESUMO:** Com intuito de oferecer uma alternativa de filtragem eficiente e de baixo custo, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e avaliação de um filtro de manta sintética não tecida para irrigação localizada. Construiu-se um filtro de manta sintética não-tecida utilizando materiais alternativos de baixo custo e fácil aquisição, como tubo de PVC, e conexões facilmente encontradas no mercado. O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Ensaio de Equipamento de Irrigação da Faculdade de Tecnologia, FATEC/Sobral. Obteve-se uma eficiência de filtragem (87,9%), considerada alta.

**Palavras chave:** irrigação localizada, filtragem, manta sintética

## DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A FILTER OF NON WOVEN SYNTHETIC FABRICS FOR LOCALIZED IRRIGATION

**ABSTRACT:** With the intention of offering an alternative of efficient and low cost filtration, this work had as objective the development and evaluation of a filter of non woven synthetic fabrics for localized irrigation for localized irrigation. A filter of non woven synthetic fabrics was built with available low cost materials, as PVC tube and connections used by people work with irrigation. This work was made at the Irrigation Laboratory of FATEC/Sobral, the construction of the filter was accomplished with success, and this alternative filter had high filtration efficiency (87,9%), was easy to build and had low head lost, considering the high efficiency of solids removal.

**Key-words:** localized irrigation, filtration, synthetic fabrics

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de filtragem são componentes fundamentais para irrigação localizada devido os orifícios dos emissores serem de pequenos diâmetros fazendo com que se obstruam facilmente sem a devida filtragem da água. São necessários filtros entre 80 e 120 mesh para microaspersão e de 120 a 200 mesh para gotejamento.

A utilização de filtros de diversos tipos tem sido recomendada a fim de melhorar a qualidade físico-química da água e até bacteriológica para irrigação localizada, procurando reduzir os efeitos maléficos relacionados com entupimentos de emissores que a água de má qualidade proporciona, no entanto, são filtros de alto custo de aquisição, sendo o sistema de filtragem responsável por uma parcela significativa no custo do sistema de irrigação.

As mantas sintéticas não-tecidas a muito tempo vem sendo utilizadas com sucesso na remoção de impurezas do ar e por volta da década de 90 tem-se os primeiros relatos de testes de manta sintética na filtragem de água, sendo materiais de alta porosidade entre 80 e 90%, e de boa eficiência na remoção de sólidos.

Parteniani (1991) diz que a combinação dos parâmetros porosidade, superfície específica e espessura das mantas, determina a manta que melhor se adapta às condições de filtração como: taxas de filtração e qualidade da água.

Ribeiro et al. (2005) comparando um filtro de disco de 130 mesh e um filtro de manta sintética quanto a remoção de sólidos, verificaram que o filtro de manta sintética não-tecida mostrou uma tendência a uma melhor remoção de partículas orgânicas e inorgânicas, apresentando uma evolução mais rápida na perda de carga em função do volume filtrado e que as concentrações de bactérias no efluente do filtro de manta sintética não-tecida eram menores que no filtro de disco.

Scatolini & Parteniani (2001), comparando dois tipos de mantas sintéticas não-tecidas e as unidades filtrantes de disco e tela quanto a remoção de sólidos, comprovaram superioridade das mantas, sendo 27 e 29% de remoção nas mantas e apenas 19 e 20% para tela e disco respectivamente.

Cruz (1996) comprovou também a superioridade de manta sintética quanto à eficiência na remoção de sólidos, sendo que o filtro de manta apresentou potencial médio de 25% enquanto que os filtros de tela e disco apresentam 5 e 12% respectivamente.

Parteniani (2001), avaliando remoção de algas de efluentes utilizando manta sintética não-tecida e comparando com filtros de disco e tela de 120 mesh verificou que a manta sintética apresentou valores superiores de remoção de algas, sendo 34,7% e 25,8% filtro de disco e 26,3% o filtro de tela. Verificou-se também uma perda de carga mais acentuada nos filtros de manta, o que indica mais retenção de sólidos.

Dentro desse contexto, com intuito de oferecer uma alternativa de filtragem eficiente e de baixo custo, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e avaliação de um filtro de manta sintética não tecida para irrigação localizada.



## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Irrigação da Faculdade Tecnológica de Sobral, onde foi desenvolvido e avaliado um filtro de manta sintética não tecida. Montou-se uma bancada de ensaio, constituída de um sistema fechado, onde a água era bombeada de um reservatório.

O filtro foi construído utilizando-se tubo roscável de 2 ½”, dois caps de 2 ½”, duas flanges de 1”, um tubo roscável de 1” para construção da ogiva 50 cm. Para a unidade filtrante foi utilizado um carpete “obelin” sem pêlo de 0,15 x 0,5 m (Figuras 1).

O suporte da unidade filtrante (ogiva) foi furado com broca de 5 mm por toda a sua extensão, sendo feita rosca em uma de suas extremidades. O carpete foi costurado de modo a fixar-se no suporte sem necessidade de abraçadeiras e facilitar a retirada para lavagem.

A avaliação do filtro foi verificada através da determinação da eficiência de filtração (remoção de sólidos) e da perda de carga. Para determinar a remoção de sólidos, montou-se um sistema fechado utilizando reservatório de 1 m<sup>3</sup> e um conjunto motobomba de 2,5 cv.

Para eficiência de filtração coletaram-se dez amostras a jusante e dez a montante do filtro, 200 ml cada. A eficiência de filtração foi determinada pela seguinte formula:

$$Ef(\%) = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

Ef – eficiência de filtração (%);

S<sub>1</sub> – Concentração de sólidos antes do filtro (mg L<sup>-1</sup>);

S<sub>2</sub> – Concentração de sólidos depois do filtro (mg L<sup>-1</sup>);

A perda de carga foi determinada pela diferença de pressão antes e depois do filtro, em vazões crescentes, o que permitiu a determinação da curva vazão x perda de carga. O teste durou 60 min com coletas de vazão e verificação de perda de carga a cada cinco minuto, até os trinta primeiros minutos, e de dez em dez minutos nos últimos trinta minutos.

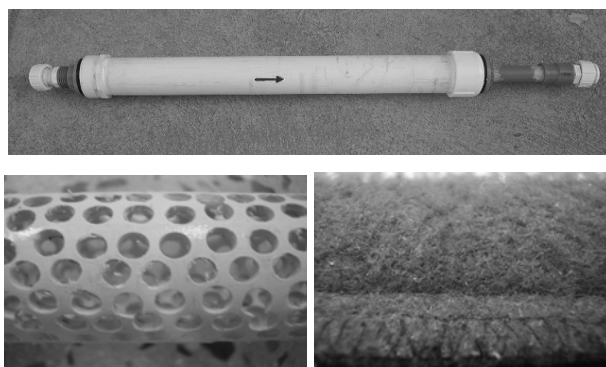


Figura 1 – Filtro completo, ogiva e manta sintética.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A confecção do filtro apresentou um custo total de R\$ 40,20.

O filtro apresentou as seguintes características: facilidade de montagem e manuseio; fácil de limpar; e elevado desempenho durante todos os testes não apresentando vazamentos nem problemas de funcionamento.

O filtro apresentou eficiência de filtragem, em média 87,9%, como pode ser visto na Tabela 1, bastante elevada, comparada com Scatolini & Parteniani (2001), Parteniani (2001) e Cruz (1996).

A evolução das perdas de carga com o aumento da vazão foi acentuada, devido a alta capacidade de retenção do filtro. No final do teste o elevado valor de perda de carga deve-se ao aumento da vazão e ao tempo de funcionamento e volume da água filtrada. Os valores de perda de carga poderiam ser menores se a superfície de contato fosse maior.

Com base nas observações durante os ensaios, pode-se perceber que a utilização de um sistema de retrolavagem poderia ter melhorado o desempenho do sistema de filtragem. Também pode-se constatar que a utilização de uma ogiva com maior superfície de contato proporcionaria uma evolução de perda de carga mais lenta.

Tabela 1. Eficiência de filtragem (Ef) de acordo com o tempo de coleta (T).

T(min)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	média
Ef (%)	86,04	84,72	96,52	82,35	96,90	84,48	88,40	82,44	85,45	92,55	87,98

Tabela 2. Evolução da perda de carga ao longo de 60 minutos de ensaio.

T(min)	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
Q (m <sup>3</sup> /h)	1,4742	1,7472	2,3739	3,0660	3,7440	4,7100	5,0520	5,2920	5,3550	5,4780
Hf (mca)	0,34	0,36	0,84	1,39	1,85	2,47	2,70	2,94	3,35	3,51

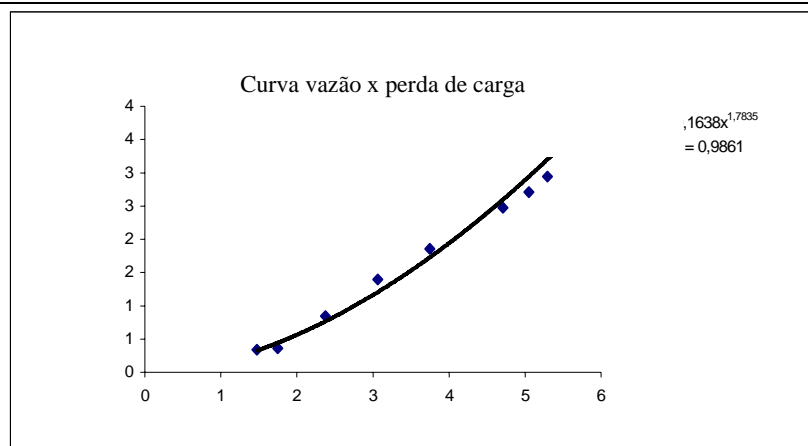


Figura 2 – Curva vazão versus perda de carga no filtro de manta sintética com água limpa



## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- 1- O filtro foi construído e avaliado com sucesso, apresentando elevada eficiência de filtração.
- 2- Os custos com a construção do filtro foram baixos, o que o torna mais acessível.
- 3- O filtro apresentou baixa perda de carga se considerado sua alta eficiência.
- 4- A unidade filtrante apresentou-se resistência à deformação e facilidade de limpeza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, L.B.S. **Avaliação de um filtro de manta sintética não tecida para a irrigação localizada**. Campinas, 1996. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP.

PARTENIANI J. E.S. e SCASTOLINI M. E. Eficiência de manta sintética não tecida na remoção de algas presentes na água de irrigação. **Ecosistema**, v.26, n.1 Jan-Jul,2001

PARTENIANI J. E.S. e SCASTOLINI M. E Remoção de sólidos suspensos na água de irrigação utilizando manta sintética não tecida. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**. Campina Grande, v.5 n.3 p.382-385,2001

RIBEIRO T. A. P. et al., Efeitos da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**. Campina Grande, v. 9 n.1 jan- Mar, 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

## CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DA GOIABEIRA<sup>1</sup>

BEZERRA, A. J. S.<sup>2</sup>; LOPES, F. B.<sup>3</sup>; SILVA, E. J.<sup>3</sup>;  
SALES, J. C.<sup>4</sup>; PAIXÃO, F. J.<sup>5</sup> & SOUSA, G. G.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Parte do relatório da bolsa FUNCAP 2005 da primeira autora.

<sup>2</sup>Tecnóloga em Recursos Hídricos e Irrigação, Rua Amália Xavier de Oliveira S/N, Bairro Triângulo, CEP: 63040-000. Fone: (88) 3566-4045, e-mail: a-julliana@hotmail.com.

<sup>3</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, e-mail: lopesfb@yahoo.com.br e edivamj@yahoo.com.br.

<sup>4</sup>Doutorando, Professor do Departamento de Recursos Hídricos e Irrigação da FATEC de Juazeiro do Norte.

<sup>5</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Doutorando em Engenh. Agrícola e Recursos Naturais, UFCG

<sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas, CCA/UFC.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade temporal dos parâmetros RAS, CEa e  $Cl^{-1}$  nas águas do poço profundo utilizado para irrigar a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.). O estudo foi desenvolvido na unidade experimental da Faculdade de Tecnologia Centec- FATEC Cariri, localizada no município de Barbalha-Ceará. As coletas de água foram realizadas, mensalmente, de setembro de 2003 a junho de 2004, realizando duas coletas em cada mês. Para ambas as estações, seca e chuvosa, identificou-se um aumento do valor da RAS ao longo das coletas, sendo estes superiores no período chuvoso. A água do poço profundo não apresenta restrição de uso quanto ao risco de sodicidade para ambos o período chuvoso e seco. Os maiores valores de RAS, em geral, ocorreram no período chuvoso. Na coleta 5 no período chuvoso houve um aumento da CEa, ultrapassando do limite recomendado para irrigação segundo alguns autores. Para o íon  $Cl^{-1}$  em ambos os períodos, seco e chuvoso, nas coletas 5 e 6 o mesmo aumentou significativamente. Portanto, os maiores valores, em geral ocorreram, no período chuvoso, para todos os parâmetros estudados.

**Palavras chave:** irrigação, qualidade da água, *Psidium guajava* L.

## QUALITATIVE CHARACTERIZATION OF THE WATER FOR IRRIGATION OF THE CULTURE OF THE GUAVA TREE

**ABSTRACT:** The present work had as objective to evaluate the temporal variability of parameters, SAR, CEa and  $Cl^{-1}$  in waters of the deep well used to irrigate the culture of guava (*Psidium guajava* L.). The study it was developed in the experimental unit of the College of Technology Centec- FATEC Cariri, situated in the city of Barbalha-Ceará. The water collected had been carried through, monthly, of September of 2003 the June of 2004, carrying through two collected in each month. For both the stations, it dries and rainy, one identified an increase of the value SAR to long of the collected being the these superiors in the rainy period. The water of the deep well does not present restriction of use how much to the risk of sodicity for both the rainy and dry period. The values of SAR, in general, had occurred in the



rainy period in collect 5 it had increase of the CEa, exceeding of the limit recommended for irrigation as some authors. For ion  $\text{Cl}^{-1}$  in the periods, dry and rainy, in collects 5 e 6 the same increased significantly. The values had in general occurred, in the rainy period, for all the studied parameters.

## INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para um determinado uso, ou seja, há uma relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. As características físico-químicas são as mais utilizadas para a avaliação da qualidade da água para irrigação, sendo os parâmetros biológicos, os menos considerados (Ayres & Westcot, 1999). As águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos, considerados importantes na determinação da qualidade agrônômica das mesmas, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade, determinada pela razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação, se refere ao efeito do sódio contido na água de irrigação, que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), afetando a sua capacidade de infiltração (Pizarro, 1985).

A toxicidade refere-se ao efeito de alguns íons sobre as plantas, sendo eles o cloreto, o sódio e o boro, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (Holanda & Amorim, 1997). Segundo Krause e Rodrigues (1998) a agricultura irrigada depende tanto da qualidade como da quantidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação, está alterando-se em muitos lugares. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade. Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento temporal da água de um poço profundo utilizado para fins de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na unidade experimental da Faculdade Tecnológica Centec - FATEC Cariri, situado no município de Barbalha – CE, estando geograficamente localizado na microrregião do cariri cearense com as coordenadas 7°19' S de latitude, 39°18' W de longitude e uma altitude de 409 m. O clima nessa região apresenta temperatura média anual de 30°C, precipitação de chuvas oscila em torno de 1.160 mm, nos meses de janeiro a maio. A área de 0,588 ha onde está implantada a cultura da goiaba (variedade Paluma) está sendo irrigada com a água do poço profundo.

As coletas de água foram realizadas no período de setembro a novembro (Seco) de 2003 e de abril a junho de 2004 (Chuvoso) ocorreram mensalmente, sendo realizadas duas coletas em cada mês. As amostras foram coletadas em garrafas plásticas esterilizadas e levadas ao

Laboratório de Água e efluentes (LAI) da FATEC Cariri para análise físico-química. Neste trabalho considerou-se os seguintes parâmetros RAS, Condutividade Elétrica e Cloreto. Os parâmetros estudados foram determinados pela seguinte metodologia: Condutividade elétrica (Eletrométrico) e Cloretos (Argentométrico) ambos pela ALPHA, (1995), para avaliar o risco de sodificação do solo pelo uso da água de irrigação, utiliza-se o índice de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), obtido através da seguinte Equação, conforme Richards (1954). Em que:

$$RAS = \frac{C_{Na}}{\sqrt{\frac{C_{Ca} + C_{Mg}}{2}}} \quad (1)$$

Onde:

$Ca^{2+}$  - concentração de cálcio na água de irrigação, em  $mmol_c L^{-1}$ ;

$Mg^{2+}$  - concentração de magnésio na água de irrigação, em  $mmol_c L^{-1}$ ;

$Na^{+}$  - concentração de sódio na água de irrigação, em  $mmol_c L^{-1}$ .

De posse dos dados gerou-se gráficos dos valores dos resultados observados, com o auxílio do software Excel 2003.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da CEa, parâmetro utilizado para expressar a concentração de sais solúveis totais na água, podem ser vistos na Figura 1. Verifica-se que ocorreu um aumento no período chuvoso na coleta 2, em relação a primeira coleta, havendo um decréscimo nas coletas 3, 4 e 6. Observa-se que no período seco a CEa de modo geral foi menor, comparado com o período chuvoso. Verifica-se ainda pela figura que nas coletas 1 e 3 no período seco a CEa foi superior em comparação ao período chuvoso. Cruz (2001) com avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Distrito de Irrigação Jaguaribe – Apodi – CE, verificou-se valores elevados de CEa, poço profundo, no período seco. Portanto, segundo Ayres & Westcot (1999), os valores encontrados para a CEa em ambos os período (chuvoso e seco), não apresentam nenhuma restrição de uso para a irrigação, com exceção no período chuvoso na coleta 5 que houve um aumento da CEa, ultrapassando o limite permitido para irrigação que segundo Pizarro (1985) uma água de irrigação de boa qualidade deve apresentar uma CEa de aproximadamente,  $0,75 dS m^{-1}$ .

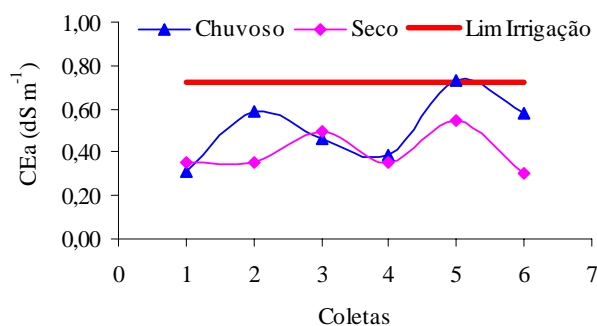


Figura 1. Valores médio de condutividade elétrica no ponto estudado ao longo período chuvoso e seco.



As variações, de distribuição temporal, das concentrações do íon cloreto presentes na água do poço profundo destinado para uso na irrigação, durante os períodos estudados podem ser visualizados através da Figuras 2. Observa-se pela figura que de uma maneira geral os valores do íon  $\text{Cl}^{-1}$  foram superiores no período seco quando comparado ao período chuvoso. Lopes et al. (2006) estudando o efeito da ação antrópica na concentração do íon cloreto ao longo da bacia do curu, Ceará, Brasil obtiveram valores médios do elemento superior no período chuvoso quando comparado ao período seco. Ainda através da Figura 2 verifica-se que o maior valor observado ocorreu durante o período seco na coleta 6. Observa-se pela mesma figura que na coleta 3, tanto no período chuvoso quanto no seco obtive-se valores iguais em relação ao íon estudado.

A Figura 2 mostra ainda que não haja limitações da água estudada para o uso na irrigação, uma vez que os valores situam-se a baixo de  $3,0 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ , não ultrapassando os limites aceitáveis para irrigação (ayers & westcot, 1999). Observa-se ainda que o valores do íon  $\text{Cl}^{-1}$  para as coletas 2, 4 e 5, para ambos os períodos estudados foram decrescente.

A RAS é o parâmetro que melhor expressa o risco de sodicidade das águas empregadas na irrigação. A sodicidade indica o efeito do sódio presente na água de irrigação em elevar a porcentagem de sódio trocável do solo, alterando as propriedades físico-químicas, e promovendo problemas de infiltração. Por outro lado, a infiltração em geral, aumenta com a salinidade e diminui com a redução desta. Portanto, observa-se na Figura 3, que os valores de RAS tanto no período chuvoso quanto no período seco para todas as coletas estão abaixo do valor recomendado por Pizarro (1978). Isto ocorreu devido baixo valor de sódio encontrado na água utilizada na irrigação da cultura da goiaba, não havendo nenhuma restrição para uso na irrigação.

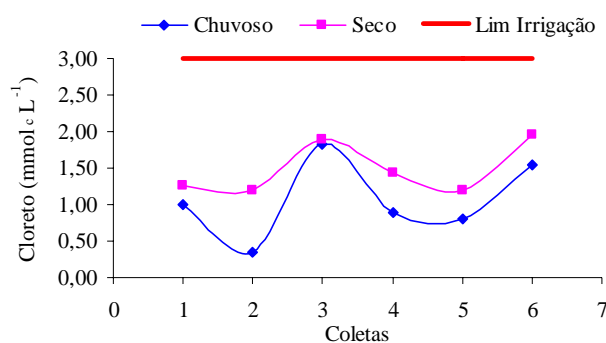


Figura 2. Valores médios de cloretos ao longo do ponto estudado no período chuvoso e seco.

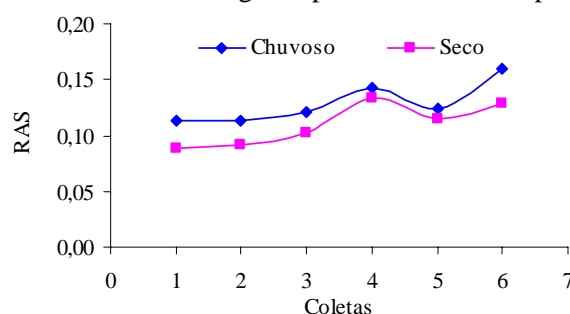


Figura 3. Valores médios de RAS ao longo do ponto estudado no período chuvoso e seco.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que: a qualidade da água utilizada para a goiabeira, encontra-se dentro dos padrões recomendados para todos os parâmetros analisados, com exceção para a CEa no período chuvoso, coleta 5. As águas do poço utilizadas para irrigar a cultura da goiaba não apresentaram risco quanto à sodicidade. Os valores do íon cloreto apresentaram-se superiores no período seco. Os valores da RAS apresentaram-se superiores no período chuvoso. Os maiores valores dos parâmetros analisados, no geral, ocorreram no período chuvoso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado). Campina Grande: UFPB. trad: Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 1999, 218p.
- CRUZ, M. G. M. da. **Avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do distrito de irrigação Jaguaribe – Apodi**. Fortaleza, 2001. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, UFC.
- HOLANDA, J.S. de; AMORIM, J.R.A. de. Qualidade da água de irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997, p.137-169.
- KRAUSE, G.; RODRIGUES, A. F. **Recursos hídricos do Brasil**. MMA – SRH. Brasília, 1998. 33p.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; JÚNIOR, J. I. F.; CHAVES, L. C. G.; LOBATO, F. A. O.. Efeito da ação antrópica na concentração do íon cloreto ao longo da bacia do curu, Ceará, Brasil. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, João Pessoa. **Anais.**, 2006. (CD-ROM).
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola Española., 1978 .521p.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola, Española, 1985. 521p.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agricultural, 1954. 160p. (USDA Agricultural Handbook, 60).



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 EM PLANTAS DE SORGO, FEIJÃO-DE-CORDA E ALGODÃO SUBMETIDAS A ESTRESSE SALINO

SOUSA, C. H. C.<sup>2</sup>; LACERDA, C. F.<sup>3</sup>; SOUSA, A. E. C.<sup>4</sup> & BEZERRA, F. M. L.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Parte da dissertação do primeiro autor

<sup>2</sup>Professor, M. Sc., Escola Agrotécnica Federal de Iguatu - EAFI, Rodovia Iguatu-Várzea Alegre, CEP: 63.500-000, Iguatu - CE. Fone (88) 9611 8016. email: sousaibiapina@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Professor, D. Sc., Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>4</sup>Professor, M. Sc., Faculdade Tecnológica CENTEC - Sobral, Ceará.

<sup>5</sup>Professor, D. Sc., Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar consumo de água em função de diferentes níveis de salinidade de água de irrigação associados com a tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 15 kg de areia lavada, em condições de casa-de-vegetação, e irrigadas com águas com três níveis de salinidade (0,5, 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>). O experimento foi montado seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3 x 3 (3 espécies x 3 níveis de salinidade), com quatro repetições. O resultado do balanço hídrico foi obtido após 42 dias do início da aplicação dos tratamentos. A aplicação de água salina reduziu o consumo de água pelas plantas, tendo sido o feijão-de-corda a espécie mais afetada.

**Palavras chave:** água salina, *Vigna unguiculata*, *Sorghum bicolor*, *Gossypium hirsutum*

## HIDRIC BALANCE IN SORGHUM, COWPEA, AND COTTON PLANTS SUBMETIDAD SALT STRESS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate water consumption in function of different levels of irrigation water salinity associates with the tolerance to the salinity in plants of sorgo, beans-of-rope and cotton. The plants had been cultivated in 15 vases contend kg of washed sand, in house-of-vegetation conditions, and irrigated with waters with three levels of salinity (0.5, 4.0 and 8.0 dS m<sup>-1</sup>). The experiment was mounted following a casualizado delineation entirely, with factorial arrangement 3 x 3 (3 species x 3 levels of salinity), with four repetitions. The result of the hídrico rocking was after gotten 42 days of the beginning of the application of the treatments. The saline water application more reduced the water consumption for the plants, having been the beans-of-rope the affected species.

**Key-words:** saline water, *Vigna unguiculata*, *Sorghum bicolor*, *Gossypium hirsutum*



## INTRODUÇÃO

O uso de águas salinas na irrigação para produção vegetal é um desafio que vem sendo superado com sucesso em diversas partes do mundo, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação (Siqueira, 2003).

Os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas dependem de fatores tais como, natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estádios de desenvolvimento fenológico, estado nutricional, taxa de evapotranspiração, além do manejo da irrigação (Yeo, 1999; Silva, 2003). Dentre as espécies cultivadas de importância para o semi-árido brasileiro, podemos destacar o algodão, o sorgo e o feijão-de-corda, as quais apresentam boas estabilidades de produção em relação ao fator água quando comparadas com outras espécies cultivadas. Essas espécies também apresentam graus diferentes de tolerância à salinidade da água de irrigação e do solo. O algodão e o feijão-de-corda são considerados respectivamente, os mais tolerantes e os mais sensíveis à salinidade, com o sorgo apresentando tolerância intermediária (Ayers & Westcot, 1999). Embora se conheça os diferentes graus de tolerância dessas espécies ao estresse salino, não existem estudos comparativos que visem identificar as características intrínsecas de cada cultura que sejam responsáveis por essas diferenças na resposta a esse fator de estresse. Essas informações podem contribuir para a identificação de mecanismos relevantes da tolerância à salinidade e podem ser úteis no manejo do sistema solo-planta sob irrigação com águas salinas.

A partir do exposto acima, buscou-se avaliar o crescimento e o consumo de água em plantas de algodão, feijão-de-corda e sorgo, irrigadas com águas com crescentes níveis de sais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas três espécies vegetais: feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] cv. Epace 10, sorgo [*Sorghum bicolor* (L) Moench] genótipo CSF 20 e algodão (*Gossypium hirsutum*) BRS 113 7MH. O experimento foi conduzido na Casa de Vegetação pertencente ao Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará – CE, nos meses de outubro a dezembro de 2005. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', por possuir um clima tropical chuvoso, com precipitações de outono a verão e temperatura média maior de 18°C durante o ano inteiro. Os valores de temperatura média e de umidade relativa média no interior da casa de vegetação, durante o período experimental, foram de 29,5 °C e 71,5%, respectivamente.

As plantas foram irrigadas com água de diferentes concentrações de sais, correspondendo aos seguintes tratamentos: 0,5 dS m<sup>-1</sup>, 4,0 dS m<sup>-1</sup> e 8,0 dS m<sup>-1</sup>. Para o preparo das soluções salinas, utilizou-se o NaCl, obedecendo-se a relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (2000). O delineamento experimental utilizado no experimento foi inteiramente ao acaso, seguindo um arranjo fatorial (3 x 3), correspondendo a três níveis de salinidade e três espécies



vegetais com quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. A parcela experimental era constituída de um vaso plástico contendo 2 plantas cada. Os tratamentos foram aplicados diariamente e a quantidade de água aplicada às plantas foi de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (Bernardo et al., 2005), mantendo-se o solo na capacidade de campo e adicionando-se frações de lixiviação para prevenir o acúmulo excessivo de sais. A aplicação da água foi feita de forma localizada, de modo a evitar o contato direto da mesma com as folhas. Sob os vasos foram colocados recipientes com o objetivo de acondicionar a água que era drenada dos vasos (Figura 1). Diariamente, na parte da manhã, eram feitas coletas da água drenada de cada vaso para determinação do balanço hídrico. Os componentes do balanço hídrico determinados foram os seguintes: a lâmina total de água aplicada, a lâmina total de água drenada e o consumo total de água pelas plantas (evapotranspiração) obtido pelo método das entradas (lâmina aplicada) e saídas (lâmina drenada), com o solo sendo mantido diariamente na capacidade de campo, de acordo com a seguinte expressão:

$$ET = \frac{I - D}{S} \quad (1)$$

em que;

ET - evapotranspiração, em mm;

I - irrigação, em L;

D - água drenada do vaso, em L;

S - área do vaso, em m<sup>2</sup>.



Figura 1 – Vista dos recipientes para as coletas de água drenada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico foi realizado durante 42 dias, tendo sido iniciado no décimo dia após o plantio. A definição dos seis períodos considerados para o balanço foi baseada na aplicação da solução nutritiva que acontecia em intervalos de sete dias.

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos componentes do balanço hídrico para as três espécies estudadas com seus respectivos tratamentos. Analisando-se os totais na Tabela 1, verifica-se o decréscimo da evapotranspiração das espécies, ou seja, a diminuição do consumo

Tabela 1. Valores totais dos componentes do balanço hídrico das plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão submetidos a três níveis de salinidade de água.

Espécie	Tratamento (dS m <sup>-1</sup> )	Irrigação (L)	Drenagem (L)	Evapotranspiração (mm)
Sorgo	0,5	13,35	4,66	163,66
	4,0	12,8	5,01	146,67
	8,0	12,25	5,14	133,84
Feijão-de-corda	0,5	23,3	5,16	341,67
	4,0	18,15	5,33	241,56
	8,0	15,25	5,7	179,97
Algodão	0,5	18,42	5,72	239,26
	4,0	16,25	5,73	198,19
	8,0	14,8	5,8	169,47

de água com o aumento da salinidade. Essa diminuição do consumo está associada ao menor crescimento e desenvolvimento das plantas em virtude da redução nos processos de absorção que variaram com os tratamentos. Das três espécies, o feijão-de-corda foi o que mais sofreu influência no consumo de água, tanto no nível intermediário (29%) como no maior nível de salinidade (47%). Para o algodão essas reduções foram de 17% e 29% e, para o sorgo de 10% e 18%, respectivamente. Medeiros (1996) também verificou esse mesmo comportamento em algodoeiro de fibra branca em que o consumo de água pelas plantas diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação. Conforme a literatura, esse efeitos acontecem devido a concentração de sais na zona radicular reduzir o fluxo de água para a planta, em função do efeito osmótico (Ayers & Westcot, 1999).

Na Figura 2 são mostrados os comportamento da evapotranspiração estimada pelo método do balanço hídrico para as culturas estudadas. Observa-se que as diferenças se intensificaram a partir da terceira semana do início dos tratamentos, especialmente em feijão-de-corda e algodão.

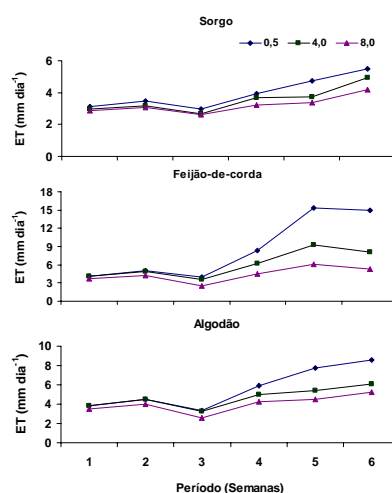


Figura 2 – Evapotranspiração (ET) média diária em plantas de sorgo feijão-de-corda e algodão submetidos a três níveis de salinidade de água nos diferentes períodos de realização do balanço hídrico



## CONCLUSÃO

A espécie feijão-de-corda foi a que mais sofreu influência do aumento da salinidade, confirmando o que apresenta a literatura do que a mesma, dentre as estudadas, é a mais sensível ao estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 611p.
- MEDEIROS, E. V. **Efeitos da salinidade na água de irrigação sobre a germinação, vigor de sementes e desenvolvimento de plantas de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch)**. Areia: UFPB. CCA. 1996. 51f. (Monografia de Graduação).
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R. de.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.
- SILVA, J. V. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos á salinidade**. Fortaleza, 2003. 109p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- SIQUEIRA, E. C. da; **Crescimento e produção do algodoeiro colorido marrom escuro CNPA 2001/26 sob estresse salino**. Campina Grande, 2003. 57f. Dissertação. (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.
- YEO, A. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Scientia Horticulture**, v.78, p.159.174, 1999.



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

## ESTADO NUTRICIONAL DA BANANA PRATA ANÃ CULTIVADA NA CHAPADA DO APODI (CEARÁ) COM BASE EM ANÁLISES FOLIARES

NOGUEIRA, F.C.<sup>1</sup>; CHAVES, A.F.<sup>2</sup>; ALMEIDA, E.R. DE<sup>3</sup>; SANTOS, F.S.S.<sup>5</sup>;  
SANTOS, M.M.S. DO<sup>4</sup> & OLIVEIRA, K.M.L.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnóloga em Recursos Hídricos/ Irrigação, Pós-graduanda do Curso de Especialização em Fruticultura Irrigada. Faculdade de Tecnologia CENTEC, Rua Estevam Remígio, 1145, CEP: 62930-000, Limoeiro do Norte, CE. (88) 3423 6914. e-mail: fredianan@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Eng.<sup>a</sup> Agr., Prof. M.Sc. Faculdade de Tecnologia CENTEC - Limoeiro do Norte, CE.

<sup>3</sup>Tecnólogo em RH/Irrigação. Prof. MSc. da Faculdade de Tecnologia Centec – Limoeiro do Norte, CE.

<sup>4</sup>Química, Laboratorista. Faculdade de Tecnologia CENTEC - Limoeiro do Norte, CE.

<sup>5</sup>Graduanda do Curso de RH/Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Limoeiro do Norte, CE.

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar o estado nutricional de bananeiras Prata Anã cultivadas na Chapada do Apodi, município de Limoeiro do Norte - CE, utilizando um banco de dados de análise foliar dessa cultivar, contendo 43 amostras de folhas analisadas no Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecido Vegetal da Faculdade de Tecnologia CENTEC Limoeiro do Norte, de diversas áreas irrigadas e cultivadas com esta cultura, durante o período de 2004 a 2006. Em relação aos macronutrientes os teores de N e K apresentaram maiores variações em relação ao padrão estabelecido para a variedade em estudo, mantendo o nível de fósforo no limite da necessidade da cultura, sem maiores problemas para cálcio e magnésio, e enxofre um pouco abaixo da média. Quanto aos micronutrientes, o cobre, manganês e zinco foram os nutrientes que apresentaram teores deficientes em maiores frequências nas análises avaliadas. Provavelmente, fatores de ordem não nutricionais contribuíram para um desequilíbrio entre os nutrientes, tendo em vista a quantidade de fertilizantes utilizados na cultura, principalmente os nitrogenados e potássicos.

**Palavras chave:** *Musa spp.*, estado nutricional, macronutrientes, micronutrientes.

## NUTRICIONAL STATE OF CULTIVATED BANANA TREES DWARFED SILVER IN THE CHAPADA OF THE APODI USING A DATA BASE OF FOLIAR ANALYSIS

**ABSTRACT:** It was objectified with this work to evaluate the nutritional state of cultivated banana trees Dwarfed Silver in the Chapada of the Apodi, city of Limoeiro of the Norte - CE, using a data base of foliar analysis of this to cultivate, I contend 43 leaf samples analyzed in the Laboratory of Ground, Water for ends of Vegetal Irrigation of the FATEC of Limoeiro of the Norte, of diverse areas irrigated and cultivated with this culture, during the period of 2004 the 2006. In relation to the macronutrients the drift



of N and K had presented greater variations in relation to the standard established for the variety in study, keeping the level of match in the limit of the necessity of the culture, without bigger problems for calcium and magnesium, and sulphur a little below of the average. How much to the micronutrients, the copper, manganese and zinc had been the nutrients that had presented deficient drift in bigger frequencies in the evaluated analyses. Probably, not nutritional factors of order had contributed for a disequilibrium between the nutrients, in view of the amount of nitrogen and potassium fertilizers used in the culture.

**Key-words:** *Musa spp.*, nutritional state, macronutrients, micronutrients.

## INTRODUÇÃO

A cultura da banana (*Musa spp.*) ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas e consumidas no Brasil e a terceira posição em área colhida. A produção brasileira de banana está distribuída por todo o território nacional, sendo a região Nordeste a maior produtora (34%). No Estado do Ceará, os produtores que adotam técnicas de irrigação e adubação – e, por isso, os de maior produtividade – geralmente estão nos pólos de fruticultura irrigada, um destes pólos situa-se na região Nordeste do Estado, na Chapada do Apodí, município de Limoeiro do Norte, onde vem se destacando pela melhoria do nível tecnológico dos cultivos, podendo exercer influência benéfica para as demais áreas de produção do estado.

Apesar da melhoria observada nos aspectos produtivos da cultura da banana na Chapada do Apodí, em muitos casos ainda deixam a desejar em relação ao manejo de dispensado à cultura, tendo em vista que o cultivo da banana demanda grandes quantidades de nutrientes para manter um bom desenvolvimento e obtenção de altos rendimentos. Deve-se observar tanto o manejo da adubação, quanto da irrigação, para que seja atendida as necessidades nutricionais da cultura, principalmente potássio (K) e nitrogênio (N) que são exigidos em maiores quantidades.

Neste sentido, a diagnose feita pela análise foliar contribui para o controle dos aspectos produtivos, pois, permite ao produtor mensurar os teores de macro e micronutrientes presentes na planta, planejando desta forma a correção da fertilidade do solo, bem como o efeito das adubações, obtendo maiores rendimentos. Desse modo, o presente trabalho foi realizado objetivando avaliar através dos dados de análises foliares, o estado nutricional da cultura da banana (*Musa spp.*) na Chapada do Apodí, Limoeiro do Norte, Ceará.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Tecnologia CENTEC no município de Limoeiro do Norte, CE, através do levantamento 43 dados de análises foliares da cultivar Prata Anã, durante o período de 2004 a 2006. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecido Vegetal da referida instituição.

Após o agrupamento dos dados, foram realizadas análises estatísticas através do programa Winstat, e os resultados dispostos em gráficos elaborados no Microsoft Excel. Os resultados obtidos foram comparados com os valores padrões de macro e micronutrientes da cultura segundo Malavolta (1997). Diante disso, foi traçado um diagnóstico nutricional da cultura da banana cultivada na Chapada do Apodi.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos podem ser visualizados nas Figuras 01, 02 e 03 para as análises foliares de macro e micronutrientes dos anos de 2004, 2005 e 2006 respectivamente.

De modo geral, as médias dos valores observados para os nutrientes estão dentro das faixas recomendado para cultura segundo Malavolta (1997). Estudos realizados por Borges & Silva (1995) sobre a extração de nutrientes pela bananeira mostraram que o K e o N são os nutrientes mais absorvidos pela planta, seguidos pelo Ca e Mg, e que ocorrem diferenças nas quantidades absorvidas entre cultivares e dentro do mesmo grupo genômico, em virtude das condições de cultivo, fertilidade do solo, entre outros fatores.

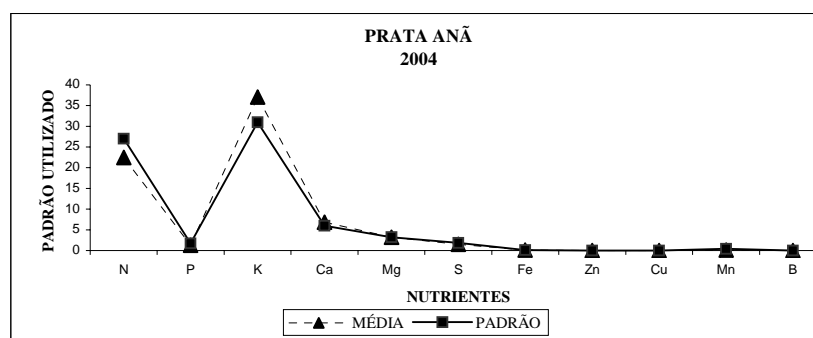


Figura 1: Comparação entre os teores dos nutrientes da cultivar Prata-Anã analisados em laboratório com os teores de referência para cultura no ano de 2004.

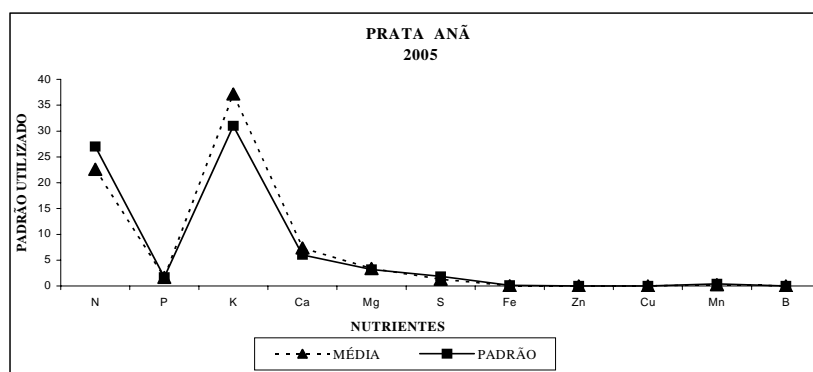


Figura 2: Comparação entre os teores dos nutrientes da cultivar Prata-Anã analisados em laboratório com os teores de referência para cultura no ano de 2005.

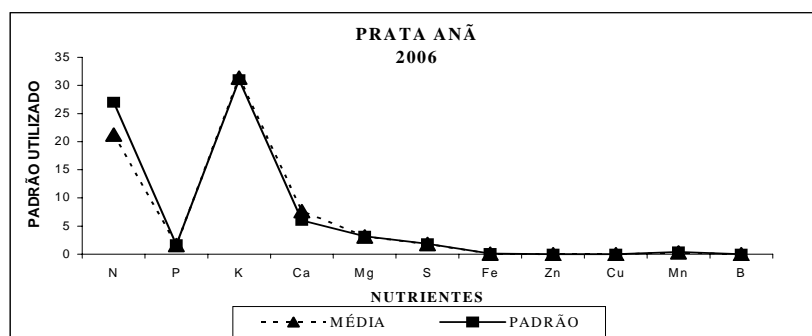


Figura 3: Comparação entre os teores dos nutrientes da cultivar Prata-Anã analisados em laboratório com os teores de referência para cultura no ano de 2006.

Em relação aos macronutrientes, os teores encontrados de N e K nas análises avaliadas, apresentaram maiores variações em relação ao padrão estabelecido segundo Malavolta (1997). O nitrogênio situou-se sempre abaixo da média recomendada para a cultivar, tendo um decréscimo significativo no ano de 2006. O potássio esteve situado acima do padrão nos anos de 2004 e 2005, com uma pequena redução em 2006, porém não afetando os teores exigidos pela cultivar. Saes (1995), num trabalho com ‘Nanicão’ no Vale do Ribeira (SP), mesmo aplicando potássio regularmente, detectou diminuição no teor de K trocável de  $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Em estudo realizado num solo caulinítico, com  $530 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, também foram registradas perdas elevadas de N e K pela água de drenagem no perfil do solo (Godefroy & Dormoy, 1990). Esses resultados são indicadores de que a perenidade dos cultivos de bananeira pode ser comprometida em consequência do esgotamento acelerado das reservas de nutrientes do solo.

O nível de fósforo encontrou-se no limite da necessidade da cultura. Godefroy et al. (1975), avaliando as perdas de nutrientes por lixiviação e escoamento superficial em bananais, sob diversas condições de solo e clima, determinaram perdas entre 60 e 85% dos fertilizantes aplicados (exceto para P), sendo N, K, Ca e Mg perdidos predominantemente (85 a 95%) por lixiviação.

Quanto ao cálcio, em 2004 o nutriente situou-se no limite estabelecido para cultivar, porém, em 2005 e principalmente no ano de 2006, seus teores ultrapassaram o recomendado para a cultivar em estudo, fato este que contribui para uma menor absorção de K neste último ano. O magnésio encontrou-se sempre na média durante o período estabelecido e, por fim, o enxofre esteve um pouco abaixo dela, fato que pode ser explicado pela utilização de adubos concentrados, em sua grande maioria.

Quanto aos micronutrientes, o cobre, manganês e zinco foram os nutrientes que apresentaram teores deficientes em maiores frequências nas análises avaliadas.



## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que provavelmente: (i) fatores de ordem não nutricionais contribuíram para um desequilíbrio entre os nutrientes, tendo em vista a quantidade de fertilizantes utilizados na cultura, principalmente os nitrogenados e potássicos, entre eles pode-se citar o manejo da irrigação; (ii) a adubação nitrogenada utilizada nas áreas avaliadas não provocou variação no teor de N na folha analisada; (iii) os teores dos nutrientes na matéria seca foliar da banana-Prata-Anã, obedeceram à seguinte ordem de concentração:  $K > N > Ca > Mg > S > P > Mn > Zn > Fe > B > Cu$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, A. L.; SILVA, S. de O. Extração de macronutrientes por cultivares de banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 17, n. 1, p. 57-66, 1995.
- GODEFROY, J., DORMOY, M. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un ferrisol de Martinique sous culture bananière. Application à la programmation de la fumure. **Fruits**. v. 45, n. 2, p. 93-101, 1990.
- GODEFROY, J., ROOSE, E.J., MULLER, E. Estimation des pertes par les eaux de ruissellement et de drainage des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de sud de la Côte d'Ivoire. **Fruits**. v. 30, p. 223-35, 1975.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- SAES, L.A. **Resposta da bananeira “nanicão” à calagem na região do Vale do Ribeira**. Piracicaba, 1995. 82p. 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

## ANÁLISE PRELIMINAR DO FECHAMENTO DO BALANÇO DE ENERGIA DETERMINADO PELA TÉCNICA DAS CORRELAÇÕES TURBULENTAS

BEZERRA, B. G.<sup>1</sup>; SANTOS, C. A. C. DOS<sup>1</sup>; SILVA, B. B. DA<sup>2</sup> & SILVA, S. T. A. DA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB. bergson.bezerra@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor Adjunto IV, D.Sc. Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande-PB

**RESUMO:** Foi analisado o fechamento do balanço de energia obtido pelo método das correlações turbulentas de um pomar de bananeiras. Observou-se nos dias estudados que os resultados apresentaram bastante dispersão. Foram detectadas discrepâncias da ordem de 20% em dois dos três dias estudados.

**Palavras chaves:** Energia disponível, Fluxo de calor latente, Fluxo de calor sensível.

### PRELIMINARY ANALYSIS OF THE ENERGY BALANCE CLOSURE DETERMINED FOR EDDY CORRELATION METHOD

**ABSTRACT:** It was analyzed the energy balance closure obtained through eddy correlation method for a banana orchards, in the three days. It was observed in the studied days that the results showed very scatter. It was identified disagreement in the approximately 20% in the two days.

**Key-words:** Energy available, Latent heat flux, Sensible heat flux.

### INTRODUÇÃO

O fechamento do balanço de energia (BE), de acordo com a formulação da primeira lei da termodinâmica, requer que a soma dos fluxos de calor latente ( $LE$ ) e sensível ( $H$ ) estimados seja equivalente a somas de todas as outras fontes e/ou sumidouros de energia, conforme a equação que se segue:

$$LE + H = Rn - G - S - Q \quad (1)$$

em que:  $Rn$  é o saldo de radiação,  $G$  é o fluxo de calor no solo e calor,  $S$  é o calor estocado no dossel vegetativo e  $Q$  é a soma de todos os demais sumidouros, como por exemplo, a energia

utilizada no processo fotossintético. Normalmente o  $Q$  é negligenciado, pois constitui porções muito pequenas de energia, quando comparada com os demais termos do BE. Já o  $S$ , por sua vez, em estudos sobre culturas irrigadas também pode ser perfeitamente negligenciado, pois Borges (2006) concluiu que o seu efeito sobre o cômputo do BE é irrelevante.

Assim, o BE pode ser perfeitamente estimado, através da equação (1) reduzida aos quatro primeiros termos conforme a equação (2), onde o LE normalmente é obtido como resíduo, ou seja, pela diferença entre os demais termos. Dessa foram inúmeros trabalhos tem sido conduzido alcançando resultados fortemente concordantes, como fizeram (Trezza, 2003; Tasumi et al, 2005; Feitosa, 2005; Bezerra, 2006; Santos et al., 2007).

$$LE + H = Rn - G \quad (2)$$

Na obtenção do Be através do método das correlações turbulentas a igualdade da equação (2) não é satisfeita, isto é, não ocorre o fechamento do BE, apresentando diferenças relativamente significativas, com percentuais superiores ao que representaria os termos desprezados. Wilson et al. (2002) detectaram discrepâncias da ordem de 20% analisando dados obtidos com esta técnica em 22 locais de ecossistemas e climas contrastantes na Europa e EUA. Já Barr et al. (2006) obtiveram da ordem de 15% em florestas boreais no Canadá.

Wilson et al. (2002) afirmam que na análise dos fluxos de LE e H o fechamento do BE é diretamente relevante. Ainda segundo Wilson et al (2002) uma discrepância relativamente elevada sugere que os fluxos de LE e H são subestimados e/ou a energia disponível foi superestimada.

No entanto, a técnica é bastante refinada e pode vir a se tornar uma importante ferramenta na obtenção da evapotranspiração de cultivos irrigados em regiões semi-áridas. Diante do exposto, a presente pesquisa objetivou fazer uma análise preliminar do fechamento do balanço de energia estimado esta técnica sobre um pomar de bananeiras irrigadas no período diurno.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas medidas do  $R_n$ ,  $G$ ,  $H$  e  $LE$  propiciadas pela técnica das correlações turbulentas para três datas, 21 de novembro, 1 e 17 de dezembro de 2006. Os dados foram coletados a uma frequência de 10 Hz e armazenadas médias de 10 minutos em um datalogger CR23X (Campbell Sci. Inc, Logan, UT, USA). As medidas foram realizadas sobre um pomar de bananeiras irrigadas na Fazenda Frutacor, localizada no município de Quixeré-CE.

O  $R_n$  foi medido por um saldo radiômetro (Net Radiometer CNR1, Kipp & Zonen, Campbell Sci. Inc, Logan, UT, USA). O  $G$  foi obtido por fluxímetros (HFP01SC Self-Calibrating Soil Heat Flux Plate, Campbell Sci. Inc, Logan, UT, USA) instalada a 10 cm de profundidade.



Os resultados de H e LE foram obtidos pelas equações (3) e (4):

$$H = \rho C_p \overline{w'T'} \quad (3)$$

$$LE = \rho L \overline{w'q'} \quad (4)$$

em que:  $\rho$  é a densidade do ar ( $\text{Kg m}^{-3}$ ),  $C_p$  é o calor específico a pressão constante ( $\text{J Kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $\overline{w'T'}$  é a covariância entre a componente vertical da velocidade do vento e a temperatura do ar,  $L$  é o calor latente de vaporização ( $\text{J Kg}^{-1}$ ) e  $\overline{w'q'}$  é a covariância entre a velocidade vertical do vento e a umidade específica.

A componente vertical da velocidade do vento foi medida por um Anemômetro Sônico Tridimensional (*CSAT3 3-D Anemometer Sonic, Campbell Sci. Inc, Logan, UT, USA*), a temperatura do ar foi medida por uma sonda de umidade relativa e temperatura (*HMP45C Temperature & Relative Humidity Probe, Vaisala, Finland*) e a umidade específica foi obtida a partir do fluxo de vapor d'água medido por um Analisador de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (*LI-7500  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  Analyser Li-COR, Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA*).

Os instrumentos foram instalados a altura de 2,0 m acima do dossel da cultura e a 8,0 m da superfície.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Em todos os dias estudados foram observadas consideradas dispersões entre os resultados da energia disponível e a soma de LE e H, conforme apresenta os gráficos das Figuras 1a a 1c. No entanto nos dias 21 de novembro e 17 de dezembro os resultados apresentaram tendências melhores ajustadas, apresentando coeficientes de determinação de aproximadamente 0,80. Já a acentuada dispersão verificada no dia 01 de dezembro é evidenciada pelo coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,49$ . Estas discrepâncias, em grande parte podem ser atribuídas a interferências de fatores externos. Um desses fatores é o “*footprint*” relatado por (Göckede et al, 2005; Laine et al., 2006), que é um problema intrínseco desta técnica.

As linhas de tendências das dispersões entre os resultados da energia disponível e da soma de LE e H apresentaram coeficientes de inclinação de 0,77, 0,71 e 0,79 nos dias 21 de novembro, 01 e 17 de dezembro de 2006, respectivamente. Esses resultados são fortemente concordantes com os valores obtidos por Wilson et al. (2002), evidenciando dessa forma, que apesar de terem sido coletados em ecossistemas diferentes, apresentam de um modo geral comportamentos semelhantes.

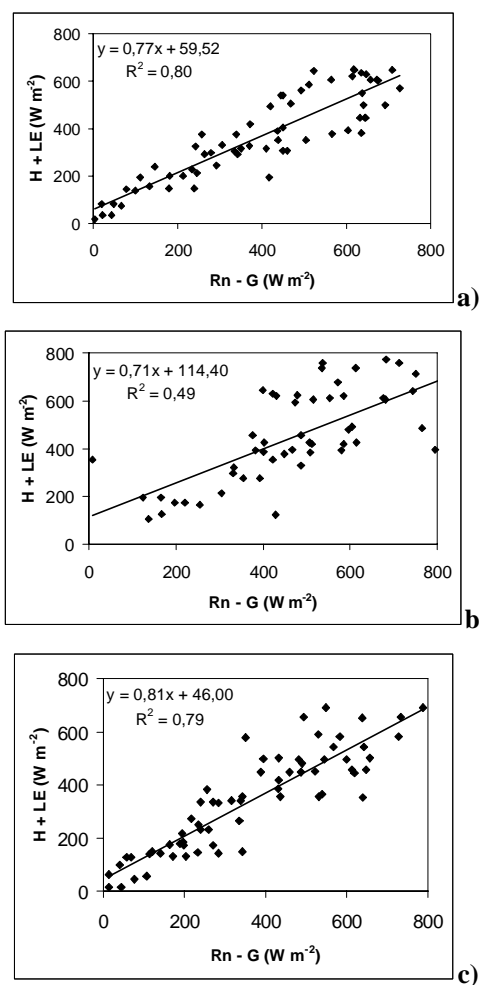


Figura 1: Dispersão das médias de 10 minutos dos fluxos do BE do período diurno, nos dias 21 de novembro, 1 e 17 de dezembro de 2006

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados conclui-se que o fechamento do BE do presente estudo apresentou em dois dos três dias estudados discrepâncias da ordem de 20%, corroborando dessa forma, com os resultados de Wilson et al. (2002). Embora que no estudo supra-citado foram introduzidas medidas do calor armazenado no dossel vegetativo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a direção da Fazenda Frutacor por ter gentilmente cedido sua área de cultivo para instalação do experimento. Agradecem ainda ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARR, A. G.; MORGENSTERN, K.; BLACK, T. A. McCAUGHEY, J. H. NESIC, Z. Surface energy balance closure by the eddy-covariance method above three boreal forest stands and implications for the measurement of the CO<sub>2</sub> flux. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.140. p.322–337, 2006.
- BEZERRA, B. G. **Balço de energia e evapotranspiração em áreas com diferentes tipos de cobertura de solo no cariri cearense através do algoritmo SEBAL**. Campina Grande, 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG.
- BORGES, C. J. R. **Efeitos do calor armazenado no dossel e no solo no cálculo do balanço de energia em pomar de mangueiras irrigadas**. Campina Grande, 2006. 69p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG.
- GÖCKEDE, M.; MARKKANEN, T.; MAUDER, M.; ARNOLD, K.; LEPS, J. P.; FOKEN, T. Validation of footprint models using natural tracer measurements from a field experiment. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 135. p.314-325, 2005.
- LAINE, A.; SOTTOCORNOLA, M.; KIELY, G.; BRAYRNE, K. A.; WILSON, D. TUITILA, E. S. Estimating net ecosystem exchange in a patterned ecosystem: Example from blanket bog. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 138. p.231-243, 2006.
- SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. G. SILVA, B. B.; SILVA, S. T. A. Estimativa da evapotranspiração diária utilizando técnicas de sensoriamento remoto orbital. In.: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Anais... Aracaju-SE: 2007. **(CD-ROM)**.
- TASUMI, M.; TREZZA, R.; ALLEN, R. A.; WRIGHT, J. L. Operational aspects of satellite-based energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. **Irrigation and Drainage Systems**. v. 19, p. 355-376, 2005.
- TREZZA, R. **Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control**. Logan-UT. 2002. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University.
- WILSON, K.; GOLDSTEIN, A.; FALGE, E. AUBINET, M.; BALDOCCHI, D.; BERBIGIER, P.; BERNHOFER, C.; CEULEMAN, R.; DOLMAN, H.; FIELD, C.; GRELLER, A.; IBROM, A.; LAW, B. E.; KOWALSKI, A.; MEYERS, T.; MONERIEFF, J.; MONSON, R.; OECHEL, W.; TENHUMEN, J.; VALENTIN, R.; VERMA, S. Energy balance closure at FLUXNET sites. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 113, p.223-243, 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

## **AValiação PRELIMINAR DAS CONdições DE QUALIDADE DAS ÁGUAS EM UMA ÁREA DE TILAPICULTURA EM TANQUES-REDE NO AÇUDE CASTANHÃO, CEARÁ.**

**MONTE, T. M. DO <sup>1</sup>, VASCONCELLOS, G. H. <sup>1</sup>, BECKER, H. <sup>2</sup>;  
BARROSO, H. <sup>3</sup>, MOREIRA, O. P. <sup>4</sup> & MOLISANI, M. M. <sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Bolsistas de iniciação científica - CNPq. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Av Abolição 3207 Meirelles, Fortaleza, Ceará, CEP 60165-081. \* Autor para correspondência: thiagotbn@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professora doutora do Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Centro de Ciências, UFC

<sup>3</sup> Bióloga. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Av Abolição 3207 Meirelles, Fortaleza, Ceará, CEP 60165-081.

<sup>4</sup> Pesquisadores doutores. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Av Abolição 3207 Meirelles, Fortaleza, Ceará, CEP 60165-081.

**RESUMO:** A expansão da piscicultura em tanques-rede pode acarretar em transformações nas condições de qualidade das águas dos açudes; inserir efeitos deletérios na produção e culminar no conflito entre os diversos usos consultivos da água (abastecimento e agricultura). Neste trabalho, foi realizada uma avaliação preliminar das condições da qualidade das águas em uma área de produção de tilápia no açude Castanhão. Os resultados foram avaliados através da comparação dos parâmetros analisados na área de piscicultura e em outras áreas do açude. A comparação entre as áreas amostradas demonstrou que não há importantes diferenças entre as áreas amostradas, indicando que a criação de tilápia em tanques-rede não esteja modificando os parâmetros de qualidade das águas analisados.

**Palavras chave:** Tilapicultura, tanques-rede, qualidade da água.

## **PRELIMINARY EVALUATION OF THE WATER QUALITY CONDITIONS IN AN NET-CAGE FISH CULTURE AREA IN THE CASTANHÃO RESERVOIR, CEARÁ**

**ABSTRACT:** The expansion of the net-cage fish culture might cause changes on water quality of aquatic environments; insert deleterious effects in the production and culminate with the conflict among diverse advisory water uses (drinking and agriculture). In this work, a preliminary evaluation of the water quality conditions in a net-cage fish (tilápia) culture area located at the Castanhão reservoir was carried out. The results had been evaluated through the comparison of the parameters analyzed in the fish culture area and other areas of the reservoir. We can not observe important differences of parameters between sampled areas, indicating that the net-cage tilápia culture is not apparently modifying the water quality parameters in the producing area.

**Key-words:** tilapia, net-cage culture, water quality.



## INTRODUÇÃO

O Brasil produz cerca 70 mil toneladas de tilápia, sendo o Ceará é o maior pólo de criação brasileiro, com cerca de 18 mil toneladas por ano. Este cenário é em parte impulsionado pela extensiva presença de açudes ao longo das bacias de drenagem do estado do Ceará, totalizando em torno de 8.000 açudes que podem ser potenciais áreas de produção de recursos pesqueiros. Por outro lado, esta técnica de produção é frequentemente associada à diminuição das condições de qualidade das águas devido ao caráter intensivo da produção que emprega um considerável volume de insumos alimentares para a produção de peixes em uma área reduzida, sob altas densidades, e com o lançamento de restos alimentares e metabólicos diretamente no ambiente.

O açude Castanhão vem sendo avaliado como um importante pólo produtor de tilápias em tanques-rede. Portanto há a necessidade de se conjugar informações sobre o manejo e produção com estudos limnológicos, hidrológicos, entre outros visando uma avaliação dos possíveis impactos da atividade, fornecendo subsídios para uma tilapicultura sustentável sob os aspectos econômicos e ambientais.

O objetivo do presente estudo é caracterizar as condições físicas, químicas e biológicas de uma área de tilapicultura em tanques-rede no açude Castanhão visando uma avaliação dos possíveis impactos da atividade nas características do açude.

## MATERIAL E MÉTODOS

O açude Castanhão está localizado na região limite entre a bacia média e inferior do rio Jaguaribe, sendo o maior açude do estado com um volume de armazenamento de 6,7 bilhões de m<sup>3</sup>. O lago artificial garante o abastecimento de água para consumo humano e perímetros irrigados da região. Atualmente, o açude possui dois pólos produtores de tilápia em tanques-rede, embora diversas outorgas estejam sendo avaliadas visando à ocupação da área de 1% do açude, estabelecidas pelas resoluções controladoras da atividade. A área de piscicultura esta localizada na enseada do Curupati-peixe próximo a barragem do açude. Esta enseada tem 4 ha de área e possui em torno de 350 tanques-rede.

Foram realizadas coletas mensais de amostras de águas nas áreas de piscicultura na enseada de Curupati-Peixe em áreas controle (Figura 1) durante Novembro de 2006 a Maio de 2007. As áreas controle (ponto #1 e #2) foram escolhidas visando comparar a área de piscicultura com a porção do açude sob influencia fluvial (#1) e com características lacustres típicas do açude (#2). Em cada estação de coleta foram medidos parâmetros físico-químicos como temperatura, pH, condutividade, O<sub>2</sub> dissolvido, profundidade e transparência de Secchi. As amostras de água foram coletadas para análises de nutrientes (nitrato, nitrito, amônia, fosfato, sílica), clorofila *a* e total de



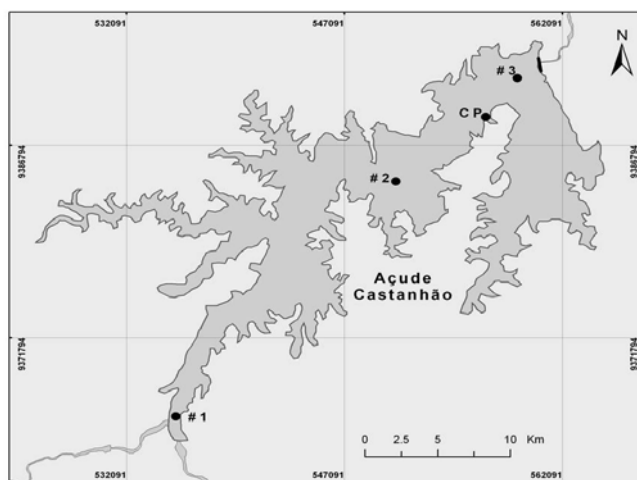


Figura 1. Mapa de localização do açude Castanhão indicando a área sob influência fluvial (#1), com características lacustres (#2) e a área da piscicultura (#CP).

sólidos em suspensão (TSS). Adicionalmente foram coletadas amostras de água para uma avaliação qualitativa e quantitativa da comunidade fitoplancônica do açude.

Após as coletas as amostras foram filtradas em filtro  $< 0,45 \mu\text{m}$  para determinação dos nutrientes dissolvidos. As amostras destinadas às análises de nitrogênio amoniacal total dissolvido ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) usam como princípio a reação de Berthelot.; o método para determinação de nitrito e nitrato dissolvidos, usa a reação de Griess, sendo que o nitrato foi previamente reduzido em uma coluna contendo grãos de cádmio; o método para fosfato inorgânico dissolvido e o silício reativo tem como base a reação do azul de molibdênio. Os pigmentos clorofilianos também foram determinados segundo o método descrito em APHA (1998). Todas as medidas das absorvâncias foram feitas em um espectrofotômetro. Para analisar a existência de diferenças significativas entre médias dos parâmetros avaliados entre as áreas amostradas foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney U, o nível de significância utilizado no trabalho foi de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 mostram a comparação dos diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados na área de tilapicultura em tanques-rede e nas áreas consideradas controle. Esta análise permite uma comparação das condições de qualidade das águas em uma área de criação intensiva com uma região do açude sob influência fluvial e, portanto influenciado por emissões de fontes naturais e atividades humanas localizadas na porção a montante do açude. A comparação com o ponto #2 permite uma análise de uma área com características típicas lacustres do açude Castanhão.

A comparação entre a área de piscicultura e o ponto sob influência fluvial indicou que as áreas só podem ser diferenciadas estatisticamente ( $P < 0,05$ ) para sílica dissolvida, clorofila *a* e contagem de



Tabela 1. Média ( $\pm$  desvio padrão) e faixa de variação dos valores de pH, condutividade, temperatura, disco de Secchi, oxigênio dissolvido na área de tilapicultura e em áreas do açude sob influência fluvial (#1) e com características lacustres.

Parâmetros	Piscicultura	#1 (fluvial)	#2 (açude)
Profundidade (m)	6,0	6,5	20
TSS ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,8 (1,7) 3,0-7,0	11 (9,6) 4,6 – 33	3,8 (2,3) 0,7 – 8,4
Condutividade ( $\text{ms cm}^{-1}$ )	230 (90) 130 – 280	230 (110) 130 – 350	230 (90) 130 – 280
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,4 (0,85) 27,40 – 29,37	29,2 (0,79) 28,34 – 30,25	29,9 (0,86) 28 – 30
Profundidade de Secchi (m)	1,5 (0,1) 1,4 – 1,7	1,3 (0,4) 0,7 – 1,5	1,9 (0,3) 1,6 – 2,3
O <sub>2</sub> .Dissolvido. ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,3 (0,58) 3,68 – 4,82	2,14 (1,69) 0,58 – 4,36	3,96 (2,19) 1,2 – 6,54
pH	7,52 (0,41) 7,1 – 7,9	7,11(0,50) 6,6 – 7,6	7,41 (0,24) 7,2 – 7,68

células fitoplanctônicas, embora estas diferenças estejam relacionadas às condições fluviais do #1 e não a fatores associados à tilapicultura. A comparação da condição de qualidade da água na área de piscicultura e na estação #2 foi estatisticamente similar a um nível de significância de 95%.

Tabela 2 Média ( $\pm$  desvio padrão) e faixa de variação das concentrações de parâmetros físico-químicos e biológicos na área de tilapicultura e em áreas do açude sob influência fluvial (#1) e com características lacustres.

Parâmetros	Piscicultura	#1 (Fluvial)	#2 (Açude)
Si ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,2 (0,55) 3,38 - 4,94	5,28 (0,63) 4,10 – 6,15	4,43 (0,64) 3,40 – 5,27
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,02 (-) 0,25-0,26	0,09 (0,09) 0,02 – 0,23	0,06 (0,03) 0,02 – 0,07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	< LD*	< LD*	< LD*
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,05 (-) 0,04-0,05	0,05 (0,01) 0,04 – 0,06	0,04 (0,00) 0,042 – 0,047
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,21 (0,06) 0,12-0,26	0,17 (0,03) 0,12 – 0,19	0,13 (0,01) 0,11 – 0,14
Chl a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	11,33 (3,66) 6,9-16,5	3,46 (1,51) 1,62 – 5,09	7,80 (4,97) 0,71 – 14,88
Contagem de células fitoplanctônicas (total de organismos/mL)	56.000 (7.800) 48.000-68.000	2.100 (3.000) 110 – 9.000	48.000 (26.000) 1.000 – 73.000
Principal Classe/espécie	Cyanophyceae <i>Planktolyngbya limnetica</i>	Bacillariophyceae <i>Ellerbeckia sp</i>	Cyanophyceae <i>Chroococcales 4</i>

\* concentrações menores que o limite de detecção (<LD).

Em outras áreas de estudo (Guo & Li, 2003; Alves & Baccarin, 1999) pode-se observar mudanças nas condições físicas, químicas e biológicas nas áreas de piscicultura comparadas com áreas controle, induzida pelas emissões excessivas de nutrientes via ração não incorporada e rejeitos metabólicos. O presente estudo indica uma tendência contrária provavelmente devido a um efeito de diluição baseado em um baixo tempo de residência que promove a renovação das águas reduzindo os efeitos provocados pelas perdas de ração, embora outros fatores como o manejo da atividade e fatores limnológicos possam explicar a ausência de impacto na área de tilapicultura.

## **CONCLUSÃO**

Embora preliminar, os resultados indicam que a tilapicultura realizada em Curupati-peixe não esteja modificando as condições de qualidade das águas representadas pelos parâmetros analisados.

## **REFERENCIA BIBLOGRÁFICAS**

- APHA (1998) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20ªed., APHA/AWWA/WEF. Washington, CD room
- ALVES, A.C.P.; Baccarin, A.E. (2006) Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. 2 ed, p. 329-347.
- GUO,L;LI,Z. (2003) Aquaculture, v.226, p. 201-212.
- PERH. 1992. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Plano Estadual de Recursos Hdricos . Fortaleza: SRH.



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

## VARIAÇÃO DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE PELO EMPREGO DO ALGORITMO SEBAL E IMAGEM LANDSAT 5-TM NA BACIA DO ACARAÚ – CE<sup>1</sup>

MEIRELES, M. <sup>2</sup>; SILVA, B. B. DA<sup>3</sup>; ANDRADE, E. M.<sup>4</sup>;  
MEIRELES, A. C. M.<sup>5</sup>, CHAVES, L.C. G.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Parte da dissertação do primeiro autor.

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, M. Sc. Irrigação e Drenagem,, Depto. Eng<sup>a</sup> Agrícola, CCA/UFC, Av. Mister Hull, s/n, Bloco 804, CEP: 60455-960, Fortaleza. (85) 33669762. e-mail: meirelesmm@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Dr., Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Ph.D., pesquisadora do CNPq, Prof<sup>a</sup>. Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE

<sup>5</sup>Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Dra., Depto de Engenharia Hidráulica e Ambiental, CT/UFC, Fortaleza, CE.

<sup>6</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação, M. Sc. Irrigação e Drenagem, bolsista FUNCAP, FUNCEME, Fortaleza, CE

**RESUMO:** O estudo objetivou estimar variação da taxa de energia, através do albedo de superfície, na bacia do Acaraú, Ceará. Para isso, utilizou-se imagem do satélite Landsat 5 datada de 01/09/2004, disponibilizada através do INPE. Esta imagem foi submetida, processada e empilhada pelo software Erdas IMAGINE 8.5 Demo. Em seguida aplicou-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) para gerar cartas de albedo ( $\alpha$ ). Pelos resultados obtidos constatou-se que os menores percentuais de albedo, que representa a energia refletida foram observados nas superfícies dos açudes, bem como os menores valores de saldo de radiação foram registrados nos pixels referentes à mineradora de granito, expressando a importância do albedo sobre o balanço de energia na superfície.

**Palavras chave:** Sensoriamento Remoto, SIG, Balanço de Energia

## ESTIMATION OF SURFACE ALBEDO VARIATION USING SEBAL ALGORITHM AND LANDSAT 5 THEMATIC MAPPER IN THE ACARAÚ BASIN, CEARÁ, BRAZIL

**ABSTRACT:** This work aimed to estimate the energy rate due to surface albedo of the Acaraú basin, Ceará, Brazil. It was used the LANDSAT 5 Thematic Mapper 30 m, resolution satellite image taken on 01 september 2004, obtained from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Satellite image was processed and piled up using Erdas IMAGINE 8.5 Demo. Albedo was estimated using SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) algorithm, which is based on energy balance between incoming and outgoing solar radiation. Results showed that the lowest albedo were registered in the reservoir surfaces. The lowest net radiation was registered in pixels that refers to granite mine. This factor shows the importance of the albedo for energy balance determination on the surface.

**Key-words:** Remote Sensing, GIS, Energy Balance

## INTRODUÇÃO

Por ser a fonte de energia responsável pela manutenção de quase todos os processos naturais, o monitoramento da radiação solar na superfície terrestre é de importância ímpar, sendo, portanto, de grande utilidade para a agricultura. Em anos recentes, vários autores têm investigado a possibilidade do uso de dados obtidos por satélites para estimar o balanço de radiação na superfície em uma escala regional (Silva et al., 2005; Nair et al., 2005; Oguntunde et al., 2006). Componentes do balanço de radiação como o albedo vem sendo empregado em estudos ambientais por pesquisadores como Nair et al., 2005; Moreira, 2003, uma vez que o mesmo permite a identificação e caracterização das alterações da superfície, quer pelos processos naturais ou antrópicos. Muitos algoritmos para estimativa dos componentes do balanço de energia na superfície com base em imagens de satélites foram desenvolvidos nos últimos anos. Entre eles pode-se citar o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), o qual foi desenvolvido por Bastiaanssen (Bastiaanssen et al., 2000). O referido modelo é um algoritmo semi-empírico através do qual o balanço de energia na superfície pode ser estimado com base em medições espectrais de satélites e dados meteorológicos locais (Weligepolage, 2005). A fração de energia solar de ondas curtas ( $0,3 < \lambda < 3,0 \mu\text{m}$ ) que é refletida expressa o albedo, sendo um dos fatores primários que determinam os processos ecológicos, bio-físicos e fisiológicos dos vegetais bem como o clima em escala pontual ou global (Tooming, 2002; Nair et al., 2005). Portanto, o mesmo pode ser usado como um indicador de tendências ou de mudanças climáticas dos ecossistemas. A importância do albedo em estudos de mudanças climáticas em regiões semi-áridas foram confirmadas por Qin et al., (2002) e Malek, E.; Bingham (1997). Tomando-se por base o emprego crescente do sensoriamento remoto nos recursos naturais, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de identificar mudanças nas taxas de energia em ondas curtas refletidas pela superfície, albedo de superfície, no terço médio da bacia do Acaraú. Para tanto, empregou-se o algoritmo SEBAL e imagem do satélite Landsat 5 (TM) para o ano de 2004.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao terço médio da bacia do Acaraú, a qual está inserida na região Norte do Ceará abrangendo uma área total de  $14.427 \text{ km}^2$ , sendo ampla em seu alto curso e estreitando-se na sua parte baixa. De acordo com a classificação de Köppen são observados dois tipos de clima predominante. Aw' (áreas próximas ao litoral e terço médio da bacia), tropical chuvoso com chuvas máximas no outono e BSw'h', semi-árido quente, típico do



Nordeste brasileiro encravado no polígono das secas. A precipitação média anual da região é de 800 mm enquanto que a média anual da evaporação medida no tanque classe A é 2000 mm. Na bacia do Acaraú, segundo o IPLANCE (1997) ocorrem, predominantemente, quatro tipos de solo: Argilossolo, Luvissolo, Neossolos, Flúvicos e Neossolo Litólico (Embrapa, 2006). Neste estudo foi utilizada imagem do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, adquirida junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com data de 01/09/2004 (dia Juliano = 244). A imagem corresponde à órbita/ponto 218/63, e a passagem do satélite ocorreu às 09 h e 45 min, horário local. Para manuseio e processos entre as bandas, o recorte, a classificação, as operações matemáticas, o realce e outras tarefas, empregou-se o software Erdas IMAGINE 8.5 versão Demo. Uma vez disponibilizados os dados referentes à imagem, aplicou-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) para estimativa do albedo de superfície na imagem estudada, utilizando a ferramenta Model Maker do Software Erdas IMAGINE 8.5 Demo. A elaboração das cartas de albedo foi composta pelas seguintes etapas: Calibração Radiométrica (carta de  $L\lambda_i$ ), Reflectância (carta de  $\rho\lambda_i$ ), Albedo planetário ( $\alpha_{toa}$ ) e Albedo da superfície ( $\alpha$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem da área estudada com os valores instantâneos do albedo de superfície pode ser vista na Figura 1. A cor azul, identifica os corpos que refletem entre 3 e 10% da energia incidente sobre eles. Estes corpos representam os reservatórios hídricos, representando 3% da área estudada. Este percentual foi subestimado, visto que nuvens cobriram o maior reservatório da bacia do Acaraú, o açude Paulo Sarasate (Araras Norte), localizado no quadrante esquerdo inferior da imagem. Em estudos realizados em áreas irrigadas (projeto Nilo Coelho) e parte da barragem de Sobradinho no Estado da Bahia, Silva et al. (2005) encontraram valores de albedo entre 9 e 12% para os corpos d'água. Valores menores registrados na bacia do Acaraú parecem ser decorrentes da época em que a imagem foi captada (setembro), correspondendo ao período seco da região, não havendo, portanto, aporte de águas novas (presença de material inorgânico em suspensão) para os açudes. Moreira (2003) afirma que os minerais inorgânicos, aumentam a reflectância da água, enquanto que a presença de matéria orgânica diminui.

Em torno de 43% da área analisada apresentou albedo entre 10 e 15%, que representa áreas irrigadas e as regiões que apresentam uma vegetação nativa mais densa. Os pixels destacados de cor amarela apresentaram albedo entre 20 e 25% e foram registrados na área que se encontra sobre a ação de nuvens ou solo sem cobertura vegetal. Os percentuais apresentados



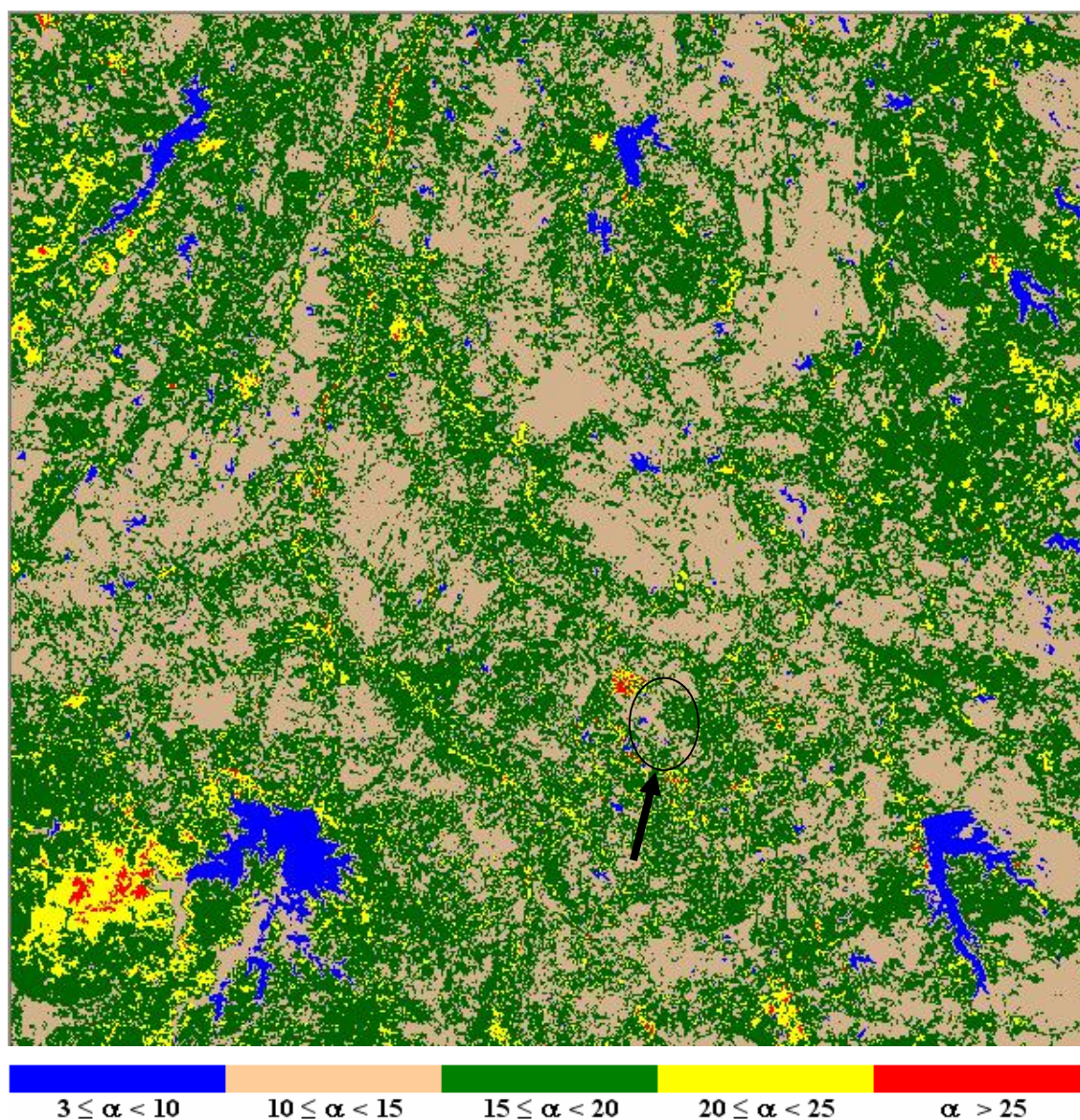


Figura 1. Mapa do albedo à superfície do solo no terço médio da bacia do Acaraú, Ceará. Data: 01/09/2004

por Ahrens (2005) para nuvens de baixa espessura confirmam os valores de albedo encontrado para as nuvens. Verifica-se, ainda, pixels de cor amarela ao longo dos leitos dos rios. Acredita-se que isto seja em decorrência dos leitos se encontrarem sem água. Nestes locais, mesmo sendo o rio perenizado artificialmente, as águas liberadas pelos reservatórios não são suficientes para promover um fluxo em toda a largura da calha do rio apresentando-se assim, com areia exposta.

Valores de albedo superiores a 25%, indicados pela cor vermelha, representam parte da nuvem e pontos onde a rocha se encontra exposta. A região indicada pela seta na Figura 1, registrou um dos albedos mais altos da imagem (40%). Este valor corresponde a uma mineradora de granito.



Em geral, o albedo para o dia analisado (01/09/2005) apresentou valores superiores àqueles identificados por Loescher et al. (2005) em estudo de evapotranspiração e dinâmica da energia em regiões úmidas de floresta tropical na Costa Rica. Porém, apresentou valores inferiores aos registrados por Qin et al. (2002) e Malek e Bingham (1997) em solos de regiões áridas.

## CONCLUSÕES

Os menores percentuais de energia refletida (albedo), observadas através do uso do modelo adotado, foram registrados nas superfícies líquidas dos açudes, enquanto os valores mais altos na imagem (albedo > 40%) corresponderam a uma mineradora de granito. Estas variações observadas com o uso do algoritmo SEBAL, expressam aplicabilidade do algoritmo na estimativa do albedo e permitem a identificação de alterações no uso dos recursos naturais existentes e que influenciam diretamente o balanço de energia na bacia estudada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, C. D., **Essentials of Meteorology - A Invitation to the Atmosphere**, 4ª edição, Thompson Brooks/Cole, 2005, 480 p, Capítulo 2 ( warming the earth and the atmosphere), p. 26-52, Belmont, Califórnia, USA.
- EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**, 2ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2006
- IPLANCE. Instituto de Planejamento do Ceará. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1997. CD-ROM, 1997.
- MALEK, E.; BINGHAM, G.E. Partitioning of radiation and energy balance components in an inhomogeneous desert valley. **Journal of Arid Environments**, p.193–207, 1997
- MARKHAM, B. L., BARKER, J. L. **Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances**. International Journal of Remote Sensing, v. 8, n. 3, p. 517-
- NAIR, U.S.; RAY, D. K.; WELCH, R. M.; PIELKE, R. A.; CHRISTOPHER, S. A. Use of MODIS derived broadband albedo in the RAMS. In: Conference on Hydrology, 19., 2005, San Diego. **Abstract...** San Diego: CA, USA, 2005, p.85
- OGUNTUNDE, P. G.; AJAYI, A. E.; GIESEN, N. V. Tillage and surface moisture effects on bare-soil albedo of a tropical loamysand. **Soil and Tillage Research**, v.85, n.1-2, Jan, p.107-114, 2006.
- QIN, Z.; BERLINER, P.; KARNIELI, A. Micrometeorological modeling to understand the thermal anomaly in the sand dunes across the Israel–Egypt border. **Journal of Arid Environments**, v.51, p.281–318, 2002.
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo em áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211, 2005.
- TOOMING, H. Dependence of global radiation on cloudiness and surface albedo in Tatu, Estonia, Theoretical Applied. **Climatology**, v.72 p.165–172, 2002.
- WELIGEPOLAGE, K., **Estimation of spatial and temporal distribution of evapotranspiration by satellite remote sensing – A case study in Hupselse Beek**, The Netherland, Tese de Mestrado, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, 114f, 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

## **PRODUÇÃO DE FITOMASSA DO ALGODÃO DE COR MARROM (BRS SAFIRA) EM FUNÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

**LACERDA, R. D. DE<sup>1</sup>; BARROS JÚNIOR, G.<sup>2</sup>; PEREIRA, J. S.<sup>3</sup>;  
GUERRA, H. O. C.<sup>4</sup>; CAVALCANTI, M. L. F.<sup>5</sup> & SILVA, L. A. DA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrícola. Doutorando em Engenharia Agrícola pela (UFCG). 58109-970, Campina Grande, PB. Fone (83) 3310-1285.  
E-mail: rogerio\_dl@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Agrícola pela (UFCG);

<sup>3</sup>Gaduanda em Engenharia Agrícola pela (UFCG);

<sup>4</sup>Prof. Doutor, Depto. de Engenharia agrícola, UFCG, Campina grande-PB;

<sup>5</sup> Prof. Dr. Departamento de Letras e Ciências Agrárias, UEPB, Campus IV

**RESUMO:** A cultivar de algodão BRS - SAFIRA, de cor marrom escura, reduz os custos de produção para a indústria têxtil e o lançamento de efluentes tóxicos. Extremamente produtiva, tem se tornando uma alternativa de geração de renda. A acidez, e a carência de fósforo no solo pode induzir a redução no consumo de água e de outros nutrientes. A ausência de informações ao respeito para esta cultivar, levou a condução deste trabalho, em casa de vegetação na Unidade Administrativa de Engenharia Agrícola da UFCG, entre fevereiro e março de 2006, mantendo-se até os 35 DAS em solos ácido e corrigidos, com e sem adição de fósforo, num delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, com quatro repetições. Estudou-se a área foliar (AF), a fitomassa da parte aérea (FPA) e razão de área foliar (RAF). Analisados estatisticamente os dados concluiu-se que a adição de fósforo ao solo e a correção da sua acidez apresentam-se como fatores de extrema relevância no desenvolvimento do algodão colorido, produzindo efeitos significativamente positivos na área foliar, fitomassa da parte aérea e a razão área foliar/fitomassa da parte aérea. Os efeitos da aplicação de fósforo foram mais relevantes que a correção da acidez.

**Palavras-chave:** algodão colorido, pH do solo, fósforo

## **OF PHYTOMASS PRODUCTION OF THE COTTON OF BROWN COLOR (BRS SAFIRA) IN FUNCTION OF ACIDITY AND OF FERTILIZER OF PHOSPHORUS**

**ABSTRACT:** The dark brown cotton BRS – SAPPHIRE cultivar reduces the production costs for the textile industry and the release of toxic effluents. Extremely productive, it is an excellent alternative of income generation. The acidity and lack of phosphorus of the soils reduces the water and nutrients absorption. Due to the scarce information on this respect, mainly on the initial stage of the plant growth, a study was conducted on a greenhouse of the Agriculture Engineering Academic Unit of UFCG, between



February and March of 2006. The experiment was conducted on randomized blocks on a 2 x 2 factorial statistical design having as treatments the acidity of the soil and the phosphorus application, with four replicates, totalizing 16 plots. After the experimental period, it was measured the aerial phytomass, the leaf area and the relation between the aerial phytomass and leaf area. It was found that the phosphorus application and soil acidity correction are very important factors on the initial growth of the colored cotton producing both positive and significant effects on the aerial phytomass, leaf area and leaf area/aerial phytomass relationship. The phosphorus application had a greater effect than the soil acidity correction..

**Key-words:** colored cotton, pH of the soil, phosphorus fertilization

## INTRODUÇÃO

Apesar da redução de área cultivada, a cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça latifolium Hutch.) no semi-árido nordestino foi e continua sendo uma das principais atividades, em especial para pequenos e médios produtores, com a região contando atualmente com 188.000 ha plantados, com plena possibilidade de crescimento através de programas de recuperação, novas áreas de pesquisa e diversos incentivos fiscais e econômicos. Neste aspecto tem merecido destaque o processo de melhoramento genético com algodão de fibra colorida, dentre os quais a cultivar a BRS - SAFIRA, de cor marrom escura e ciclo até a colheita de 140 dias, destinada preferencialmente a região nordeste por apresentar baixa incidência de doenças foliares e de solo e ser adaptada ao clima semi-árido, com rendimento médio próximo de 1.900 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço. Nos últimos anos, vários pesquisadores têm-se preocupado em verificar os efeitos do P (Silva et al., 1970, 1990; Cerqueira et al., 1982) citados por Staut & Athayde (1999) na produção de algodão em caroço e nas características agrônômicas do algodoeiro herbáceo, principalmente de fibra colorida, uma vez que os solos no Brasil são originalmente pobres neste elemento. Por outro lado, a literatura tem se referido a necessidade de correção da acidez dos solos para uma maior eficiência da absorção do fósforo incorporado aos mesmos, uma vez que pH muito baixo tornaria este elemento, mesmo presente, indisponível para as plantas.

Considerando-se estes aspectos e pela ausência de informações neste sentido para a cultivar em estudo, recém lançada no mercado, é que desenvolveu-se o presente trabalho, com objetivo de avaliar o comportamento desta cultivar, em sua fase inicial de crescimento, quando conduzida em solos com acidez presente, bem como sua resposta a adubação fosfatada no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG, Campina Grande, PB, no período de fevereiro a março de 2006, utilizando sementes da variedade CNPA 01-55 (BRS SAFIRA), fornecida pela EMBRAPA – CNPA. O delineamento

experimental utilizado foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial 2 x 2 (quadro 1), com quatro repetições, totalizando 16 parcelas.

Neste estudo, foram utilizados tubos de PVC com 15 cm de diâmetro, com capacidade para 3,0 l, os quais receberam uma tela no fundo para propiciar a drenagem quando necessária. O substrato utilizado foi um material de solo de textura franca, não salina, com as seguintes características químicas e físico-hídricas, obtidas conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1997), descritas no quadro 2.

Com base nos dados de análise de solo, no tratamento S2 procedeu-se à correção da acidez, adicionando-se 0,6 g de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por kg de solo, ao material já peneirado, ficando incubado por um período de 20 dias, tempo necessário para que ocorresse a neutralização da acidez do solo. A quantidade de hidróxido de cálcio foi calculada através do método de neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , proposto por Ribeiro et al. (1999). No tratamento com adição de fósforo, o quantitativo de 0,94 g de superfosfato triplo por kg de solo ocorreu de acordo com as recomendações de Novais (1991) para ambiente protegido. Após o solo ser previamente irrigado (elevou-se a capacidade de campo), realizou-se o semeio colocando-se duas sementes por vaso, de forma equidistante, a uma profundidade de aproximadamente 2 cm. Após o plantio até a germinação das sementes, fez-se irrigação a cada dois dias, utilizando-se 100 mL de água de forma a manter o substrato a região próxima as sementes com umidade suficiente para garantir a efetivação do processo.

Foi realizado desbaste aos 10 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por vaso. A coleta final se deu aos 35 DAS, onde se determinou a fitomassa da parte aérea (FPA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF). A fitomassa da parte aérea (FPA), foi obtida por secagem em estufa de circulação forçada de ar quente a 65 °C, até peso constante. A área foliar foi estudada a

Quadro 1. Distribuição do pH e da dosagem de fósforo que compõem os tratamentos

	pH		Fósforo
Solo ácido (S1)	4,9	Sem adição ( $\text{P}_0$ )	0
Solo corrigido (S2)	7,2	Com adição ( $\text{P}$ )	0,94 g de superfosfato triplo/kg de solo

Quadro 2. Características físico-químicas do solo utilizado como substrato.

Textura			Densidade		Conteúdo de água no solo							
Areia	Silte	Argila	Solo	Partículas	0,01 MPa	1,5 MPa	pH $\text{H}_2\text{O}$	P	K	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	M. O.
$\text{g kg}^{-1}$			$\text{kg dm}^{-3}$		$\text{g kg}^{-1}$			$\text{mg dm}^{-3}$		$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		$\text{g dm}^{-3}$
702,2	95,7	202,1	1,48	2,64	147,3	39,4	4,90	0,076	0,038	0,2	5,34	0,568

M. O. - Matéria orgânica.



partir de amostras de discos retirados de várias partes da folha, por meio de um perfurador com 20 mm de diâmetro, calculando-se pelo produto entre a área total dos discos e o peso seco total das folhas, dividido pelo peso médio dos discos, como se observa na equação  $AF\ (cm^2) = [Área\ do\ disco\ (cm^2) \times \text{Peso seco total das folhas (g)}] / \text{Peso médio dos discos (g)}$ . A partir dos dados de área foliar e fitomassa, determinou-se a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, de acordo com a equação  $RAF\ (cm^2\ g^{-1}) = AF\ (cm^2) / FPA\ (g)$ , descrita em Ferri (1985).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 2, constituído de um solo com dois pH's diferentes (ácido e corrigido) e adubação de fundação a base de fósforo (sem adição de fósforo e com adição de fósforo) com quatro repetições. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando a análise de variância (ANAVA), aplicando o teste de Tukey para a comparação das médias (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção de dados relativos ao crescimento de plantas é uma das premissas básicas para se ter confiabilidade na determinação de variáveis que expressem a variação em tamanho de algum aspecto da planta, principalmente no que se refere a sua fisiologia (Benicasa, 1988). Dentre os diversos parâmetros possíveis de serem mensurados, destacam-se a determinação da área foliar (AF), a fitomassa da parte aérea (FPA) e a razão de área foliar (RAF), cujos dados referentes aos 35 dias após o semeio, quando as plantas de algodão completaram aproximadamente 1/4 do seu ciclo, encontram-se na Tabela 01.

Analisando-se a Tabela 1, constata-se que a variável área foliar (AF) foi afetada significativamente tanto pela acidez do solo ( $p < 0,05$ ) quanto pelo fator adubação fosfatada ( $p < 0,01$ ), com o tratamento a base de fósforo (P) apresentando uma área foliar média de 331,01  $cm^2$ , contra 72,26  $cm^2$  produzida pelo tratamento que não recebeu este nutriente, ressaltando a importância do fósforo na fase inicial do ciclo vegetativo da cultivar, uma vez que a sua deficiência pode levar a um atraso no aparecimento das folhas, redução na taxa de expansão e na área foliar máxima (Colomb et al., 2000), o fósforo tornou-se indisponível sob a condição de acidez do solo, os óxidos de ferro da fração argila podem ter atuado para adsorver fortemente o fósforo em detrimento de outros nutrientes (Melo, 2005).

No que se refere a fitomassa da parte aérea (FPA), esta foi influenciada significativamente tanto pelo fator acidez do solo quanto para adubação fosfatada, com o fósforo (P) incorporado ao

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias para fitomassa da parte aérea (FPA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) em função dos tratamentos aplicados ao algodoeiro BRS-SAFIRA, ao final do experimento. Campina Grande, 2006.

Causa de variância	AF	Quadrado Médio FPA	RAF
Acidez do solo (S)	3029,1264 *	1,79038 **	300,3289 <sup>ns</sup>
Adubação fosfatada (P)	267803,6625 **	15,83085 **	6556,1409 **
Interação (S x P)	24859,0405 <sup>ns</sup>	0,00015 <sup>ns</sup>	14819,4102 <sup>ns</sup>
Resíduo	423,8634	0,07431	302,8912
CV (%)	10,21	16,11	16,20

	Médias		
Acidez do solo (S)	cm <sup>2</sup>	g	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
S <sub>1</sub> (pH 4,9)	187,87 b	1,3570 b	103,04 a
S <sub>2</sub> (pH 7,2)	215,39 a	2,0260 a	111,71 a
Adubação fosfatada (P)			
P <sub>0</sub> (sem adição)	72,26 b	0,6968 b	87,13 b
P (com adição)	331,01 a	2,6862 a	127,61 a
dms	22,41	0,29	18,95

(\*) (\*\*) Significativos a 0,05 e a 0,01 de probabilidade respectivamente; (ns) não significativo. Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

solo promovendo um incremento na FPA na ordem de 3,85 vezes do valor obtido para o tratamento sem fósforo (P<sub>0</sub>), conforme tendência já observada com relação a área foliar. Carneiro (2001) resalta que valores altos de RAF indicam que os produtos fotoassimilados estão sendo mais utilizados para formação do aparelho fotossintético em detrimento aos demais órgãos do vegetal.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada aplicada ao solo e a correção da sua acidez apresentam-se como fatores de importância relevante no desenvolvimento do algodão colorido, produzindo efeitos significativamente positivos na área foliar, fitomassa e razão área foliar/fitomassa. Os efeitos da aplicação de fósforo foram mais relevantes que a correção da acidez.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988.
- CARNEIRO, P.T. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade. Campina Grande, UFPB, 2001. 84p. Dissertação Mestrado.
- COLOMB, B.; KINIRY, J.R.; DEBAEKE, P. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. **Agronomy Journal**, v.92, p.428-35, 2000.



EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia**. 3 ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.

MELO, S. P. de. Silício e fósforo para estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo. Piracicaba, ESALQ, 2005. 110 p. Tese de Doutorado.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo**. Brasília: EMBRAPA. 1991. 392 p. (EMBRAPA – SEA. Documentos, 3).

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG. 1999. 359p.:il.

STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agronômicas do algodoeiro herbáceo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34,n.10, p.1839-1843, 1999.



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

## ARTIGO TÉCNICO

### MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DE POÇOS DA ZONA RURAL DO BARRO-CE

ARAÚJO, F.F.DE<sup>1</sup>; SILVA, D.G. DA<sup>1</sup>; CARDOSO, P. H. G. <sup>1</sup>;  
BATISTA, M. S. C. <sup>1</sup> & SILVA, M. DE F.S. DA <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Recursos Hídricos / Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri, Juazeiro do Norte-CE. Fone (88)92340865. e-mail: nandinhafigueiras@hotmail.com

**RESUMO** A água subterrânea vem sendo utilizada para consumo humano, sem que se leve em consideração a sua qualidade microbiológica e físico-química, principalmente em comunidades da zona rural que não tem conhecimento da importância de seu tratamento para a saúde. Diante dessa realidade, esse trabalho trata de uma proposta de monitoramento físico-químico e microbiológico da água dos poços de abastecimento da zona rural da cidade de Barro-CE durante um período de 12(meses), onde serão analisados parâmetros de aceitação para consumo humano como alcalinidade, cloreto, cor, dureza, pH, turbidez, nitrato, ferro, nitrogênio amoniacal (amônia) e sólidos totais dissolvidos e análise do N.M.P. coli total/fecal (técnica dos tubos múltiplos). O conhecimento da qualidade da água consumida nessas comunidades é de grande relevância, pois, fornecerá subsídios aos gestores municipais na tomada de decisões para o planejamento e execução de programas de saúde pública na região.

**Palavras chave:** Qualidade, Água, consumo humano.

### MONITORAMENTO PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL OF THE WELLS OF THE RURAL ZONE FROM BARRO-CE

**ABSTRACT:** The subterranean water is being to use to human consumption, without that it light into consideration the quality microbiological and physical-chemical, chiefly in rural communities that they don't have knowledge of the importance of the treatment for the to your health. Foremost of that actuality, that work boards a proposal of the monitoramento physical-chemical and microbiological from the water of the wells as of supply from the rural zone from the city as of Barro-Ce during twelve months where it'llbe to test control information to human consumption as alkalinity, chlorides, color, hardness, pH, turbidity, nitrate, iron, nitrogen amoniacal and total dissolved solids and test of the M.P.N. total/fecal coliforms. The knowledge from the quality from the water in those communities is of relevance ample and it'll furnish subsidy to the handlers municipal at the decision marking for its, the planejamento and execution as of programmes as of health public in the region.

**Key-words:** Quality, water, human consumption



## INTRODUÇÃO

Entre os recursos que o homem dispõe, a água é um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. É correto afirmar que água e a saúde da população estão totalmente interligadas, tendo em vista que a disponibilidade da água de qualidade é exigência requerida e indispensável para a vida humana. A água potável pode ser definida como água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereçam risco a saúde (Soto et al., 2006). A importância dessa definição reveste-se pelo fato que a água pode ser um importante veiculador de doenças de causa infecciosa ou não, prejudicando direta e indiretamente a qualidade de vida das pessoas.

A qualidade da água é vulnerável a condições ambientais a qual está exposta e, portanto, na maioria das vezes é necessário um tratamento para torná-la potável, tratamento este que não é feito na maioria das comunidades rurais, sendo consumida água in natura ocasionando problemas de saúde pública, como a elevação da mortalidade infantil e outros agravos relacionados à qualidade microbiológica da água como diarreias de origem bacterianas e da qualidade físico-química relacionados a fatores de risco como a presença de contaminantes, localização e conservação inadequada dos poços. Segundo a organização Mundial da Saúde todas as pessoas têm o direito de ter acesso ao suprimento adequado de água potável, livre de contaminantes químicos e biológicos, devendo se ter um efetivo controle de qualidade desse recurso através de monitoramento periódico da sua qualidade.

Indubitavelmente a garantia de água potável constitui-se em ação eficaz de prevenção de doenças causadas pela água, sendo de grande relevância o monitoramento das fontes subterrâneas de abastecimento em comunidades rurais que desconhecem a importância da água como veículos transmissor de agravos a saúde. O presente trabalho trata-se de uma proposta de monitoramento da água que tem como objetivo central conhecer a qualidade da água do manancial subterrâneo que vem sendo utilizado para consumo humano em diversos pontos da zona rural da cidade do Barro - CE, através da análise de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, comparando-se os resultados encontrados com a portaria do Ministério da Saúde 518/2004 que regula os padrões de potabilidade da água para o consumo humano.

Tendo em vista a grande quantidade de poços superficiais para a captação de água subterrânea seja para consumo humano ou para irrigação e a existência elevada de fossas, a realização desse trabalho justifica-se devido à possibilidade de infiltrações e contaminações desses poços por microrganismos e substâncias químicas nocivas a saúde.



## **DESCRIÇÃO DO ASSUNTO**

### **Área de desenvolvimento**

A pesquisa será desenvolvida na zona rural da cidade de Barro – CE distante da capital 381,0 km, com Latitude de 7° 10'36'' e Longitude de 38° 46' 54'' localizado ao sul do Ceará, tendo como municípios limítrofes Aurora ao Norte, ao Sul Milagres e Mauriti, ao Leste Estado da Paraíba e Mauriti e a Oeste com os municípios de Milagres e Aurora. O município conta com 2.709 domicílios na zona urbana e 2.058 na zona rural. Possui 07 (sete) distritos totalizando uma população de 11.052. (IPECE, 2004). A metodologia aplicada para o desenvolvimento do projeto será dividido em 02 (duas) etapas facilitando sua execução.

#### **ETAPA 01**

Integra basicamente estudos iniciais de reconhecimento de campo que contemplará o cadastramento das fontes de abastecimento por água subterrâneas em todos os distritos da cidade com marcação das suas coordenadas geográficas com GPS, caracterização do poço (vazão, profundidade), instalações, captação da água e seu respectivo uso. Todas as informações obtidas serão analisadas com estudo estatístico, possibilitando a formação de um banco de dados e elaboração dos mapas, tabelas e gráficos.

#### **ETAPA 02**

Após o cadastramento serão escolhidos no mínimo 03(três) poços por distrito para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água. As coletas serão realizadas mensalmente direto da boca do poço ou na existência de bomba será coletada diretamente da saída da bomba, após deixar a água escorrer cerca de 05 (cinco) minutos, sendo transportadas para os Laboratórios de Análises Físico-químicas de Água e Efluente (LAE) e para o Laboratório de Análises Microbiológicas de Água e Efluente (LAME) da Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri durante um período de 12 (doze) meses. Para a análise Físico-química serão pesquisados parâmetros de aceitação para consumo humano: alcalinidade, cloreto, cor, dureza, pH, turbidez, nitrato, ferro, nitrogênio amoniacal (amônia) e sólidos totais dissolvidos. Os métodos analíticos seguirão as recomendações de APHA et al. (1998). As amostras destinadas às análises microbiológicas serão submetidas à técnica dos Tubos Múltiplos para análise do N.M.P. coli total/fecal através dos testes presuntivo, confirmativo e *Escherichia coli*.

## **CONCLUSÕES**

Ao se identificar as condições dos poços e a qualidade da água subterrânea que esta sendo consumida por as comunidades rurais da cidade do Barro-CE, acredita-se que tais informações



oferecerão subsídios e orientação à comunidade e aos gestores governamentais na tomada de decisões para o planejamento, execução e gestão dos programas que lidam com a qualidade da água subterrânea do município, bem como, criar estratégias que fortaleçam a saúde pública, diminuindo a procura da população aos programas assistenciais de saúde, que é precário, não só na região mais em todo o país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

APHA – AWWA – WEF (1998). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18<sup>th</sup> edition. American Public Health Association, American water works Association and water Environment Federation, Washington, D. C

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal-Barro. Fortaleza-CE, 2004. Disponível em [www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfilbasico/pbm2004\\_PDF/barro.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfilbasico/pbm2004_PDF/barro.pdf). Acesso em 14 ago. 2007.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Guia para a qualidade da água potável**. Genebra, 2<sup>o</sup> ed., p. 195, 1995.

SOTO, F.R.M., FONSECA, Y.S.K., RISSETO, M.R., AZEVEDO, S. S., ARINI, M.de L.B., RIBAS, M.A., MOURA, C.R.V., MARCHETTE, D.S. Monitoramento da qualidade da água de poços rasos de escolas públicas da zona rural do Município de Ibiúna/ SP: parâmetros microbiológicos, físico-químicos e fatores de risco ambiental. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 65(2), p. 106-111, 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

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VELHO - QUIXERÉ - CEARÁ - BRASIL

RIBEIRO. M.A.<sup>1</sup>; OLIVEIRA.C. M.N.<sup>1</sup>; ANDRADE, J. H. R.<sup>1</sup> & FERREIRA. L M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduando do curso de saneamento ambiental da Faculdade de tecnologia Centec – Limoeiro do Norte –Ce; e-mail: mislene\_centec@yahoo.com.br. Quixeré,Ce. Fone (88) 9602 4565.

**RESUMO:** A água é um elemento essencial na vida dos seres vivos, dessa forma para que possa ser utilizada é necessário que atenda aos padrões estabelecidos por lei, conforme o uso que será feito da mesma. Este trabalho estuda a qualidade da água do rio Velho localizado na cidade de Quixeré, no que diz respeito à balneabilidade e a potabilidade, tendo em vista que o rio é utilizado para diversos usos e o mesmo recebe lançamento de esgotos ao longo de seu curso. São apresentados resultados de análises realizadas no Laboratório de Análises de Água e Efluentes da FATEC - Limoeiro do Norte, feitas no período de novembro de 2006 e agosto de 2007. Concluiu-se que a água do rio é insatisfatória para consumo humano e própria para balneabilidade, porém com restrições.

**Palavras chave:** potabilidade, balneabilidade, análises laboratoriais.

## OLD RIVER WATER QUALITY EVALUATION – QUIXERÉ – CEARÁ – BRAZIL

**ABSTRACT:** The water is an essential element in the life of the beings living creature, it's necessary that the water comply the standards established by law so it can be used. The general objective of this work was to evaluate the quality of the water of the located old river in the city of Quixeré, checking the conditions as of washing and drinking water, in view of that the river is used for many customs and it receives launching from sewer throughout its course. They are presented results of analyses carried through in the Laboratory of Effluent water analyses of the FATEC – Limoeiro do Norte, that had been carried through in period of November/2006 to August /2007. There were restrictions for human consumption, however the water is appropriate for bath and laundering.

**Keywords:** drinking water, washing water, sewer.



## INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados. Fundamental para a existência e a manutenção da vida, para isso, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (Braga et al., 2005). A preocupação com a qualidade da água é relativamente recente. Os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam com maior ênfase o aspecto quantitativo, procurando garantir as vazões necessárias aos diversos usos previstos para os mesmos (Mota, 1995).

O ser humano tem usado a água não apenas para garantir suas necessidades básicas, mas também para outros fins, como: recreação, irrigação, navegação, abastecimento humano e industrial, dentre outras atividades. Praticamente, todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos que se não convenientemente tratados e incorporados aos recursos hídricos causam sua poluição e acarretam sérios agravos à saúde.

No Brasil, a maioria das internações hospitalares estão relacionadas às deficiências do saneamento básico, que geram outras conseqüências de impactos extremamente negativos para a qualidade e a expectativa de vida da população. Estudos indicam que cerca de 90% dessas doenças se devem a ausência de água em quantidade ou qualidade satisfatória para consumo. Em muitas localidades brasileiras tem sido comum a distribuição de água que não atende ao padrão de potabilidade vigente no país.

Dependendo de seus usos, estabeleceu-se padrões de qualidade e a classificação dos corpos hídricos. A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, classifica os mananciais superficiais e estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. Quanto aos usos, tem-se, de maior relevância para este trabalho, a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004, padrões de potabilidade e qualidade da água para consumo humano e a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade. Tendo em vista a importância de se estudar a qualidade da água dos mananciais decidiu-se analisar a situação da água do Rio Velho que possui uma extensão de 11 km e está localizado na cidade de Quixeré.

O município fica a 162 km da capital do estado, tem aproximadamente 19.000 mil habitantes, sendo 65% residente na zona urbana (IBGE, 2003) é abastecido por águas de poços e não possui nenhum sistema para tratamento dos esgotos domiciliares. Dessa forma, grande parte das águas servidas é lançada diretamente no rio que também recebe os resíduos líquidos do matadouro, do hospital público e os dejetos das residências mais próximas. Portanto, tem-se como objetivo avaliar a qualidade de sua água através de análises físico-químicas e

microbiológicas comparando com a Portaria nº 518, e as Resoluções nº 274 e 357, pois na zona rural o Rio Velho, ainda é utilizado para balneabilidade, consumo humano e animal.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada na cidade de Quixeré, localizada a 5° 04'27" de latitude e 37°59'19" de longitude, na região leste do estado do Ceará. O trabalho desenvolveu-se a partir da coleta de amostras ao longo do percurso de 11 km do rio, em cinco pontos estratégicos, ou seja, aqueles que apresentavam as piores condições, como: forte odor de esgoto, elevada quantidade de macrófitas, maior assoreamento e os mais próximos da cidade que recebem as águas servidas e os dejetos. As amostras foram coletadas em dois períodos distintos, em novembro de 2006 e agosto de 2007 e passaram por análises físico-químicas (pH, cor, turbidez, cloretos, dureza, condutividade elétrica, nitrito, ortofosfato) e microbiológica (coliformes fecais). As análises de água foram realizadas no Laboratório de Análises de Água e Efluentes da FATEC- Limoeiro do Norte, adotando-se os procedimentos padrões (Standard Methods for The Examination of the Water and Waster Water, 20 th edition, 1998, APHA AWWA, WPCF).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentadas a seguir, mostram os resultados da pesquisa, a partir das análises da água, sendo mostrados os dados encontrados nos dois períodos de pesquisa para se estabelecer comparações entre os mesmos.

Neste ponto verificou-se uma acentuada variação na cor entre os dois períodos. Isso se deve ao fato de no mês de novembro de 2006 haver uma maior vazão e em agosto de 2007, como o rio se encontrava com uma maior vazão, as partículas dissolvidas e em suspensão estavam mais concentradas, aumentando também o valor da turbidez.

Nesse caso houve uma diminuição significativa no número de coliformes, isso provavelmente ocorreu devido a presença de aguapés, que funcionam como filtro de matéria orgânica.

A variação de coliformes é justificada pelo fato de nesse ponto haver um maior número de lançamentos de esgotos.

Concluiu-se que a variação de coliformes no ponto 4 se deu pelo mesmo motivo citado anteriormente no ponto 3.

Neste ponto os resultados das análises não apresentaram variância significativa, por ser um ponto onde não há despejo de esgoto.



Tabela 1: PONTO 1- Trecho final do Rio Velho, na comunidade de Alto do Bagre

PARÂMETROS	RESULTADOS NOV / 2006	RESULTADOS AGO / 2007
Cor	100 UH	400 UH
Turbidez	9,604 UT	136 UT
Condutividade elétrica	0,340 S/cm	0,490 S/cm
pH	7,62	7,91
Cloretos	38,95 mg/l Cl <sup>-</sup>	70,84 mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza	144,84mg/l CaCo <sub>3</sub>	144 mg/l CaCo <sub>3</sub>
Nitrito	0,04 mg/l	0,0134 mg/l
Ortofosfato	0,18 mg/l	0,04 mg/l
Coliformes fecais	30	23

Tabela 2: PONTO 2 – Na comunidade de Boqueirão, ponto crítico do rio, pois nesse trecho são encontrados poços dentro do rio e grandes quantidades de aguapés

PARÂMETROS	RESULTADOS NOV / 2006	RESULTADOS AGO / 2007
Cor	20 UH	10 UH
Turbidez	0,282 UT	2,55 UT
Condutividade elétrica	0,266 S/cm	0,370 S/cm
pH	7,15	7,12
Cloretos	23,75 mg/l Cl <sup>-</sup>	44,16 mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza	97,92mg/l CaCo <sub>3</sub>	112 mg/l CaCo <sub>3</sub>
Nitrito	0,01 mg/l	0,0035 mg/l
Ortofosfato	0,09 mg/l	0,04 mg/l
Coliformes fecais	1.600	48

Tabela 3: PONTO 3 – Nesse ponto o espelho d'água está coberto por aguapés que atingem aproximadamente 1 m de comprimento, aí também verificou-se um forte mau cheiro e a presença de entulhos de construção civil dentro do rio

PARÂMETROS	RESULTADOS NOV / 2006	RESULTADOS AGO / 2007
Cor	10 UH	20 UH
Turbidez	0,224 UT	3,018 UT
Condutividade elétrica	0,237 S/cm	0,306 S/cm
pH	7,37	7,33
Cloretos	20,90 mg/l Cl <sup>-</sup>	44,16 mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza	87,72mg/l CaCo <sub>3</sub>	80 mg/l CaCo <sub>3</sub>
Nitrito	0,01 mg/l	0,0078 mg/l
Ortofosfato	0,06 mg/l	0,04 mg/l
Coliformes fecais	100	278

Tabela 4: PONTO 4 – Este ponto recebe contribuição dos esgotos oriundos de algumas ruas da cidade e do bairro Pontal

PARÂMETROS	RESULTADOS NOV / 2006	RESULTADOS AGO / 2007
Cor	30 UH	40 UH
Turbidez	1, 743 UT	15,6 UT
Condutividade elétrica	0, 267 S/cm	0, 427 S/cm
pH	7,77	7,63
Cloretos	29,45 mg/l Cl <sup>-</sup>	55,20 mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza	93,84mg/l CaCo3	92 mg/l CaCo3
Nitrito	0,04 mg/l	0,0416 mg/l
Ortofosfato	0,13 mg/l	0,09 mg/l
Coliformes fecais	170	542

Tabela 5: PONTO 5 – Situado na Barragem do Rio Quixeré, local de recreação, sendo utilizado para consumo animal e para a lavagem de veículos

PARÂMETROS	RESULTADOS NOV / 2006	RESULTADOS AGO / 2007
Cor	20 UH	30 UH
Turbidez	2,673 UT	7,65 UT
Condutividade elétrica	0, 237 S/cm	0, 361 S/cm
pH	8, 06	8,60
Cloretos	25,65 mg/l Cl <sup>-</sup>	35,88 mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza	83,64mg/l CaCo3	80 mg/l CaCo3
Nitrito	0,16 mg/l	0,0054 mg/l
Ortofosfato	0,06 mg/l	0,02 mg/l
Coliformes fecais	110	40

Com base nos estudos realizados, concluiu-se que há lançamento de esgotos no rio, tornando esta água imprópria para consumo humano. Visualmente isto pode ser comprovado pela presença de aguapés em grande quantidade ao longo do curso do rio, fator que contribui para a diminuição da diversidade da fauna aquática no manancial hídrico. Quanto a balneabilidade a água está de acordo com o estabelecido pela resolução CONAMA nº 274, com exceção do PONTO 2 em novembro de 2006 que apresentava uma quantidade de 1600 coliformes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOTA, S. **Preservação e Conservação dos Recursos Hídricos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 200 p.
- BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**; 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000.
- PORTARIA nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Disponível em: [www.ibge.org.br](http://www.ibge.org.br), acessado em: 08/08/2007



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

## **VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DE FRUTOS EM BANANEIRA PACOVAN SUBMETIDA À TRÊS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA CHAPADA DO APODI – LIMOEIRO DO NORTE-CE**

**MOREIRA, F. V. de. O.<sup>1</sup>; COSTA, S. C.<sup>2</sup>; SOUSA, G. A. R.<sup>3</sup> & MURAKAMI, K. R. N.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Tecnóloga em Recursos Hídricos/Irrigação, Pesquisadora em Ciências Agronômicas, FRUTACOR/Razão social João Teixeira Júnior, Caixa Postal 23, CEP 62930-000, Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte, CE. Fone : (88)3447 3074. E-mail: vaniafrutacor@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Engº Agrº, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa, MG.

<sup>3</sup>Tecnóloga em Recursos Hídricos/Irrigação, FRUTACOR

<sup>4</sup>Engº Agrº - UENF/Campos dos Goytacazes-RJ

**RESUMO:** O propósito deste trabalho foi avaliar o efeito na qualidade dos frutos da bananeira pacovan (var. SH3640) submetida a três espaçamentos diferentes respectivamente (1,6 x 2,0 x 4,0m), (1,8 x 2,0 x 4,0m) e (2,0 x 2,0 x 4,0m). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com três tratamentos e cinco repetições. As variáveis medidas foram os parâmetros físicos de peso do cacho, peso da penca central, diâmetro e comprimento de frutos, e químicos de sólidos solúveis totais dos frutos. Os dados foram obtidos a partir da colheita do primeiro cacho do experimento, em dezembro de 2006. Os espaçamentos diferenciados produziram efeito significativo nos parâmetros de peso do cacho, peso da penca central, comprimento de fruto e sólidos solúveis totais.

**Palavras-chave:** Espaçamento, qualidade de fruto, irrigação.

### **PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETER VARIATION OF FRUITS FOR BANANA ‘PACOVAN’ SUBMITTED TO DIFFERENT SPACINGS AT CHAPADA DO APODI – LIMOEIRO DO NORTE-CE - BRASIL**

**ABSTRACT:** An experiment with the cultivar ‘Pacovan’ (var. SH3640) was carried out with the aim to evaluate the effect of three different spacings (1,6 x 2,0 x 4,0m), (1,8 x 2,0 x 4,0m) and (2,0 x 2,0 x 4,0m) between plants in the fruits quality. The statistical design was completely randomized, with three treatments and five repetitions. The measured variables had been to parameter them bunch weight (kg), the average diameter (mm) and the average length (cm) of group fruits localized in central bunch and chemists of total solids soluble. The data had been gotten from the harvest of the first bunch of the experiment, in December of 2006. The treatments has significant effect to bunch weight (kg), length of fruits (cm), weight of fruits localized in central bunch and total solids soluble.

**Key-words:** Spacing, Quality of fruits, Irrigation



## INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das atividades econômica em ascensão no Brasil. Hoje, muitos já apontam o Brasil como o maior produtor de frutas tropicais do mundo, devido ao incentivo do governo e a excelente localização geográfica que proporciona boas condições climáticas, além de favoráveis características de solo e disponibilidade hídrica.

A cultura da banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas e consumidas no Brasil e a terceira posição em área colhida, sendo o Nordeste a maior produtora.

Apesar deste volume de produção, a bananicultura brasileira apresenta vários problemas que redundam em baixa produtividade média anual e baixa qualidade do fruto. Dentre os maiores problemas, Vieira (2005) destaca o modelo de cultivo tradicional, com baixos índices de capitalização e tecnologia e, principalmente, o manejo inadequado do sistema solo-água-planta, refletindo diretamente na qualidade da irrigação e no equilíbrio nutricional da planta.

A maioria dos trabalhos sobre densidade de plantio e espaçamento foi realizada em outros países, sobretudo da América Latina e África. Tézenas du Montcel (1987) recomenda, para os países africanos, densidades que vão de 1.500 até 3.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , dependendo do tipo de "plátano" cultivado. O espaçamento pode variar de 2,0 x 1,8 m até 3,0 x 2,0 m, sendo usado o sistema tradicional de condução de touceiras. Añez et al. (1991) testaram na Venezuela 11 diferentes distâncias de plantio e concluíram que os rendimentos do "plátano" 'Hartón' aumentaram proporcionalmente com o aumento das distâncias. Na Colômbia, Belalcazar Carvajal et al. (1994a, 1994b) constataram que, para o "plátano" 'Dominico Hartón', o espaçamento de 3,0 x 2,0 m, e a densidade de 1.666 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , com um rebento por touceira em explorações perenes, ou as altas densidades no mesmo espaçamento (3.332 e 4.490 plantas  $\text{ha}^{-1}$  com duas e três plantas por touceira, respectivamente), em explorações anuais, são as mais recomendadas para obtenção de elevadas produções. No Brasil, em ensaio para definição de espaçamento, adubação e calagem da planta-mãe da bananeira-'Comprida Verdadeira', Cavalcante et al. (1981) encontraram melhores resultados na distância de 3,0 x 2,0 m, entre três espaçamentos testados (3,0 x 2,0 a 4,0 m). Alves & Oliveira (1999) recomendam densidades de 1.111 a 3.333 plantas  $\text{ha}^{-1}$  para as cultivares Terra e Maranhão, e 1.666 a 4.998 plantas  $\text{ha}^{-1}$  para 'd'Angola' e 'Terrinha', com dois seguidores.

O presente estudo objetivou definir o espaçamento mais adequado para a obtenção de ganho na qualidade de frutos da bananeira pacovan e conseqüentemente maior produtividade.



## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na empresa FRUTACOR - Produção e comercialização de frutas, situada no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (DIJA) Limoeiro do Norte, Ceará. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSw'h' com os seguintes valores médios anuais: precipitação, 772 mm, bastante irregular; temperatura, 28,5°C; umidade relativa, 62%; insolação, 3.030 horas ano<sup>-1</sup>. O solo apresenta textura franco-argilo, relevo uniforme, plano e declividade muito suave (Bastos, 2004). O mesmo pertence à ordem dos Cambissolos, subordem Cambissolo Háptico, derivado de rochas calcárias, formação Jandaíra.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições, utilizando-se a cultura da banana pacovan (var. SH3640). O tratamento 01(1,6 x 2,0 x 4,0 m) foi com o espaçamento de 1,6m entre plantas em que cada planta ocupa uma área de 4,8 m<sup>2</sup> tendo um stand de 2083 plantas por hectare, o tratamento 02(1,8 x 2,0 x 4,0m) com o espaçamento de 1,8m, com uma área de 5,4 m<sup>2</sup> por planta e com 1851 plantas por hectare, já o tratamento 03(2,0 x 2,0 x 4,0m) com espaçamento de 2,0 m entre plantas ocupando uma área de 6 m<sup>2</sup> cada planta e com uma população de 1666 plantas por hectare.

A lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da evapotranspiração da cultura, via lisímetro de drenagem em todos os tratamentos.

Os trabalhos de implantação do bananal foram iniciados em março de 2006, conforme o padrão da região (adubação orgânica na fundação + MAP + FTE). O plantio foi no sistema de fileiras duplas com duas linhas laterais com gotejadores por fileira dupla de planta. A primeira colheita foi concluída em dezembro de 2006. As adubações (uréia, potássio e magnésio) foram semanais e tiveram início a partir do segundo mês do plantio.

A coleta de dados foi realizada durante a colheita do primeiro cacho da cultura e os parâmetros analisados foram oriundos de medições de peso do cacho, peso da penca central, diâmetro, comprimento de frutos e químicos de sólidos solúveis totais dos frutos da penca central do cacho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 01, todos os parâmetros avaliados físicos e químicos com exceção do diâmetro do fruto, mostraram que houve efeito significativo em relação ao espaçamento utilizado.

Para o peso do cacho, constatou-se grande variação entre os valores obtidos, mostrando que os tratamentos utilizados tiveram influência no parâmetro. O tratamento 02 (espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m) obteve maior destaque. Podendo atingir uma produtividade média de 62t ha<sup>-1</sup>,

Tabela 01 – Parâmetros físicos e químicos dos frutos da 4ª. penca do cacho da bananeira pacovan, em função dos diferentes espaçamentos, cultivados no Distrito de Irrigação Jaguaribe Apodi, DIJA, Limoeiro do Norte, Ceará, 2006

Tratamento	PC	PPC	DMF	CMF	SST
Trat 01 - ( 1,6m )	29,37 a	3,78 a	40,00 a	21,25 a	19,37 a
Trat 02 - ( 1,8m )	33,50 b	3,92 a	40,48 a	22,75 ab	20,25 b
Trat 03 - ( 2,0m )	24,42 c	2,85 b	38,60 a	21,66 b	21,21 b
<b>Média</b>	<b>29,10</b>	<b>3,52</b>	<b>39,69</b>	<b>21,89</b>	<b>20,28</b>
<b>CV (%)</b>	<b>18,96</b>	<b>19,2</b>	<b>2,88</b>	<b>4,95</b>	<b>5,52</b>

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, não diferem entre si (Tukey a 5%). Onde: PC – Peso do cacho sem engaço (kg), PPC - Peso da penca central do cacho (kg), DMF - Diâmetro médio do fruto da penca central do cacho (mm), CMF – Comprimento médio do fruto da penca central do cacho (cm) e SST – Sólidos Solúveis Totais ( Grau Brix °).

enquanto que o tratamento 01(espaçamento 1,6 x 2,0 x 4,0 m) com 61t ha<sup>-1</sup> e o tratamento 03(espaçamento 2,0 x 2,0 x 4,0 m) apenas 40 t ha<sup>-1</sup>.

O peso da penca central teve efeito significativo entre os tratamento tendo destaque o tratamento 02(espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m). Já o diâmetro do fruto, não se diferenciou em relação ao tratamento adotado, apesar dos maiores valores absolutos apresentados pelo tratamento 02(espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m).

No comprimento médio do fruto foi observada variação entre os tratamentos, mostrando superioridade no tratamento 02(espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m).

O parâmetro de sólidos solúveis totais teve efeito significativo entre os tratamentos avaliados, porém os tratamentos 01 (espaçamento 1,6 x 2,0 x 4,0 m) e 02 (espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m) não diferiram estatisticamente.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se verificar que o tratamento 02 (espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m), diferenciou significativamente dos demais tratamentos em todos os parâmetros físicos avaliados. Com relação ao parâmetros sólidos solúveis totais o tratamento 03 (espaçamento 2,0 x 2,0 x 4,0 m) mostrou uma pequena superioridade em valores absolutos do tratamento 02 (espaçamento 1,8 x 2,0 x 4,0 m).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÑEZ, B.; TAVIRA, E.; SALAS, J.A. Efecto de la distancia entre hileras sobre la producción de plátano. In: REUNIÓN DE LA ACORBAT, 9., 1989, Mérida, Venezuela. **Memorias...** Maracaibo: ACORBAT, 1991. p. 457-471.



- ALVES, E.J.; OLIVEIRA, M. A. de. Planejamento de um plantio comercial. In: ALVES, E.J. (Coord.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI/ Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1999. p. 261-290.
- BELALCAZAR CARVAJAL, S.; VALENCIA M., J.A.; ARCILA P., M.I. Estudio sobre las densidades de población em plátano clon Dominico-Hartón (*Musa* AAB, Simmonds) en Colombia. In: REUNIÓN DE LA ACORBAT, 10., 1991, Villahermosa, Mexico. **Memorias...** San José de Costa Rica: CORBANA, 1994a. p. 535-548.
- BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A. da; OLIVEIRA, S.L. de. Adubação nitrogenada e potássica para bananeira cv. 'Prata Anã': produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, p.179-184, 1997.
- CAVALCANTE, A.T.; MOURA, R.J.M. de; MAAZE, U.C.; REIS, O.V. dos. **Efeito de espaçamento, adubação e calagem em bananeira-Comprida (planta-mãe)**. Atuação do IPA no âmbito do Pólo Nordeste. Recife, PE: IPA, 1981. v.1, n.p.
- FIGUEIREDO, F. P. Efeito de diferentes lâminas de água sobre a produção e qualidade da banana "prata anã" cultivada no norte de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2002. 125p. **Tese** (Doutorado em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2007.
- MAIA, V.M.; SALOMÃO, L.C.C.; CANTARUTTI, R.B.; ALVARES, V.H.V.; COUTO, F.A.D. Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade de bananas 'Prata-Anã' no distrito agroindustrial de Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.319-322, 2003.
- VIEIRA, D. P. Esperam-se progressos na bananicultura. **AGRIANUAL 2005**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2005.
- TÉZENAS DU MONTCEL, H. **Plantain bananas**. London: CTA/McMillan, 1987. 106p. (Série The Tropical Agriculturist). (Original em francês. Tradução de Paul Skinner).



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 DAS ÁGUAS DA BARRAGEM DAS PEDRINHAS QUANTO À BALNEABILIDADE, LIMOEIRO DO NORTE – CE – BRASIL

GOMES, E. O.<sup>1</sup>; OLIVEIRA FILHO, R. L. DE<sup>2</sup> & ROLIM, H. O. DE<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduanda em Tecnologia de Recursos Hídricos – Saneamento Ambiental, pela Faculdade de Tecnologia CENTEC – Limoeiro do Norte. Bolsista de Iniciação Científica pelo ICT / FUNCAP. Residente à Rua Gerardo Pereira de Melo, n°. 673, Bairro Juazeiro, Jaguaruana – CE. Fone: 88 3418 1702. Email: emilia\_centec@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Graduando em Tecnologia de Recursos Hídricos – Saneamento Ambiental, pela Faculdade de Tecnologia CENTEC – Limoeiro do Norte. Bolsista de Iniciação Científica pelo ICT / FUNCAP. Residente à Rua Emília Chaves, n°. 4209, Bairro Centro, Tabuleiro do Norte – CE. Fone: (88) 3424 1652. Email: romildofilhotecnologo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPB, professora do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia CENTEC. Residente à Rua Camilo Brasiliense, n°. 833, Centro, Limoeiro do Norte – CE. Fone: 88 9964 5183 Fax: 88 3432 6901 Email: [www.hosineiderolim@yahoo.com.br](mailto:www.hosineiderolim@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Águas recreacionais são águas doces, salobras e salinas destinadas à recreação de contato primário, sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água, que estando contaminada, pode representar um importante veículo de transmissão de doenças. O estudo foi realizado na Barragem das Pedrinhas em Limoeiro do Norte, onde foram coletadas amostras semanais em três pontos durante período de junho a outubro de 2006, com o objetivo de avaliar a qualidade microbiológica das águas da barragem e enquadrá-las de acordo com Resolução CONAMA 274/2000 como sendo próprias ou impróprias para fins de balneabilidade. Analisados os parâmetros de coliformes totais e fecais, na primeira série de amostragem, dois pontos apresentaram valores microbiológicos acima do permitido, enquadrando-se como sendo Impróprias para a recreação. No segundo período de amostragem, os valores apresentaram-se mais baixos, provavelmente em função do aumento da vazão do rio e da proliferação de aguapés no local. Porém, um dos pontos ainda revelou concentrações superiores de coliformes, o que classifica as águas como impróprias para balneabilidade, não sendo, portanto, indicada para este fim.

**Palavras chave:** Balneabilidade, coliformes termotolerantes e contaminação.

## WATER QUALITY OF THE PEDRINHAS DAM RELATED TO BATHING, LIMOEIRO DO NORTE - CE - BRAZIL.

**ABSTRACT:** Recreational waters are fresh, brackish and saline waters destined to the recreation of primary contact, being this understood as a direct contact and prolonged with the water, which being contaminated, can represent an important vehicle of transmission of illnesses. The study was carried out in the Pedrinhas dam in the city of Limoeiro do Norte, where had been collected weekly samples in three points during the period of June to October of 2006, with the objective to evaluate the microbiological quality of waters of the dam and to compare them with the CONAMA Resolution 274/2000 in accordance



with as being “Proper” or “Improper” for bathing ends. Analyzed the parameters of total and fecal coliformes, in the first series of sampling, two samples presented microbiological values above of the allowed one, being fit as being “Improper” for the recreation. As the second period of sampling, the values had been presented lower, probably in function of the increase of the outflow of the river and the proliferation of aquatic plants in the place. However, one of the points still showed superior concentrations of coliformes, what it classifies waters as “improper” for bathing, not being therefore, indicated for this end.

**Key-words:** Bathing, coliformes termotolerantes, contamination.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos possuem funções ambientais de indiscutível valor, neles, os nutrientes são reciclados, a água é purificada, as enchentes são atenuadas, os fluxos das águas são conservados e ampliados, os lençóis freáticos são recarregados e, sobretudo, constituem fonte de abastecimento de água para a vida vegetal, animal e humana. Porém, o crescimento populacional, em conjunto com o intenso desenvolvimento industrial, comercial e residencial, resultou na poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Soares, 1999). Além da urbanização que polui os recursos hídricos com lançamentos de despejos líquidos e sólidos de origens diversas, a agropecuária também exerce um impacto, com a destruição da vegetação original, provocando problemas ambientais como erosão, salinização, assoreamento dos corpos d’água e contaminação com produtos químicos e nutrientes.

No Brasil, a ocorrência de doenças de veiculação hídrica é ampla, principalmente nas áreas onde o fornecimento de água e o tratamento de esgoto são precários (Braga et al, 2005). Nestas condições, a presença de patógenos entéricos humanos nessas águas assume grande importância em termos de saúde pública, uma vez que estes agentes são excretados nas fezes pelos indivíduos infectados e são efetivamente disseminados através de águas contaminadas, podendo transmitir diferentes agentes infecciosos (microrganismos, tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos) para grande parte da população.

A bacia do Jaguaribe drena uma área de 72.645 km<sup>2</sup>, correspondente a 50% do estado do Ceará. O Baixo Jaguaribe drena uma área 8.893 km<sup>2</sup>, que significa 15,49% da área da bacia distribuída entre nove municípios e ao longo do seu percurso, observa-se diversos tipos de degradação de origem antrópica e o lançamento de esgotos domésticos “in natura” (Garjulli et al. 2001).

A cidade de Limoeiro do Norte está situada em uma ilha que os rios Jaguaribe e Banabuiú alargam-se em várzeas e tem suas águas represadas pela Barragem das Pedrinhas que forma uma longa “praia” com águas correntes perenizadas. Ressaltou-se este ponto por ser um lugar de grande importância tanto para o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) como para o próprio município, pois é dali que sai toda a água para o abastecimento da cidade, para o Projeto

de Irrigação Jaguaribe – Apodi e também é o principal atrativo turístico da cidade onde é grande o número de banhistas para a prática de esportes náuticos como a canoagem, natação, pesca, etc.

Com o objetivo de avaliar a qualidade das águas da Barragem das Pedrinhas, quanto à balneabilidade e considerando-se as diversas variáveis intervenientes e sua relação com a possibilidade de riscos à saúde dos frequentadores, este conhecimento é essencial para que possam ser desenvolvidos métodos de controle e eliminação, além de indicar o risco por microrganismos patogênicos presentes no corpo aquático.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado na Barragem das Pedrinhas, a qual fica localizada a leste da cidade de Limoeiro do Norte, no sopé da Chapada do Apodi, distante da cidade 8 km. A partir de visitas de campo observou-se como funcionava o fluxo de banhistas na Barragem, ficando decidido após as observações que os pontos seria um à montante da Barragem (400 m), outro na própria Barragem e o último a jusante da barragem (200 m).

A coleta de amostras iniciou-se em junho de 2006 com periodicidade de cinco semanas consecutivas, seguindo as recomendações da Resolução CONAMA nº. 274/2000 que classifica as águas quanto a balneabilidade.

Para atender os objetivos da pesquisa foram realizadas no Laboratório de Análises de Água e Efluentes da FATEC – Limoeiro do Norte, as análises de pH, ortofosfato, amônia, nitrato e coliformes fecais. Todas as análises seguiram metodologia recomendada pelo APHA, 1998.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas análises realizadas no primeiro período de amostragem que foi de junho a julho de 2006, obteve-se resultados de porcentagem satisfatória nos pontos à montante da Barragem (672 NMP 100ml<sup>-1</sup>), e na Barragem (721,48 NMP 100ml<sup>-1</sup>), ou seja, as águas encontravam-se satisfatórias para a recreação de contato primário, apresentando resultados menores que 800 *Escherichia Coli* por 100 ml de água, enquadrando-a de acordo com a Resolução CONAMA nº. 274/2000, como sendo PRÓPRIA para a categoria de Balneabilidade.

Já o ponto à jusante da Barragem apresentou resultados de porcentagem de 1314,56 NMP/100ml, sendo enquadrado como IMPRÓPRIO para a balneabilidade, por ter concentrações de *Escherichia Coli* maiores que 1000 por 100 mL de água.

Como se pode observar no Figura 01, na primeira amostragem houve um aumento sucessivo na concentração de Coliformes Fecais, fato este atribuído aos diversos lançamentos de

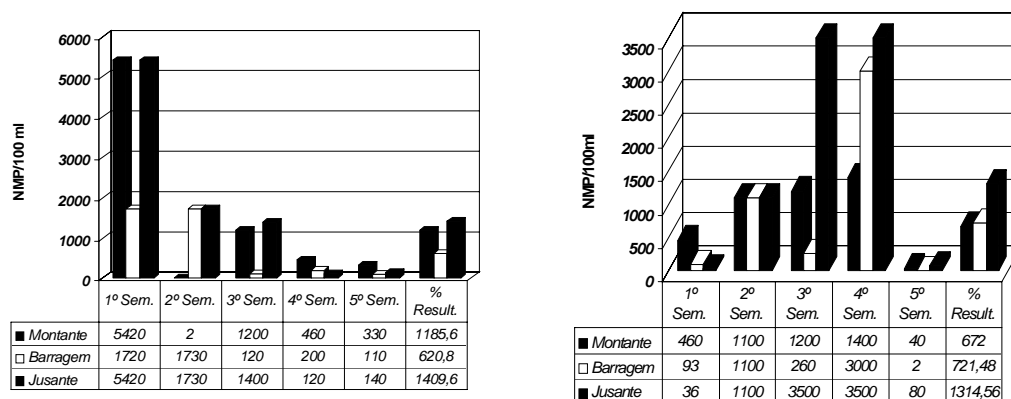


Figura 1. Distribuição espacial da concentração de Coliformes fecais nos pontos de amostragem da Barragem das Pedrinhas no período de junho a julho e de agosto a setembro de 2006.

efluentes líquidos no leito do Rio Jaguaribe e também ao carreamento de matéria orgânica para o rio causado pelas chuvas. Na quinta semana observa-se um decréscimo na concentração de Coliformes termotolerantes, atribuído a grande proliferação de aguapés (*Eichornia crassipes*) à montante da Barragem das Pedrinhas.

Segundo Bavaresco *et al.* (1996), os aguapés têm sido bastante utilizados na remoção de metais pesados, nutrientes, algas, sólidos em suspensão, coliformes, turbidez e DBO.

Na segunda amostragem realizada no período de agosto a setembro de 2006 as águas apresentaram resultados diferenciados no comportamento dos recursos hídricos, observando-se um decréscimo bastante considerável no decorrer das semanas.

As águas no ponto à montante, que anteriormente encontravam-se satisfatórias, nesta segunda amostragem encontravam-se impróprias para recreação de contato primário. O ponto à jusante continuou com as águas impróprias, enquanto que o ponto da Barragem manteve seu comportamento apresentando águas satisfatórias para banho.

O declínio da concentração de *Escherichia coli* na segunda amostragem pode estar relacionado ao aumento da vazão do Rio Jaguaribe neste caso provocado pela liberação de águas no Açude Castanhão, sendo a mesma controlada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH-CE de acordo com o estabelecido pelo Comitê de Bacias do Baixo Jaguaribe, bem como pela constante proliferação de aguapés no trecho estudado.

## CONCLUSÕES

Considerando os elevados valores de Coliformes Termotolerantes as águas da Barragem das Pedrinhas encontram-se impróprias à recreação de contato primário, não sendo, portanto indicadas para este tipo de atividade.



Durante o período de monitoramento foi observada a grande flutuação da colimetria, destacando-se, porém o ponto de jusante, com os valores mais elevados ( $1,31$  a  $1,40 \times 10^3$  NMP  $100\text{ml}^{-1}$ ), o que pode ser atribuído à menor vazão, maior revolvimento do fundo e influência da ação antrópica na área (balneário).

Os aguapés presentes na Barragem das Pedrinhas indicam a elevada concentração de nutrientes no rio, devido o aporte de águas de chuva e lançamento de esgotos à montante do Rio Jaguaribe, desta forma colaborando para a sua alta propagação. Os mesmos realizam uma remoção não só de nutrientes como também de coliformes termotolerantes.

Recomenda-se a realização de outros estudos que possam avaliar a presença de outros microrganismos patogênicos, helmintos, vírus etc. que podem afetar a saúde pública, bem como ações de controle das fontes poluidoras através da implantação de sistemas de esgotamento sanitário (individual ou coletivo) e/ou manutenção dos sistemas já implantados nas comunidades à montante da Barragem para que a qualidade das águas seja recuperada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Microbiological Examination of Water. In: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19<sup>th</sup> ed. Washington. APWA, AWWA, WPFC, 1995
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.
- BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA Nº. 274 de 29 de novembro de 2000**. CONAMA, 2000.
- BAVARESCO, A. S. L.; COSTA, R. H. R.; PEDOMO, C. C. **Lagoas de aguapés em sistemas de tratamento de dejetos suínos**. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL: tratamiento de aguas residuales, 25., 1996, México. México: AIDIS, 1996. p. 41-47.
- GARJULLI, R.; OLIVEIRA, J.L.F.; ALVAREZ, U.P.; BEZERRA, H.E.R. **Proposta metodológica para a organização de usuários de água: a experiência do Ceará**. Disponível em: <http://www.cogerh.com.br/gestao/metodologia.html>. Acesso em: 11 abr. 2005.
- SOARES, J. B. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: EFC, 1999. 206p.



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 FORNO DE MICROONDAS NA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE SOLO FRANCO ARGILOSO

MENDES, J.M.L.<sup>1</sup>; MIRANDA, E.P. DE<sup>2</sup>, MARTINS, G. S.<sup>2</sup>;  
FIALHO, J. S.<sup>3</sup>, MESQUITA, F. P.<sup>4</sup> & SOUSA, B. M. DE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Recursos Hídricos e Irrigação, Vila Santa Helena , casa 5, Sobral/CE, CEP: 62020-470, Fone: (88) 96114040, jane\_mary2002@hotmail.com;

<sup>2</sup>M.Sc. em Irrigação e Drenagem – Professor da FATEC Sobral;

<sup>3</sup> M.Sc. em Solo e Nutrição de Plantas – UFC;

<sup>4</sup>Graduandos em Recursos Hídricos e Irrigação.

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi verificar a viabilidade do uso do aparelho de microondas doméstico, na determinação do teor de umidade do solo. Nesse estudo foram utilizadas amostras retiradas à 20 cm de profundidade em um solo franco-argiloso. O experimento foi em bloco inteiramente ao acaso, consistindo de 5 tratamentos com 5 repetições. Os tratamentos 1, 2, 3 e 4 ocorreram no forno de microondas, em sua potência máxima. O tratamento 5, testemunho, foi feito em estufa à 105 °C por 24 horas. Não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos, mostrando que o uso dessa técnica é uma alternativa viável na determinação da umidade do solo.

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

## USE OF THE OVEN OF MICROWAVES IN THE DETERMINATION OF THE ARGILLACEOUS GROUND HUMIDITY FRANK

**ABSTRACT:** This work had as main objective to verify the feasibility of using the domestic microwave oven in the determination of the soil water content. In this study, soil samples were collected from 20 centimeters below the soil surface in a clay loam soil. The statistical design was the completely randomized blocks with (05) five treatments and (05) five repetitions. For the treatments 1, 2, 3 and 4 it was used the microwave oven at maximum power level. For the treatment 05, the testimony, it was used the conventional drying oven at 105 degrees Celsius during 24 hours period. There was no statistical difference at 5% probability among treatments, showing that this technique is viable to determine the soil water content.

**Key-words:** soil water, irrigation, microwave

## INTRODUÇÃO

A determinação da umidade do solo constitui uma medida imprescindível na agricultura irrigada. Tal propriedade deve ser confiável e capaz de ser avaliada diretamente no campo, sem alteração das características físicas do solo.

O solo é o reservatório natural de água para as plantas e todas as práticas de manejo na agricultura visam promover condições ideais para o crescimento das culturas. Por ser um reservatório aberto para a atmosfera e para os horizontes ou camadas mais profundas do perfil, muitos investigadores têm procurado quantificar a capacidade de armazenamento desse reservatório (retenção de água), como também os fluxos que ocorrem tanto na superfície (infiltração e evaporação) quanto na profundidade do solo (drenagem interna). São esses os fluxos que ocorrem dentro do solo e estão sujeitos a frequentes alterações no tempo (Prevedello, 1996; Centorion et al., 1997).

São vários os métodos usados para se estimar a umidade do solo. Dentre os mais utilizados, o método gravimétrico é considerado como padrão, sendo usado para calibrar outros métodos.

Nos últimos tempos, alguns estudos foram conduzidos para avaliar o uso do forno de microondas na determinação da umidade dos solos (Hanklin & Sawhney, 1978; Gee & Dodson, 1981; Carter & Bentley, 1986).

Segundo Souza (2002), essa tecnologia é um método alternativo ao método convencional de secagem de solo e de planta. O método convencional utiliza a estufa de secagem com equipamento e demanda de 12 até 72 horas para completar o teste. Já o método por microondas utiliza o forno de microondas doméstico como equipamento e demanda 10 ou 14 minutos para secar solo ou planta. O fornecimento de dados relacionados ao teor de matéria seca ou umidade deve ser rápido e confiável, pois a partir dessas informações algumas ações são tomadas, como exemplo, esta informação é importante para verificar se há ou não necessidade de irrigação em determinada cultura.

Apesar dos estudos prévios citados aqui, há necessidade de investigar os efeitos do tipo de solo, do tamanho da amostra, da quantidade de água (teor de umidade), e da potência do microondas no tempo de secagem requerido. Esta tecnologia tem como benefício direto a redução do tempo de análise e rapidez nos dados necessários para determinação do manejo de irrigação.

O estudo objetiva verificar a viabilidade do uso do forno de microondas na determinação da umidade do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletas no município de Tianguá-CE, em um solo de textura franco-argiloso, na profundidade de 20 cm. As análises foram conduzidas no Laboratório de Análise de Solos e Água para Irrigação da FATEC/CENTEC.



A análise estatística foi em bloco inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos e 5 repetições, cada um. Nos tratamentos 1, 2, 3 e 4, as amostras foram submetidas, respectivamente, ao tempo de 3, 6, 9 e 12 minutos no forno de microondas. O tratamento 5, consistiu a testemunha, onde a amostra ficou durante 24 horas em uma temperatura constante de 105 °C na estufa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística é apresentada na Tabela 1. Devido à perda de três dados em três diferentes tratamentos, a análise de variância foi feita considerando apenas 4 repetições.

Como o valor do F da análise de variância ( $F_{\text{cal.}} = 0,124$ ) foi menor que o F tabelado ( $F_{\text{tab.}} = 3,06$ ) para nível de significância de 5% de probabilidade, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Sendo, então, o uso do microondas, para o solo analisado, é uma opção viável, e que o tratamento que corresponde ao menor tempo, 3 minutos, mas indicado.

Tabela 1: Análise de variância para um nível de significância de 5% de probabilidade.

Fonte de variação	G.L.	SQ	QM	F
Tratamento	4	0,8051285E-04	0,2012821E-04	0,124
Resíduo	15	0,2439310E-02	0,1626207E-03	

## CONCLUSÃO

Para o solo analisado, o uso do forno de microondas mostrou-se uma alternativa viável na determinação da umidade do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENTURION, J.F.; MORAUS, M.H.; DELLA LIBERA, C.L.F. comparação de métodos para determinação da curva de retenção de água em solos. **Revista. Bras. Ciência do Solo**, 21:173-179,1997.
- PREVEDELLO, C.L. **Física do solo como problemas resolvidos**. Curitiba, Salesward-discovery, 1996. 446p.
- SOUZA, G.B; NOGUEIRA, A.R.A.; RASSINI, J.B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE. **Circular Técnica nº 33**, dezembro, 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

## AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO DO PERÍMETRO IRRIGADO DE FORQUILHA- CEARÁ

MELO, A . F. M.<sup>1</sup> & FREIRE, E. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnóloga em Recursos Hídrico- Irrigação, Instrutora bolsista pelo CNPq, CVT de São Benedito, CEP: 62250-00, Ipu, CE. Fone (88) 36832117. e-mail: annemello@hotmail.com .

<sup>2</sup> Tecnólogo em Recursos Hídricos - Irrigação, Supervisor da produção de rosas, Reijers Ltda, São Benedito, CE.

**RESUMO:** Com este experimento objetivou-se identificar as características químicas do solo visando posteriormente a determinação de doses adequadas de corretivos e nutrientes. Foram coletadas as amostras em 3 setores do Perímetro Irrigado de Forquilha. As amostras de solo foram analisadas para determinação do pH, CE e dos teores de P, K, Na, Ca, Mg, e Al. Os solos em estudo apresentaram reação alcalina, predominando valores de pH superiores a 7,7. Os elevados teores de potássio, cálcio e magnésio indicam fertilidade elevada dos solos, onde a soma dos valores de Ca e Mg foram superiores a 30mmolKg<sup>-1</sup>, o que indica não ser necessário a calagem. Já os valores do fósforo encontrado, em geral foram baixos e médios, de 7 e 15 mmolc Kg<sup>-1</sup> respectivamente. A água utilizada para irrigação da Pimenta, foi classificada em C2-S1, com condutividade elétrica de 0,35 dSm<sup>-1</sup> e RAS de 4,95. Sob aspecto de fertilidade do solo os níveis de pH e os níveis baixos e médios de fósforo, inferem respectivamente a correção da alcalinidade e a necessidade de adubações fosfatadas. As propriedades dos solos analisadas e classificadas como salino-sódico e sódico, indicam a necessidade de recuperação destes solos. Exige-se uma atenção no que se refere a qualidade da água o que pode comprometer o desenvolvimento da cultura.

**Palavra chave:** Pimenta, salinidade, adubações corretivas.

## AVALIATION OF THE FERTILITY OF THE SOIL OF THE IRRIGATED PERIMETER OF FORQUILHA – CEARÁ

**ABSTRACT:** This experiment had as objective to identify the characteristics chemistries of the soil seeking the determination of appropriate doses of correctives and nutritious. The samples were collected in 3 sections of the Irrigated Perimeter of Forquilha. The soil samples were analyzed for determination of the pH, CE and of the P, K, Ca, Mg and Al. The soils in study presented alkaline reaction, prevailing values of superior pH for 7,7. The high potassium levels, calcium and magnesium indicate elevated fertility of the soils, where the sum of the values of Ca and Mg went superiors for 30mmolKg<sup>-1</sup>, what indicates not to be necessary the calagem. Already the values of the found match, in general were low and medium, of 7 and 15 mmolc Kg<sup>-1</sup> respectively. The water used for irrigation of the pepper, it was classified in C2S1, with electric conductivity of 0,35 dSm<sup>-1</sup> and RAS of 4,95. Under aspect of fertility of the soil the pH levels and the low and medium levels of match, infer the correction of the alkalinity and the need of fosfatadas fertilized respectively. The properties of the analyzed soils and classified as saline-



sodic and sodic, they indicate the need of recovery of these soils. An attention is demanded in what it refers the quality of the water that can compromise the development of the culture.

**Word-key:** Pepper, salinity, corrective fertilized.

## INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, além do cultivo em hortas caseiras para o consumo doméstico, existem hortas comerciais que abastecem o mercado local. Desde 1998, o cultivo comercial de *Capsicum frutescens* L., cultivar Tabasco MacIlhenny, visa à obtenção de polpa para o mercado externo e, mais recentemente, para o mercado interno, vem sendo consolidado no Ceará. A área média cultivada no período 1998/2000 foi estimada em apenas 50 hectares.( Crisóstomo, 2006).

No Ceará, atua a empresa Agropecuária Avaí Ltda que adquire pimenta Tabasco para obtenção de polpa e possui contrato exclusivo de exportação da polpa para os Estados Unidos, mas produz apenas cerca de 20% do volume exportado. O restante ela consegue mediante contrato de parceria com produtores de três regiões do Estado (Vales do Acaraú, do Curu e Jaguaribe).(EMBRAPA, 2006.)

A adubação inadequada da cultura da pimenteira-do-reino, sem base em critérios técnicos, pode causar prejuízos ao produtor, seja pela obtenção de produtividades menores, causadas por desequilíbrios nutricionais, ou mesmo, pelo gasto excessivo com adubos. O elevado custo dos adubos e a grande exportação de nutrientes pela Pimenta exigem que os fertilizantes sejam usadas de forma eficiente, o que pode ser obtido com a identificação dos fatores relacionados a fertilidade do solo que estariam limitando a produção. (Oliveira, 1991). A demanda de doses mais adequadas de corretivos e nutrientes deve ser feita com base no conhecimento da exigência das culturas e da capacidade de suprimento desses nutrientes pelos solos, onde as culturas serão desenvolvidas.

Atualmente o Perímetro irrigado do município de Forquilha/Ceará, vem cultivando a pimenta malagueta em escala comercial. Trata-se, porém, de uma cultura nova para a região tornando-se necessárias pesquisas, visando aperfeiçoar o sistema de adubação para obter qualidade no produto, garantindo sua comercialização, em forma de condimentos, tendo como maior mercado consumidor os Estados Unidos. A pesquisa tem como objetivo identificar as características químicas do solo visando, posteriormente, à determinação de doses adequadas de corretivos e nutrientes com base no conhecimento da pimenta e da capacidade de suprimento desses nutrientes pelos solos, onde as mesmas serão desenvolvidas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área do experimento compreende os setores 1, 2 e 3 do Perímetro Irrigado de Forquilha, a fonte de água para a irrigação provém do açude Forquilha pertencente a bacia

Hidrográfica Acaraú, possui de  $50.130.001\text{m}^3$  de armazenamento de água, atualmente encontra-se com 41,6% da sua capacidade (COGERH,2002). Os setores são divididos em lotes e foram escolhidos, aleatoriamente, três lotes em cada setor para o estudo. Os lotes encontram-se distribuídos da seguinte forma por setor: Setor 1, lote 17, 30 e 33; Setor 2, lotes 49, 57 e 60; e Setor 3, lotes 74, 80, 83. Cada lote foi dividido em três áreas, 1, 2, 3. O perímetro utiliza o sistema de irrigação por sulco nas áreas selecionadas.

As amostras foram coletadas ao acaso, nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60cm e preparada uma amostra composta. Esta foi levada para o laboratório de solos, foi desterroada e passada em tamis com malha de 2 mm de diâmetro. Nas amostras coletadas foram determinados: pH (água 1:25), fósforo, sódio, potássio (Mehlich I), cálcio, magnésio, alumínio (KCL 1M), e condutividade elétrica do extrato de saturação. Os níveis de fertilidade adotados para interpretação dos resultados da análise do solo são os padrões utilizados no Manual de Recomendações de adubação e Calagem para o Estado do Ceará (Fernandes,1993). Os solos foram classificados de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (Richards, 1954) bem como a água utilizada na irrigação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os solos dos setores apresentaram reação alcalina., predominando valores de pH superiores a 7,7 nas profundidades analisadas. Os solos da área 2, lote 30 do setor 1 atingiu média de pH 9,0. Apenas no setor 2, para a profundidade 0-20cm, os resultados foram inferiores com média de reação no pH de 7,4. Os solos, em geral, atingiram percentual de sódio trocável menor que 15 e condutividade elétrica menor que  $4\text{ dSm}^{-1}$ . Os solos da área 2, lote 30 do setor 1, apresentaram percentual de sódio trocável (PST) de 18, 29, 23 e condutividade elétrica (CE) de 5.51, 6.97 e 6.06 para as profundidades de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, respectivamente. Os solos da área 3, lote 30 do setor 1 e área 2, lote 57 do setor 2, apresentaram CE menor que 4 e, para as respectivas áreas, PST de 47, 48, 55 e 16, 21, 31 para as profundidades 0-20, 20-40 e 40-60cm, respectivamente. O alumínio não atingiu níveis nocivos, com média geral nos setores de  $0,24\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$  de solo. Os níveis de cálcio de magnésio foram altos, com média de  $155\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$  e  $49\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$ , respectivamente. Apenas o lote 60, atingiu níveis médios de magnésio nas camadas de 0-20cm e 20-40cm, com valores médios de  $6\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$ . O potássio atingiu, em geral, níveis alto e muito alto, com médias de  $3,15\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$  e  $6,91\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$ , respectivamente. Com relação ao fósforo, os setores encontrados foram, em geral, baixos e médios, de 7 e  $15\text{ mmol}_c\text{ Kg}^{-1}$ , respectivamente. A água utilizada no perímetro para irrigação classificada em C2-S1, com condutividade elétrica de  $0,35\text{ dSm}^{-1}$  e RAS de 4,95, todos de acordo como o laboratório de salinidade dos Estados Unidos (Richards, 1993).





## CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Os elevados teores de potássio, cálcio e magnésio indicam fertilidade elevada dos solos avaliados do Perímetro, onde a soma dos valores de Ca e Mg foram superiores a  $30 \text{ mmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ , o que indica não ser necessário a calagem. Não existe necessidade de correção de alumínio, nas três profundidades, uma vez que apresentou valores não nocivos às plantas. O resultado elevado das médias o pH indica a necessidade de corrigir a alcalinidade. Com relação ao fósforo, os níveis baixo e médio respectivamente 7 e  $15 \text{ mmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ , justificam a necessidade da adubação fosfatada, para qualquer cultivo a ser implantado nestes solos. Os solos analisados, em geral, são classificados como normais, com exceção da área 2 e 3, lote 30 do setor 1, que são classificados como salino – sódico e sódico, respectivamente, e os solos da área 2, lote 57 do setor 2, que apresentou propriedades sódicas. Essas propriedades indicam a necessidade de recuperação destes solos através da remoção do excesso de sais, para os solos salinos e diminuição da percentagem de sódio trocável, para os sódicos, e as duas atividades para salinos-sódicos. No que se refere a qualidade da água, esta exige uma atenção, já que a mesma pode ocasionar problemas crescentes de infiltração no solo pela sodicidade da água uma vez que sua RAS se encontra entre 3 - 6 e CE entre  $1,90 - 0,30 \text{ dSm}^{-1}$  (Gheyi et al, 1997).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, **ANUÁRIO DE MONITORAMENTO QUANTITATIVO DOS PRINCIPAIS AÇUDES DO ESTADO DO CEARÁ**, disponível em [www.cogerh.com.br](http://www.cogerh.com.br) em 03/09/2002.
- FERNANDES, V.L.B. (Coord.) **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará**, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Fortaleza-Ceará, 1993, 248p.
- GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F.-In: SIMPÓSIO “ Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada”. Campina Grande: UFPB, 1997, 383p.
- RICHARDS, L.A. (ed). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D.C.: U.S. **Salinity Laboratory**., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, W. E. ARAÚJO, J.D. de; LOURENÇO, S. (Coord.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392P. 22cm (EMBRAPA- SEA, Documento, 3)
- CRISÓSTOMO, J. R. Cultivo de Pimenta Tabasco no Ceará – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 12p.
- FONTES, R. R.; RIBEIRO, C. S. da C. Sistema de produção de pimentas: adubação. Disponível<[www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/adubacao.htm](http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/adubacao.htm)> Acesso em: 20 de Agosto de 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

## DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DE DRENAGEM DA BARRAGEM VACA BRAVA–AREIA, PB

ALMEIDA, H. A. DE<sup>1</sup>; SILVA, L. DA<sup>2</sup> & COSTA FILHO, J. F. DA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prof. Titular, Dr. Universidade Estadual da Paraíba, e-mail: hermes\_almeida@uol.com.br. Depto. de História e Geografia/CEDUC/UEPB, Rua: Antônio Guedes de Andrade, 190 Catolé. Cep: 58.104-410

<sup>2</sup>Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, CCA/UFPB e-mail: lucasgeografia@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Prof. Associado-I, Dr. Universidade Federal da Paraíba, Areia, e-mail: costafi@cca.ufpb.br

**RESUMO:** As microbacias hidrográficas, por serem unidades naturais de planejamento e conservação ambiental, têm permitido quantificar os índices climáticos relacionados a disponibilidade hídrica, sendo essa quantificação e o estabelecimento do regime pluvial da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava, Areia, PB, os objetivos principais deste trabalho. Utilizou-se uma série de oitenta e sete anos de dados de chuvas e de temperatura do ar, sendo estimados a precipitação pluvial, ao nível de 75% de probabilidade (P75%), a evapotranspiração potencial (ETP) e o balanço hídrico climatológico. A partir do balanço foram determinados os índices hídrico, de aridez e de umidade e da relação P75%/ETP, o de disponibilidade de umidade (IDU). Os principais resultados mostraram que a precipitação pluvial é irregular, tem assimetria positiva e a mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer. O balanço hídrico mostrou ser capaz de caracterizar o regime hídrico. O clima é do tipo úmido, com pequena deficiência hídrica, sendo os menores IDUs nos meses de outubro a dezembro. Os índices climáticos estudados permitem monitorar, com elevada precisão, a disponibilidade hídrica em diferentes escalas de tempo.

**Palavras chave:** balanço hídrico, índice hídrico, evapotranspiração.

## WATER AVAILABILITY OF VACA BRAVA AREIA-PB, DRAINAGE MICROBASIN

**ABSTRACT:** The drainage microbasin for being natural units of planning and ambient conservation, have been allowing to quantify the climatic indexes related to the water availability, being that quantification and the establishment of the rainfall regime of the Vaca Brava, Areia, PB, microbasin the main objectives of this work. The statistical analysis of rainfall and temperature was made from historical series with eighty seven years of data. The probability of rainfall at the level of 75% (P75%), the potential evapotranspiration (ETP) and the water balance were estimated. Starting from the water balance were determined month and yearly the climatologically indexes and by relationship P75%/ETP the one of availability humidity (IDU). The rainfall in the mentioned micro basin is irregular, has positive asymmetry and the medium is the measure of more probable central tendency of happening. The water balance showed to be capable to characterize the humidity regime. The climate is of the humid type, with



small deficiency of the water, being smallest IDUs in the months of October to December. The studied climatic indexes allow monitoring, with high precision, the availability humidity, in different scales of time.

**Key-words:** water balance, humidity index, evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

O homem sempre teve a necessidade de estabelecer unidades bem constituídas na superfície terrestre para melhor intervir, observar, acompanhar e compreender as relações existentes entre elas e o espaço no qual está inserido. Os recursos hídrico e ambiental são indispensáveis a sobrevivência, muito embora as ações antrópicas vêm contribuindo de forma desastrosa na degradação ambiental.

Uma bacia hidrográfica é uma unidade geográfica formada por uma área da superfície terrestre, que contribui na formação e armazenamento de cursos d'água, sendo constituída pelo escoamento superficial que deságua numa determinada área de captação (Rocha &, Kurtz, 2001). Para esses mesmos autores, o conceito de microbacia é semelhante ao da bacia, embora a sua área de drenagem seja menor.

Atribui-se a falta de chuvas, a ausência ou a sua carência ao fenômeno denominado seca, sendo definida como o intervalo de tempo no qual a disponibilidade hídrica é inferior ao esperado. Admite-se, que existam quatro tipos de secas: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica (Wilhite & Glantz, 1987; Rasmussen, 1993). A seca meteorológica, por exemplo, pode se desenvolver rapidamente e/ou "acabar abruptamente", já a seca agrícola está relacionada à baixa disponibilidade de umidade no solo, a qual torna o suprimento de água às culturas insuficiente para repor as perdas por evapotranspiração (WMO, 1975).

O conceito de evapotranspiração potencial (ETP), o mais significativo avanço no conhecimento dos aspectos do clima, foi introduzido em 1944 por Thornthwaite (Mather, 1958). Assim, a ETP passou a ser considerada, como a chuva, um elemento meteorológico fundamental e, portanto, a quantidade de água necessária para atender a vegetação.

A precipitação pluvial e a ETP são elementos meteorológicos que ocorrem de forma oposta e expressas na mesma unidade de medidas. Contabilizando-se a chuva como entrada e a evapotranspiração como saída, tem-se o balanço hídrico. Essa contabilidade, resulta o excesso e a deficiência hídrica, ao longo do ano, o que permite caracterizar as condições de umidade e do clima de uma determinada região (Thornthwaite, 1948).

Os excedentes hídricos podem se contrapor às deficiências de água, que se verificam na estação seca, para plantas de sistema radicular profundo. Com base na definição de que o excesso de água em uma estação compensaria uma deficiência em outra, Thornthwaite & Mather (1955) propuseram os índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e o de umidade (Im).

Os índices climáticos relacionados às condições de umidade, auxiliam no monitoramento da disponibilidade hídrica. Por isso, quantificar os índices de disponibilidade de umidade (IDU), propostos por HARGREAVES & MERKLEY (2000) e os estabelecidos por Thornthwaite & Mather (1955), e estabelecer o regime pluvial da microbacia de drenagem da barragem vaca Brava foram os objetivos principais deste trabalho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Analisou-se estatisticamente uma série de oitenta e sete anos de dados de precipitação pluvial e de temperatura média do ar, correspondente ao período de 1920 a 2006, da área de abrangência da micobacia de drenagem da barragem vaca Brava, Areia, PB, latitude 7°00'36''S e longitude de 35°45'00''W.

Os dados mensais e anuais de chuvas foram arranjados em classes, mediante a distribuição de frequência, calculados as medidas de tendência central e de dispersão e ajustados à distribuição normal reduzida de probabilidade. De posse das chances de ocorrência de chuvas, escolheu-se os valores equivalentes a 75% de probabilidade (P75%).

A partir dos dados médios mensais de temperatura, estimou-se a evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948), sendo a contabilidade hídrica feita pelo método do balanço hídrico climatológico, proposto por Thornthwaite & Mather (1955), que resultou na quantificação da deficiência (DEF) e do excedente hídrico (EXC).

O índice de disponibilidade de umidade (IDU), proposto por Hargreaves & Mekley (2000), foi obtido pela relação:  $P75\%/ETP$  e os índices hídrico ( $I_h$ ), de aridez ( $I_a$ ) e de umidade ( $I_m$ ), determinados a partir do balanço hídrico, utilizando-se a metodologia sugeridas por Thornthwaite & Mather (1955) e software de Almeida (1998).

As análises estatísticas, elaboração de gráficos e demais cálculos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As médias mensais das médias, medianas e desvios padrão (DP) da precipitação pluvial da microbacia drenagem da barragem vaca Brava são mostradas na Figura 1. Observa-se que, as médias mensais estão sempre associadas a uma elevada dispersão, quantificadas mediante os respectivos desvios padrão, cuja relação DP/média foi de 78,8%, sendo a maior em outubro (160%) e as menores de março a agosto (média de 48,2%). As flutuações que ocorrem nos meses de outubro-dezembro, por exemplo, superam as próprias médias.

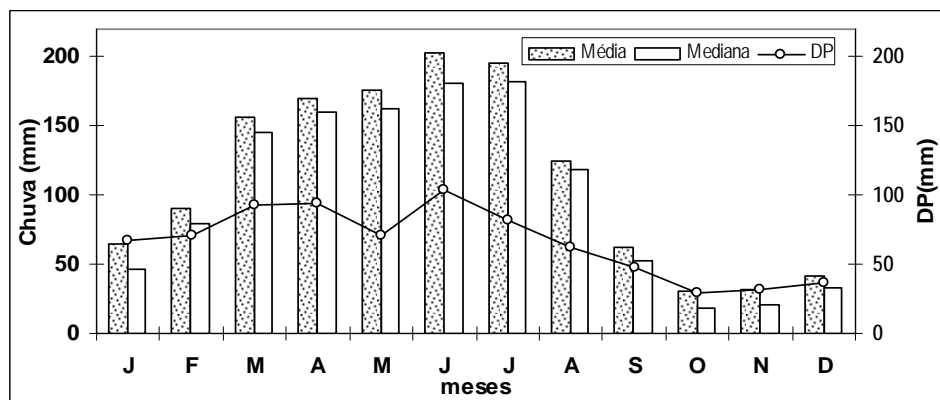


Figura 1. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva. Barragem Vaca Brava, Areia, PB, período:1920-06.

As médias aritméticas mensais da precipitação (Figura 1) foram sempre maiores que as medianas. Quando uma distribuição de frequência tem essa característica (média  $\neq$  mediana) ela é dita assimétrica, sendo de assimetria positiva aquela que apresentar média maior que a mediana. Para esse tipo de distribuição, a mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer e, portanto, a recomendada. Destaca-se, ainda, que na relação mediana/média, ela equivale à cerca de 80,9% da média.

As médias mensais das deficiências e dos excedentes hídrico, resultantes do balanço hídrico climatológicos, são mostradas na Figura 2. Verifica-se que, mesmo para a condição média, a microbacia da barragem vaca Brava é deficitária de setembro-outubro a fevereiro, que coincidem com a estação seca, e superavitária de março a agosto-setembro (estação chuvosa). Destaca-se, ainda, que os excedentes hídricos podem se contrapor às deficiências que se verificam na estação seca, para plantas de sistema radicular profundo.

Os índices para caracterizar o grau de disponibilidade de umidade são mostrados na Figura 3. Observa-se que o índice de umidade ( $I_m$ ) é menor que zero nos meses da estação seca (setembro a

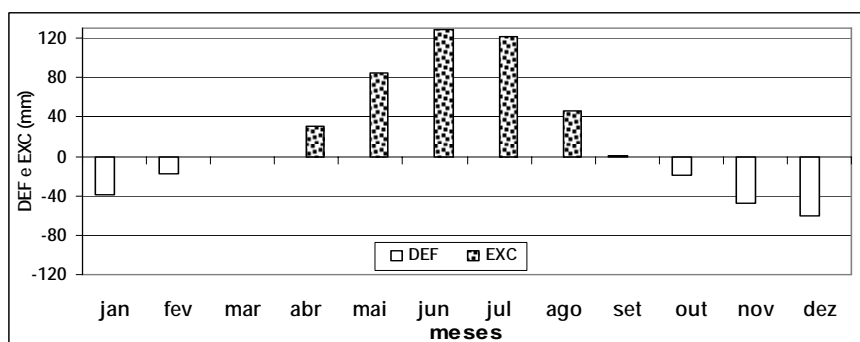


Figura 2. Médias mensais da deficiência e excedente hídrico. Barragem Vaca Brava. Média do período: 1920-2006.

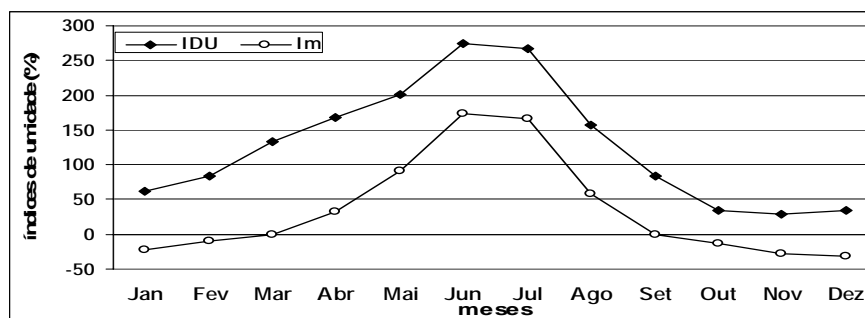


Figura 3. Médias mensais dos índices de disponibilidade de umidade (IDU e Im). Barragem Vaca Brava, Areia, PB.

fevereiro) e positivo nos demais. Como este índice anual é cerca de 30%, o tipo de clima, pela classificação climática de Thornthwaite, é úmido (B), com ou sem deficiência hídrica. O tipo climático superúmido (A) ocorre somente nos meses de junho e julho quando o  $I_m$  ultrapassa os 100%.

O critério baseado no índice de disponibilidade de umidade (IDU) tem sido utilizado com êxito em zoneamentos agrícolas e na quantificação das necessidades de irrigação. Quando o IDU for  $\leq 33\%$ , indica que a chuva não é suficiente para agricultura, sendo considerado normal no intervalo entre 33 e 133%. Fora dessa faixa, há deficiência ou excedente hídrico. A IDU na faixa insuficiente a agricultura ocorreu de outubro-dezembro, coincidindo também, com déficit hídrico (Figura 2). Os índices mostrados nas Figuras 2 e 3 permitem quantificar a disponibilidade hídrica da citada bacia em diferentes escalas de tempo.

## CONCLUSÕES

Baseado nos resultados encontrados, conclui-se que: a) A precipitação pluvial na microbacia de drenagem da barragem vaca Brava é irregular e tem coeficiente de assimetria positivo; b) A evapotranspiração potencial média anual é de cerca de 1200 mm; c) Os índices de disponibilidade de umidade (IDU e Im) permitem monitorar a disponibilidade hídrica em diferentes escalas de tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H. A. de. **Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite-Mather (1955)**. Software, 1988.
- HARGREAVES, G. H., MERKLEY, G. P. Fundamentos del riego. Water Resources Publications, CLC, 221p, 2000.



- MATHER, J.R. Preface. (Publications in Climatology, v. XI, n.3), Centerton, N.J., p. 247-248, 1958.
- RASMUSSEN, E. M., DICKINSON, R. E., KUTZBACH, J. E., CLEAVELAND, M. K. Climatology. In: MAIDMENT, D.R. Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill, 1993. cap. 2, p.1-44, 1993.
- ROCHA, J. S. M. & KURTZ, S. M. J. M. Manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa Maria, RS: edições UFSM/CCR/UFSM, 4ª edição ampliada e melhorada, 302p, 2001.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology, v. 8, n. 1, 104p, 1955.
- WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. In: WILHITE et al. Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability. Colorado: Westview, 1987. cap. 2, p. 11-14. 1987.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Drought and agriculture. Geneva, Switzerland, (WMO Tech. Note 138, Publ. WMO-392), 127p, 1975.



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

## EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE SOB ESTRESSE SALINO E LÂMINAS DE ÁGUA<sup>1</sup>

SOUSA JÚNIOR, S. P. de<sup>2</sup>; FERNANDES, P. D.<sup>3</sup>; GHEYI, H.R.<sup>3</sup>;  
SOARES, F. A. L.<sup>2</sup>; SOUSA, R. F. DE<sup>2</sup>; CARVALHO, A. DE P.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Parte da Tese de doutorado do primeiro autor apresentada à COPEAG/UFCG/PB

<sup>2</sup>Doutores em Engenharia Agrícola UFCG/DEAg, Rua Aprígio Veloso, 882, CEP.: 58109 – 090, Bodocongó, Campina Grande, PB. Fone (83)3310-1285. E-mail: severo-ita@bol.com.br; ridelsonfarias@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Professores Doutores da UAEAg/UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 3310-1055. E-mail: pdantas@deag.ufcg.edu.br; hans@deag.ufcg.edu.br

<sup>4</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, UAEG/CTRN/UFCG.

**RESUMO:** Visto que a salinidade provoca redução na absorção de água pelas plantas devido principalmente ao efeito osmótico. Neste sentido realizou-se o presente estudo com a finalidade de avaliar a eficiência do uso da água do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino e lâminas de água. O presente estudo foi executado na fazenda Veludo pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba EMEPA-PB, localizada em Itaporanga-PB. A cultura foi conduzida sob irrigação com dois níveis de salinidade da água (0,6 e 6,5 dS m<sup>-1</sup>), combinados com quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura). As irrigações foram efetuadas diariamente com base na evaporação do Tanque Classe A. O aumento da lâmina de irrigação ocasionou decréscimo na eficiência do uso da água.

**Palavras-chave:** algodoeiro, lâminas de irrigação, salinidade.

## EFFICIENCY OF THE USE OF THE WATER IN THE PRODUCTION OF THE COLORED COTTON PLANT

### BRS VERDE UNDER SALINE STRESS AND SHEETS OF WATER

**ABSTRACT:** Because the salinity provokes reduction in the absorption of water for the plants owed mainly to the osmotic effect. In this sense took place the present study with the purpose of evaluating the efficiency of the use of the water of the colored cotton plant green BRS under saline stress and sheets of water. The present study was conducted at the Veludo Farm belonging to Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba EMEPA-PB, located in Itaporanga-PB. The culture of the cotton crop was conducted under irrigation with two levels of salinity of the irrigation water (0.6 and 6.5 dS m<sup>-1</sup>), combined with four depths of irrigation (60, 80, 100 and 120% of the evapotranspiration). The increase of the depth of irrigation reduced, significantly, efficient use of water.

**Keywords:** cotton, irrigation depth, salinity





## INTRODUÇÃO

O uso de águas salinas na irrigação de produtos agrícolas é um desafio que vem sendo superado, com sucesso, em diversos países, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação (Rhoades et al., 2000).

A necessidade de se utilizar águas de qualidade inferior na agricultura vem crescendo em todo o mundo, priorizando o uso intensivo das de boa qualidade para consumo humano e para outros fins mais restritivos; esta preocupação estará presente na expansão das áreas irrigadas, em geral (Ayers & Westcot, 1999).

Neste sentido, objetivou-se, com o presente trabalho, determinar os níveis de aplicação de água adequados à produção do algodoeiro BRS VERDE irrigado com águas de diferentes salinidades, visando à otimização do manejo desta cultura através da eficiência de uso de água, contribuindo, assim, com a redução dos impactos ambientais da atividade, bem como avaliar a possibilidade de uso de águas de qualidade inferior na cultura do algodoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Veludo pertencente à empresa de Pesquisa agropecuária da Paraíba EMEPA-PB, localizada em Itaporanga-PB.

A área experimental foi composta de 32 parcelas de 5 x 4 metros (20 m<sup>2</sup>), constituindo uma área total de 640 m<sup>2</sup>. Cada parcela constou de cinco linhas de plantio com espaçamento de um metro e quatro metros de comprimento, perfazendo uma área total de 20 m<sup>2</sup> por parcela. Foram consideradas na área útil as 3 linhas centrais de cada parcela e, dos quatro metros de cada linha, apenas os três metros centrais.

O volume de irrigação aplicado foi calculado com base no consumo de água no período anterior, conforme a Equação 01 adaptada de Sousa e Vieira Neto (2003).

$$Vol = ET_0 \cdot Kp \cdot Kc \cdot Kr \cdot A \cdot np/ef \quad (1)$$

Onde:

*Vol* é o volume de água por planta (L dia<sup>-1</sup>); *ET<sub>0</sub>* é a evapotranspiração potencial de referência (mm d<sup>-1</sup>) estimada pelo tanque classe A na Estação Experimental da EMEPA/Itaporanga; *Kp* é o coeficiente de correção do tanque classe A (0,85); *Kc* é o coeficiente de cultura; *Kr* é o coeficiente de redução da evapotranspiração, representado pelo percentual de cobertura do solo (0,5 até os 60 dias e 0,7 até o final do ciclo), transformado em decimais para obter *Kr* < 1; *A* é a área espacialmente ocupada pela planta (m<sup>2</sup>); *np* o número de plantas e *ef* a eficiência do sistema de irrigação.

Os tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: salinidade da água de irrigação em 2 níveis, medidos em termos de condutividade elétrica ( $A_1 = 0,6$  e  $A_2 = 6,5$  dS  $m^{-1}$ ) e quatro lâminas de irrigação ( $L_1 = 0,6$ ;  $L_2 = 0,8$ ;  $L_3 = 1,0$  e  $L_4 = 1,2$  da ETc). Com a combinação dos dois fatores foram obtidos oito tratamentos.

A partir dos dados obtidos através das leituras diárias da evaporação no tanque Classe A, foram obtidos os dados necessários ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Utilizou-se o K<sub>p</sub> de 0,85 em função da bordadura de solo exposto e da velocidade do vento, menor que 175 km d<sup>-1</sup> pelo modelo de Doorembos e Pruitt, (1976).

Convertendo a ET<sub>o</sub> em evapotranspiração da cultura (ETc) e multiplicando-se pelo coeficiente de cultura (kc), variável com o ciclo da cultura (Figura 2) obteve-se a lâmina de irrigação padrão (1,0 ETc) a ser aplicada. As lâminas de irrigação aplicadas diariamente nos demais tratamentos foram definidas pelo produto entre a lâmina de irrigação padrão aplicado pelo fator lâmina de cada tratamento (0,6; 0,8 e 1,2 da ETc).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção total de algodão em caroço variou de 701,28 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento de menor lâmina ( $L_1 = 340,41$  mm) para 1073,52 kg ha<sup>-1</sup> no ponto de máxima, que ocorreu em 680,82 mm (Figura 1); um incremento de produção de 53,08%; o aumento do suprimento hídrico provocou acréscimo de 17,69% para cada 131,47 mm, valor do intervalo das lâminas estudado, concordando com Souza et al. (1999) e Guinn e Mauney (1984) ao reportarem que baixos níveis de água no solo para reposição ocasionaram redução no rendimento de algodão e, que o déficit hídrico reduz o florescimento e a retenção das maçãs, ocasionando queda na produção. Sempre que se elevou a lâmina de irrigação, acréscimos na produção de algodão em caroço, também foram encontrados por Nunes Filho (1993), estudando o efeito de lâminas de água sobre o rendimento e qualidade de fibra de duas cultivares de algodão.

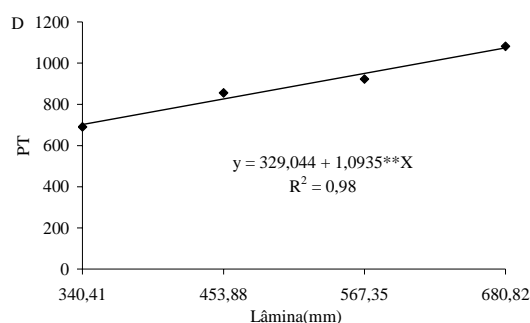


Figura 1. Produção total do algodoeiro BRS VERDE irrigado com águas de salinidades diferentes em função das lâminas de irrigação



Entretanto, e em sentido contrario, ocorreu decréscimo na eficiência do uso da água em  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , sempre que se elevou a lâmina de irrigação. Verifica-se, através da análise de variância (Tabela 1), efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para as lâminas aplicadas, enquanto para o tipo de água e a interação  $L \times A$  não houve efeito sobre a eficiência de uso da água na produtividade.

Observa-se, na Figura 2, que a eficiência do uso de água apresentou padrão decrescente de forma linear. A partir do modelo matemático obtido com o estudo de regressão, constata-se que o decréscimo ocorrido foi de 7,60% para cada incremento de 113,47 mm, ou de 0,07% por incremento unitário na lâmina de irrigação, mostrando a capacidade de produzir, mesmo sob pequenas lâminas de irrigação.

Tabela 1. Eficiência do uso da água do algodoeiro BRS VERDE irrigado com águas de salinidades diferentes em função das lâminas de irrigação

Fonte Variação	GL	Quadrado médio
		EUA
Lâmina (L)	3	0,0033**
Reg. Linear	1	0,0093**
Reg. Quad.	1	0,0002 <sup>ns</sup>
Reg Cúbica	1	0,0004 <sup>ns</sup>
Água (A)	1	0,0001 <sup>ns</sup>
$L \times A$	3	0,0002 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,0007
CV (%)		15,50
Médias		
Água		
$A_1$ (0,6 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,179a
$A_2$ (6,5 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,178a
dms		0,02

ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade e \*\*=significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F

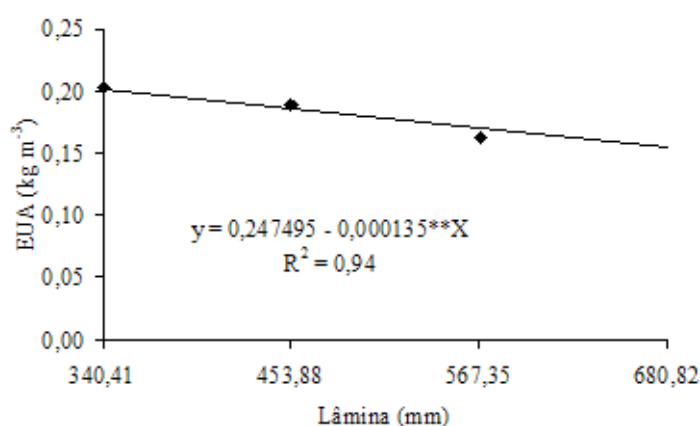


Figura 2. Eficiência do uso da água do algodoeiro BRS VERDE irrigado com águas de salinidades diferentes em função das lâminas de irrigação

A eficiência do uso da água para a produção de algodão em caroço foi de 0,20 kg m<sup>3</sup> para a lâmina de 340 mm, reduzindo até 0,16 kg m<sup>3</sup>, quando irrigado com a lâmina de 680 mm; estes resultados foram inferiores aos obtidos pela EMBRAPA (2006), cuja eficiência global do uso de água, para o rendimento de algodão em caroço, varia de 0,4 kg m<sup>3</sup> a 0,6 kg m<sup>3</sup>.

## CONCLUSÕES

- 1 A produção total em caroço foi crescente à medida que aumentou a lâmina de irrigação.
2. A lâmina de 680,82 mm ocasionou maior decréscimo na eficiência do uso da água.
- 3 O rendimento de algodão em caroço, variou de 0,4 kg m<sup>3</sup> a 0,6 kg m<sup>3</sup> entre a menor e a maior lâmina de irrigação.

## REFÊRNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água da agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- EMBRAPA Algodão (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), **Cultivo do algodão irrigado**. Sistema de produção 3. 2006. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado\\_2ed/necessidadeshidricas.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado_2ed/necessidadeshidricas.html)>. Acessado em 10 de julho de 2007.
- GUINN, G.; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. II. Effects of plant moisture status and active boll load on boll retention. **Agonomy Journal**. v. 76, n. 1, p. 94 -98. 1984.
- NUNES FILHO, J. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro (Gossypium hirsutum L. Raça latifolium Hutch.) em função da salinidade e umidade do solo**. Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 1993. 96p. (Tese de Doutorado).
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000, 117p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem.
- SOUZA, C.C. de; OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A.P. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2. p.125-130, 1999.



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

## **EFEITOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIAS DE CAMPINA GRANDE – PB, NO CRESCIMENTO DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS 149<sup>1</sup>**

**XAVIER, J. F. <sup>2</sup>; ANDRADE, A. R. S. <sup>3</sup>; AZEVEDO, C. A. V. DE <sup>4</sup>;  
BELTRÃO, N. E. M. <sup>5</sup>; PEREIRA, A. A. <sup>6</sup> & MENDES, J. S. <sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao PPG em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina – PB.

<sup>2</sup> Msc Engenharia Agrícola. DEAg/CTRN/UFCG, josilda.f.xavier@gmail.com

<sup>3</sup> Meteorologista, Prof. Dr. Garanhuns – PE., Av: BOM Pastor S/N Bairro: Boa Vista CEP: 55.296.160, Garanhuns - PE  
arsauag@ufrpe.br

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB cazevedo@deag.ufcg.edu.br

<sup>5</sup> Engº Agrº. Msc. Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB napoleao.beltrao@gmail.com

<sup>6</sup> Engº Civil. Msc. Profº. CENTEC aapfcp@gmail.com.

<sup>7</sup> Msc Engenharia Agrícola. DEAg/CTRN/UFCG, jacmendes@gmail.com

**RESUMO:** A pesquisa objetivou avaliar níveis e tipos de águas residuárias tratadas provenientes de indústrias, e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 149. O experimento foi conduzido em ambiente edáfico, do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, EMBRAPA, Campina Grande, PB. O delineamento foi em bloco inteiramente casualizado no esquema fatorial adicional [(4x3)+3], com quatro tratamentos, três repetições, três níveis de água disponível no solo no nível de manejo de irrigação e três testemunhas usando-se água de abastecimento com fertilizantes inorgânicos na fundação, com NPK (AF<sub>4</sub>); na presença dos níveis de água disponível no solo, as fontes de nutrientes foram sulfato de amônio (20% N), superfosfato triplo (43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O). O crescimento foi avaliado através de medidas quinzenais das plantas, pelo período de 135 dias, cujas variáveis medidas foram: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e Área foliar por planta (AFP). A mamoneira, cultivar BRS 149, respondeu melhor a irrigação com água residuária tratada, principalmente da indústria COTEMINAS, onde todos os parâmetros da planta aumentaram nas condições em que se realizou este experimento.

**Palavras-chaves:** irrigação, tensiômetro, mamona

## **EFFECTS OF WASTEWATER INDUSTRIES OF CAMPINA GRANDE – PB, IN THE GROWTH OF THE CASTOR OIL PLANT CULTIVATE BRS 149**

**ABSTRACT:** The research was carried out to evaluate levels and types of treated wastewater coming of industries, and their effects in the growth and development of the castor oil plant BRS 149. The experiment was driven in the vegetation house, of the National Center of Research of Cotton,

EMBRAPA, Campina Grande, PB. The statistical treatment was in block entirely random in the additional factorial outline [(4x3)+3], with four treatments, three repetitions, three levels of available water in the soil in the level of irrigation handling and three witness being used water of provisioning with inorganic fertilizers in the foundation, with NPK (AF<sub>4</sub>); in the presence of the levels of available water in the soil, the sources of nutrients were sulfate of ammonium (20% N), triple superfosfato (43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium chloride (60% K<sub>2</sub>O). The growth was evaluated through biweekly measures of the plants, for the period of 135 days, whose measured variables were: plant height (AP), diameter of the stem (DC) and Area to foliate for plant (AFP). The castor oil plant, cultivate BRS 149, it answered the irrigation better with treated wasterwater, mainly of the industry COTEMINAS, where all of the parameters of the plant increased in the conditions in that he/she took place this experiment.

**Key-words:** irrigation, castor oil plant

## INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos e o crescimento explosivo da população obrigam a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e a geração de energia elétrica, ficando, conseqüentemente, as atividades agrícolas comprometidas (Mancuso 2003).

Nos países desenvolvidos e em desenvolvimento vem adotando consideravelmente a prática do reuso de água residuária tratada no cultivo de várias espécies, tais como leguminosas, forrageiras, gramíneas e hortaliças, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, devido à água ter se tornado um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (Hespanhol 2003).

Nos últimos anos no Brasil, os estudos científicos sobre o reuso de águas residuárias tratadas na irrigação da cultura da mamona (*Ricinus Communis L*) tem sido destaque pela importância para o semi-árido brasileiro por ser de fácil cultivo, resistente à seca, além de proporcionar ocupação e renda no meio rural, sendo bastante cultivada por pequenos produtores (Beltrão et al., 2001).

O reuso e reciclo de águas servidas em indústrias vem ganhando espaço nos dias atuais, face a necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que a economia globalizada condiciona as empresas a uma maior competitividade, sendo, portanto, de extrema necessidade, o aumento de produtividade com a conseqüente redução de custos (Mancuso 2003).

Diante do exposto, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar níveis e tipos de águas residuárias tratadas provenientes de indústrias da cidade de Campina Grande e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 149.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a cultura da mamona cultivar BRS 149, em condições de casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão CNPA/EMBRAPA, localizada na cidade de Campina Grande, PB.



Para o manejo de irrigação do experimento foram instalados um tensiômetro, à profundidade de 0-40 cm, em cada vaso plástico, com capacidade de 60 litros com diâmetro inferior de 27cm, superior 41cm e altura de 57cm, totalizando 45 vasos (Figura 1).

Foram realizadas análise não destrutiva do crescimento altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar por planta (AFP) de quinze em quinze dias. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com esquema de análise fatorial adicional  $[(4 \times 3) + 3]$  com três repetições, tendo os seguintes fatores: três tipos de águas residuárias tratadas e água de abastecimento ( $A_1$  = IPELSA;  $A_2$  = COTEMINAS;  $A_3$  = LEBOM;  $A_4$  = Água da rede de abastecimento público da cidade de Campina Grande-PB ) três níveis de água disponível no solo (AD) ( $N_1$  = 100,  $N_2$  = 80 e  $N_3$  = 70% da água disponível) para as três testemunhas com água de abastecimento com fertilizante inorgânico na fundação ( $AF_4$ ), utilizando NPK onde as fontes de nutrientes foram, sulfato de amônio (20% N), superfosfato triplo (43%  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60%  $K_2O$ ) (EMATER-PB 1979).



Figura 1. Visão geral do experimento da casa de vegetação da EMBRAPA/ALGODÃO, Campina Grande-PB, 2006

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se por meio da Tabela 1 que as variáveis altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar por planta AFP apresentaram melhores resultados de crescimento quando submetida água residuária  $A_2$  (COTEMONAS), esse resultado pode ser explicado provavelmente ao conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes e pelo seu elevado teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir em longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbiológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas.

Tabela 1. Valores médios dos dados altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e Área foliar por planta (AFP) da mamoneira, submetido aos diferentes tipos de água

Tratamentos	Variáveis de crescimento		
	AP (cm)	DC (mm)	AFP (cm <sup>2</sup> )
A <sub>1</sub> IPELSA	17,89 b	4,20 b	126,20 b
A <sub>2</sub> COTEMINAS	31,55 d	18,11 d	345,18 d
A <sub>3</sub> LEBOM	25,33 c	9,41 c	283,67 c
A <sub>4</sub> água abastecimento sem fertilização	12,94 a	0,59 a	37,78 a

As médias seguida da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a nível de 1% de probabilidade no Teste de Tukey

Com relação aos diferentes níveis de água disponível no solo os melhores resultados foram observados para todas variáveis, altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) de crescimento da mamoneira, quando submetido aos tratamentos N<sub>1</sub> = 100 respectivamente (Tabela 2).

Na Tabela 3, encontra-se os tipos de água (A) dentro de todos os níveis de água disponível no solo (N), observou-se que os melhores resultados ocorreram na interação A<sub>2</sub> x N<sub>1</sub> (COTEMINAS 100%) em todas as variáveis relacionadas ao crescimento da planta, altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar total (AFT); nota-se, que os melhores resultados dos valores médios das variáveis de crescimento quando se analisa o desdobramento do fator níveis de água disponível do solo (N) dentro de cada de tipo de água (A) foram obtidos para a água A<sub>2</sub> (COTEMINAS).

Tabela 2. Valores médios dos dados altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar por planta (AFP) da mamoneira, submetido aos diferentes níveis de água disponível no solo

Tratamentos	Variáveis de crescimento		
	AP (cm)	DC (mm)	AFP (cm <sup>2</sup> )
N <sub>1</sub> = 100%	25,92 c	11,82 c	249,05 b
N <sub>2</sub> = 80%	22,87 b	7,43 b	222,69 b
N <sub>3</sub> = 70%	17,00 a	1,98 a	122,89 a

As médias seguida da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a nível de 1% de probabilidade no Teste de Tukey





Tabela 3. Valores médios das interações significativas referente à altura da planta (AP), diâmetro caular (DC) e área foliar total (AFT) da mamoneira, submetida a diferentes tipos de água (A) e níveis de água disponível no solo (N) ao final dos 135 DAS

Tipos de águas	Níveis de água disponível no solo		
	N1 = 100%	N2 = 80%	N3 = 70%
<b>Altura da planta (cm)</b>			
A <sub>1</sub> IPELSA	30,66 a A	13,50 a A	17,66 a A
A <sub>2</sub> COTEMINAS	49,33 b A	48,00 b A	39,33 b A
A <sub>3</sub> LEBOM	49,00 b B	43,33 b AB	31,33 ab A
A <sub>4</sub> ÁGUA DE ABASTECIMENTO	17,00 a A	13,50 a A	15,83 a A
AF <sub>4</sub> ÁGUA DE ABAST. COM NPK NA FUNDAÇÃO	25,00 a A	30 a A	28,66 ab A
<b>Diâmetro caular (mm)</b>			
A <sub>1</sub> IPELSA	13,00 ab A	8,30 ab A	0,83 a A
A <sub>2</sub> COTEMINAS	25,66 c B	20,50 c A	16,33 b A
A <sub>3</sub> LEBOM	20,33 b A	18,00 b A	14,33 ab A
A <sub>4</sub> ÁGUA DE ABASTECIMENTO	0,70 a A	0,63 a A	0,66 a A
AF <sub>4</sub> ÁGUA DE ABAST COM NPK NA FUNDAÇÃO	11,93 ab A	11,66 ab A	12,33 ab A
<b>Área foliar total (cm<sup>2</sup>)</b>			
A <sub>1</sub> IPELSA	1.189,16 a A	760,71 a A	318,24 a A
A <sub>2</sub> COTEMINAS	8.787,12 c B	7.079,35 c B	4.446,93 c A
A <sub>3</sub> LEBOM	4.135,64 a A	3.209,95 b AB	2.357,61 b A
A <sub>4</sub> ÁGUA DE ABASTECIMENTO	148,02 a A	145,08 a A	136,61 a A
AF <sub>4</sub> ÁGUA DE ABAST. COM NPK NA FUNDAÇÃO	338,31 a A	331,83 a A	255,87 a A

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha (dentro dos diferentes tipos de água) e maiúscula na coluna (dentro dos percentuais de umidade), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nota: AF<sub>4</sub> água de abastecimento com NPK na fundação

## CONCLUSÕES

A mamoneira, cultivar BRS 149, respondeu bem a irrigação com água residuária tratada, em especial da indústria COTEMINAS, a mais rica e equilibrada em nutrientes minerais entre as testadas (IPELSA E LEBOM), mesmo considerando o tratamento com água de abastecimento adubado com NPK, com decréscimo de 16% com relação à testemunha absoluta e de 9,7% com relação à testemunha com adubação inorgânica.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p.37-59.
- EMATER-PB. **Sugestões de adubação para o estado da Paraíba**. João Pessoa, PB. 1979
- HESPAHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil**: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANROS, H. F. (Editores). **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.
- MANCUSO, P.S; SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. Editores. Barueri, SP: Manole, 2003.



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

## ANÁLISE DOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE ESTIMADOS PELOS ALGORITMOS SEBAL E S-SEBI

SANTOS, C. A. C. DOS<sup>1</sup>; BEZERRA, B. G.<sup>1</sup>; SILVA, B. B. DA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Meteorologia - Universidade Federal de Campina Grande, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande – PB, Brasil, CEP: 58.19-970 e-mail: carlostorm@gmail.com

<sup>2</sup>Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UFCG, Campina Grande – PB.

**RESUMO:** Foram calculadas as densidades dos fluxos de calor sensível e latente sobre áreas de cultivos irrigadas utilizando os algoritmos SEBAL e S-SEBI a partir de imagens Landsat 5-TM nos dias 24/10/2005 e 23/07/2006, com o objetivo de avaliar as correlações entre os resultados, face às diferentes metodologias propostas pelos referidos algoritmos. Ainda foi avaliado impacto nos resultados devido a presença de nuvens na cena estudada presente na imagem do dia 23/07/2006. Os resultados apresentaram altos coeficientes de correlação para todos os dias. Na análise da presença de nuvens na imagem do dia 23/07/2006 foram observadas superestimativas nos resultados gerados pelo S-SEBI, para H e subestimativas para LE. Diante dos resultados conclui-se que, apesar das metodologias serem diferentes, os algoritmos apresenta resultados bastante similares.

**Palavras chaves:** Balanço de energia, albedo, temperatura da superfície.

## ANALYSIS OF THE SENSIBLE AND LATENT HEAT FLUX ESTIMATED FOR THE ALGORITHMS SEBAL AND S-SEBI

**ABSTRACT:** The densities of the sensible and latent heat flux were calculated on areas of crop irrigated using the algorithms SEBAL and S-SEBI starting from images Landsat 5-TM on 24/10/2005 and 23/07/2006, with the objective of evaluating the correlations among the results, face the different methodologies proposed by the referred algorithms. Impact was still evaluated in the results due to presence of clouds in the scene studied present in the image of the 23/07/2006. The results presented high correlation coefficients for everyday. In the analysis of the presence of clouds in the image of the 23/07/2006 overestimated were observed in the results generated by S-SEBI, for H and underestimated for LE. Before the results it is ended that, in spite of be different methodologies, the algorithms present quite similar results.

**Keywords:** Energy balance, albedo, surface temperature.



## INTRODUÇÃO

A estimativa da densidade de fluxo de calor sensível (H) constitui a etapa que oferece maior dificuldade no cômputo do balanço de energia e da evapotranspiração a partir de dados de sensoriamento remoto orbital. Dentre os algoritmos que propiciam estas estimativas com base nestes dados, está o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) (Bastiaanssen et al., 1998 a) e o S-SEBI (Simplified System Energy Balance Index) (Roerink et al., 2000).

O cálculo do H através do algoritmo SEBAL é propiciado mediante processo iterativo que leva em consideração a condição de estabilidade neutra da atmosfera baseado na teoria da similaridade de Monin–Obukhov. As precisões das estimativas dependem fundamentalmente dos referidos pixels extremos, chamados de “quente” e “frio”, que exigem do usuário critérios rigorosos, pois a escolha inadequada pode acarretar erros grosseiros nos resultados (Bastiaanssen et al., 1998a; Allen et al., 2002). A estimativa do fluxo de calor latente instantâneo (LE), pelo algoritmo SEBAL, é obtida através do método residual da equação do balanço de energia.

Em contrapartida, o S-SEBI apresenta uma metodologia para os cálculos de H e LE, bem mais simplificada. Os mesmos são propiciados a partir da fração evaporativa que é obtida em função das temperaturas dos pontos de máximos fluxos de calor latente e sensível. Estas temperaturas são encontradas através de uma regressão linear obtida a partir da dispersão do albedo da superfície com a temperatura da superfície (ver Roerink et al., 2000). A grande vantagem do S-SEBI é o fato de não necessitar de medidas de superfície, o que facilita sua aplicação em áreas que não disponham de estações meteorológicas.

Neste sentido o presente estudo tem por objetivo estimar as densidades de H e LE através dos algoritmos SEBAL e S-SEBI a partir de imagens orbitais sobre uma área do semi-árido brasileiro composta por cultivos irrigados. Assim como, comparar os resultados e analisar as correlações entre os métodos, avaliando a sensibilidade de cada método devido à presença de nuvens na cena de estudo. A escolha dos citados métodos foi condicionada pelos fatos da grande aplicabilidade e a precisão alcançada pelo SEBAL em diversas partes do mundo e a aparente praticidade apresentada pelo S-SEBI.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a fazenda Frutacor, situada a 5°08'44" S e 38°05'53" W, altitude de 147,22m na Chapada do Apodi, município de Quixeré – CE, com área de aproximadamente 250 ha de cultivo de bananeiras (*Musa* sp.). Utilizaram-se neste trabalho, imagens do sensor

Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat-5, dos dias 24/10/2005 (sem nuvem) e 23/06/2006 (com nuvem).

As densidades de fluxo de calor sensível e latente foram calculadas a partir das imagens Landsat 5-TM através de dos métodos SEBAL e S-SEBI que são detalhados a seguir:

A estimativa do fluxo de calor latente instantâneo (LE), pelo algoritmo SEBAL, foi obtida através do método residual da equação do balanço de energia. Esse método possibilita assim, a obtenção do fluxo vertical de calor latente com imagens orbitais, através da diferença dos fluxos, também verticais, de calor no solo (G), calor sensível (H) e o saldo de radiação ( $R_n$ ), conforme mostrado a seguir:

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

Os componentes  $R_n$  e G ( $W m^{-2}$ ), utilizados nos algoritmos SEBAL e S-SEBI, foram obtidos através das equações 2 e 3, apresentadas a seguir:

$$R_n = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (2)$$

$$G = \left[ \frac{T_s}{\alpha} (0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2) (1 - 0,98 \cdot IVDN^4) \right] \cdot R_n \quad (3)$$

em que  $\alpha$  é albedo da superfície,  $R_{L\uparrow}$  é a radiação de onda longa (termal) emitida pela superfície,  $\varepsilon_0$  é a emissividade da superfície,  $R_{s\downarrow}$  é a radiação de onda curta incidente e  $R_{L\downarrow}$  é a radiação de onda longa incidente,  $T_s$  é a temperatura da superfície e IVDN é o índice de vegetação da diferença normalizada (Trezza, 2002).

A principal diferença entre os algoritmos SEBAL e S-SEBI se encontra na obtenção dos parâmetros H e LE ( $W m^{-2}$ ), uma vez que, a obtenção de H ( $W m^{-2}$ ) pelo SEBAL foi feita a partir da velocidade do vento e da temperatura da superfície, através de um processo iterativo baseado na teoria da similaridade de Monin-Obukhov (L), como descrita por Bastiaanssen *et al.* (1998a) e Tasumi *et al.* (2007).

$$H = \frac{\rho_{ar} c_p (a + b T_s)}{r_{ah}} \quad (4)$$

em que  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar úmido ( $Kg m^{-3}$ ),  $c_p$  é o calor específico do ar à pressão constante ( $J Kg^{-1} K^{-1}$ ),  $r_{ah}$  é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor ( $s m^{-1}$ ) e “a” e “b” são coeficientes de calibração empíricos obtidos para cada imagem.

No algoritmo S-SEBI os fluxos não foram calculados como parâmetros separados, mas como a *fração evaporativa* (A) (ver equação 5), conforme metodologia de Roerink *et al.* (2000). Na Figura 1 é possível reconhecer o limite inferior, onde o fluxo de calor latente máximo

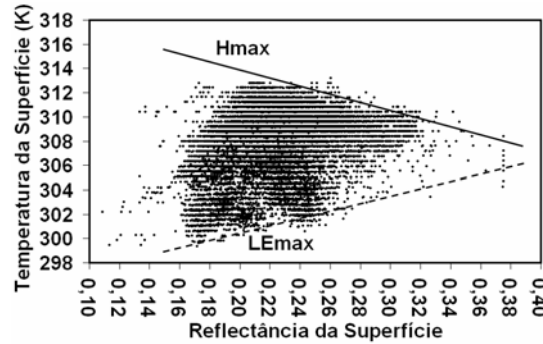


Figura 1: Representação esquemática da relação entre a temperatura da superfície e a reflectância da superfície junto com princípios básicos do S-SEBI.

$LE_{\max}(\alpha)$  é assumido ( $T_H = a_H + b_H \alpha$ ) e, o limite superior, onde o fluxo de calor sensível máximo  $H_{\max}(\alpha)$  é assumido ( $T_{LE} = a_{LE} + b_{LE} \alpha$ ) (Sobrino *et al.*, 2007).

$$\Lambda = \frac{T_H - T_s}{T_H - T_{LE}} \quad (5)$$

Substituindo  $T_H$  e  $T_{LE}$  na equação 5, a fração evaporativa pode ser escrita como:

$$\Lambda = \frac{a_H + b_H \alpha - T_s}{a_H - a_{LE} + (b_H - b_{LE}) \alpha} \quad (8)$$

Daí calculou-se os fluxos  $H$  e  $LE$ , pelas equações seguintes:

$$H = (1 - \Lambda)(R_n - G) \quad (9)$$

$$LE = \Lambda(R_n - G) \quad (10)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2a, que apresenta as correlações dos valores das densidades de fluxos de calor sensível e latente, pode ser observada a nítida concordância entre os dois algoritmos na estimativa de  $H$ , representado também, pelo coeficiente de correlação  $r = 0,96$ . No entanto, observa-se uma tendência de subestimativa dos valores, pelo S-SEBI, principalmente próximo aos valores inferiores. Na Figura 2b, observa-se maior concordância entre os valores estimados pelos dois algoritmos, representado pelo  $r = 0,98$ , entretanto, evidencia-se uma leve tendência de superestimativa pelo S-SEBI. Baseado nessas observações identifica-se a aplicabilidade do algoritmo S-SEBI na obtenção dos fluxos  $H$  e  $LE$ .

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto nas atividades agrícolas, sobretudo para monitoramento de práticas de irrigação está fundamentalmente limitada por dois fatores; a não disponibilidade de imagens de alta resolução (Landsat, Aster, por exemplo) numa frequência temporal adequada e a ausência total de nuvens na cena de interesse, principalmente

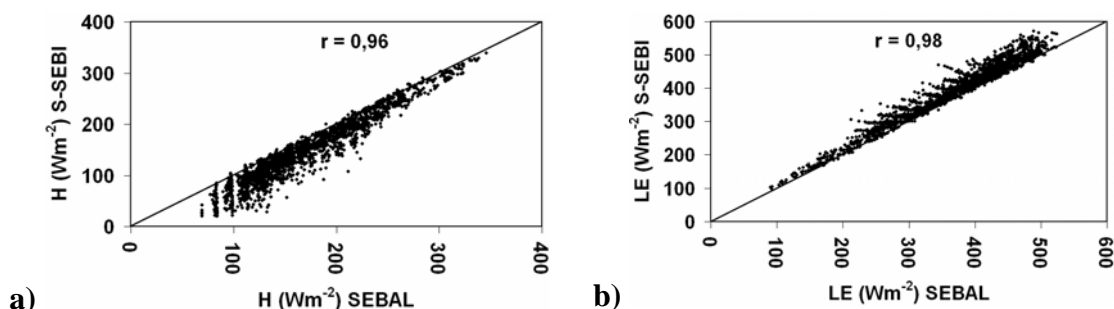


Figura 2: Correlações entre as densidades de fluxo de calor sensível (H) e latente (LE), estimados pelos algoritmos SEBAL (a) e S-SEBI (b), para o dia 24/10/2005.

sobre os alvos desejados (áreas irrigadas, no caso particular). No entanto, aqui foram propiciadas as estimativas de H e LE a partir da imagem do dia 23/07/2006, para a mesma área, porém com a presença de nuvens ralas e de baixa densidade (tipo cirrus), para observar a sensibilidade dos algoritmos na presença de nuvens.

Observa-se na Figuras 3a e 3b, que as correlações de H e LE entre os dois algoritmos, foram seriamente comprometidas com nítida tendência de superestimativa nos resultados gerados pelo S-SEBI para os valores de H, e com forte tendência de subestimativa para o LE. Aparentemente os impactos nos resultados do algoritmo SEBAL foram atenuados, possivelmente pelo fato do mesmo propiciar a estimativa do H e LE tomando por base dados pontuais de superfície (pixels quente e frio), desde que a escolha dos mesmos não recaia sobre a própria nuvem ou em área sombreada pela mesma. Já os resultados do S-SEBI estão ligados ao fato do mesmo fundamentar sua metodologia no albedo e na temperatura da superfície. As nuvens apresentam albedos normalmente mais elevados que superfícies ocupadas ou não por vegetação e consequentemente temperaturas menores. Observa-se ainda das Figuras 3a e 3b, que os coeficientes de correlação novamente foram altos, 0,96 e 0,97, respectivamente, mostrando a forte correlação que existe entre os algoritmos.

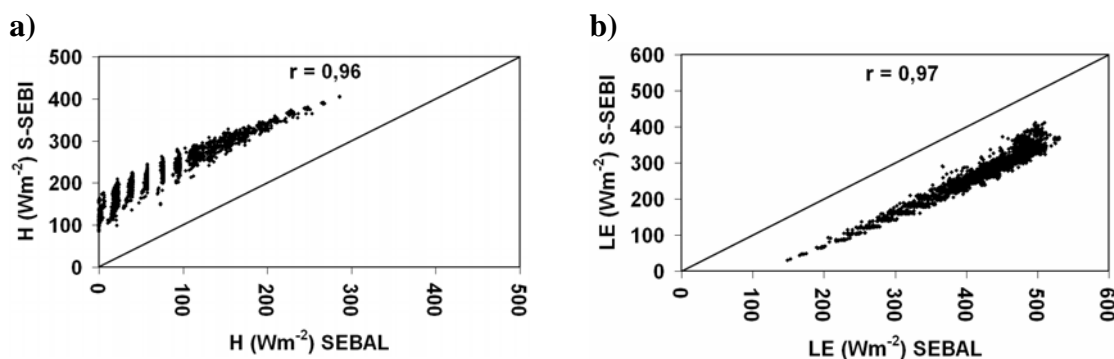


Figura 3: Correlações entre as densidades de fluxo de calor sensível (H) e latente (LE), estimados pelos algoritmos SEBAL (a) e S-SEBI (b), para o dia 23/07/2006.



## CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados conclui-se que de uma forma geral os métodos se mostraram eficientes na obtenção das densidades dos fluxos de calor sensível e latente, face às fortes correlações verificadas na presente pesquisa. Concluiu-se ainda que o algoritmo S-SEBI, ao contrário do SEBAL, mostrou-se altamente sensível à presença de nuvens, mesmo que sejam ralas e de baixa densidade. Nesta condição, foram verificadas superestimativas nos resultados em todos os pontos da cena estudada, para H, e subestimativas em todos os pontos de LE. No entanto, se observou que o algoritmo S-SEBI se apresenta como uma ferramenta promissora, uma vez que o fato de não necessitar de informações da superfície, pode ser aplicado para qualquer área mesmo que a mesma não disponha de uma estação meteorológica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a direção da Fazenda Frutacor por ter gentilmente cedido a sua área para instalação da estação meteorológica, bem como as suas dependências para apoio logístico. Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e a Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Campina Grande, por permitir o uso de sua infra-estrutura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0**, 2002, 98 p.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, p.198–212. 1998a.
- ROERINK, G. J.; SU, Z.; MENENTI, M. A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimates the Surface Energy Balance. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**. n. 25, p. 147-157, 2000.
- SOBRINO, J. A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; OLIO, A. Application of a simple algorithm to estimate daily evapotranspiration from NOAA-AVHRR images for the Iberian Peninsula. **Remote Sensing of Environment**, 2007. doi:10.1016/j.rse.2007.02.017.
- TASUMI, M.; ALLEN, R. G. Satellite-based ET mapping to assess variation in ET with timing of crop development. **Agricultural Water Management**, v. 88, 54-62 p., 2007.
- TREZZA, R. **Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control**. 2002, 247 p., Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University. Logan, Utah, 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

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DIÁRIA UTILIZANDO OS ALGORITMOS SEBAL E S-SEBI

SANTOS, C. A. C. DOS<sup>1</sup>; SILVA, B. B. DA<sup>2</sup>; RAO, T. V. R.<sup>2</sup> & BEZERRA, B. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Meteorologia - Universidade Federal de Campina Grande, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande – PB, Brasil, CEP: 58.19-970 e-mail: carlostorm@gmail.com

<sup>2</sup>Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UFCG, Campina Grande – PB.

**RESUMO:** Essa pesquisa objetivou analisar o desempenho dos algoritmos SEBAL e S-SEBI na estimativa da distribuição espacial da evapotranspiração diária (ET), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e imagens Landsat 5-TM. A principal diferença entre os algoritmos se apresenta no fato do S-SEBI não necessitar de informações da superfície para estimar os componentes do balanço de energia. Apresentando-se, assim, como um promissor algoritmo para ser utilizado em regiões onde existe escassez de estações meteorológicas. No entanto, a aplicação do algoritmo S-SEBI não é satisfatória para imagens que apresentam nuvens, mesmo que sejam ralas e de baixa densidade, uma vez que a presença das mesmas no interior da cena comprometeu substancialmente as estimativas dos fluxos H e LE, e por consequência, a obtenção da ET horária e diária.

**Palavras – chave:** Balanço de energia, sensoriamento remoto, fração evaporativa

## ESTIMATE OF THE DAILY EVAPOTRANSPIRATION IN SEMI- ARID REGION USING THE ALGORITHMS SEBAL AND S-SEBI

**ABSTRACT:** The objective this paper is analyze the performance the algorithms SEBAL and S-SEBI in the estimating spatial distribution of the daily evapotranspiration (ET), using techniques of remote sensing and Landsat 5-TM images. To principal it differentiates among the algorithms comes in the fact of S-SEBI not to need of information of the surface to estimate the components of the energy balance. Coming as a promising algorithm to be used in areas where shortage of meteorological stations exists. However, the application of the algorithm S-SEBI is not satisfactory for images that present clouds, even if they are thin and of low density, once the presence of the same ones inside the scene committed the estimates of the flows substantially H and LE, and for consequence, the obtaining of hourly and daily ET.

**Key-words:** Energy balance, remote sensing, evaporative fraction





## INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade por água doce pelos diferentes usuários, o monitoramento do uso da água, com técnicas de sensoriamento remoto, tem sido um tópico de interesse para o manejo e planejamento de recursos hídricos ao redor do mundo. Várias técnicas têm sido desenvolvidas com a finalidade de estimar a evapotranspiração (ET) através do sensoriamento remoto por satélite, a exemplo do SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), proposto por Bastiaanssen *et al.* (1998a) e do S-SEBI (Simplified Surface Energy Balance Index), proposto por Roerink *et al.* (2000).

O SEBAL é uma metodologia, destinada à estimativa da ET via o cômputo do balanço de energia à superfície (Tasumi & Allen, 2007; Bastiaanssen *et al.*, 1998a), e tem sido validado em várias localidades do mundo, incluindo áreas na Espanha, Turquia, Itália, Paquistão, Índia, Sri Lanka, Egito, Níger e China e Brasil (Silva & Bezerra, 2006).

O algoritmo S-SEBI representa uma metodologia mais simples para a obtenção da ET baseada no contraste da fração evaporativa entre áreas secas e úmidas, não sendo necessárias informações de estação meteorológica na área de estudo. O S-SEBI foi validado na Itália, na Espanha, na Holanda e na Península Ibérica (Sobrino *et al.*, 2007).

Assim, com intuito de contribuir para a compreensão das estimativas e análises espaciais da ET, este estudo tem como objetivo estimar a distribuição espacial da evapotranspiração real diária em áreas irrigadas e de vegetação nativa, usando dados de sensoriamento remoto orbital e de torres meteorológicas instaladas no interior da grande área de estudo. Como também, analisar a sensibilidade de ambos os métodos quando aplicados a cenas com presença de nuvens.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a fazenda Frutacor, situada a 5°08'44" S e 38°05'53" W, altitude de 147,22m na Chapada do Apodi, município de Quixeré – CE, com área de aproximadamente 250 ha de cultivo de bananeiras (*Musa* sp.). Utilizaram-se neste trabalho, imagens do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat-5, dos dias 24/10/2005 (sem nuvem) e 23/06/2006 (com nuvem). Para a obtenção da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pelo método combinado FAO-Penman-Monteith, foram utilizados dados oriundos de uma estação meteorológica automática instalada no interior da cena estudada.

A estimativa do fluxo de calor latente instantâneo (LE), pelo algoritmo SEBAL, foi obtida através do método residual da equação do balanço de energia. Esse método possibilita assim, a obtenção do fluxo vertical de calor latente com imagens orbitais, através da diferença

dos fluxos, também verticais, de calor no solo (G), calor sensível (H) e o saldo de radiação ( $R_n$ ), conforme mostrado a seguir:

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

Os componentes  $R_n$  e G ( $W m^{-2}$ ), utilizados nos algoritmos SEBAL e S-SEBI, foram obtidos através das equações 2 e 3, apresentadas a seguir:

$$R_n = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (2)$$

$$G = \left[ \frac{T_s}{\alpha} (0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2) (1 - 0,98 \cdot IVDN^4) \right] \cdot R_n \quad (3)$$

em que  $\alpha$  é albedo da superfície,  $R_{L\uparrow}$  é a radiação de onda longa (termal) emitida pela superfície,  $\varepsilon_0$  é a emissividade da superfície,  $R_{s\downarrow}$  é a radiação de onda curta incidente e  $R_{L\downarrow}$  é a radiação de onda longa incidente,  $T_s$  é a temperatura da superfície e IVDN é o índice de vegetação da diferença normalizada (Trezza, 2002).

A principal diferença entre os algoritmos SEBAL e S-SEBI se encontra na obtenção dos parâmetros H e LE ( $W m^{-2}$ ), uma vez que, a obtenção de H ( $W m^{-2}$ ) pelo SEBAL foi feita a partir da velocidade do vento e da temperatura da superfície, através de um processo iterativo baseado na teoria da similaridade de Monin-Obukhov (L), como descrita por Bastiaanssen *et al.* (1998a) e Tasumi *et al.* (2007).

$$H = \frac{\rho_{ar} c_p (a + b T_s)}{r_{ah}} \quad (4)$$

em que  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar úmido ( $Kg m^{-3}$ ),  $c_p$  é o calor específico do ar à pressão constante ( $J Kg^{-1} K^{-1}$ ),  $r_{ah}$  é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor ( $s m^{-1}$ ) e “a” e “b” são coeficientes de calibração empíricos obtidos para cada imagem.

No algoritmo S-SEBI os fluxos não foram calculados como parâmetros separados, mas como a *fração evaporativa* (A) (ver equação 5), conforme metodologia de Roerink *et al.* (2000). Na Figura 1 é possível reconhecer o limite inferior, onde o fluxo de calor latente máximo  $LE_{max}(\alpha)$  é assumido ( $T_H = a_H + b_H \alpha$ ) e, o limite superior, onde o fluxo de calor sensível máximo  $H_{max}(\alpha)$  é assumido ( $T_{LE} = a_{LE} + b_{LE} \alpha$ ) (Sobrino *et al.*, 2007).

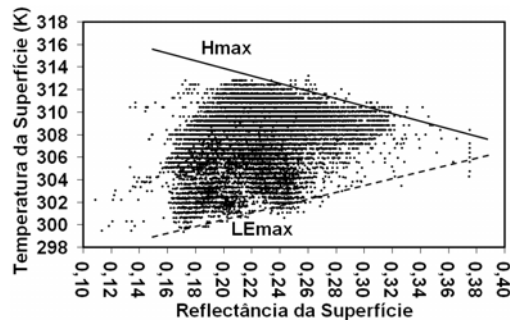


Figura 1: Representação esquemática da relação entre a temperatura da superfície e a reflectância da superfície junto com princípios básicos do S-SEBI.



$$\Lambda = \frac{T_H - T_s}{T_H - T_{LE}} \quad (5)$$

Substituindo  $T_H$  e  $T_{LE}$  na equação 5, a fração evaporativa pode ser escrita como:

$$\Lambda = \frac{a_H + b_H \alpha - T_s}{a_H - a_{LE} + (b_H - b_{LE}) \alpha} \quad (8)$$

Uma vez determinada  $\Lambda$ , foram calculados os fluxos  $H$  e  $LE$ , pelas equações seguintes:

$$H = (1 - \Lambda)(R_n - G) \quad (9)$$

$$LE = \Lambda(R_n - G) \quad (10)$$

A estimativa da ET diária, para ambos os métodos, foi feita a partir da fração de evapotranspiração real diária ( $FET_{0\_24}$ ) e da evapotranspiração de referência diária ( $ET_{0\_24}$ ) ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) (Trezza, 2002), pela equação seguinte:

$$ET = FET_{0\_24} \cdot ET_{0\_24} \quad (11)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentadas as Figuras 2a e 2b, as mesmas representam as distribuições espaciais da ET ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) obtidas pelos algoritmos SEBAL (Figura 2a) e S-SEBI (Figura 2b) para o dia 24/10/2005, para toda a área estudada que envolve cultivos irrigados (Fazenda Frutacor), vegetação nativa e solo exposto. Observa-se das figuras a concordância dos dois métodos, para imagens sem nuvens. Os dois métodos representam bem as áreas irrigadas ou de vegetação densa (áreas claras), como também, de vegetação rala e esparsa ou de solo exposto (áreas escuras). No entanto, fica evidente nas Figuras 2a e 2b, a superestimativa do S-SEBI quando comparado ao SEBAL, pois existem áreas apresentadas pelo S-SEBI, com ET superior a  $5,0 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 2b), que não são observadas claramente pelo SEBAL (Figura 2a). As Figuras 3a e 3b, também apresentadas a seguir e obtidas pelos dois métodos para o dia 23/07/2006, representam as distribuições espaciais da ET e mostram as discrepâncias entre os dois métodos quando aplicados a imagens que contém nuvens (identificadas no canto superior direito das figuras). Observa-se que apenas os valores inferiores da ET apresentaram concordância entre as duas figuras, no entanto, os valores superiores foram subestimados pelo S-SEBI.

A Figura 4a apresenta a correlação existente entre as estimativas da ET pelos algoritmos SEBAL e S-SEBI, para o dia 24/10/2005, juntamente com o seu referido coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Observa-se que o  $R^2$  para este dia foi de 0,96, mostrando que apenas 4% da variabilidade da ET estimada pelo SEBAL não pode ser explicada pela obtida através do S-SEBI. No entanto, pode-se observar da Figura 4b, que apresenta a correlação existente entre as estimativas da ET pelos algoritmos SEBAL e S-SEBI, para o dia 23/07/2006, que o  $R^2$  para esta

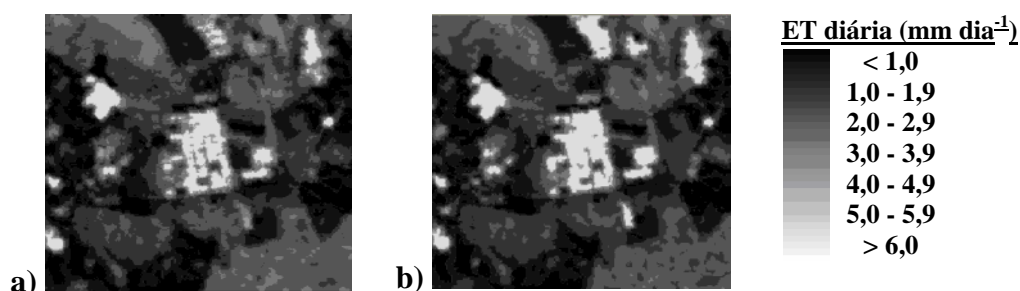


Figura 2: Distribuição espacial da ET diária para o dia 24/10/2005, obtida através do SEBAL (a) e através do S-SEBI (b).

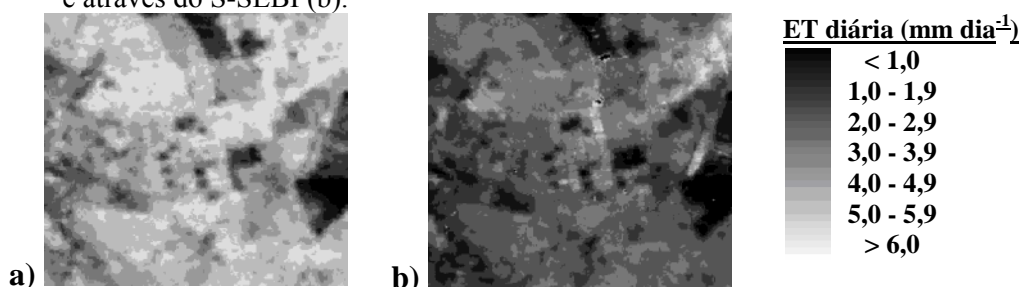


Figura 3: Distribuição espacial da ET diária para o dia 23/07/2006, obtida através do SEBAL (a) e através do S-SEBI (b).

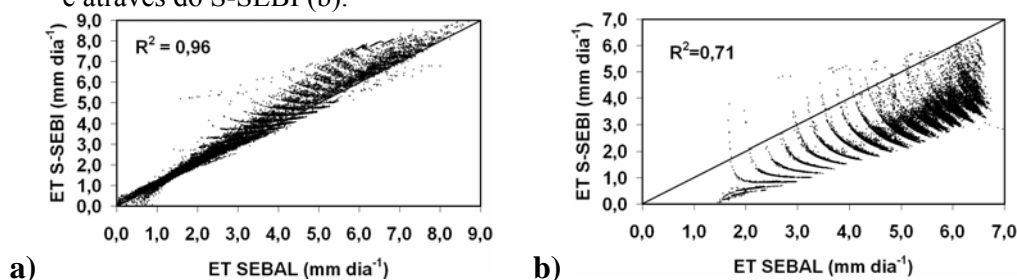


Figura 4: Correlação entre os valores da ET diária, para o dia 24/10/2005 a) e para o dia 23/07/2006 b), obtidos pelos algoritmos SEBAL e S-SEBI, juntamente com o coeficiente de determinação.

cena foi de 0,71, mostrando que 29% da variabilidade da ET estimada pelo SEBAL não pode ser explicada pela obtida através do S-SEBI. Observa-se também, uma subestimativa, por parte do S-SEBI, dos valores da ET. O que caracteriza a não aplicabilidade do S-SEBI quando há presença de nuvens na cena.

## CONCLUSÕES

Dessa forma, pode-se afirmar categoricamente que a aplicação do algoritmo S-SEBI não é satisfatória para dias em que apresentam nuvens, mesmo que sejam ralas e de baixa densidade, pois a presença das mesmas no interior da cena comprometeu substancialmente as estimativas dos fluxos H e LE, e por consequência, a obtenção da ET horária e diária. No entanto, para dias



sem nuvens, o mesmo se apresenta como uma ferramenta promissora, uma vez que o fato de não necessitar de informações da superfície, pode ser aplicado para qualquer área mesmo que a mesma não disponha de uma estação meteorológica convencional. Outros métodos, como o SEBAL, mostram melhores resultados na determinação da evapotranspiração diária, no entanto requerem a determinação do comprimento de rugosidade da superfície, que é uma tarefa difícil.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq por financiar o projeto e disponibilizar seus dados preliminares, a UFCG por disponibilizar sua infra-estrutura e a Fazenda Frutacor que gentilmente cedeu suas áreas de cultivos para realização do experimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56**. Rome-Italy, 1998, 297 p.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, 198–212 p., 1998a.
- ROERINK, G.J.; SU, Z.; MENENTI, M. S-SEBI: a simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**. n. 25, 147-157 p., 2000.
- SILVA, B. B.; BEZERRA, M. V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, 1-10 p., 2006.
- SOBRINO, J. A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; OLIOSO, A. Application of a simple algorithm to estimate daily evapotranspiration from NOAA-AVHRR images for the Iberian Peninsula. **Remote Sensing of Environment**, 2007. doi:10.1016/j.rse.2007.02.017.
- TASUMI, M.; ALLEN, R. G. Satellite-based ET mapping to assess variation in ET with timing of crop development. **Agricultural Water Management**, v. 88, 54-62 p., 2007.
- TREZZA, R. **Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control**. 2002, 247 p., Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University. Logan, Utah, 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

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO ALGODOEIRO ATRAVÉS DE IMAGENS ORBITAIS E DO ALGORITMO SEBAL

BEZERRA, B. G.<sup>1</sup>; SILVA, B. B. DA<sup>2</sup> & SANTOS, C. A. C. DOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

<sup>2</sup>Professor Adjunto IV, Meteorologista, D.Sc. Unidade Acad. de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande-PB

**RESUMO :** Essa pesquisa objetivou a obtenção dos componentes do balanço de energia e da ET da cultura do algodoeiro, utilizando imagens Landsat 5-TM e o algoritmo SEBAL e comparar os resultados obtidos com medidas de superfície obtidas através da razão de Bowen. Os resultados mostraram que houve uma concordância satisfatória entre os valores estimados e os medidos apresentando uma diferença inferior a 0,5 mm dia<sup>-1</sup> evidenciando assim, a boa performance da técnica quando aplicada a agricultura irrigada em regiões semi-áridas.

**Palavras-chave:** landsat 5-tm, algodão, irrigação.

## ESTIMATE OF THE EVAPOTRANSPIRATION OF THE COTTON CROP THROUGH ORBITAL IMAGES AND SEBAL ALGORITHM

**ABSTRACT:** That research aimed at the obtaining of the components of the energy balance and ET of the cotton crop, using Landsat 5-TM images and the SEBAL algorithm and to compare the results obtained with surface measures obtained through the Bowen Ratio techniques. The results showed that there was a satisfactory agreement between the dear values and the measured ones presenting an inferior difference to 0,5 mm day<sup>-1</sup> evidencing like this, the good performance of the technique when applied the agriculture irrigated in semi-arid areas.

**Keywords:** landsat 5-tm, cotton crop, irrigation.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do algodão (*Gossipium Hirsutum*) foi até a década de 80 a principal atividade agrícola e econômica do sertão do Nordeste Brasileiro (NEB). A partir de então problemas como a baixa competitividade com as fibras sintéticas e principalmente o manejo inadequado



que inviabilizou a convivência com a praga do bicudo (*Anthonomus grandis*), proliferada em meados dos anos 80, resultaram na queda substancial da produção. No entanto, a adoção de variedades e de manejo adequados que possibilitem a convivência com os problemas citados anteriormente, além da prática de irrigação poderão tornar novamente o cultivo do algodão uma atividade viável para o sertão semi-árido do NEB.

A aplicação de lâminas de irrigação compatíveis com as reais necessidades hídricas da cultura é um fator limitante na produção. Assim, se faz necessário o conhecimento das perdas de água pela cultura (evapotranspiração - ET) no período que antecede a aplicação da irrigação. A estimativa da ET pode ser feita com bastante precisão através da razão de Bowen, das correlações turbulentas ou medidas lisimétricas. Ainda existem as técnicas de sensoriamento remoto orbital como o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) (Bastiaanssen, 1995) que ao contrário dos métodos citados que carecem de medidas de diversas variáveis meteorológicas da cultura, utiliza-se apenas imagens orbitais e dados de estações meteorológicas próximas do interior da cena estudada. Diante do exposto a presente pesquisa objetiva a obtenção do balanço de energia (BE) e da ET para a cultura do algodão utilizando o SEBAL, imagens Landsat 5-TM dados de estação meteorológica e comparar os resultados com medidas de superfície obtidas através da técnica da razão de Bowen.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Campo Experimental da Embrapa/Algodão no município de Barbalha-CE (7°17'25.93" S 39°16'05.61" W). Foram utilizadas quatro imagens Landsat 5-TM, da órbita/ponto 217/065, nos dias 29/09/2005, 15/10/2005, 30/10/2005 e 16/11/2005. A cultura utilizada foi o algodão herbáceo semeada obedecendo a um espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,5 m entre covas e irrigada semanalmente.

A técnica utilizada foi o algoritmo SEBAL, que estima a ET diária pela equação 1.

$$ET_{24} = Kc.ET_{0(24)} \quad (1)$$

em que:  $ET_{24}$  é a evapotranspiração diária ( $\text{mm dia}^{-1}$ ),  $Kc$  é o coeficiente de cultivo e  $ET_{0(24)}$  é a evapotranspiração de referência diária.

O  $Kc$  foi calculado pela razão entre o valor horário da evapotranspiração,  $ET_h$ , calculado para o intervalo de 9:00 as 10:00 hs (horário local), pela evapotranspiração de referência horária,  $ET_{0(h)}$  também do mesmo intervalo, de acordo com a equação 2:

$$Kc_{(h)} = Kc = ET_h / ET_{0(h)} \quad (2)$$

De acordo com Trezza (2002) e Allen et al. (2002) o valor horário do  $Kc_{(h)}$  tem um comportamento praticamente constante durante o período diurno, logo o mesmo pode ser considerado igual ao valor diário ( $Kc_{(h)}=Kc$ ).

A  $ET_h$  foi calculada integrando o valor instantâneo do fluxo do calor latente,  $LE$ , de acordo com a equação 3:

$$ET_H = 3600.LE/L \quad (3)$$

em que  $L$  é calor latente de vaporização da água ( $L = 2,45 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ ).

O fluxo de calor latente instantâneo foi calculado como resíduo da equação do balanço de energia.

$$LE = Rn - G - H \quad (4)$$

em que  $Rn$  é o saldo de radiação ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $G$  é o fluxo de calor no solo ( $\text{W m}^{-2}$ ) e  $H$  é o fluxo de calor sensível ( $\text{W m}^{-2}$ ), todos calculados para o instante da passagem do satélite, conforme as equações seguintes:

$$Rn = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \epsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (5)$$

onde  $\alpha$  é albedo da superfície,  $R_{L\uparrow}$  é a radiação de onda longa (termal) emitida pela superfície,  $\epsilon_0$  é a emissividade da superfície, todos obtidos pixel a pixel a partir das imagens Landsat 5-TM,  $R_{s\downarrow}$  é a radiação de onda curta incidente, estimada com base na constante solar, no ângulo de incidência solar e na transmissividade atmosférica e  $R_{L\downarrow}$  é a radiação de onda longa incidente, estimada pela equação de Stefan-Boltzman com base na temperatura do ar no instante da passagem do satélite (ver Kimura et al., 2007, para detalhes).

$$G = [Ts/\alpha(0,0038.\alpha + 0,0074.\alpha^2)(1 - 0,98.NDVI^4)]R_n \quad (6)$$

onde  $Ts$  é a temperatura da superfície (K) e  $NDVI$  é o índice de vegetação por diferença normalizada.

O cômputo de  $H$  é feito a partir da velocidade do vento e da temperatura da superfície usando uma única calibração interna da diferença de temperatura ( $dT$ ) como descreve Bastiaanssen et al. (1998), Allen et al (2002) e Tasumi et al. (2005).

$$H = \rho_{ar}c_p(a + b.Ts)/r_{ah} \quad (7)$$

onde  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar ( $\text{Kg m}^{-3}$ ),  $c_p$  é o calor específico do ar a pressão constante ( $1004 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ),  $r_{ah}$  é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor ( $\text{s m}^{-1}$ ),  $Ts$  é a temperatura da superfície e “ $a$ ” e “ $b$ ” são coeficientes empíricos calibrados para cada imagem. O termo “ $a + b.Ts$ ” na equação representa a diferença da temperatura do ar próximo a superfície, computada entre as alturas de 0,2 m e 2,0 m. A definição dos coeficientes “ $a$ ” e “ $b$ ” requer a seleção de





dois pixels que representem situações extremas. Tais pixels são chamados de “quente”, escolhido sobre áreas desprovidas de vegetação, e “frio”, escolhido sobre área agrícola bem irrigada, onde o valor de  $dT$  pode ser calculado utilizando o valor conhecido de  $H$ , ou seja,  $H = 0$  e consequentemente  $dT = 0$  para o pixel frio e  $H = Rn - G$ , no pixel quente, onde o fluxo de calor latente é nulo,  $LE = 0$ . A partir daí são feitas sucessivas correções dos valores de  $H$ , do comprimento de Monin-Obukhov, dos parâmetros de estabilidade, da velocidade de fricção e do  $r_{ah}$  até atingir as condições de estabilidade, através de um processo iterativo, baseado na teoria da similaridade de Monin-Obukhov (ver Allen et al., 2002, Tasumi et al., 2005 e Kimura et al., 2007, para detalhes).

A evapotranspiração de referência horária  $ET_{0(h)}$  e diária  $ET_{0(d)}$  foram obtidas pelo método FAO – Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com dados horários e diários de radiação, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura medidos na estação meteorológica da Embrapa – Barbalha-CE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a evolução dos valores do NDVI, do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), do IAF (Índice de Área Foliar) e do albedo do algodão, onde verifica-se que a partir da segunda data estudada, a cultura atingiu praticamente a sua capacidade máxima de cobertura vegetativa, pois os índices apresentados praticamente se estabilizaram.

A Tabela 2 apresenta os valores instantâneos, para o momento da passagem do satélite, dos componentes do BE sobre a cultura nos dias estudados. Ainda na mesma tabela é apresentada a porção do  $Rn$  que foi convertida para cada componente do BE. A maior porção de  $Rn$  foi convertida em fluxo de calor latente em todos os dias, com valores de 60 % a aproximadamente 80%. Valores nesta faixa foram encontrados por Moran et al. (1989) e Bastiaanssen (2000), também para a cultura do algodão, utilizando imagens Landsat 5-TM,

Tabela 1: Índices vegetativos e albedo da cultura nos dias estudados

DATA	NDVI	SAVI	IAF	Albedo ( $\alpha$ )
29/set	0,36	0,31	0,47	0,18
15/out	0,72	0,65	3,00	0,18
31/out	0,73	0,68	4,15	0,20
16/nov	0,72	0,65	4,14	0,18

Tabela 2: Componentes do balanço de energia da cultura do algodão e percentual do Rn convertidos para os fluxos de G, H e LE

DATA	Rn	G	H	LE	G/Rn (%)	H/Rn (%)	LE/Rn (%)
29/set	615,5	99,2	143,6	370,7	16,1	23,3	60,2
15/out	654,1	71,2	113,8	469,2	10,9	17,4	71,7
31/out	642,4	89,3	162,2	390,8	13,9	25,3	60,8
16/nov	655,3	71,4	65,8	518,2	10,9	10,0	79,1

Tabela 3: Comparação entre a ET estimada pelo SEBAL e a ET medida pela técnica da Razão de Bowen da cultura do algodão, Barbalha-CE.

DATA	ET (SEBAL)	ET (Razão de Bowen)	Diferença (mm dia <sup>-1</sup> )	Erro (%)
29/set	4,2	4,5	0,3	5,8
15/out	5,2	5,6	0,3	6,0
31/out	5,2	5,3	0,1	0,3
16/nov	5,8	6,2	0,4	7,9

embora que em regiões diferentes da estudada. Em estudo também com algodão no mesmo Campo Experimental onde a presente pesquisa se desenvolveu Borges (2002) e Rodrigues (2003), também encontraram resultados semelhantes. O G utilizou porções entre 10% e 20%, enquanto que o H utilizou porções de 10% a 25%. Bastiaanssen (2000) também encontrou valores dessa magnitude, sobre a cultura do algodão, na Turquia.

A ET do algodão estimada pelo SEBAL apresentou uma boa concordância quando comparada com os valores medidos sobre a cultura. As diferenças apresentadas entre os valores medidos e os valores estimados foram inferiores a 0,5 mm dia<sup>-1</sup> (**Tabela 3**), corroborando assim, com os resultados encontrados por Trezza (2002) quando comparou estimativas do SEBAL com medidas lisimétricas nos EUA.

## CONCLUSÕES

O algoritmo SEBAL apresentou uma performance bastante satisfatória quando comparado seus resultados com medidas de superfície.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56**. Rome-Italy, 1998.



- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. .SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, The Netherlands. 272 p., 1995.
- BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**. v. 229. p.87-100, 2000.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F. ROENRINK, G. J. VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, p.213-229. 1998.
- BORGES, P. F. Crescimento, Desenvolvimento e Balanço de Radiação do Algodoeiro Herbáceo BRS – 201 em Condições Irrigadas. Campina Grande, 2002. 87f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG.
- KIMURA, R.; BAI, L.; FAN, J. TAKAYAMA, N.; HINOKIDANI, O. Evapo-transpiration estimation over the river basin of the Loess Plateau of China based on remote sensing. **Journal of Arid Environments**. v. 68. p.53-65, 2007.
- MORAN, M. S.; JACKSON, R. D.; RAYMOND, L. H. GAY, L. W. SLATER, P. N. Mapping Surface Energy Balance Components by Combing Thematic Mapper and Ground - Based Meteorological Data. **Remote Sensing of Environment**. v. 30. p.77-87, 1989.
- RODRIGUES, M. F. G. Necessidades Hídricas, Crescimento e Desenvolvimento do Algodoeiro, cultivar BRS 201. 132f. Campina Grande, 2003. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, UFCG.
- TASUMI, M.; TREZZA, R.; ALLEN, R. A.; WRIGHT, J. L. Operational aspects of satellite-based energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. **Irrigation and Drainage Systems**. V. 19, p. 355-376, 2005.
- TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control. Logan, 2002. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University. Logan, Utah.



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

## DINÂMICA DOS SAIS NO SOLO DO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DO BAIXO ACARAÚ-CE EM DECORRÊNCIA DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO<sup>1</sup>

AQUINO, D. N.<sup>2</sup>; ANDRADE, E. M.<sup>3</sup>; CRISOSTOMO, L. A.;  
LOPES, F. B.<sup>4</sup>; LOBATO, F. A. O.<sup>5</sup> & LOPES, J. F. B.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Parte da Dissertação de mestrado a ser apresentado pelo primeiro autor ao do Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC.

<sup>2</sup>Engº Agrº; Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista CNPq, CCA/UFC, CEP 60450-760, Fortaleza – CE. Tel. (85)3366 9756. e-mail: deoagro@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Engª. Agrª, Ph.D., Profª do Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

<sup>4</sup>Tecnólogo Rec. Hídricos/Irrigação; Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista CNPq, CCA/UFC, Fortaleza – Ce.

<sup>5</sup>Estudante de Graduação em Agronomia, Bolsista CNPq, CCA/UFC, Fortaleza – Ce.

<sup>6</sup>Estudante de Graduação em Agronomia, CCA/UFC, Fortaleza – Ce.

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo identificar a influência do manejo de irrigação e da sazonalidade climática sobre a dinâmica dos sais totais e da RAS ao longo do perfil do solo do Distrito Irrigado do Baixo Acaraú – DIBAU, Ceará. As coletas de solo foram efetuadas em 2 pontos amostrais, representativos da área irrigada e de sequeiro, respectivamente. Ambas foram coletadas no período seco e chuvoso, a cada 50 cm de profundidade, da superfície até a zona de saturação do lençol freático. De acordo com os resultados, solos da área irrigada (P2) apresentaram valores da Condutividade Elétrica (CE) e da RAS sempre inferiores aos obtidos na área de sequeiro, comportamento justificado pela predominância da textura arenosa ao longo de todo perfil do solo. As umidades ao longo de todo o perfil do solo da área irrigada foram, sempre, maiores durante o período de irrigação, expressando o emprego de uma lâmina de irrigação excessiva.

**Palavras chave:** Lixiviação, salinidade, sais totais

## IRRIGATION MANAGEMENT EFFECT ON SALT IN SOILS AT IRRIGATED DISTRICT OF BAIXO ACARAÚ, CEARÁ, BRAZIL

**ABSTRACT:** The aim of this work was to identify the influence of irrigation management and climatic conditions over the total salt and SAR in the soil profile at Irrigated District of Baixo Acaraú, Ceará, Brazil. Soil samples were collected in two different fields, one that was irrigated and another that was rainfed field. Soils were sampled each 50 cm until water-table, during wet and irrigated season. According to the results, the lowest values of Electric Conductivity (EC) and SAR were, always, registered in irrigated field (P2), due to the sand soil texture along the studied profile. During the rainfall season, the soil water content was lower than in irrigated season, expressing an excessive water depth.

**Key words:** Leaching, salinity, total salt



## INTRODUÇÃO

A irrigação é atualmente uma componente importante no desenvolvimento da agricultura não somente nas regiões áridas e semi-áridas, mas também em outras regiões, proporcionando o equilíbrio da produção e evitando as possíveis interferências ocasionais provocadas pela falta de água (Costa, 2003). Entretanto, uma das maiores consequências ambientais da agricultura intensiva pode ser a degradação do solo e da água. Esta degradação atinge águas superficiais e subterrâneas, pelos aportes agrícolas de agrotóxicos, adubos minerais e pela aplicação de resíduos orgânicos (D’Almeida, 2002). A agricultura irrigada, principalmente em zonas secas, tem pressionado o meio ambiente de forma dramática com impactos que podem conduzir à degradação do solo, com perdas parciais ou totais da produtividade (Andrade et al., 2002).

Devido a fatores climáticos, condições edáficas e aos métodos de irrigação empregados, os sais dissolvidos na água de irrigação podem se acumular no perfil do solo. Tal acumulação comprometerá a qualidade do solo e, em consequência (através do ciclo da água no sistema), contribuirá, também, para a degradação da qualidade da água subterrânea e potenciais riscos à saúde humana (Reichardt, 1990). A composição química da água subterrânea resulta diretamente da composição da água que percola o solo e da evolução química influenciada diretamente pela litologia local, sendo que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas aumenta à medida que prossegue no seu movimento no perfil do solo (Borguetti et al., 2004).

Diante desta realidade, o presente trabalho teve por objetivo diagnosticar a influência do manejo de irrigação e da sazonalidade climática sobre a variação da concentração dos sais totais, representado pela Condutividade Elétrica (CE) e risco de sodicidade pela RAS (Razão de Adsorção de Sódio) ao longo do perfil do solo do Distrito Irrigado do Baixo Acaraú – DIBAU, Ceará.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área definida como objeto deste estudo, Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú – DIBAU, está inserida no divisor topográfico de duas bacias hidrográficas, na parte baixa da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú e na Bacia Litorânea, Ceará. O DIBAU ocupa uma área de aproximadamente 13 mil hectares. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo Aw’, quente e úmido com chuvas de verão-outono, com precipitação anual média de 960 mm e evaporação de aproximadamente 1600 mm anuais. Os solos são predominantemente classificados como Neossolo Flúvico, Argissolo, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999).

Para caracterização dos valores da CE (Condutividade elétrica), RAS (Relação de Adsorção de Sódio) e percentagem de umidade gravimétrica ao longo do perfil do solo,

coletaram-se amostras a cada 50 cm de profundidade, desde a superfície até a zona de saturação do lençol freático. As coletas foram efetuadas em 2 (dois) pontos amostrais inseridos no DIBAU, sendo o primeiro, localizado numa área sem influência da irrigação, (Nova Morada - P1) e o segundo na projeção da copa de plantas de coqueiros anão precoce irrigado por micro-aspersão (P2). As amostras foram coletadas em 2 períodos (nov./06 e mai/07) representando a estação seca e chuvosa, respectivamente. Em seguida, as coletadas de solos foram enviadas ao Laboratório de Água e Solo da Embrapa Agroindústria Tropical para determinação da CE, granulometria, sódio, cálcio e magnésio, de acordo com a metodologia descrita por Richards (1954). As amostra para determinação do percentual de umidade gravimétrica em estufa a 105 – 110°C foram encaminhadas ao Laboratório de Hidráulica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição granulométrica e a umidade gravimétrica do perfil do solo da área de sequeiro (P1) e da área irrigada (P2), nos períodos seco e chuvoso, podem ser vistas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Observa-se na Figura 1 que o perfil de umidade do solo é semelhante ao dos teores de argila, havendo um aumento maior nas taxas de umidade a partir dos 4,5 m de profundidade. Segundo Reichardt (1990) vários fatores afetam a retenção da água em um solo, mas o principal deles é a textura, pois ela, diretamente, determina a área de contato entre as partículas sólidas e a água. A umidade do solo durante o período chuvoso foi sempre superior àquela registrada no período seco em todas as profundidades na estação amostral P1 (Figura 1). Comportamento esperado visto que se trata de uma área de sequeiro e que não sofre influência direta do perímetro de irrigação durante a estação de estiagem.

Na área irrigada (P2) observa-se uma predominância da textura arenosa ao longo de todo perfil do solo (Figura 2). Desta maneira pode-se inferir que a umidade será fator determinante da lixiviação e variação da distribuição de nutrientes no solo, visto que solos de textura arenosa

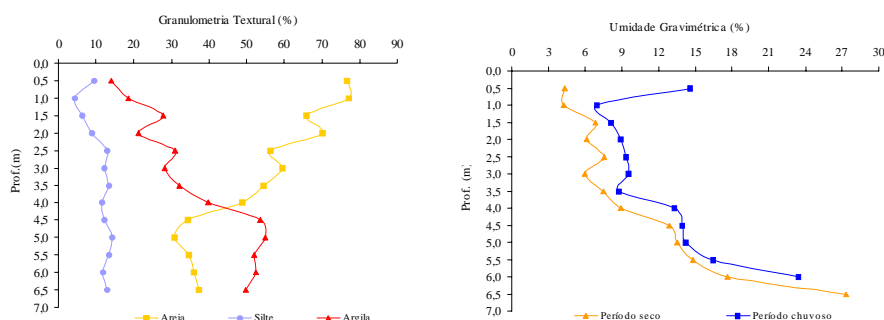


Figura 1. Granulometria textural (%) e umidade gravimétrica (%) para o período seco e chuvoso da estação amostral da área de sequeiro (Nova Morada-P1)

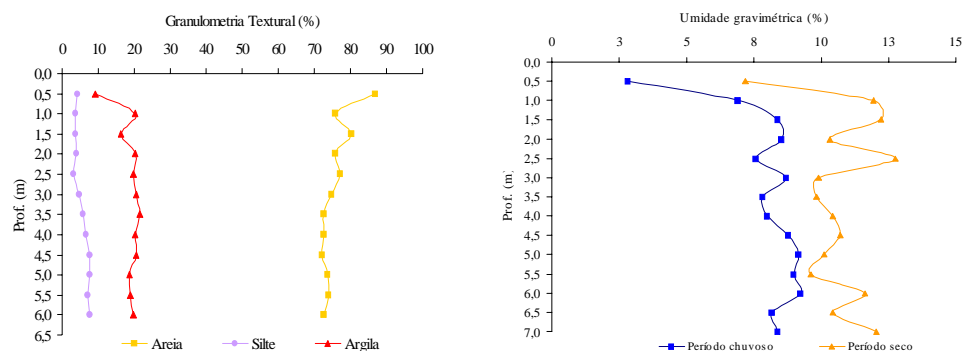


Figura 2. Granulometria textural (%) e umidade gravimétrica (%) para o período seco e chuvoso da estação amostral da área irrigada (P2)

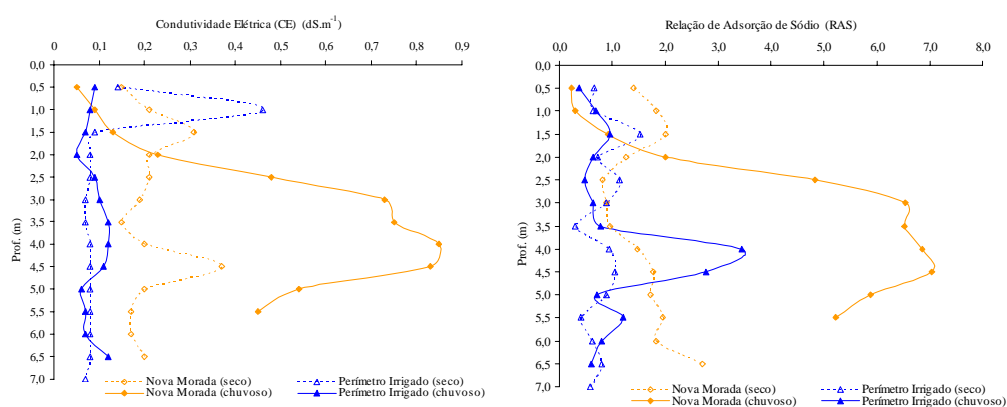


Figura 3. Concentração da CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) e da RAS ao longo do perfil vertical dos solos do P1 e P2

apresentam baixa capacidade de retenção de umidade e adsorção de cátions (Borguetti et al., 2004). Ao contrário do que ocorre no P1, as maiores umidades registradas na área irrigada (P2), sempre foram na estação seca, expressando um uso excessivo de lâminas de água na irrigação.

A Figura 3 apresenta os valores de CE e da RAS ao longo do perfil dos solos P1 e P2 durante a estação chuvosa e de irrigação. Observa-se na referida figura que em ambas as áreas, houve uma maior lavagem de sais da superfície durante o período chuvoso, havendo assim uma concentração máxima dos valores de CE e da RAS entre a camada de 4 a 4,5 m do P1, ( $0,85 \text{ dS.m}^{-1}$  e  $7,05$ ), respectivamente. Esta concentração pode ser compreendida, pois a partir de 4 m de profundidade há uma alteração nas proporções texturais do solo de Nova Morada (Figura 1), aumento dos teores de argila em relação aos teores de areia, originando assim camadas mais adensadas, aumento da coesão do solo, retenção de água e restrição à lixiviação dos sais.

As concentrações de sais no solo da área irrigada (P2) assumiram uma mesma tendência ao longo de todo perfil, e para profundidades superiores a um metro apresentaram taxas de CE

sempre abaixo das encontradas em Nova Morada, evidenciando a lixiviação dos sais no P2 tanto no período das chuvas quanto no da irrigação. Esta homogeneidade é decorrente da predominância da textura arenosa ao longo de todo perfil do solo, assim pode-se inferir que nesta área, a textura do solo é fator determinante na lixiviação e variação da uniformidade de distribuição dos sais no solo e redução da adsorção destes na partícula de solo.

As maiores taxas de CE na camada superior da área irrigada durante o período de irrigação podem estar associadas a valores elevados de  $\text{Cl}^-$  e bases trocáveis com exceção do  $\text{Na}^+$ , visto que a RAS para esta profundidade é baixa (Figura 3). Comportamento explicado, pois se verifica no período seco os menores conteúdos de umidade gravimétrica do solo da área do P2 em menores profundidades, logo abaixo da superfície (Figura 2). Possivelmente estas menores umidades são decorrentes da ascensão capilar acarretada pela elevada evapotranspiração, esta por sua vez, contribui para ascensão do íon cloreto junto com a água evaporada para camadas sobrejacentes (Andrade et al. 2002). Ademais, valores mais elevados de cloretos nas áreas irrigadas, nessa época do ano são comuns em decorrência da aplicação de fertilizantes minerais contendo cloreto de potássio via fertirrigação (D’Almeida, 2002).

## CONCLUSÕES

1. A granulometria textural do solo foi o fator determinante para menores concentrações de sais ao longo do perfil do solo da área irrigada quando comparada com a área de sequeiro;
2. As maiores concentrações de sais na camada superior da área irrigada no período de irrigação são decorrentes da ascensão capilar acarretada pela elevada evapotranspiração e pela aplicação de fertilizantes minerais via fertirrigação neste período.
3. As umidades ao longo de todo o perfil do solo da área irrigada foram, sempre, maiores durante o período de irrigação, expressando o emprego de uma lâmina de irrigação excessiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L. L.; CRUZ, M. G. M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na região da chapada do Apodi. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 33, n.2, p.5-12, 2002.
- BORGUETTI, N.R.B.; BORGUETTI, J. R.; FILHO, E.F.R. **O aquífero Guarani**. Curitiba, 2004. 214p.
- COSTA, S. G. D. Irrigação, a dualidade no semi-árido nordestino: desenvolvimento econômico x impactos sócio-ambientais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA – Perspectivas para o cerrado no século XXI, 2, Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia: Instituto de Geografia, 2003.
- D’ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi-CE**. Fortaleza, 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.





EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 1 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro Embrapa Solos, 1999.

FERNANDES, M. **Influência do etanol na solubilidade de hidrocarbonetos monoaromáticos em aquíferos contaminados com gasolina**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1997. 86f.

REICHARDT, K. **Água nos sistemas agrícolas**. Piracicaba: Manole, 1990. 187p

RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. **ESDA Agricultural Handbook**. V.60. Washington: U.S: Department of Agriculture, 1954. 1960p.



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

## UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO PERÍMETRO IRRIGADO DE PONTO NOVO, BAHIA<sup>1</sup>

SANTOS JÚNIOR, J. L. C. DOS<sup>2</sup>; OLIVEIRA, A. S. DE<sup>3</sup>;  
BRANDÃO, F. J. C.<sup>4</sup>; PEREIRA, F. A. DE C.<sup>3</sup> & SANTOS, D. M. W. DOS<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 44380-000, Cruz das Almas, BA.

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, MSc., Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS), CCAAB/UFRB, Cruz das Almas (BA). Fone (75) 3621-5540. Email: jorgecopquer@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Prof. Doutor, NEAS/CCAAB, UFRB, Cruz das Almas, BA.

<sup>4</sup>Engª Agrônoma, MSc., Bolsista FAPESB, Pesquisadora do NEAS/CCAAB, UFRB.

<sup>5</sup>Graduanda em Eng. Agrônoma, Bolsista IC/FAPESB, NEAS/CCAAB, UFRB.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água por sistemas de aspersão convencional, nas atuais condições de operação e manejo do Projeto de Irrigação de Ponto Novo (10° S, 39° W, 400 m), localizado no semi-árido baiano. A avaliação de desempenho dos sistemas de irrigação baseou-se no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e na uniformidade de distribuição de água (UD). Em apenas 27% dos lotes estudados os sistemas apresentaram boa uniformidade de distribuição de água, com UD variando de 67,5% (CUC = 79,5%) a 77% (CUC = 85,5%). As principais causas de desuniformidade na irrigação por aspersão foram interceptação do jato d'água pelas plantas, espaçamento inadequado entre aspersores na linha e entre linhas e excessiva pressão de operação dos emissores.

**Palavras-chave:** aspersão, CUC, UD

## DISTRIBUTION UNIFORMITY OF WATER BY CONVENTIONAL SPRINKLER SYSTEMS IN THE PONTO NOVO IRRIGATION DISTRICT, STATE OF BAHIA

**ABSTRACT:** This research aimed at evaluating the uniformity of application of conventional sprinkler systems under the actual conditions of operation and management at the Ponto Novo Irrigation District (10° S, 39° W, 400 m), in the semiarid of Bahia. The Christiansen's uniformity coefficient (CUC) and the distribution uniformity (DU) were used to evaluate 15 sprinkler irrigation systems. Only 27% of the sprinkler systems presented good water distribution, with UD varying from 67.5% (CUC = 79.5%) to 77% (CUC = 85.5%). The main causes for the poor application uniformity with the sprinkler systems were interception of the jet of water for the plants, inadequate spacing among sprinklers in the line and between lines and excessive pressure of operation of the originators.

**Key words:** sprinkler, CUC, UD



## INTRODUÇÃO

O uso eficiente da água na agricultura irrigada requer vistorias periódicas dos equipamentos e a lâmina média aplicada deve ser tanto quanto possível igual à demanda hídrica da cultura, o que exige adequado dimensionamento e manejo do sistema de irrigação.

Nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade na área irrigada, descrevendo o termo uniformidade, a variabilidade da lâmina d'água distribuída na superfície do terreno (Resende et al., 2002). Dois indicadores dessa variabilidade, o CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e a UD (Uniformidade de Distribuição de Água) são comumente utilizados para avaliação de sistemas pressurizados de irrigação. O CUC utiliza o desvio médio como medida de dispersão (Frizzone, 1992), correspondendo o desvio médio à média aritmética do valor absoluto da diferença entre cada lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo e a lâmina média aplicada. A UD baseia-se na lâmina média recebida pela quarta parte da área menos irrigada.

Nesse sentido, o CUC dá o mesmo tratamento aos setores com déficit e excesso de molhamento, enquanto a UD, ao se basear nos 25% menores valores de lâminas aplicadas, dá mais ênfase aos setores da área com déficit de molhamento (WILSON & ZOLDOSKE, 1997). Tanto o CUC quanto a UD podem ser utilizados para avaliar eventos isolados de irrigação, tendendo ambos a 100% (impossível na prática) quando a lâmina aplicada em cada ponto da área irrigada se aproxima da lâmina média.

Frizzone (1992) destacou vários fatores que na literatura especializada tem sido associados à desuniformidade de aplicação de água por sistemas de irrigação por aspersão, quais sejam: pressão de operação dos emissores, espaçamento entre emissores, velocidade do vento, altura da haste de elevação do aspersor, velocidade de rotação e tensão da mola, no caso de aspersores rotativos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de distribuição de água dos sistemas de irrigação por aspersão convencional do Projeto de Irrigação Ponto Novo, nas atuais condições de manejo e operação dos sistemas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O Projeto de Irrigação Ponto Novo (PIPNO) está localizado no semi-árido baiano (10° S, 39° W, 400 m) entre as cidades de Ponto Novo e Senhor do Bonfim, distante 350 km a noroeste de Salvador, capital do Estado da Bahia. Em termos anuais as condições climáticas incluem insolação de 2250 h, precipitação média de 642 mm, temperatura média de 24°C, umidade relativa média de 72% e 1908 mm de evapotranspiração potencial.

Quinze lotes (23,1% do total de lotes irrigados por aspersão convencional por pequenos produtores) foram avaliados em diferentes setores do perímetro, contemplando as principais culturas em exploração (Tabela 1).

O desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão foi avaliado respeitando as atuais condições de dimensionamento dos sistemas, idade e manutenção dos equipamentos, culturas irrigadas e manejo da irrigação. Os procedimentos de avaliação no campo seguiram recomendações de Frizzzone (1992).

A avaliação de desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão baseou-se no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e na uniformidade de distribuição de água (UD).

Os critérios da Tabela 2 adaptados de NRCS (1997) foram utilizados para classificação dos sistemas de aspersão convencional avaliados nos diferentes lotes do PIPN, quanto à uniformidade de distribuição da água.

Tabela 1. Marca e modelo de aspersores testados, espaçamento no campo e cultura irrigada nos lotes avaliados com aspersão convencional, no Projeto de Irrigação Ponto Novo, Bahia.

Lote	Aspersor (marca/modelo)	Espaçamento (m x m)	Cultura		
			Nome	Idade (mês)	Altura (m)
L01	Fabrimar / A1823 <sup>(a)</sup>	12 x 18	melancia	2	-
L02	Fabrimar / A1823	12 x 18	banana + melancia	3	1,2 <sup>(e)</sup>
L03	Naan / 333 <sup>(b)</sup>	12 x 18	banana	4	1,5
L04	Naan / 333	12 x 18	manga	60	3,0
L05	Naan / 333	12 x 18	tomate	1	-
L06	Fabrimar / A1823	12 x 12	banana	3	1,2
L07	Naan / 333	18 x 18	banana	12	4,0
L08	Naan / 333	12 x 18	melancia	2	-
L09	Naan / 333	18 x 18	banana	3	1,2
L10	Fabrimar / A1823	12 x 18	banana	4	1,5
L11	Fabrimar / A1823	18 x 18	banana + feijão	2	1,0
L12	Naan / 333	12 x 18	banana + tomate	3	1,2
L13	Fabrimar / A232 <sup>(c)</sup>	18 x 18	alfafa	7	-
L14	Naan / 5022 <sup>(d)</sup>	12 x 12	heliconia	12	-
L15	Naan / 333	12 x 12	banana	9	4,0

<sup>(a)</sup> Bocais 5,6 mm x 3,0 mm, pressão de serviço 250 kPa, vazão 2,12 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e diâmetro molhado 28 m.

<sup>(b)</sup> Bocais 4,6 mm x 3,8 mm, pressão de serviço 300 kPa, vazão 2,08 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e diâmetro molhado 35 m.

<sup>(c)</sup> Bocais 4,8 mm x 3,2 mm, pressão de serviço 250 kPa, vazão 2,02 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e diâmetro molhado 28 m.

<sup>(d)</sup> Bocais 3,0 mm x 2,5 mm, pressão de serviço 300 kPa, vazão 0,98 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e diâmetro molhado 23 m.

<sup>(e)</sup> Altura média de plantas de bananeira.



Tabela 2. Critério geral de classificação dos sistemas de aspersão convencional, com base na uniformidade de distribuição de água, no Projeto de Irrigação Ponto Novo, Bahia.

Classificação	UD (%)
Péssimo	< 50
Regular	50 - 65
Bom	65 - 85
Ótimo	> 85

Fonte: NRCS (1997)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra, para os quinze lotes visitados, os valores médios de pressão de operação e vazão dos aspersores entre os quais instalou-se a malha de coletores, bem como a velocidade média do vento durante o teste e os valores de CUC e UD.

O dimensionamento dos lotes por ocasião da implantação do PIPN foi concebido para que os emissores operando na faixa de 250 kPa a 350 kPa pudessem proporcionar adequada distribuição de água na parcela irrigada. Para tanto, à entrada de cada lote, além do hidrômetro, também foi instalada uma válvula reguladora de pressão. No entanto, verificou-se durante os testes que nos sistemas com o mesmo tipo de aspersor, por exemplo, aspersor Fabrimar A1823, a pressão de operação média foi de 394 kPa, com valores variando de 180 kPa no lote L02 a 650 kPa no lote L06, uma diferença de 260%. No caso do aspersor Naan 333, encontrado em oito dos quinze sistemas avaliados, a pressão de operação média foi de 363 kPa, variando de 270 kPa (L09) a 527 kPa (L05), ou seja, uma diferença de 95%. Como mostra a Tabela 3, entre os aspersores de mesma marca e modelo a vazão seguiu a variação da pressão de operação. No entanto, em alguns casos essa relação pode ter sido afetada provavelmente pela inadequada manutenção dos emissores.

A falta de regulação da pressão no ponto de alimentação de água à entrada dos lotes e a grande flexibilidade de operação das unidades a serem irrigadas, provavelmente contribuíram para a ocorrência de grandes diferenças na pressão de operação dos emissores (Tabela 3), com efeito direto sobre a uniformidade de aplicação de água. Observou-se também que em alguns lotes implantados na mais recente etapa de ampliação da área irrigada no PIPN, válvulas reguladoras não foram instaladas, resultando em operação inadequada do sistema.

Observa-se que o CUC variou de 8,9% a 85%, com média de 59,6%, seguindo a UD a mesma tendência, com máximo de 77,0%, mínimo de 6,4% e média de 49,3%. Os menores valores de CUC (17,2% e 8,9%) foram obtidos nos sistemas de irrigação dos lotes L04 e L07, respectivamente. No caso do L04, assim como em outros, identificou-se que a principal causa

Tabela 3. Pressão de operação e vazão do aspersores, velocidade média do vento, indicadores de performance (CUC e UD) e classificação dos sistemas de irrigação por aspersão, avaliados no Projeto de Irrigação Ponto Novo, Bahia, em função da uniformidade de distribuição de água (UD).

Lote	Pressão (kPa)	Vazão ( $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ )	Velocidade do vento ( $\text{ms}^{-1}$ )	CUC (%)	UD (%)	Classificação	Fração dos lotes (%)
L07	310	2.3	0.2	8.9	6.4	Péssimo	40
L04	355	2.6	2.8	17.2	12.0		
L10	471	3.1	1.6	50.5	30.3		
L11	455	4.4	3.8	59.1	33.3		
L15	471	2.4	3.6	52.0	35.8		
L06	650	4.0	4.5	57.5	44.0		
L12	390	2.4	1.1	59.8	52.8	Regular	33
L03	300	2.6	3.8	66.3	54.5		
L02	180	2.2	2.7	61.5	56.5		
L05	527	2.8	2.8	62.4	59.8		
L13	330	2.0	2.3	71.9	64.5		
L01	215	1.9	3.3	76.9	67.5	Bom	27
L09	270	2.3	1.2	81.2	69.9		
L14	270	0.9	1.8	83.6	74.5		
L08	280	2.2	2.1	85.0	77.0		

para a alta desuniformidade de distribuição da água foi provavelmente a interceptação do jato dos aspersores pela copa das árvores, já que neste lote o sistema de aspersão era utilizado para irrigar mangueiras com 5 anos de idade (3 m de altura e 4 m de diâmetro). No lote L07, verificou-se semelhante situação, pois além do impedimento físico causado por bananeiras de três anos de idade (em torno de 1,2 m de altura), o espaçamento entre os aspersores (18 m na linha x 18 m entre linhas) também contribuiu para a baixíssima uniformidade.

Com os baixos indicadores de uniformidade vistos na Tabela 3, espera-se que as perdas de água por percolação profunda sejam significativas nos lotes avaliados, além de gerar igualmente problemas de molhamento deficitário em alguns setores da área (Keller & Bliesner, 1990; Wilson & Zoldoske, 1997). O problema de aplicações em excesso ou deficitárias tendem a se agravar durante o ciclo de produção, caso o padrão irregular de distribuição de água mantenha-se o mesmo em outros eventos de irrigação.

A Tabela 3 mostra, em função dos critérios definidos na Tabela 2, que dos sistemas de irrigação por aspersão convencional avaliados, 73% foram classificados como péssimo a regular em termos de distribuição de água, e os restantes 27% foram considerados como de boa distribuição. Nenhum dos sistemas foi considerado de ótima uniformidade.

## CONCLUSÕES

Nas atuais condições de dimensionamento, operação e manejo da irrigação nos sistemas de aspersão convencional do Projeto de Irrigação Ponto Novo, em apenas 27% dos sistemas



avaliados a uniformidade de distribuição foi classificada como boa ( $67,5\% < UD < 77,0\%$ ). Verificou-se que mudanças operacionais devem ser implementadas para a efetiva melhoria da irrigação por aspersão, tais mudanças tornam-se essenciais para redução dos custos de produção e otimização da receita líquida, principalmente nos lotes irrigados com fruteiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53 p. (Série Didática, 3)
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle Irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- NATURAL RESOURCE CONSERVATION SERVICE. **Irrigation water management**. National Engineering Handbook, Chapter 9. 1997. 221 p. Washington: USDA – United States Department of Agriculture.
- REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; TORMENA, C.A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1553-1559, 2002.
- WILSON, T.P.; ZOLDOSKE, D.F. Evaluating sprinkler irrigation uniformity. Fresno: Center for Irrigation Technology, 1997. 6p. (CATI Publication 970703). (<http://www.cati.csufresno.edu/cit/rese/97/970703> acesso em 21.02.2006)



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

## AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTRÓPICA NA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DO CURU, PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

ARRAES, F. D. D.<sup>1</sup>, ANDRADE, E. M.<sup>2</sup>, PALÁCIO, H. A. Q.<sup>3</sup>,  
FROTA JUNIOR, J. I.<sup>4</sup> & J.A. SILVA, J.A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudante 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

<sup>2</sup>Eng. Agrônoma, Ph.D., Profª. do Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, e-mail: eandrade@pq.cnpq.br

<sup>3</sup>Licenciada em Ciências Agrícolas, M.Sc. em Irrigação e Drenagem, EAFI-CE. Helbaraujo23@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, M.Sc. em Irrigação e Drenagem, itamarfrota@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Estudante de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, EAFI-CE, jenair@eloamigo.org.br

**RESUMO:** Presente trabalho tem como objetivo classificar as águas superficiais da bacia do Curu, quanto ao risco de salinidade, sodicidade e toxicidade pela ação do íon cloreto. As coletas foram realizadas mensalmente no período de outubro de 2004 a setembro de 2005, em 9 pontos destruídos ao longo do trecho perenizado da bacia, perfazendo um total de 102 amostras. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Água da Universidade Federal do Ceará, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: pH, CE, cátions, ânions e a RAS. De acordo com os resultados as águas da bacia Curu foram classificadas como  $C_2S_1T_2$ , exceção feita para os pontos P2, P3 e P5 que foram classificados como  $C_2S_1T_1$ . Esses resultados expressam um efeito acumulativo ao longo da bacia, principalmente, para íon cloreto.

**Palavras-chave:** salinidade, sodicidade, toxicidade

## EVALUATION OF ANTHROPOGENIC ACTION IN THE CLASSIFICATION OF CURU BASIN WATERS, TO IRRIGATION

**ABSTRACT:** The aim of this work was to classify surface water in relation to salinity, sodium risk and chloride toxicity of the Curu watershed. Samples of water were monthly collected from October 2004 to September 2005, in nine points distributed along the Curu River and its main effluents, in a total of 102 samples. Physical-chemical analyses were done in the Soils and Water Laboratory at Federal University of Ceará. This study considered the following parameters: pH, electric conductivity (EC), cations, anions, and sodium adsorption ratio (SAR). According to the results, waters were classified as  $C_2S_1T_2$ , except points (P2, P3 e P5) which were classified as  $C_2S_1T_1$ . These results pointed the accumulative effect of the anthropic influence in the quality of the water studied along the whole basin.

**Key-words:** salinity, sodium, toxicity





## INTRODUÇÃO

A nível global, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos deterioram-se rapidamente, devido às múltiplas atividades que se desenvolvem de forma intensiva nas bacias hidrográficas, alterando tanto a quantidade como a qualidade da água (TUNDISI, 1999). A agricultura irrigada vem contribuindo para adição de sais nas águas superficiais e subterrâneas, tornando-se inadequada para os mais diferentes usos. O conteúdo de sais na água empregada na irrigação tem grande variabilidade, dependendo do manancial em que é coletada e da formação geológica onde o mesmo está encravado, além de outros fatores ambientais que afetam diretamente os mananciais superficiais (Oliveira & Maia, 1998).

Atualmente, a água de irrigação é classificada em relação a três parâmetros, sendo o primeiro relacionado ao risco de salinidade, vindo depois o risco de sodicidade e por último o risco de toxidade de íons específicos (Ayers & Westcot, 1999).

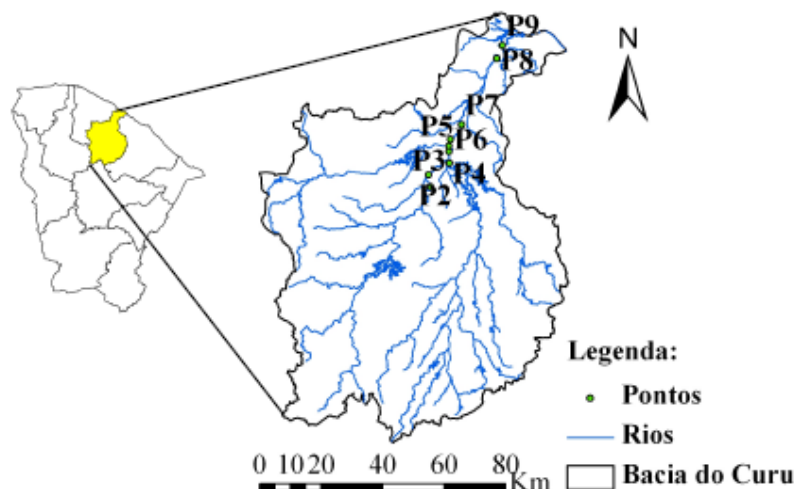
O problema da salinidade em áreas irrigadas é de grande importância ambiental e econômica, pois pode causar a redução da produtividade do solo em um primeiro momento, e a total perda de produtividade com o passar dos anos. Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas, constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola, devido principalmente, ao aumento do potencial osmótico do solo e toxidez resultante da concentração salina e dos íons específicos (Cordeiro, 1988).

A sodicidade afeta principalmente a capacidade de infiltração do solo, devido aos cátions livres de sódio, que provoca a dispersão dos colóides do solo. Provocando desestruturação do solo, criando problemas de compactação, diminuindo conseqüentemente a aeração e dificultando o movimento da água (Cordeiro, 1988).

O presente trabalho tem como objetivo classificar as águas superficiais da bacia do Curu, Ceará, tendo como padrão a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos e classificar quanto à toxidez das águas pelo íon cloreto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido ao longo da bacia hidrográfica do rio Curu, localizada entre as coordenadas geográficas 3° 20' e 4° 36' de latitude Sul e 38° 55' e 39°50' de longitude Oeste (Figura 1). O clima da parte baixa da bacia é classificado segundo Koopen, como um do tipo Aw' quente e úmido, com chuvas de outono, alcançando valores máximos nos meses de março e abril. O período seco se prolonga de julho a dezembro, ocorrendo menores precipitações nos meses de outubro e novembro. A precipitação anual média é de 1020 mm. A temperatura média anual é de 26,3°C, com máxima de 35°C em fevereiro e mínima de 18°C em julho. Já as partes



PONTOS DE COLETA: Ponto 1 –Serrota; Ponto 2 –Canal da FEVC; Ponto 3 –Canal riacho da porta; Ponto 4–Rio Canindé; Ponto 5 –Rio Caxitoré; Ponto 6 –Rios: Canindé, Caxitoré e Curu; Ponto 7 –Rio Curu (Ponte S. Luis do Curu); Ponto 8 –Rio Curu (Ponte CE 085); Ponto 9 –Rio Curu (Fazenda das pedras).

Figura 1. Localização da bacia do Curu no estado do Ceará.

altas da bacia do Curu apresentam clima do tipo BSh'w', semi-árido quente com chuvas de outono, com temperaturas médias sempre superiores a 18°C. A perenização do rio Curu é devida à distribuição parcial dos açudes General Sampaio, Pereira de Miranda e Caxitoré.

Os solos predominantes na região são os Podzólicos e os Bruno não Cálcidos. Dentro da área estudada estão inseridos os perímetros irrigados Curu-Recuperação e Curu-Paraipaba. As coletas de águas superficiais ocorreram mensalmente de outubro de 2004 a setembro de 2005, em nove pontos ao longo da bacia do Curu, com exceção dos pontos 2 e 3, que durante os meses de março, julho e agosto de 2005, se tornaram inacessíveis. As amostras foram levadas ao Laboratório de Água e Solo da Universidade Federal do Ceará para análise, seguindo a metodologia descrita por RICHARDS (1954), e os atributos analisados foram: condutividade elétrica (CE), cátions ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) e ânions ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ). A razão de adsorção de sódio (RAS) foi calculada pela seguinte equação:

$$RAS = \frac{\text{Na}^{+}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}} \quad (1)$$

Onde  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  correspondem às concentrações, em  $\text{mmolc. L}^{-1}$ , do sódio, cálcio e magnésio, respectivamente.



Para se efetuar a classificação das águas foram empregados os valores médios de cada ponto dos parâmetros analisados. Para definir as classes de qualidade das águas quanto à toxicidade do íon cloreto, tornou-se como base os valores estabelecidos por Ayers & Westcot (1999) e pela Resolução CONAMA 357/2005, estando os mesmos presentes na Tabela 1.

Para definir as classes de qualidade das águas quanto à salinidade e sodicidade, adotaram-se os limites da CE e da RAS da água para irrigação indicada pelo Laboratório de Salinidade do USDA.

Tabela 1 - Critérios para classificação da água quanto às limitações de uso apresentadas pelo Cloreto.

Classificação	Cloreto (mmol. L <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub> – águas sem risco de toxidez	< 3
T <sub>2</sub> – águas com moderado risco de toxidez	3 – 7
T <sub>3</sub> – águas com severo risco de toxidez	> 7

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação das águas superficiais da bacia do Curu para irrigação pode ser vista através da Tabela 2. Verifica-se que todos os pontos estudados ao longo da bacia, apresentaram valores da condutividade elétrica (CE) variando entre 456 a 700  $\mu\text{mohs. cm}^{-1}$ , sendo todas classificadas como C<sub>2</sub>, ou seja, águas com salinidade média. Podendo ser utilizadas para as culturas com moderada tolerância aos sais, com pouca probabilidade em desenvolver problemas de salinização. Porém, nota-se um incremento nos valores da CE a partir da estação P6, tal fato pode ser explicado pela contribuição dos perímetros irrigados Curu-Recuperação e Curu-Paraipaba presentes nesta parte da bacia. O menor valor observado ao longo da bacia foi registrado no ponto 5. Para Frota Junior (2006) esse fato se explica pela preservação da mata ciliar presente neste ponto da bacia.

De acordo com Tabela 2, os valores da razão de adsorção de sódio (RAS) seguiram uma tendência acumulativa ao longo da bacia. Os menores valores da RAS, como esperado, foram registrados nas águas do rio Curu. (P1; P2 e P3), antes da junção com o rio Canindé, e do Caxitoré (P5), sendo o maior valor observado no P9.

Apesar de ocorrer aumento significativo entre as médias ao longo da bacia, as águas foram classificadas como S<sub>1</sub>, apresentando perigo baixo de sodificação, podendo ser utilizada para irrigação da maioria dos solos, com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. Os valores médios da RAS encontram-se abaixo do limite estabelecido por Ayres & Westcot (1999) para uso na irrigação.

Tabela 2 - Classificação das águas da bacia do Curu.

Pontos	CE ( $\mu\text{mohs. cm}^{-1}$ )	RAS	Cloreto ( $\text{mmol}_{\text{e}} \text{L}^{-1}$ )	Classe
P1	510,0	1,51	3,04	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
P2	497,5	1,43	2,90	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>1</sub>
P3	475,7	1,31	2,91	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>1</sub>
P4	561,0	1,84	3,61	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
P5	456,0	1,53	2,92	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>1</sub>
P6	576,0	1,89	3,60	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
P7	580,0	1,98	3,76	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
P8	700,0	2,34	4,89	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
P9	694,0	2,58	5,02	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> T <sub>2</sub>

Os valores médios do íon cloreto seguiram a mesma tendência dos demais parâmetros analisados, ou seja, houve um aumento gradativo ao longo da bacia (Tabela 2). O efeito acumulativo do íon cloreto nas águas do rio Curu é decorrente de ações como despejo de esgotos e a lavagem de roupas ao longo da bacia, caracterizando a ação antrópica descrita por FROTA JUNIOR et al. (2007). Resultados semelhantes foram observados por PALÁCIO (2004) em pesquisa nas águas do rio Trussu, Ceará. Para a parte baixa da bacia encontra-se uma maior influência dos perímetros irrigados Curu-Recuperação e Curu-Paraipaba, presente nesta parte da bacia. Quanto à classificação da água para a toxidez, houve um predomínio da Classe T<sub>2</sub> (águas com moderado risco de toxidez). Exceção feita para os pontos P1, P2 e P5 que foram classificados como T<sub>1</sub>, ou seja, águas sem restrição de uso. Os maiores valores do referido íon foram observados nas estações P8 e P9, podendo esse fato estar associado à drenagem superficial e lavagem dos sais dos perímetros irrigados. LOPES et al. (2006) comentam ainda a influência do emprego do KCl, como a principal fonte de potássio para a cultura coco (perímetro Curu-Paraipaba). Já para a estação P9 a sua proximidade do litoral pode explicar esse valor levado.

Ainda pela Tabela 2 nota-se que para todos os parâmetros analisados, os valores do P4 se encontram acima dos seus circunvizinhos (P3 e P5), mostrando assim uma contaminação pontual. Explicada principalmente pela ação antrópica, uma vez que este ponto representa o rio Canindé quando cruza a cidade de Pentecoste.

A classificação geral das águas superficiais da bacia do Curu para irrigação pode ser dividida em dois grupos; um formado pelo os pontos P2, P3 e P5 e classificado como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>T<sub>1</sub>, ou seja, águas com salinidade média, porém sem risco de sodicidade e de toxidez pelo íon cloreto. Enquanto que outro grupo formado pelos demais pontos foram classificados como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>T<sub>2</sub>, ou seja, águas que apresentam uma restrição ao uso devido ao íon cloreto.



## CONCLUSÕES

Houve para todos os parâmetros analisados um efeito acumulativo ao longo da bacia, principalmente para íon cloreto mostrando ação antrópica na qualidade da água.

As águas da bacia Curu foram classificadas como  $C_2S_1T_2$ , exceção feita para os pontos P2, P3 e P5 que foram enquadradas na classe  $C_2S_1T_1$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (1999). **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande-PB: UFPB. Tradução de Gheyi, H.R.; Medeiros, J.F.; Damasceno, F.A.V., 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357**: de 17 de março de 2005.
- CORDEIRO, G. Aspectos gerais sobre a salinidade em áreas irrigadas: origem diagnóstico e recuperação. Cruz das Almas, 1988. III Seminário de Irrigação e Drenagem. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br/artigos/salinidade.html>> Acesso em: 4 junho de 2007
- FROTA JUNIOR, J.I. Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu, Ceará. 2006. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - área de concentração em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- FROTA JUNIOR, J. I; ANDRADE, E. M; MEIRELES, A. C. M; BEZERRA, A. M. E; SOUZA, B. F. S. Influência antrópica na adição de sais no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.142-148, 2007.
- JOSÉ F. B. LOPES, EUNICE M. ANDRADE, JOSÉ I. FROTA JÚNIOR, LUIZ CARLOS. G. CHAVES, FRANCISCO A. O. LOBATO. Efeito da ação antrópica na concentração do íon cloreto ao longo da bacia do curu, Ceará, Brasil. In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 35, João Pessoa, 2006. (CD ROM).
- OLIVEIRA, M. de & MAIA, C.E. Qualidade físico-químico da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do rio Grande do norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.55-9, 2001.
- PALÁCIO, H.A.Q. (2004) Índice de qualidade de água na Parte Baixa da Bacia Hidrográfica do rio Trussu – CE. 2004. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - área de concentração em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- TUNDISI, J.G. Limnologia do séc. XXI: Perspectivas e desafios conferência de abertura do CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 7. São Carlos, SP. 1999. 24p.



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

## **SALINIDADE E IMPACTO DA IRRIGAÇÃO NO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DO PERÍMETRO ARARAS NORTE, CEARÁ<sup>1</sup>**

**CHAVES, L. C. G.<sup>2</sup>; ANDRADE, E. M.<sup>3</sup>; CRISOSTOMO, L. A.<sup>4</sup>;  
NESS, L. R. L.<sup>5</sup>; LOPES, J. F. B.<sup>6</sup> & SANTOS, F. S. S.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Parte da dissertação do primeiro autor

<sup>2</sup> Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação, M. Sc. em Irrigação e Drenagem, Bolsista FUNCAPE, FUNCEME, Av. Rui Barbosa, 1246, CEP: 60115-221, Fortaleza. (85) 31011119. e-mail: luiscarlosguerreiro@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Engº Agrônomo, Ph.D., pesquisadora do CNPq, Profª. Depto de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE.

<sup>4</sup> Engº. Agrônomo, Ph. D., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

<sup>5</sup> Engº Agrônomo, D. Sc., Professor da Universidade Federal do Ceará, Crato, CE.

<sup>6</sup> Estudante de graduação em Agronomia, CCA/UFC, Fortaleza, CE.

<sup>7</sup> Prof. Mestre, Faculdade de Tecnologia CENTEC-Limoeiro do Norte, CE.

**RESUMO:** O principal objetivo desse estudo foi identificar a adição de sais ao solo da área irrigada em comparação a mata nativa, e a lixiviação dos sais pelas chuvas em uma área do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará. Foram selecionadas duas áreas: uma cultivada com uva (*Vitis vinifera* L.) desde 2001 e irrigada por microaspersão e, outra vizinha com mata nativa. O solo foi coletado nas camadas de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 cm, bimestralmente, de maio de 2003 a setembro de 2005 e enviadas ao laboratório para determinação da CE. O total de chuvas precipitadas no período foi de 2.882 mm. Os resultados mostraram que ocorreu adição de sais ao solo da área irrigada com incrementos na CE de até 573% em relação a CE da solução do solo da mata nativa. A adição de sais deu-se principalmente pela aplicação de adubos minerais, uma vez que as águas são classificadas como C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>. A chuva total anual não foi suficiente para lixiviar os sais da área irrigada.

**Palavras chave:** irrigação, sais totais, impacto ambiental

## **SALINITY AND IRRIGATION IMPACT IN AT IRRIGATION DISTRICT ARARAS NORTE, CEARÁ, BRAZIL**

**ABSTRACT:** This work aimed to identify the salt addition in irrigated soil when compared to undisturbed land at Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará State, Brazil. Also, it was evaluated the rainfall effect in the salt lixiviation. Soil under irrigation has been cultivated with grapevine (*Vitis vinifera* L.) since 2001 using microaspersion irrigation system. Soil was sampled in the following layers: 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 cm from May/2003 to September/2005. Samples were taken to laboratory for analyzes of the electric conductivity (EC). Total rainfall during the studied period was 2.882 mm. Results showed that occurred salt addition in soil under irrigation and the largest increment to EC was 573%. The salt addition in soil was, principally, due to mineral fertilizer, since irrigated water was classified as C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>. Total rainfall was not enough to leach the salts added due to irrigation.

**Key words:** irrigation, total salts, enviromental impact



## INTRODUÇÃO

A produção mundial de frutas está em torno de 540 milhões de toneladas, a China e a Índia (55,6 milhões de toneladas) e o Brasil (38 milhões de toneladas) são os maiores produtores (Andrigueto & Kososki, 2005). Porém, as constantes instabilidades climáticas, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas do globo, fazem da agricultura de sequeiro uma atividade de grande risco, afetando a regularidade da produção agrícola (Macêdo & Menino, 1998). Nesse contexto a agricultura irrigada tem alcançado grande destaque no setor produtivo mundial, sendo responsável por 40% da produção total de alimentos (Barreto & Silva, 2004). Entretanto, segundo Mantovani (2006) a irrigação pode criar impactos ambientais adversos às condições físicas, químicas e biológicas do solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde, à fauna e à flora, repercutindo, em alguns casos, de forma negativa nas condições socioeconômicas do irrigante ou, mesmo, da comunidade local. Estimativas apontam que da área cultivada na superfície do globo ( $1,5 \times 10^9$  ha), 23% das terras são salinas e 37% são sódicas, encontrando-se distribuídas por todos os continentes (Tanji, 1990). As zonas áridas e semi-áridas do globo são as mais afetadas por problemas de sais nas áreas irrigadas. Aliado a essas condições climáticas os problemas de salinidade estão associados também com a má drenagem, o lençol freático alto, a baixa permeabilidade do solo, o manejo inadequado da irrigação, os minerais primários, as adubações químicas contínuas e mal conduzidas em solos irrigados e a ação antrópica, com maior potencial para causar problemas devido à sistemática adição ao solo de sais contidos na água (Bezerra, 1996; Souza et al., 2001). Em regiões de baixa precipitação pluvial, a lavagem dos sais deve ser realizada, como forma de manter a salinidade em um nível aceitável. Já em regiões onde essa precipitação é relativamente alta, a sua ocorrência, durante a estação chuvosa, pode assegurar a lavagem dos sais (Bem-Hur et al., 2001; Andrade et al., 2004). O estudo relativo a este trabalho teve como objetivo medir o teor de sais no solo, adicionado pela irrigação, comparando-o com um solo de mata nativa e, verificando a eficiência das chuvas na lixiviação dos sais a níveis satisfatórios.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental para este trabalho faz parte de um lote de 11,0 ha, localizado no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará. As coletas de solo foram realizadas em uma subárea de 5,0 ha do respectivo lote, cultivada com uva (*Vitis vinifera* L.) desde 2001 e irrigada por microaspersão e, em uma área de mata nativa localizada no próprio lote, fora da

faixa cultivada. Os solos do Distrito são principalmente Luvisolos e Latossolos. A área era irrigada com água tipo C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>, proveniente do Açude Público Federal Paulo Sarasate (Batista, 2006). As amostras de solo foram coletadas bimestralmente de maio de 2003 a setembro de 2005, abrangendo praticamente dois períodos de irrigação e um de chuvas. Em cada posição eram coletadas quatro amostras nas camadas de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 cm de profundidade. Na área cultivada, as amostras foram coletadas na projeção da copa das plantas em pontos aleatórios equidistantes formando-se uma amostra composta para cada camada. Na faixa de mata nativa, seguiu-se as mesmas profundidades de coleta da zona cultivada, sendo que, por se tratar de uma área não sujeita ao manejo da irrigação, tomou-se apenas um ponto para amostragem por profundidade. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará para as determinações da condutividade elétrica (CE), pH, cátions e ânions. A estimativa da concentração de sais foi feita pela CE no extrato solo-água 1:1, seguindo a metodologia proposta por Richards (1954). Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados pelo Posto Meteorológico de Varjota, Ceará sendo disponibilizados pela Funceme.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação espaço-temporal da CE para as camadas estudadas e da precipitação pluviométrica ocorridas durante o período podem ser observadas na Figura 1. O maior incremento dos sais totais adicionados ao solo foi registrado na camada de 0-30 cm em janeiro de 2005 (Figura 1A). Enquanto o valor da mata nativa foi de 0,32 dS m<sup>-1</sup>, na área irrigada o valor equivalente foi de 2,16 dS m<sup>-1</sup>, representando incremento de 573%. Esse fato pode estar associado ao manejo da irrigação com aplicação de fertilizantes, principalmente os nitrogenados e os cloretados, uma vez que a condutividade elétrica média da água era de 0,21 dS m<sup>-1</sup>. Observações semelhantes foram efetuadas por D'Almeida (2002), Meireles et al. (2003) e Andrade et al. (2004). Bezerra (1996) cita como exemplo de salinização de solos ocasionada por adubações minerais, o caso de um Oxissol do Projeto Bebedouro em Petrolina. Os valores máximos de CE encontrados nesse estudo, por camada da área irrigada foram: 1,40 dS m<sup>-1</sup> (0-30 cm) em julho de 2004, 1,28 dS m<sup>-1</sup> (60-90 cm) em setembro de 2005 e 1,03 dS m<sup>-1</sup> (90-120 cm) em janeiro de 2004. O total de chuvas no período foi de 1.288 mm, com concentração máxima em janeiro de 2004 (Figura 1).

Porém essa precipitação não foi suficiente pra lixiviar todos os sais e levar o solo da área irrigada à condição de mata nativa. Lixiviações ocorreram apenas entre os meses de julho e setembro de 2005, decorrência da aplicação de lamina de água excessiva, uma vez que tratava-se do período seco.



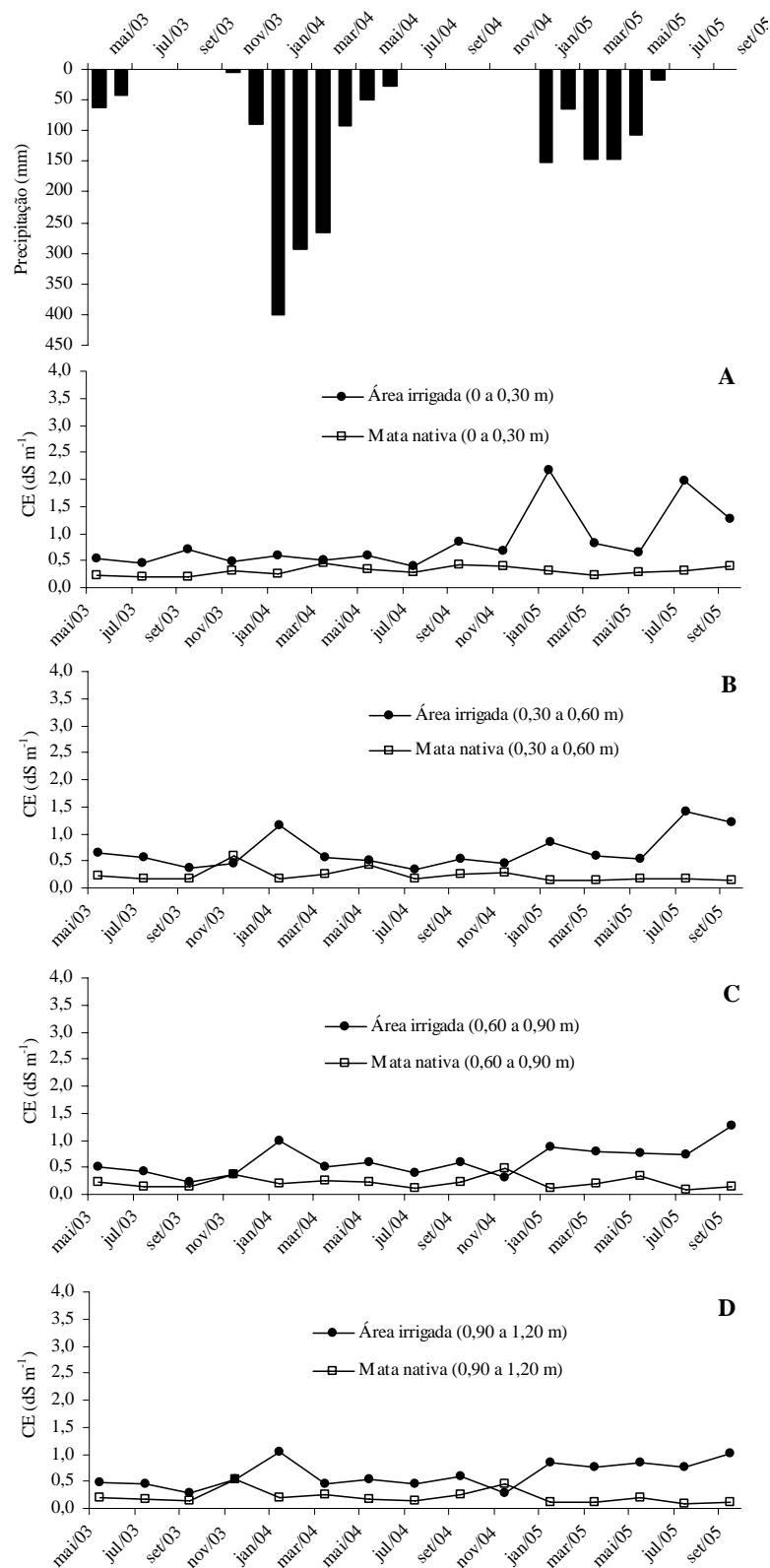


Figura 1. Variação espaço-temporal da condutividade elétrica no solo do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará.

## CONCLUSÕES

O estudo realizado permitiu concluir que ocorreu adição de sais no solo sob irrigação no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, com incrementos na condutividade elétrica da área irrigada de até 573% em relação à mata nativa. A precipitação pluviométrica ocorrida no período não foi suficiente para ocasionar a lixiviação dos sais totais. O acúmulo de sais no Distrito está associado ao manejo do solo e a aplicação de adubos minerais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M.; D'ALMEIDA, D. M. B. A.; MEIRELES, A. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; ARRUDA, F. E. R. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.1, p.9-16, 2004.
- ANDRADE, J. R.; KOSOSKI, A. R. Desenvolvimento e conquistas da produção integrada de frutas no Brasil. In: OLIVEIRA, V. H. de.; COSTA, V. S. O. **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 355p.
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L. L.; CRUZ, M. G. M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, n.2, p.25-32, 2002.
- ANDRADE, E. M.; BATISTA, T. M.; TEIXEIRA, A. S.; MEIRELES, M.; SOUSA, B. F. S.. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.179-286, 2006.
- BEM-HUR, M.; LI, F. H.; KEREN, R.; RAVINA, I.; SHALIT, G.; Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water and under high water table conditions. **Soil Science American Journal**, v.65, p.191-198, 2001.
- BEZERRA, F. **A terra e a irrigação no nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1996. 116p.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi – CE**. Fortaleza, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Engenharia Agrícola, UFC.
- MACÊDO, L. S.; MENINO, I. B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.2, n.1, p.47-51, 1998.
- MANTOVANI, E. C. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318p.
- MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CRUZ, M. G. M. da.; LEMOS, L. C. A. Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.34, n.2, p.207-212, 2003.
- RICHARDS, L. A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- TANJI, K. K. Nature and extent of agricultural salinity. In: TANJI, K. K. **Agricultural Salinity Assessment and management**. New York: ASCE manuals and reports on engineering practice, 1990. 619p.



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 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO NA CULTURA DA BANANEIRA

LOPES, F.B.<sup>1</sup>; BEZERRA, F. M. L.<sup>2</sup>; AQUINO, D. N.<sup>3</sup>;  
LOBATO, F. A. O.<sup>4</sup>; LOPES J. F. B.<sup>4</sup> & MENDONÇA, M. A. B.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, bolsista do CNPq, Caixa Postal 12168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone: (85) 4008 9762, e-mail: lopesfb@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Eng. Agr., Ph.D., Prof. do Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC

<sup>3</sup>Eng. Agro. Mestrando, Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, bolsista do CNPq

<sup>4</sup>Estudante de Agronomia, Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC

**RESUMO:** Neste trabalho se avaliou dois sistemas de irrigação por microaspersão instalados numa área cultivada com bananeira, no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú – CE. As avaliações foram realizadas em dois lotes (A e B) distintos, utilizando a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1974). As variações de pressão e vazão foram elevadas para ambos os lotes. O coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD, dos sistemas de irrigação foi classificado como ruim e bom para os lotes A e B, respectivamente. O Lote A apresentou uma eficiência de aplicação muito baixa (34,1%). O desempenho do sistema de irrigação para os parâmetros avaliados do Lote A foi inferior ao Lote B.

**Palavras chave:** *Musa sp*; irrigação localizada, coeficiente de uniformidade

## MICRO-IRRIGATION SYSTEM PERFORMANCE AT BANANA TREE ORCHARD

**ABSTRACT:** The work aimed to evaluate the micro-irrigation system performance at banana tree orchard sited in Irrigated Perimeter of Baixo Acaraú, Ceará, Brazil. Evaluations were conducted in two distinct field (A and B) applying Keller & Karmeli method (1974). The pressure variation and discharge were high in both fields. Systems presented very low Criddle's uniformity coefficient (CUD), been classified as poor and good to fields A and B, respectively. The adequacy to field A was very poor (34%), and according to evaluated parameters, the performance of field A was lower than that of field B.

**Key-words:** *Musa sp*; Trickle irrigation, uniformity

## INTRODUÇÃO

Para um melhor desenvolvimento das atividades humanas ligadas ao uso racional da água é importante o desenvolvimento de sistemas de irrigação cada vez mais eficientes, evitando-se o desperdício deste precioso recurso, a água. De todos os métodos de irrigação utilizados, a irrigação localizada vem apresentando um crescimento contínuo. Isso devido aplicar água diretamente no sistema radicular da planta, promovendo, assim, uma economia no uso da água (Keller & Karmeli, 1975; Pizarro, 1997).

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Um melhor manejo da irrigação, tem sido objetivo de pesquisas de vários autores (Favetta & Botrel, 2001; Carvalho et al., 2006).

De acordo com Keller & Karmeli (1975), torna-se necessário à realização periódica de avaliações do sistema de irrigação, pois apesar das inúmeras vantagens apresentadas, existem problemas na irrigação localizada, dentre os quais se destaca a obstrução dos emissores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, em dois lotes implantados com a cultura da bananeira (*Musa sp.*) no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú no Estado do Ceará. Além das determinações dos coeficientes de uniformidade distribuição (CUD) e de uniformidade estatístico (CUE), da eficiência de aplicação (EA).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, o qual está situado na parte setentrional do Estado do Ceará, com abrangência dos municípios de Acaraú, Marco e Bela Cruz. Localiza-se entre as coordenadas geográficas 03°11'00''- 03°22'00'' de latitude S e 40°01'00''- 40°09'00'' de longitude W. O mesmo ocupa uma área de aproximadamente 13 mil hectares, com 8.840 hectares já lícitados. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso, com temperaturas médias de 28°C, e uma precipitação média anual de 900 mm.

A avaliação foi realizada em dois lotes de pequeno produtor, que utiliza sistema de irrigação localizada, do tipo microaspersão, numa área de 4 ha implantada com a cultura da banana (*Musa sp.*). O diâmetro das linhas laterais é de 16 mm nos dois sistemas avaliados. No Lote A, a cultura está plantada no espaçamento de fileiras duplas de 2 x 2 x 4 m. A avaliação desse lote foi realizada em uma subárea de 0,4 ha, composta por 16 linhas laterais e 24 microaspersores por linha lateral. Os emissores são da marca NaanDan com vazão nominal de



55 L h<sup>-1</sup> e têm cinco anos de uso. Já o Lote B, usa espaçamento simples 2,4 x 2,5 m. Neste lote a avaliação foi realizada em uma subárea de 0,3 ha, composto por 18 linhas laterais e 14 emissores, com vazão nominal de 50 L h<sup>-1</sup> da marca Netafim, com um ano de funcionamento. A metodologia adotada nos testes foi a proposta por Keller & Karmeli (1974). Foram feitas três repetições, empregando-se a média aritmética para cálculo dos valores médios.

Com esses valores foram determinadas as variações médias de vazão ( $\Delta Q$ ) e de pressão ( $\Delta P$ ) ao longo das laterais em todo o setor, utilizando as seguintes equações:

Para a variação de vazão ( $\Delta Q$ )

$$\Delta Q = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \quad (1)$$

em que,  $\Delta Q$  é a variação de vazão na lateral, %;  $Q_{\max}$  é o valor máximo de vazão, L h<sup>-1</sup>;  $Q_{\min}$  é o valor mínimo de vazão, L h<sup>-1</sup>.

Para a variação de pressão ( $\Delta P$ )

$$\Delta P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}} \quad (2)$$

sendo,  $\Delta P$  a variação de pressão, %;  $P_{\max}$  o valor máximo de pressão, kgf cm<sup>-2</sup> e  $P_{\min}$  o valor mínimo de pressão, kgf cm<sup>-2</sup>.

Com os valores de vazão foi calculada a uniformidade de distribuição (CUD) pela expressão:

$$CUD = \left( \frac{q_{\min}}{q_{\text{média}}} \right) \times 100 \quad (3)$$

em que,  $CUD$  é o coeficiente de uniformidade de distribuição, %;  $q_{\min}$  é o valor médio dos 25% menores vazões de distribuição, L h<sup>-1</sup> e  $q_{\text{média}}$  é o valor da vazão média dos microaspersores.

Merriam & Keller (1978) apresentaram o seguinte critério geral para interpretação os valores de CUD, para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90% excelente, entre 80 e 90% bom, 70 e 80% regular e menor que 70% ruim.

Calculou-se a eficiência de aplicação (EA) sob irrigação completa estimada por Merriam & Keller (1978).

$$E_a = K_s CUD \quad (4)$$

sendo,  $E_a$  a eficiência de aplicação, %;  $K_s$  - coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 0,9 por ser o solo arenoso e a profundidade das raízes da bananeira menores que 0,75 m (Keller & Karmeli, 1974).

A uniformidade de aplicação de água no setor em estudo foi avaliada, através da equação:

$$CUE = (1 - CVT) * 100 \quad (5)$$

em que, CUE é o coeficiente de uniformidade estatístico de irrigação,%; CVT é o coeficiente de variação total de vazão no setor.

Para se determinar o CVT, usou-se a seguinte equação:

$$CVT = S_q / q_{\text{médio}} \quad (6)$$

sendo,  $S_q$  – desvio padrão da vazão dos emissores ( $L h^{-1}$ );  $q_{\text{médio}}$  é a vazão média dos emissores no setor ( $L h^{-1}$ ).

Através dos resultados das pressões no setor, obteve-se o coeficiente de variação da vazão por causas hidráulicas (CVH) pela equação:

$$CVH = S_h / h_{\text{médio}} \quad (7)$$

Sendo,  $S_h$  é o desvio padrão das pressões medidas (kPa);  $h_{\text{médio}}$  é a pressão média dos emissores no setor (kPa).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das médias das pressões e das vazões e suas variações em todo o setor avaliado, e ao longo das linhas laterais encontram-se na Tabela 1.

Os valores de variação das pressões e das vazões ao longo das linhas laterais apresentaram-se elevados. As pressões variaram de 74,29 a 92,75%, e de 18,18 a 36,36% para os lotes A e B respectivamente, valores considerados muito altos, principalmente para o Lote A, já que Keller & Karmeli (1974) recomendam que a variação de pressão ao longo da linha lateral

Tabela 1. Comportamento da pressão média (P), variação de pressão ( $\Delta P$ ), da vazão média (Q) e variação de vazão ( $\Delta Q$ ) no setor e ao longo das laterais.

Lote A - Comprimento da linha lateral 96 m					
	Setor	Linhas			
		Inicial	1/3	2/3	Última
Pressão ( $kgf cm^{-2}$ )	1,61	2,05	1,44	1,59	1,35
Vazão ( $L h^{-1}$ )	61,86	93,08	50,93	62,63	40,80
$\Delta P$ (%)	92,86	74,29	92,75	86,76	92,69
$\Delta Q$ (%)	93,07	79,06	69,68	70,64	82,47
Lote B - Comprimento da linha lateral 68 m					
Pressão ( $kgf cm^{-2}$ )	0,90	0,97	0,91	0,84	0,89
Vazão ( $L h^{-1}$ )	44,86	44,55	46,28	43,50	45,12
$\Delta P$ (%)	36,36	18,18	21,90	36,36	21,57
$\Delta Q$ (%)	30,43	27,01	8,59	26,32	10,19



deve ser de no máximo 11%. Dentro do setor, a variação da pressão também foi alta, 93,07% (Lote A) e 36,36% (Lote B) ultrapassando bastante o valor recomendado por Keller & Karmeli (1974) que é apenas de 20%.

Na Tabela 2 tem-se o desempenho dos sistemas de irrigação avaliados. Os valores do CVH nos setores avaliados foram de 0,77 (Lote A) e 0,13 (Lote B). Valor considerado alto, pois de acordo com Bralts & Kesner (1983), em uma linha lateral o coeficiente de variação de vazão dos emissores, resultantes apenas dos efeitos hidráulicos é, em geral, da ordem de 0,037 a 0,078. Esses valores decorrem de variações de vazão de 10% a 20%, geralmente admitidas em projetos. Já para o CVT, encontrou-se o valor de 0,70 (Lote A), classificado como alto e 0,10 (Lote B), classificado como boa pela ABNT (1987). O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) encontrado foi de 37,83 e 86,70% para os lotes A e B respectivamente. O CUD é classificando como ruim para o Lote A e como bom para o Lote B (BRALTS, 1986). Abreu et al. (1987) consideram dentro dos limites aceitáveis de funcionamento, valores de CUD acima de 80 %. Para o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) o valor para o Lote A foi de 30,46% e para o Lote B de 90,44%. O CUE é classificado como inaceitável (Lote A) e excelente (Lote B) de acordo com Favetta & Brotel (2001).

O resultado da eficiência de aplicação (EA) encontrados nos setores foi de 34,05 e 78,03% para os lotes A e B, respectivamente, valor considerado baixo, já que Keller & Bliesner (1990) recomendam valores em torno de 80%.

O desempenho inferior do Lote A em relação ao Lote B, nos parâmetros avaliados pode ser atribuído a vazamentos e entupimentos observados em campo. Outro fator que pode está contribuindo é o tempo de funcionamento de cada sistema, sendo que o Lote A tem cinco anos de uso e o Lote B um ano, e também ao comprimento da linha lateral diferente nos lotes avaliados.

**Tabela 2.** Coeficientes resultantes da avaliação dos sistemas de irrigação por microaspersão.

Coeficientes	Lote A	Lote B
$\bar{q}$ (L h <sup>-1</sup> )	61,86	44,86
CUD (%)	37,83	86,70
EA (%)	34,05	78,03
CUE (%)	30,46	90,44
CVT	0,70	0,10
CVH	0,77	0,13

## CONCLUSÕES

As variações de pressão e vazão são elevadas em ambos os lotes, principalmente no Lote A. O CUD dos lotes avaliados se classifica como ruim para o Lote A e bom para Lote B. A eficiência de aplicação (EA) foi muito baixa para o Lote A 34,05%. O lote A apresentou desempenho inferior em todos os parâmetros analisados em relação ao Lote B.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de irrigação localizada: Avaliação do desempenho. Rio de Janeiro. 11p, 1987. Projeto 12: 02-08-20.
- ABREU, J. M. H.; LOPES, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. El riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987, 317p.
- 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).
- BRALTS, V. F.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.5.1983.
- CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 36-46. 2006.
- 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
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: van Nostrand Reinhold, 1990.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.4. 1974.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation Engineering Department, Utah State University. 1978.
- PIZARRO, F. **Riegos Localizados de Alta Freqüência**. Ediciones Mundi Prensa, 3ª edición, Madrid, 1997.





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 MAMONEIRA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO NA REGIÃO LITORÂNEA DO ESTADO DO CEARÁ

PEREIRA FILHO, J. V.<sup>1</sup>; SILVA, A. R. A. DA<sup>2</sup> & BEZERRA, F. M. L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/FUNCAP e aluno de graduação em Agronomia/DENA/CCA/UFC, C.P. 12..168 – CEP 60450 – 760, Fortaleza, CE, Fone: (85)33669754, Fax: (85) 33669755.

<sup>2</sup>Bolsista PIBIC/CNPq e aluno de graduação em Agronomia/DENA/CCA/UFC.

<sup>3</sup>Prof. Associado I, Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: mbezerra@ufc.br.

**RESUMO:** Na região Nordeste torna-se extremamente importante identificar a necessidade hídrica para o cultivo da mamona em diferentes regiões edafoclimáticas, pois a escassez de trabalhos justifica o estudo da evapotranspiração da mamoneira. O presente trabalho teve como objetivo determinar a evapotranspiração da cultura da mamona irrigada por gotejamento, utilizando o método do balanço hídrico em lisímetro de drenagem. A unidade experimental constou de quatro lisímetros de drenagem localizados numa área de 600 m<sup>2</sup>. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi determinada pelo método do balanço hídrico, em um volume de controle de solo com profundidade de 0,45 m, cuja umidade foi monitorada por tensiômetros. A ET<sub>c</sub> apresentou valores crescentes desde o estágio vegetativo até a estágio de frutificação. Os valores máximo e mínimo observados durante o desenvolvimento da cultura foram de 3,3 mm dia<sup>-1</sup> no estágio vegetativo e de 8,3 mm dia<sup>-1</sup> aos 63 dias após a germinação. O total de água aplicado via irrigação foi de 249,8 mm, sendo aplicados durante o período de 28 de novembro de 2006 a 16 de fevereiro de 2007. A drenagem profunda nesse período correspondeu a 28,54% da lâmina aplicada via irrigação.

**Palavras chave:** *Ricinus communis* L., lisímetro de drenagem, tensiometria.

## EVAPOTRANSPIRATION OF THE SEED OF THE CASTOR-OIL PLANT IRRIGATED FOR DRIPPING IN THE LITTORAL REGION OF THE STATE OF THE CEARÁ.

**ABSTRAT:** In the Northeast region one becomes extremely important to identify the hidric necessity for the culture of seed of the castor-oil plant in different edafoclimáticas regions, therefore the scarcity of works justifies the study of the evapotranspiration of the seed of the castor-oil plant. The present work had as objective to determine the evapotranspiration of the culture of seed of the castor-oil plant irrigated by dripping, using the method of the hydric rocking in lisímetro of draining. The experimental unit consisted of four located lisímeter of draining in an area of 600 m<sup>2</sup>. The evapotranspiration of the culture (ET<sub>c</sub>) was determined by the method of the hydric rocking, in a volume of control de soil with depth of

0,45 m, whose humidity was monitored by tensiometer. The E<sub>Tc</sub> presented increasing values since the vegetative stadium until the fruition stadium. The observed values maximum and minimum during the development of culture had been of the 3,3 mm day<sup>-1</sup> in the vegetative stadium and of 8,3 mm day<sup>-1</sup> to the 63 days after the germination. The applied water total way irrigation was of 249,8 mm, being applied during the period of 28 of November of 2006 the 16 of February of 2007. The deep draining in this period corresponded 28.54% of the applied blade way irrigation.

**Key-words:** *Ricinus Communis* L., lisímetro of draining, tensiometer.

## INTRODUÇÃO

Apesar da grande importância do óleo da mamona para se realizar a substituição do combustível óleo diesel é necessária à produção de óleo vegetal em larga escala, o que representará sua expansão em várias regiões do país sob condições de sequeiro e irrigado.

Apesar da reputação de resistente à seca, a mamona atinge bons níveis de produção com uma pluviosidade mínima entre 600 a 700 mm bem distribuídos durante o ciclo da cultura. Com uma faixa ideal de pluviosidade variando de 750 a 1500 mm. Caso a pluviosidade seja uniforme, a ponto de possibilitar um planejamento em sua utilização, aconselha-se realizar o plantio de modo que a planta receba 400 a 500 mm até o início da floração. É fundamental que haja disponibilidade de água no solo quando do período de floração/frutificação (Távora, 1982).

A escassez de água, proveniente de precipitações pluviométricas, tem ocasionado ao longo dos anos, perdas significativas na produção agrícola. Por outro lado, a irrigação tem sido adotada para corrigir esta deficiência hídrica. Mas em diversas situações esta prática vem sendo realizada sem obedecer às recomendações técnicas adequadas, o que tem proporcionado um mau aproveitamento das áreas cultivadas e dos recursos hídricos disponíveis.

Um dos fatores que determinam o êxito dos cultivos é a disponibilidade hídrica, daí a importância de se utilizar métodos para determinar os componentes do balanço hídrico, principalmente a evapotranspiração, cuja estimativa permite avaliar a quantidade de água a aplicar-se no cultivo.

Na região Nordeste torna-se extremamente importante identificar a necessidade hídrica para o cultivo da mamona em diferentes regiões edafoclimáticas, pois a escassez de trabalhos justifica o estudo da evapotranspiração da mamoneira.

Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar a evapotranspiração da mamoneira, nas condições de Fortaleza, durante seus estádios fenológicos em lisímetros de drenagem, utilizando o método do balanço hídrico simplificado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, situado em Fortaleza (latitude 38°32' S, longitude



de 3°43' W e altitude 19,5 m). O clima da região é do tipo Aw', segundo a classificação de Köppen, corresponde a uma região climaticamente tropical chuvoso, com máximo de chuva em outono (abril). O solo é do tipo Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999), com baixa retenção de água, textura arenosa, boa drenagem, lençol freático muito profundo e baixo teor de matéria orgânica.

A pesquisa foi conduzida em uma área de 40 m de comprimento por 16 m de largura onde se encontram instalados quatro lisímetros de drenagem feitos de tanques de cimento amianto com área de 1,32 m<sup>2</sup> e profundidade de 0,55 m. A área do experimento tem também como bordadura uma área de aproximadamente 1,5 ha cultivada com feijão de corda.

O solo foi previamente preparado e as covas foram abertas manualmente no dia 09 de novembro de 2006, sendo aplicados os adubos orgânicos e minerais. A adubação de fundação foi realizada 16 de novembro, com a aplicação de 1 litro de composto orgânico, 44,98 g de superfosfato simples, 7,75 g de cloreto de potássio e 20 g de ureia, por cova. Além da adubação de fundação, foram feitas adubações de cobertura aos 30 e 60 dias após a germinação, com a mesma quantidade da fundação.

A semeadura foi realizada no dia 20 de novembro, com aplicação de 6 a 7 sementes por covas. A germinação deu-se a partir do dia 27 de novembro, tendo alcançado o máximo com cinco dias após a germinação. Entretanto, no dia 7 de dezembro, fez-se uma nova semeadura nas covas que não apresentaram germinação. O desbaste foi realizado com 15 dias da germinação, deixando apenas uma planta por cova.

A cultura foi irrigada por um sistema de irrigação localizada, tipo gotejamento, com uma linha de gotejadores por fileira de plantas, dando um total de 27 linhas laterais, com vazão média do gotejador de 8 L.h<sup>-1</sup>, para uma pressão de serviço de 200 kPa.

A umidade do solo foi acompanhada diariamente, no período de 28 de novembro de 2006 a 16 de fevereiro de 2007, através dos tensiômetros com manômetro de mercúrio instalados em cada um dos lisímetros, nas profundidades de 0,10, 0,30 e 0,45 m. As irrigações foram realizadas sempre pela manhã, logo após as leituras feitas nos tensiômetros. A lâmina de irrigação foi calculada pelo tanque classe A, sendo aplicado 100% da evaporação no tanque, em intervalos de 2 em 2 dias.

#### **Lâmina de Irrigação:**

$$L_B = \frac{K_t \cdot ECA \cdot PAM}{Ea} \quad (1)$$

em que,

- Kt – coeficiente do tanque Classe A (Tabelado – Valor adotado 0,75);
- ECA – evaporação no tanque Classe A, mm dia-1;

- PAM – percentagem de área molhada (Valor adotado 40%);
- Ea – eficiência de aplicação (Valor medido em campo = 90%).

**Tempo de irrigação (Ti):**

$$T_i = \frac{L_B \cdot A_p}{q_g} \quad (2)$$

Sendo,  $L_B$  – Lamina bruta de irrigação, em mm;  $A_p$  – área disponível por planta,  $m^2$  e  $q_g$  – vazão do gotejador,  $L h^{-1}$ .

No decorrer do desenvolvimento da cultura foram feitos todos os tratos culturais necessários. Foram feitas apenas duas capinas manuais com enxada e aplicação de formicida para controle de saúvas.

Em 17 de março de 2007 foi feita a colheita do racemo primário, sendo a produtividade média dos 4 lisímetros de  $736,38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc)**

A evapotranspiração da cultura foi obtida pelo método do balanço hídrico, aplicado nos quatros lisímetros de drenagem, utilizando a equação simplificada apresentada por Reichardt (1985), dada por:

$$ETc = L_B - D \pm \Delta h \quad (3)$$

em que,

- $L_B$  – lâmina bruta de irrigação, em mm;
- $D$  – drenagem profunda - obtida pela coleta do volume de água drenado de cada lisímetro em balde na câmara coletora dos lisímetros, sendo medido em proveta e transformado em mm pela área do lisímetro;
- $\Delta h$  – variação da armazenagem da água no solo, em mm, obtida pela expressão:

$$\Delta h = (\theta_f - \theta_i) \cdot Z \quad (4)$$

em que,  $\theta_f$  – umidade no solo no dia da irrigação, em  $m^3 m^{-3}$ ;  $\theta_i$  – umidade no solo no dia da irrigação anterior, em  $m^3 cm^{-3}$  e  $Z$  – profundidade do solo (lisímetro), em mm.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A evapotranspiração da cultura foi crescente (o que já era esperado), desde o estágio vegetativo até o estágio floração – frutificação, chegando a atingir um valor máximo aos 50 dias após a germinação (DAG), no estágio de floração e frutificação (Figura 1).

Os valores mínimo e máximo observados durante o desenvolvimento da cultura foram de  $1,8 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio vegetativo e de  $6,9 \text{ mm dia}^{-1}$  aos 50 dias após a germinação, no estágio

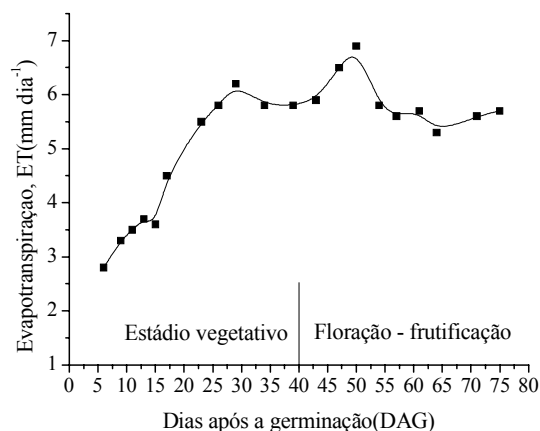


Figura 1. Variação da evapotranspiração da cultura da mamoneira medida no lisímetro de drenagem, durante os dias após a germinação.

de floração - frutificação. O valor médio da evapotranspiração da cultura foi de  $5,0 \text{ mm dia}^{-1}$  para o ciclo total.

Lima et al. (2004) verificaram em seu trabalho que as condições do Brejo Paraibano o valor da evapotranspiração de mamoneira é de  $1,84 \text{ mm dia}^{-1}$ , valor esse bem inferior ao encontrado na pesquisa.

O total de água aplicado via irrigação foi de 272,1 mm aplicados no período de 28 de novembro de 2006 a 09 de fevereiro de 2007. A evapotranspiração acumulada no período do estudo foi de 315,8 mm.

Em se tratando dos requerimentos hídricos da mamoneira, Beltrão et al. (2004) afirmam que a cultura requer no mínimo 400 mm de água até o início da floração e cerca de 200 mm no período de enchimento dos frutos. O valor total requerido pela cultura na pesquisa (315,8 mm) está abaixo do encontrado pelos autores acima. Tal fato se pode explicar pelo uso de um sistema irrigação localizado, onde ocorre uma redução na lâmina de água aplicada.

A perda por drenagem foi de 51,6 mm no período, que corresponde a 18,96% da lâmina aplicada via irrigação. Isto constata que este componente do balanço, apesar de difícil determinação, não pode ser desprezado no estudo do balanço hídrico das culturas (Silveira E Stone, 1979).

## CONCLUSÕES

Os valores mínimos da evapotranspiração da mamoneira deram-se no estágio vegetativo e os máximos ocorreram no estágio de floração – frutificação.

O valor médio da evapotranspiração da cultura da mamona no estágio vegetativo foi de  $4,4 \text{ mm dia}^{-1}$  e de  $5,9 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio de floração – frutificação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos a FUNCAP pela concessão de bolsa PIBIC/FUNCAP ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRÃO, N.E. de M.;ARAÚJO, A.E.de;GONÇALVES,N. P.;AMARAL, J.A.B. do;SEVERIANO, L.S.;CARDOSO, G.D. **Ordenamento ambiental e época de plantio da amamoneira (*Ricinus communis* L.) para a região Norte de Minas Gerais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004, 6p (Comunicado Técnico, 207)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- LIMA, J.R.S.;ANTONINO,A.C.D.;SILVA,I.de F.da;SOUZA, C.de;LIRA, C.A.B.de O. Avaliação dos componentes do balanço de energia num solo cultivado com mamona no Brejo paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA,1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande:Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.
- REICHARDT, K., **Processo de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- SILVEIRA, P. M. do; STONE, L. F. Balanço de água na cultura em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 14, n. 2, p. 11-115, abril 1979.



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 EM SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ACARAÚ, CEARÁ

ANDRADE, E. M.<sup>1</sup>; RODRIGUES, J. O.<sup>2</sup>; LOPES, J. F. B.<sup>3</sup>;  
CRISOSTOMO, L. A.<sup>4</sup> & LOBATO, F. A. O.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engo. Agro, Ph.D., Prof<sup>a</sup> do Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>; Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista CNPq, Av. Mister Hull, s/n<sup>o</sup>, Bloco 804, Campus do Pici, CEP: 60455 970, Fortaleza, CE. Fone (85) 3366 9762, e-mail: wilson\_agronomia@hotmail.com

<sup>3</sup>Estudante de Graduação em Agronomia, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE.

<sup>5</sup>Estudante de Graduação em Agronomia, Bolsista CNPq, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo analisar o processo de salinização em campos de agricultura irrigada. O experimento foi conduzido em área cultivada e nativa nos Distritos de Irrigação Baixo Acaraú (DIBAU) e Araras Norte (DIPAN), Ceará. As coletas de solo ocorreram nos anos de 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007 e as profundidades avaliadas foram de 0-30, 30-60 e 60-90 cm. Avaliou-se nesse estudo os incrementos da Condutividade Elétrica do solo, a qual reflete o nível de salinidade. De acordo com os resultados, no DIBAU, o total precipitado no período chuvoso de 2004 foi suficiente para promover a lixiviação dos sais, levando o solo cultivado à uma condição semelhante a da mata nativa. Nesse distrito a maiores concentrações de sais foram verificados para a camada inferior do solo (60-90 cm). Para o DIPAN foi identificado incremento de sais em todas as camadas, durante todo o período monitorado, sendo os maiores incrementos registrados no ano de 2007, principalmente, na camada superior do solo (0-30 cm). Em ambos os distritos foi identificado um efeito acumulativo de sais em todas as camadas estudadas.

**Palavras chave:** salinidade, degradação do solo, lixiviação.

## IRRIGATION IMPACT IN THE SOILS AT ACARAÚ BASIN, CEARÁ, BRAZIL

**ABSTRACT:** To identify the soil salinity process due to irrigation management this work was carried out to compare the salinity levels, under irrigation condition, with another one, in an undisturbed land. The investigation occurred at the Distritos Irrigados Baixo Acaraú (DIBAU) and Araras Norte (DIPAN), both sited in Acaraú Basin, Ceará, Brazil. Soil samples occurred from 2003-2007, in the following layers: 0-30, 30-60 e 60-90 cm. It was evaluated the enhanced of soil electric conductivity values, which is used to express the salinity level. According to the results, the rainfall depth registered at DIBAU in 2004 was enough to leach the salts added by irrigation. In this area, the highest salt concentration occurred in the deeper layer (60-90 cm). In the DIPAN, it was identified salt addition in all layers and the highest concentration was registered to the year of 2007, principally, in the up layer (0-30 cm). In both fields were identified a salt accumulative effect in all studied layers.

**Key words:** salinity, soil degradation, leaching

Figura 1 – Localização do DIBAU e do DIPAN na Bacia do Acaraú, Ceará





com chuvas de outono). Já a região onde está situado o DIPAN apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo BSw'h', semi-árido quente com chuvas de verão-outono excedendo 750 mm. A água que abastece o DIBAU e o DIPAN provém, respectivamente, da Barragem Santa Rosa (C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>) e do Açude Público Paulo Sarasate (C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>).

As campanhas de coleta de solo foram realizadas nos meses de maio e setembro dos anos de 2003, 2004 e 2005, para o ano de 2006 as coletas foram realizadas somente na estação seca, enquanto para 2007 apenas na chuvosa. Elegeram-se as coletas dos meses de maio e setembro por representativos da estação chuvosa e seca respectivamente. As profundidades amostradas corresponderam as camadas de 0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm em área de mata nativa, a qual representava a condição natural do solo e em área irrigada como forma de avaliar o impacto provocado pela irrigação. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados, e enviadas ao Laboratório de Água e Solo da Embrapa Agroindústria Tropical para a determinação da Condutividade Elétrica (CE). A metodologia utilizada foi a recomendada por Richards (1954). Foi obtida uma suspensão de solo:água na proporção 1:1, em que foram tomados 150 g da amostra e adicionados 150 mL de água deionizada. A inspeção do impacto da irrigação nos dois distritos de irrigação considerados neste estudo, baseou-se na análise do incremento de sais, que representa a quantificação percentual da CE na área irrigada com relação a CE no solo da mata nativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 e 3 estão evidenciados os incrementos da condutividade elétrica do extrato solo:água 1:1 das áreas irrigadas com relação a mata nativa dos dois distritos de irrigação durante o período de estudo. Percebe-se pela Figura 2 uma intensa redução nos incrementos de sais no solo do DIBAU para o período chuvoso de 2004 comparativamente ao período seco do mesmo ano (set/04) e até mesmo em relação aos demais anos avaliados. Tal fato é resultante da alta lâmina precipitada (596 mm) no mês de janeiro, sendo, “672%” superior a média mensal da região, isso proporcionou uma lixiviação dos sais do solo. Tal fato significa que as chuvas ocorridas na estação chuvosa de 2004, levaram os solos da área irrigada a condição de mata nativa. Tem sido demonstrado por pesquisadores (Hoorn, 1971; Kodva et al., 1973), citados por Holanda e Amorim, (1997) que a lixiviação no perfil do solo é maior quando se registra concentrações de chuvas em um curto espaço de tempo. Percebe-se, também que os maiores incrementos foram registrados na estação chuvosa de 2007 para a camada inferior do solo (60-90 cm) onde foi verificado incremento de sais de 240% (Figura 2), expressando a lixiviação dos sais para as camadas mais profundas. Observa-se que a partir da estação chuvosa de 2004 a

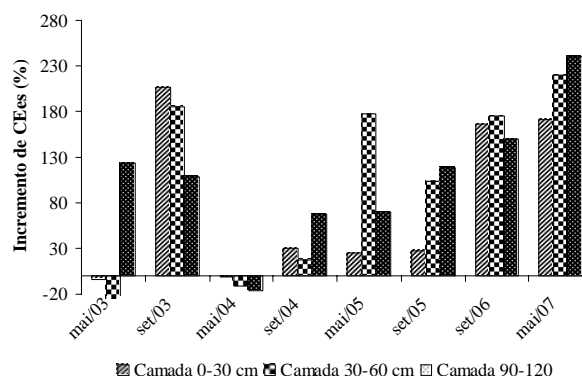


Figura 2 – Incremento de sais em diferentes camadas no DIBAU

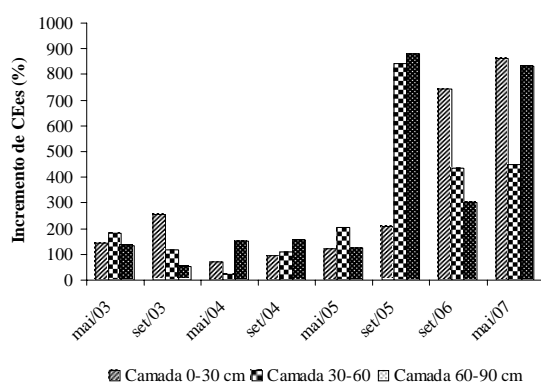


Figura 3 – Incremento de sais em diferentes camadas no DIPAN

concentração salina na área irrigada foi sempre superior a condição da mata nativa, apesar da textura do solo ser leve com um percentual de areia superior a 70%. Tal fato evidência um manejo inadequado da irrigação nessa área.

Um efeito acumulativo de sais ao longo do período estudado, também, foi observado para o DIPAN (Figura 3), sendo os maiores valores registrados para os anos de 2006 e 2007, principalmente na camada superior do solo. Esta maior concentração na camada de 0-30 sugere a existência da deposição de sais na superfície pelos processos da ascensão capilar e evaporação da superfície do solo. Uma vez que a água empregada na irrigação apresenta baixas concentrações de sais totais ( $C_1S_2$ ) acredita-se que parte desses sais possam ser oriundos dos fertilizantes químicos, em torno de  $4,6 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , empregados como fonte de nutrientes para as plantas. Aumento nos teores de sais do solo devido o emprego de adubos minerais foi, também, constatado por D'Almeida em estudo sobre salinização de solos na Chapada do Apodi-CE. Para a estação seca de 2005 registrou-se incremento de sais na magnitude de 841,18 e 880% nas camadas de 30-60 e 60-90 cm, respectivamente. Isso demonstra que as precipitações e as irrigações promovidas nesse perímetro não estão sendo suficientes para lixiviar os sais para as



camadas mais profundas, e portando, podendo reduzir o potencial produtivo do solo ou promover a degradação dos mesmos. Pesquisadores como Andrade et al. (2004) e D’Almeida (2002) discutem o risco de degradação do solo e da água em decorrência de um manejo incorreto da irrigação.

## CONCLUSÕES

- Com exceção das camadas de 0-30 e 30-60 cm em 2003 e da estação chuvosa de 2004, o Distrito de irrigação Baixo Acaraú (DIBAU) apresentou incremento de sais nos solos para todas as camadas estudadas.
- O Distrito de Irrigação Araras Norte (DIPAN), expressou um efeito acumulativo maior do aquele registrado no DIBAU.
- Maiores concentrações de sais na camada superior foram registradas no DIPAN
- O DIBAU apresentou um menor risco de salinização dos solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.M.; D’ALMEIDA, D.M.B.A.; MIERELES, A.C.M.; LEMOS FILHO, L.C.A.; DE ARRUDA, F.E.R. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, n.1, p.9-16, jan/jun. 2004.

ANDRADE, E.M.; D’ALMEIDA, D.M.B.A. A Irrigação e os Riscos de Degradação dos Recursos Naturais. In: ROSA, M. F; GONDIM, R. S; FIGUEREDO, M. C. B. de. *Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe*, Ceará. Fortaleza: Embrapa, 2006. cap. 9, p.221-244.

CHAVES, L. C. G. **Salinidade e impacto da irrigação no Distrito de irrigação do perímetro Araras Norte, DIPAN, Ceará, 2006**. 79f. Dissertação (Mestrado em irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará,. Fortaleza, 2006.

D’ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi-CE**. Fortaleza, 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

RICHARDS, L. A. (ed) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. **USDA Agricultural Handbook 60**, Washington: U.S: Departament of Agriculture, 1954. 160p.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação In: GHEYEL, H. R.; QUEIROZ, J. E; MEDEIROS, J. F. de (Ed). **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 5, p. 137-169.



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 DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA ENRIQUECIDA COM DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) NO PH DO SOLO

PAULA, F. L.M. DE<sup>1</sup>; FRIZZONE, J. A.<sup>2</sup>; PAULA, A. L. DE<sup>3</sup>;  
BOTREL, T. A.<sup>4</sup>; PAULUS, D.<sup>5</sup> & BORGES, A.C.F.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Aluna de Pós-Graduação, ESALQ-USP, CEP 13420-004, , Piracicaba, SP. Fone (19) 3435-4140 e-mail:  
[flmpaula@esalq.usp.br](mailto:flmpaula@esalq.usp.br)

<sup>2</sup>Prof. Titular, Dep<sup>to</sup> de Engenharia Rural, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

<sup>3</sup>Aluno de Pós-Graduação, Dep<sup>to</sup> de Engenharia Rural, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

<sup>4</sup>Prof. Associado, Dep<sup>to</sup> de Engenharia Rural, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

<sup>5</sup>Aluna de Pós-Graduação, Dep<sup>to</sup> de Engenharia Rural, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

<sup>6</sup>Aluna de Graduação, Curso de Agronomia, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo avaliar o pH do solo em função das aplicações de CO<sub>2</sub> via água de irrigação. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos aplicados foram 4 doses de CO<sub>2</sub>: 0 (T1), 187,5 (T2); 281,0 (T3) e 375,0 (T4) kg ha<sup>-1</sup>. A cultura utilizada foi a pimenta (*Capsicum futescens* L.) cv Tabasco mcllhenny. O CO<sub>2</sub> foi injetado via irrigação por gotejamento com frequência de aplicação de quatro dias. A medição do pH do solo foi realizada com auxílio de um aparelho de leitura direta. Verificou-se que o pH do solo quando aplicado a maior dose de CO<sub>2</sub> (T4) reduziu de 6,0 para 4,9, evidenciando uma variação grande de pH. Com isso pode-se ocasionar um desequilíbrio no fornecimento, disponibilidade e na absorção de alguns nutrientes, dentre eles nitrogênio e zinco, sintomas estes não observados na cultura da pimenta. O CO<sub>2</sub> aplicado via água de irrigação faz com que o pH em torno das raízes seja modificado por ação dos íons bicarbonatos, ocorrendo um aumento da acidez do solo, fazendo com que a absorção de nutrientes seja aumentada. Mesmo na dose mais alta, o pH do solo não teve efeitos prejudiciais à cultura.

**Palavras-chave:** pH do solo, irrigação por gotejamento, dióxido de carbono

## INFLUENCE OF IRRIGATION WATER ENRICHED WITH CARBON DIOXIDE( CO<sub>2</sub>) SOIL PH

**ABSTRACT:** The objective work aimed evaluate the pH soil was evaluated in function of the applications of CO<sub>2</sub> saw irrigation. The experimental design was for timing was randomized blocks with four treatments and eight replications. The applied treatments were 4 doses of CO<sub>2</sub>: 0 (T1), 187,5 (T2); 281,0 (T3) and 375,0 (T4) Kg ha<sup>-1</sup>. The used culture was to pepper (*Capsicum futescens* L.) cv. Tabasco mcllhenny. The CO<sub>2</sub> was injected saw dripping irrigation with frequency of application of four days. The measurement of the pH soil was accomplished with tester of direct reading. It was verified that the pH soil when applied the largest dose of CO<sub>2</sub> (T4), it reduced of 6,0 for 4.9, evidencing a great variation of



pH and could cause an unbalance in the supply, availability and in the absorption of some nutrients, then nitrogen and zinc, symptoms these not observed in the culture of the pepper. The CO<sub>2</sub> applied saw irrigation water it makes with that pH around the roots is modified by action of the íons bicarbonates, happening an increase of the acidity of the soil, making with that the absorption of nutrients is increased. The pH soil didn't have injurious effects the culture, even in the highest dose.

**Key-words:** Soil pH, dripping irrigation, carbon dioxide

## INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos de melhor qualidade requer o uso de tecnologias que minimizem os efeitos que limitam a produtividade. Dentre estas tecnologias tem-se o uso do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aplicado via irrigação, com o objetivo de maximizar a produtividade, melhorar a qualidade de frutos e reduzir os custos de produção (Furlan et al., 2002).

O CO<sub>2</sub> aplicado via irrigação reage com os cátions da solução do solo produzindo bicarbonatos, sendo então absorvido pelas plantas. O CO<sub>2</sub> provoca redução do pH do solo e este por sua vez interfere na disponibilidade de nutrientes para a planta. O efeito do pH do solo sobre a absorção de íons, principalmente dos cátions, dá-se pela sua influência no funcionamento das bombas de prótons existentes na membrana plasmática (Furlani, 2001). Estas bombas desempenham um papel decisivo para a absorção de nutrientes, pois são responsáveis pelo influxo de íons para dentro das células vegetais. Também há influência do pH no desenvolvimento de microorganismos do solo, como fungos e bactérias, (Taiz & Zieger, 1998), influenciando assim a população de microorganismos benéficos, importantes para a otimização da absorção de nutrientes.

Outro ponto importante da influência do pH sobre a absorção de nutrientes diz respeito à solubilidade dos nutrientes na solução do solo. Alguns micronutrientes, como o manganês apresenta alta solubilidade em faixas de baixo pH, podendo causar fitotoxidez às plantas. Devido a estes fatores, o objetivo do trabalho foi verificar os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aplicados via irrigação por gotejamento no pH do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido instalado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, ESALQ – USP, localizada no município de Piracicaba, São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos aplicados foram 4 doses de CO<sub>2</sub>: 0 (T1), 187,5 (T2); 281,0 (T3) e 375,0 (T4) kg ha<sup>-1</sup> divididas em 32 aplicações, durante o ciclo da cultura,. A cultura utilizada foi a pimenta (*Capsicum futescens* L.) cv Tabasco mcIlhenny.

O sistema de aplicação de CO<sub>2</sub> foi composto de cilindro (11 kg), equipado com uma válvula reguladora de pressão, manômetro e fluxômetro com escala de 0,2 a 2,0 L .min<sup>-1</sup> para quantificar o volume de CO<sub>2</sub> injetado via água de irrigação, com frequência de quatro dias. A avaliação do pH foi realizada antes e após a aplicação de CO<sub>2</sub> para quantificar o aumento da acidez no solo. A medição do pH do solo foi realizada com auxílio de um aparelho de leitura direta, Soil Tester modelo DM-S, marca Demetra Tokyo, Japan, introduzido no solo a 0,10 m para a obtenção dos valores de pH nos tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH do solo teve variação após a aplicação de CO<sub>2</sub> (Figura 1), com uma variação média de 0,5 (T2 e T3); 0,7 (T4). O pH do solo quando aplicado a maior dose de CO<sub>2</sub> (T4), ocorreu uma redução do pH de 6,0 para 4,9, diferença essa de 1,1, evidenciando uma variação grande de pH, podendo ocasionar um desequilíbrio no fornecimento, disponibilidade e na absorção de alguns nutrientes, dentre eles nitrogênio e zinco (Kimball et al. 1983).

Nakayama & Bucks (1980) obtiveram uma redução de pH do solo de 1,5 com aplicação de água carbonatada. A água enriquecida com dióxido de carbono tem influência no pH do solo, podendo reduzir o pH em torno das raízes para valores próximos 4,9 em T4, valor esse considerado tóxico na disponibilidade de ferro, manganês e zinco (Lopes, 1989). Entretanto não foi observado sintomas de toxidez de nutrientes na cultura da pimenta. Nos tratamentos T2 e T3 os valores de pH ficaram na faixa de 5,5 a 6,0, considerada ideal para a maioria dos cultivos.

Storlie & Heckman (1996) observaram que com a adição de CO<sub>2</sub> pode causar uma redução momentânea no pH do solo, disponibilizando alguns nutrientes. O CO<sub>2</sub> provoca redução do pH do solo, aumentando a disponibilidade de fósforo e cálcio na solução do solo e favorece a absorção de zinco e manganês (Pinto et al, 2000; Basile et al., 1993). Essas variações da mobilidade dos nutrientes podem causar diferentes efeitos na absorção (Andriolo, 2002). Moore (1990) comenta que o dióxido de carbono possui comportamento de quelato, podendo associar-se a elementos do solo como cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e cobalto, formando complexos facilmente carregáveis até as raízes das plantas para absorção. A mudança do pH do solo é rápida, voltando ao valor inicial após alguns minutos de aplicação de água carbonatada.

Com pH inferior a cinco, a quantidade disponível destes íons (alumínio, ferro e manganês) pode tornar-se tóxicos as plantas. Num solo ácido em que o pH foi elevado de 5 para 7,5 a redução da solubilidade de nutrientes como ferro, manganês e zinco pode ocasionar deficiências nas plantas. A faixa de pH de 6,0 a 6,5 tem sido considerada como ótima para o crescimento da maioria das plantas cultivadas, havendo exceções mesmo em culturas de interesse econômico (Lopes, 1989).

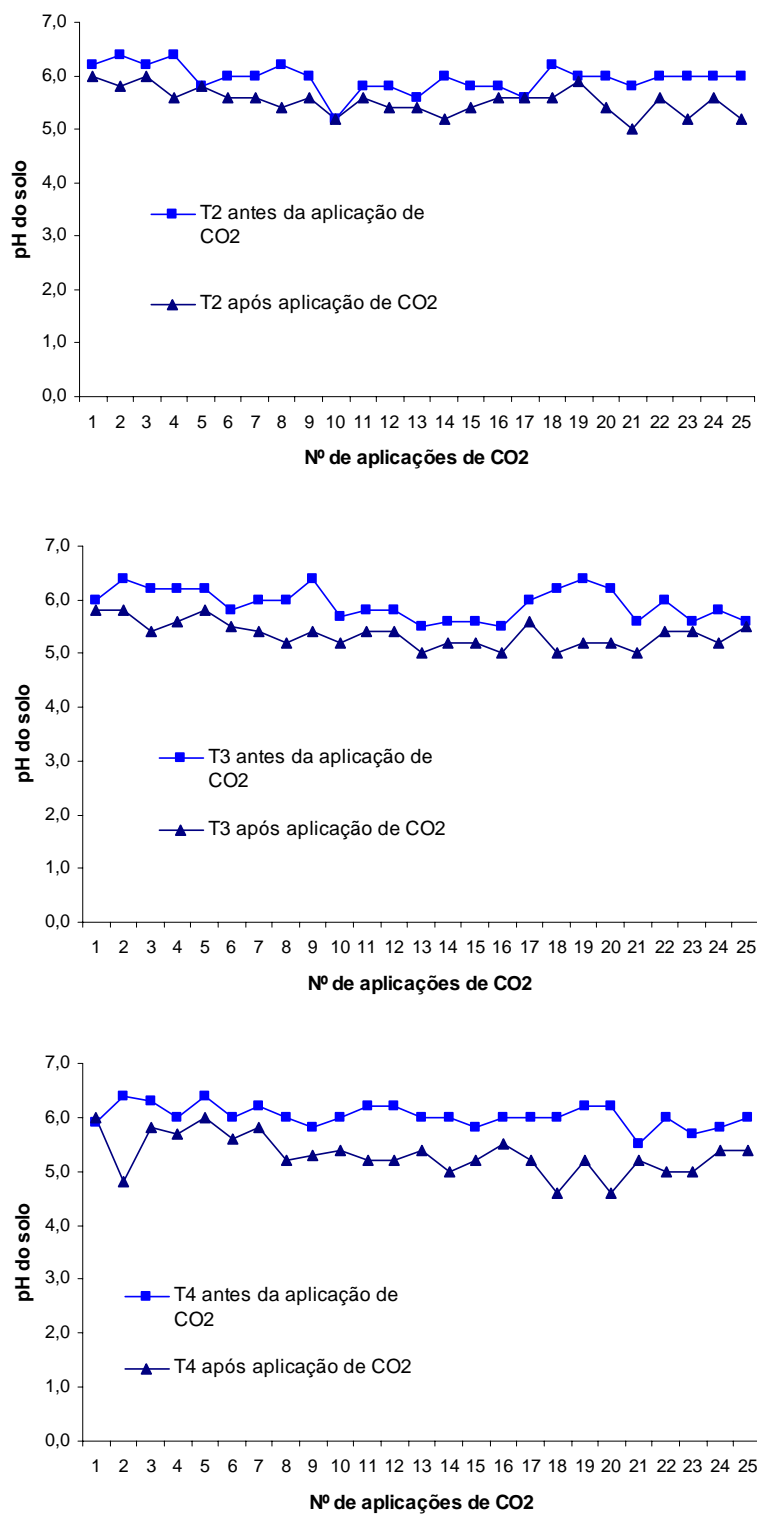


Figura 1. Variação do pH do solo antes e após a aplicação de CO<sub>2</sub>

## CONCLUSÃO

Ocorreram variações momentâneas no pH do solo em todas as doses de dióxido de carbono aplicadas. As variações de pH ocasionadas pelos tratamentos aplicados não causaram sintomas de toxidez para a cultura da pimenta tabasco, cultivada em ambiente protegido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLO, J.L. Emprego de CO<sub>2</sub> na produção de hortaliças. Olericultura Geral, princípios e técnicas. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002. Cap. 6, p. 121-142.
- BASILE, G., ARIENZO, M., ZENA, A. Soil nutrient mobility in response to irrigation with carbon dioxide enriched water. Communications in Soil Science and Plant Analysis, London, v.24, n.11/12, p.1183-95, 1993.
- FURLAN, R.A.; REZENDE, F.C.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO<sub>2</sub> na produção de pimentão cv. Mayala, em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.4, p.547-550, 2002.
- FURLANI, A.M.C. Absorção de nutrientes pelas plantas In: Curso de atualização em nutrição mineral de plantas perenes. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.2-13. resumos.
- KIMBALL, B. A. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observation. Agronomy Journal, Madison, v.75, n.5, p.779-88, 1983.
- LOPES, A.S. Manual de fertilidade do Solo (Tradução), ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- MOORE, F.D. Potential for irrigation with carbon dioxide. Acta Horticulturae, n.278, p.171-178, 1990.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Using subsurface trickle system for carbon dioxide enrichment. In. National Agricultural plastic congress, 15, Tucson, p.13-17, 1980.
- PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C. Uso do dióxido de carbono na agricultura: revisão bibliográfica. Ciência Rural, Santa Maria, v.30, n.4, p.919-925, 2000.
- STORLIE, C.A.; HECKMAN, J.R. Soil, plant, and canopy responses to carbonated irrigation water. Hort Technology, v.6, n.2, p.111-114, 1996.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fotossíntese. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. Cap. 7, 8 e 9, p. 139-219.





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 FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO DO NORTE E CRATO – CEARÁ

PASSOS, C. R. L. DOS<sup>1</sup>; ALVES, F.K. DE S.<sup>1</sup>; ARAÚJO, M. F.<sup>1</sup> & ALCÂNTARA, R. DE L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduanda do curso Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte, CE, Fone: (88)35125259.E-mail: cicerarobstania@zipmail.com.br

<sup>2</sup>Doutora em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB, Coordenadora do curso de Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental e Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte, CE

**RESUMO** O estudo teve como objetivo, avaliar a qualidade físico – química da água para consumo humano, dos municípios de Juazeiro do Norte (bairro Antônio Vieira) e Crato (bairro Seminário). Considerando que os municípios dispõem da utilização de águas subterrâneas para o consumo humano e outros fins, é necessária a verificação da qualidade da água consumida, para a garantia da saúde pública. Em cada município foi estudado o bairro de maior índice de doenças de veiculação hídrica, escolhendo-se os pontos estratégicos de coleta (escolas, residências, postos de saúde e creches). A qualidade da água foi avaliada comparando-se os resultados obtidos nas análises físico-químicas com os valores máximos permissíveis (VMP) recomendados na Portaria n° 518, de 24 de março de 2004, do Ministério da Saúde - água para consumo humano. Os valores obtidos, à exceção do potencial hidrogeniônico (pH) em alguns pontos, apresentaram - se em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde.

**Palavras chave:** Análise de água, Consumo humano, Padrões de potabilidade.

## PHYSICAL QUALITY CHEMISTRY OF THE WATER OF THE CITIES OF JUAZEIRO OF NORTH AND CRATO – CEARÁ

**ABSTRACT:** The study it had as objective, to evaluate the physical quality - chemical of the water for human consumption , of the cities of Juazeiro of the North (district Antônio Vieira) and Crato (district of the Seminário). Considering that the cities make use of the groundwater water use for the human consumption and other ends, it is necessary the verification of the quality of the consumed water, for the guarantee of the public health. In each city the quarter of bigger index of illnesses of hídrica propagation was studied, choosing the strategical points of collection (schools, residences, ranks of health and day-care centers). The quality of the water was evaluated comparing the results gotten in the analyses physicist-chemistries with the permissible maximum values (VMP) recommended in Portaria n ° 518, of 24 of March of 2004, the Health department - water for human consumption. The gotten values, to the exception of the hydrogenionico potential (pH) in some points, had presented compliance with Portaria of the Health department.

**Key-words:** Analysis of water, human Consumption, Standards of potable.

## INTRODUÇÃO

A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades, em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem a mesma a vida não pode existir (Donadio et al., 2005).

No Brasil, embora a água seja considerada recurso abundante, existe áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, constata – se assim, que no manejo dos recursos hídricos, é importante considerar os aspectos de qualidade e quantidade (Mota, 1997).

A água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes. Uma dessas fontes, o manancial subterrâneo, recurso utilizado por ampla parcela da população brasileira. A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado ou artesianos, e no aquífero não confinado ou livre, este último está mais suscetível à contaminação (Silva & Araújo, 2003).

Nos múltiplos usos da água, há necessidade de que a mesma tenha determinada qualidade. No Brasil a Norma de Qualidade de Água para Consumo Humano, aprovada na Portaria nº 518 de 24 de março de 2004, do Ministério da Saúde, define os valores máximos permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas da água potável. De acordo com o art. 4º dessa portaria, água potável é a água para consumo humano que atende ao padrão de potabilidade e que não ofereça risco à saúde.

No sul do Ceará se encontra a maior reserva de água subterrânea do Estado, a Bacia Sedimentar do Cariri, onde fazem parte dela o Vale do Cariri e a Chapada do Araripe (Cariri..., 2003). Juazeiro do Norte e Crato são alguns dos municípios que constituem o Vale do Cariri e são abastecidos pela reserva de água subterrânea. Porém, as ações antrópicas vêm comprometendo a sua qualidade e a garantia do consumo humano de água potável dessa reserva. Para que a mesma seja propícia ao consumo humano, é necessário que esteja livre de microorganismos patogênicos, de substâncias e elementos químicos prejudiciais à saúde, e desta forma, constitui-se em ação eficaz de prevenção das doenças de veiculação hídrica.

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade físico-química da água de alguns bairros dos municípios de Juazeiro do Norte e Crato, utilizada para consumo humano, seguindo os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria vigente.

## MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida em Juazeiro do Norte e Crato, municípios brasileiros do extremo sul do Estado do Ceará, localizados a 600km e 588km da capital – Fortaleza, respectivamente.

Em cada município avaliou-se a qualidade da água distribuída pelo setor responsável pelo abastecimento de água e foi estudado o bairro com maior incidência de doenças de



veiculação hídricas de acordo com os dados fornecidos pela Vigilância Epidemiológica de cada município: Juazeiro do Norte - bairro Antônio Vieira; Crato – bairro Seminário. Os locais para a coleta da água foram estratégicos (escolas, creches, residências, chafarizes e lavanderias); e os pontos escolhidos para a coleta foram torneiras que eram as mais utilizadas pelos usuários; totalizando em cada município nove (09) pontos estudados.

As amostras de água foram coletadas entre agosto de 2006 e janeiro de 2007, sempre no período da tarde, com uma temperatura média de 25° C. As coletas foram realizadas conforme métodos especificados em “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (Apha, 1998). A qualidade da água foi avaliada comparando-se os resultados obtidos nas análises físico-químicas com os valores máximos permissíveis (VMP) recomendados na Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde, água para consumo humano. Para a comparação dos resultados foram calculadas médias aritméticas.

As análises foram realizadas no laboratório de Análises Físico – Químicas de Águas e Efluentes, pertencentes aos Cursos de Recursos Hídricos / Saneamento Ambiental e de Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia CENTEC–Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Juazeiro do Norte foram realizadas quatro coletas com nove pontos estudados. No que concerne à caracterização físico-química (Tabela 1), os valores médios obtidos, com exceção do potencial hidrogeniônico (pH), estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde - água para consumo humano. Com relação aos valores de pH, onde os valores estabilizaram-se entre 4,57(P8) e 6,41(P4) sendo semelhantes aos valores obtidos por Silva e Araújo (2003) e Freitas; Brilhante e Almeida (2001) que também estudaram a qualidade da águas subterrânea para consumo humano. Através da Portaria 518/04, em que admitem uma faixa de 6,0 a 9,5 para o potencial hidrogeniônico, os valores apresentaram acidez, que pode ser explicado considerando que as águas subterrâneas estão propícias a esta característica, em decorrência da dissolução de rochas (Feitosa & Manuel Filho, 2000). Vale ressaltar que os pontos P3 (6,06) e P4 (6,41) enquadram-se nos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria vigente.

No município do Crato foram realizadas cinco coletas com nove pontos. No que concerne à caracterização físico-química (Tabela 2) os valores médios encontrados, à exceção do potencial hidrogeniônico(pH), estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Portaria 518/04 para água para consumo humano. Com relação aos valores encontrados para o pH

Tabela 1 – valores médios dos parâmetros físico-químicos do município de Juazeiro do Norte

Parâmetros estudados	Unidades	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	VMP*
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	5,87	5,96	6,06	6,41	4,77	4,69	4,59	4,57	4,67	6,0-9,5
Turbidez	UT	1,28	1,65	2,70	1,08	0,25	0,57	0,31	0,15	0,25	5UT
Dureza	mg/L	149,10	179,90	157,50	151,20	118,30	72,10	99,40	113,90	105,70	500mg/L
Cálcio	mg/L	72,10	92,40	78,92	65,10	30,10	28,00	15,40	12,60	19,60	-
Cloretos	mg/L	26,90	32,01	39,12	31,76	33,41	37,61	37,77	33,76	38,88	250mg/L
Ferro	mg/L	0,05	0,48	0,19	0,07	0,04	0,05	0,04	0,12	0,03	0,3mg/L
Amônia	mg/L	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5mg/L
Nitrito	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1mg/L
Alumínio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,2mg/L-
Magnésio	mg/L	18,70	21,07	16,53	20,91	20,91	10,70	20,39	24,64	20,90	-
Sódio	mg/L	15,02	15,02	16,27	12,54	12,54	13,78	16,27	20,00	21,24	200mg/L-

Obs.: P1, P2 e P3 – residência; P4 – Posto de Saúde; P5 e P6 – escola; P7 e P8 – chafariz público; P9 - lavanderia pública.  
\* Valor máximo permitido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Tabela 2 – valores médios dos parâmetros físico-químicos do município do Crato

Parâmetros estudados	Unidades	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	VMP*
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	6,24	5,98	5,61	5,78	6,13	6,09	5,66	5,70	5,92	6,0-9,5
Turbidez	UT	0,75	0,34	1,21	0,37	0,32	0,13	0,35	0,21	0,24	5UT
Dureza	mg/L	136,1	140,90	133,60	105,90	128,80	130,40	112,40	116,50	92,40	500mg/L
Cálcio	mg/L	81,24	103,24	95,40	58,03	71,35	63,61	58,61	60,66	71,62	-
Cloretos	mg/L	31,71	29,29	27,89	29,91	30,37	31,35	51,34	41,59	48,61	250mg/L
Ferro	mg/L	0,10	0,08	0,13	0,11	0,06	0,05	0,01	0,07	0,02	0,3mg/L
Amônia	mg/L	0,22	0,19	0,17	0,12	0,17	0,06	0,10	0,17	0,01	1,5mg/L
Nitrito	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1mg/L
Magnésio	mg/L	13,34	14,00	9,29	17,10	13,77	16,24	13,06	13,56	5,05	-
Sódio	mg/L	37,05	22,90	22,90	25,26	25,56	22,56	22,90	18,19	25,26	200mg/L

Obs.: P1 e P2 – creche; P3 e P4 – Posto de Saúde; P5 e P6 – escola; P7, P8 e P9 – residência. \* Valor máximo permitido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.



variaram de 5,61 (P3) a 6,24 (P1), portanto, estão fora dos padrões estabelecidos pela Portaria vigente, que admite uma faixa de 6,0 a 9,5. Sendo uma característica levemente ácida, semelhantes aos valores obtidos pelos os autores anteriormente citados. Possivelmente por se tratar de água proveniente de manancial subterrâneo, tende a essa característica (Feitosa & Manuel Filho, 2000). Vale ressaltar que os pontos P1(6,24) P2 (6,11), P5 (6,22), P6 (6,22) e P9 (6,01) enquadram-se nos padrões de potabilidade exigidos pela referida Portaria.

## CONCLUSÕES

Com relação à comparação entre os resultados avaliados nessa pesquisa e os valores estabelecidos pela Portaria 518/04 do MS, pôde ser constatado que apenas o parâmetro potencial hidrogeniônico em alguns pontos encontra-se em concentrações inferiores aos estabelecidos pela referida Portaria. Desta forma, a qualidade físico – química da água para consumo humano dos locais estudados, apresentou condições satisfatória para o seu aproveitamento em um sistema público de abastecimento d'água. Essa informação foi comunicada aos responsáveis pelos pontos de coleta, após o término e conclusão desse estudo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão das bolsas de Iniciação Científica Tecnológica(ICT).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th edition. Washington: APHA, 1998. 1203p.
- CARIRI: Fonte de águas subterrâneas. Pesquisas FUNCAP: Revistas de Ciência e Tecnologia, Fortaleza, ano 5, n. 3, p. 7-8, dez. 2003.
- DONADIO, Nicole M. M.; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2005.
- FEITOSA, Fernando A.; MANOEL FILHO, João. Hidrologia: conceito e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPMR: CABHID-UFPB, 2000.391p.
- FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, 2001.
- MOTA, Suetônio. Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1997.292p.
- SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAUJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, 2003.
- BRASIL.MINISTÉRIO DA SAÚDE.Portaria nº518,de 25 de março de 2004.Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicação/portaria518\\_2004.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicação/portaria518_2004.pdf)>.Acesso em16 de março 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

## **AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA (MICROASPERSÃO), COM A CULTURA DA GOIABA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.) NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE BARBALHA DA UC CENTEC CARIRI**

**CORREIA, C.B.G.<sup>1</sup> ; LIMA, C.F. DE<sup>2</sup> ; BARBOSA, R. S<sup>2</sup> ; NOGUEIRA, B. M.<sup>2</sup> ; PAULO, E.H.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mestre em irrigação e Drenagem, Professora da FATEC – Cariri, e-mail: criabg@hotmail.com, (88) 3566-4045;

<sup>2</sup>Tecnólogo de Nível Superior em Recursos Hídricos/Irrigação, formado na FATEC - Cariri

**RESUMO:** Esse trabalho foi desenvolvido no intuito de avaliar o desempenho do sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba. Desenvolvido na estação experimental da UC CENTEC Cariri, localizada na cidade de Barbalha – CE. Onde foram seguidos todos os parâmetros necessários para uma ótima avaliação do sistema. Foram coletados todos os dados necessários, aonde, chegou-se aos seguintes resultados: CUC: 63,22%, CU: 11,09% , V: 46,70% e Ea: 10,55%. Conclui-se que o sistema de irrigação implantado na área não atende de forma eficiente a necessidade da cultura. Isso pode ter ocorrido devido a uma má manutenção do sistema.

**Palavras chaves:** Avaliação, Microaspersão, Goiaba.

## **EVALUATION OF AN OVERHEAD IRRIGATION LOCATED (MICROASPERSÃO), WITH THE CULTURE OF THE GUAVA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.) IN THE EXPERIMENTAL STATION OF BARBALHA OF UC CENTEC CARIRI**

**ABSTRACT:** This work was developed in intention to evaluate the performance of the system of irrigation for microaspersion in the culture of goiaba. Developed in the experimental station of UC CENTEC Cariri, located in the city of Barbalha - CE. Where the necessary parameters for an excellent evaluation of the system had been followed all. The necessary data had been collected all, where, it was arrived the following results:: CUC: 63.22%, CU: 11.09%, V: 46.70% and Ea: 10.55%. One concludes that the system of irrigation implanted in the area does not take care of of efficient form the necessity of the culture. This can have occurred due to an bad maintenance of the system.

**Key-words:** Evaluation, Microaspersão, Guava.



## INTRODUÇÃO

A irrigação tem se configurando como um importante fator no texto de segurança da agricultura, notadamente, em regiões de clima semi-árida, onde a escassez aliada a inconstância das precipitações pluviométricas comprometem a produção agrícola Sousa et al. (2005) afirmam q não adotar um método de controle de irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Dentro deste contexto, é de suma importância a avaliação do quadro em que se encontra o sistema de irrigação utilizado, através de teste em campo, com a finalidade de fornecer subsídios a tomada de decisão a cerca do manejo de irrigação. Bernardo (1995) recomenda que após a instalação do sistema e durante o primeiro ciclo, fazer-se necessário a análise e calibração do sistema a fim de possibilitar sua implementação, de modo que as demais irrigações sejam conduzidas com eficiência. A eficiência de irrigação é um conceito largamente utilizado, tanto em projetos como em manejo de sistema de irrigação (Reis, 2005). De acordo com conceição (2004) a uniformidade das vazões de um sistema de microaspersão reflete as diferenças entre os volumes aplicados pelos emissores na parcela durante a irrigação. Baixos valores de uniformidade das vazões representam falhas no dimensionamento do sistema de irrigação ou problemas de entupimentos e desgastes. A goiaba tem grau de aceitação nos mercados interno e externo, sendo uma das principais matérias-primas utilizadas pela indústria brasileira de conservas, permitindo várias formas de aproveitamento. Atualmente se tem uma alta demanda por polpa congelada de goiaba no País, tanto para indústria de sucos como para a produção de sorvetes, doces e geléias. Esta fruta apresenta um dos maiores teores de vitamina C, com valores superiores em até seis vezes aos do fruto cítrico, que é uma fonte tradicional dessa vitamina. A goiaba se destaca ainda pelo seu elevado conteúdo de açúcar, vitamina A e vitaminas do grupo B. A espécie produz em praticamente todo o território brasileiro.

Desenvolvendo-se satisfatoriamente em quase todo o tipo de clima e solo. Para aperfeiçoar a produção quantitativa e qualitativamente, é fundamental que haja maior incremento do nível técnico dos cultivos, desde o plantio de variedades selecionadas até os cuidados com a apresentação dos frutos destinados ao mercado. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de goiaba. Os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco respondem juntos, por aproximadamente 74% da produção nacional da fruta. Tem sido exportada quase que exclusivamente para a Europa, por via aérea, cujo mercado tem nítida preferência por frutas de aroma e sabor delicados, e de frutos de primeira qualidade, com uma ótima apresentação visual. Na comercialização da fruta, exigem-se bom aspecto, tamanho proporcionalmente grande e sem defeitos na aparência, característica que exerce

uma grande atração no consumidor. No mercado para consumo *in natura*, as frutas são classificadas pelo seu tamanho, aparência e estado de maturação.

As exportações brasileiras de goiaba são insignificantes, devendo-se isso a diversos fatores, entre os quais: o pouco conhecimento do produtor por parte dos consumidores nos mercados externos, a fragilidade do produto na fase pós-colheita, falta de tradição do Brasil como exportador de frutas e o fato de o preço final de venda no mercado externo ser elevado. Originária da América Tropical, a goiabeira adapta-se a diferentes condições climáticas e de solo, fornecendo frutos que são aproveitados deste a forma artesanal até a industrial. É cultivada no Brasil e em outros países sul americanos, bem como nas Antilhas e nas partes mais quentes dos Estados Unidos, como a Flórida e a Califórnia. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais juntamente com a Índia, Paquistão, México, Egito e Venezuela. Irrigando a lavoura e fazendo podas programadas é possível colher durante todo o ano, permitindo ao produtor a comercialização dos frutos no período de entressafra. Efetuando-se o devido controle de pragas e doenças, é possível obter 800 frutos por planta adulta, com produtividade superior a 40 toneladas por hectare. A goiaba é um alimento de grande valor nutritivo. Apesar de ser nativa de região tropical, a goiabeira vegeta e produz bem, desde ao nível do mar até à altitude de 1.700 m, sendo, por essa razão, amplamente difundida em várias regiões do país. A temperatura ideal para a vegetação e produção situa-se entre 25 e 30°, sendo muito exigente ao fotoperíodo. A temperatura não só limita, mas determina a época de produção da goiabeira. As goiabeiras sofrem danos em regiões sujeitas a geadas e ventos fortes. A quantidade de chuvas por ano não deve ser inferior a 600mm, sendo que o intervalo ideal é de 1000 a 1600mm anuais, com boa distribuição ao longo do ano.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação, por microaspersão em relação às vazões dos microgotejadores, na cultura da Goiaba de variedades: paloma, rica e 1AC, e verifica a uniformidade de distribuição de água, e compara os resultados com o da literatura.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido na estação experimental da UC CENTEC Cariri, localizada na cidade de Barbalha - CE, tendo latitude Sul 7° 18" , longitude 39° 8", oeste e altitude de 408m, situada na bacia do salgado, na zona fisiografica do cariri oeste, do estado do Ceará. As avaliações foram realizadas numa área de pesquisa da estação experimental, que utilizam o sistema de irrigação por microaspersão. Encontra-se implantada a cultura da goiaba de três variedades com espaçamento entre linhas de 4,5 x 5,5m entre plantas, contando com um emissor por planta. O sistema de irrigação constava de 14 linhas laterais com 13 emissores





autocompensantes. A avaliação do sistema de irrigação foi baseada na teoria de MERRIM e KELLER (1978) e, de acordo com a qual, foram determinadas vazões de 16 emissores de uma subunidade representativa da área. Desse modo foram selecionadas as primeiras linhas laterais, situadas a 1/3 da linha, e a 2/3 e a última. Do mesmo modo, em cada lateral foram selecionados quatro emissores com o mesmo critério de seleção. As vazões foram medidas utilizando o cronômetro e três provetas de 1L, coletando o volume liberado pelo aspersor no espaço de tempo de 5 minutos. Foram realizadas duas repetições para uma maior confiabilidade dos dados, empregando-se a média aritmética para cálculo dos coeficientes. De posse dos dados, foram calculados o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade (CU) seguindo a metodologia proposta por MERRIM e KELLER (1978). A eficiência de aplicação (EA) e o coeficiente de variação (v) foram obtidos de acordo com a indicação de GOMES (1997). O primeiro foi calculado pelo produto entre coeficiente de uniformidade de transmissividade (Tr). O Tr varia de acordo com o clima, a profundidade do sistema radicular e a textura do solo. O valor utilizado no cálculo foi de 95% seguindo a proposta de TELLER e KARMELI (1974). O coeficiente de variação foi obtido a partir da razão entre o desvio amostras e a vazão média dos emissores.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O valor dos coeficientes calculados encontra-se disposto na tabela 1. A partir dos resultados obtidos constata-se para valores de CUC de 63,32%, de acordo com a classificação de MANTOVANI (2002), os sistemas funcionaram sob REGULAR condições de uniformidade. SANTOS et al (2005) obtiveram resultados quase semelhantes observando valores de 70,99% para microaspersão. Outros autores encontraram valores mais expressivos de uniformidade. PEIXOTO et al (2005) trabalhando com coqueiro anão irrigado por microaspersão, encontraram valores de CUC superiores a 93%. MOREIRA et al (2005) alcançaram valores de 89,3% a 96,8% em pomares de banana irrigados por microaspersão. SILVA e SILVA (2003) obtiveram valores superiores a 95%, avaliando as características hidráulicas de um microdifusor autocompensante BARRETO FILHO et al (2000) encontraram valores de CU da ordem de 89% a 94% em um sistema de irrigação por microaspersão. SILVA e SILVA (2003) observaram uma variação entre 88,99% e 93,44% desse coeficiente. FAVETTA e BOTRE (2001), encontraram CU entre 90,94% e 92,47%, trabalhando com dois modelos de microaspersor. Verifica-se portanto, que os valores de CU foram inferiores ao CUC. Isso ocorre devido ao tratamento mais rigoroso do CU a problemas de distribuição, que ocorre ao longo da linha lateral, LOPEZ et al (1992 citados por REIS et al, 2005). O manual 36 da FAO recomenda uma faixa entre 90% a

95% para a eficiência de aplicação (EA). Esse projeto estudado encontra-se em funcionamento deficiente. CONCEIÇÃO (2004) salienta que dentre os fatores que afetaram o sistema de microaspersão estão uniformidade das vazões, a evaporação, deriva da água durante a aplicação e a percolação abaixo da região radiculada da cultura. A frequência de irrigação pode, também, afetar a eficiência de aplicação devido as perdas por evaporação, sendo que quanto mais frequente for a irrigação, maior será o percentual a ser perdido por evaporação do solo. Com relação aos coeficientes de variação (v) 6,7% de acordo com a classificação apresentada por PEREIRA et al(2005) se enquadram numa situação de uniformidade de baixo rendimento. Estudando o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalando ao nível de campo, BARRETO FILHO et al (2000) encontraram V entre 8 e 11%. Com o objetivo de se obter as características hidráulicas do microaspersor, NASCIMENTO et al (1999) encontraram um valor igual a 17%. Salienta que para os coeficientes de fabricação do emissor. De modo geral podem ser observados uns valores fora do padrão de coeficientes de uniformidade. Contudo, é de suma importância a implementação de ações que venha melhorar o desempenho dos sistemas de irrigação. MOREIRA et al (2005) recomenda dentre as possíveis atividades que podem ser desenvolvidas destacam-se a intensificação das limpezas dos emissores, tubulações e dos cabeçais de controle, com o uso de produtos como o hipoclorito ou ácido fosfórico, manutenção geral dos emissores e linhas laterais e substituição dos emissores como um todo ou em parte. Vale lembrar que novas avaliações dos sistemas são imprescindíveis para verificar a eficiência das ações corretivas implantadas.

TABELA 1: coeficientes resultantes da avaliação dos sistemas de irrigação por microaspersão.

Coeficientes	Unidade	Valores
qa	L h <sup>-1</sup>	31,25
qn	L h <sup>-1</sup>	8,6
cuc	%	63,22
cu	%	11,09
v	%	46,70
Ea	%	10,55

## CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados apresentados verifica-se que as condições de uniformidade dos sistemas de irrigação avaliadas podem ser classificadas como de baixo rendimento. Entretanto, o sistema de irrigação empregado possui capacidade para maior eficiência do uso da água. Desse modo faz-se necessário a realização de ações que visem à melhoria do desempenho do sistema para isso, é de suma importância a elaboração de um plano de manutenção além de novas avaliações dos sistemas de irrigação.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATO, 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. 309-314. 2000.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 6 ed. Viçosa; UFV. Imprensa Universitária, 2002. 656p.
- CONCEIÇÃO, M.A.F. Irrigação de Fruteiras por Microaspersão. Brasília; Página 3 Embrapa/SPI, 2004, 20p. (EMBRAPA-CNPUV. Circular Técnica, 9)
- MANTOVANI, E. C. AVALIA – Manual do Usuário. Viçosa: DEA/UFV – P&D/café/EMBRAPA, 2002, 100p.
- 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, Campina Grande, v.3, n.1, p.30-33. 1999.
- PEIXOTO. J.F.S.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.C.C. Uniformidade de distribuição de fertirrigação no distrito de irrigação Platô e Neopolis. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Vol. 5, n.2, Campina Grande 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

## **DIAGNÓSTICO DA PRECISÃO E EXATIDÃO NAS ANÁLISES DE FERTILIDADE NO LABORATÓRIO DE SOLOS, ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO E TECIDOS VEGETAIS DA FACULDADE DE TECNOLOGIA CENTEC DE LIMOEIRO DO NORTE, CEARÁ, BRASIL**

**FONSECA, J. F. G. DA<sup>1</sup>; NESS, R. L. L.<sup>2</sup> & MATOS, J. D. P.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Pós-Graduando em Gestão Administrativa, Versátil consultoria, Russas-CE.

<sup>2</sup>Dr. Sc. Agronomia, UFC, Juazeiro do Norte.

<sup>3</sup>Graduanda em Tecnologia de Alimentos, FATEC Limoeiro do Norte, 34113041, Trav. Aníbal, 539 – Centro Russas – CE. Cep 62900000

**RESUMO:** O seguinte Trabalho diagnosticou os índices de precisão e exatidão nas análises de fertilidade de solo realizadas no Laboratório de solos, água para fins de irrigação e tecidos vegetais da Faculdade de Tecnologia CENTEC de Limoeiro do Norte. Foram realizadas 08 (oito) determinações (pH, Ca, Mg, Al, Na, K, C e Matéria Orgânica) tendo para cada uma 60 repetições. Os dados foram analisados estatisticamente, tomando como referência um índice de dispersão adimensional, o Coeficiente de Variação (CV%), buscando assim a estimativa de um valor próximo ao que se poderia considerar verdadeiro ou correto (exatidão), bem como da concordância dos valores de todas as análises com esse valor verdadeiro (precisão). Com isso foi possível estabelecer um padrão para a amostra de solo analisada, podendo-se tomá-la como uma amostra controle, já que se determinou também um intervalo de resultados considerados ideais, ou seja uma Faixa Ideal, como também uma Faixa de Precaução e uma Faixa de Rejeição, podendo-se com isso identificar análises com possíveis erros, sejam eles humanos ou mesmo na calibração inadequada e limitações de equipamentos do Laboratório.

**Palavras chaves:** Estatística, variáveis, amostragem

## **DIAGNOSIS OF THE PRECISION AND EXACTNESS IN THE ANALYSES OF FERTILITY IN THE LABORATORY OF SOIL, WATER FOR IRRIGATION ENDS AND VEGETAL FABRICS OF THE COLLEGE OF TECHNOLOGY CENTEC OF LIMOEIRO DO NORTE, CEARÁ, BRAZIL**

**ABSTRACT:** The following Work diagnosed the indices of precision and exactness in the analyses of carried through ground fertility in the Laboratory of Soil, water for Irrigation ends and vegetal fabrics of the College of Technology CENTEC of Limoeiro do Norte - Brazil. 08 determination had been carried



through (pH, Ca, Mg, Al, Na, K, e C e Material Organically) having for each one 60 repetitions. The data had been analyzed statistic, taking as an index of adimensional dispersion, the Coefficient of Variation referential (CV%), thus searching the estimate of a value next what if it could consider true or correct (exactness), as well as to the agreement of the values of all the analyzes with this true value (precision). With this she was possible to establish a standard for the soil sample analyzed, being able itself to take it as a sample has controlled, since an interval of considered results was also determined ideal, that is a Band Ideal, as well as a Band of Precaution and a Band of Rejection, being able itself with this to identify analyses with possible errors, they human or same in the inadequate calibration and equipment limitations of the Laboratory are.

**Key-words:** Statistics, variable, sampling

## INTRODUÇÃO

O solo é um material quimicamente e fisicamente heterogêneo, portanto está sujeito a variações maiores em seus resultados do que outros materiais mais homogêneos. Portanto no processo de análise laboratorial, deve-se levar em consideração, como em qualquer outro método analítico, dois conceitos que na priori parecem se tratar da mesma coisa mas que diferem-se significativamente, Exatidão e Precisão. A Exatidão de uma análise está relacionada com a proximidade da medida determinada no processo analítico em relação ao valor verdadeiro ou correto, enquanto a Precisão está relacionada a reprodutibilidade deste valor, ou seja, o fato das análises atingirem sempre valores concordantes entre si.

Segundo Bacchan et al (1985) existem dois tipos de erros analíticos que podem prejudicar a Precisão e a Exatidão de uma análise laboratorial. São eles: Erros determinados ou sistemáticos – conhecidos e com valores definidos, sendo possível corrigi-los, e Erros Indeterminados – que ocorrem aleatoriamente, não possuem valores definidos e só podem ser considerados através de processos estatísticos.

Segundo Estefanel, 1987, a variação dos dados experimentais pode ser expressa por três medidas de dispersão: o erro-padrão da média, a variância ( $s^2$ ) ou desvio-padrão (s), e o coeficiente de variação (CV%).

Já para determinar um controle de qualidade em laboratórios de solos no Brasil, ao longo dos anos, o método mais utilizado tem sido o uso de amostras controle. Trata-se de uma amostra de solo, com resultados bem conhecidos que diariamente é analisada entre as demais amostras de rotina no laboratório. Quando esta amostra apresenta resultados discrepantes, deve-se observar se não houve erros de análise. Com ela é possível identificar tanto Erros Indeterminados como Erros Determinados.

Atualmente, existem no Brasil, programas de controle de qualidade interlaboratoriais divididos por região geográfica e métodos de análise.

O Laboratório de solos, água para fins de irrigação e tecidos vegetais da Faculdade de Tecnologia CENTEC de Limoeiro do Norte está associado ao Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade - PAQLF, coordenado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS da EMBRAPA. Deste programa fazem parte, atualmente, mais de 80 laboratórios que utilizam a metodologia EMBRAPA de análise de solos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O seguinte trabalho foi realizado no período compreendido entre março e julho de 2006, onde efetuou-se determinações de pH, Ca, Mg, Al, Na, K, C e Matéria Orgânica em uma amostra de solo proveniente de uma trincheira localizada na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – UEPE, localizada na Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte, Ceará, pertencente ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC. A seguinte amostra foi analisada no Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecidos Vegetais da Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC, pertencente também ao supracitado Instituto. A Metodologia utilizada nas determinações foi a da EMBRAPA de análises de solos.

O trabalho dividiu-se em três etapas. A primeira baseava-se no preparo de sub-amostras. A segunda nas determinações em laboratório e a terceira nos cálculos estatísticos, bem como na interpretação dos resultados.

Ao chegar ao laboratório, a amostra, cerca de 60kg, foi secada e posteriormente destorroada, por último o solo foi peneirado em malha de 2mm. Após este processo se obteve a TFSA (Terra fina seca ao ar) no qual foi dividida em 60 sub-amostra de 0.500 kg cada. O restante do solo foi reservado para possíveis re-testes ou contraprovas.

As determinações obedeciam a seguinte sequência: Extração, Determinação, cálculos e emissão de laudo.

Na extração, que simula o efeito das raízes das planta, utilizou-se as soluções extratoras de Mehlich (Mehlich1, Duplo Ácido, ou Carolina do Norte), obtida pela diluição de ácido sulfúrico e ácido clorídrico, para determinar Na, K e P, isso porque o  $H^+$  dos ácidos extraem tais elementos contidos na CTC; e a solução extratora de KCl (Cloreto de potássio) a 1M que desloca os íons de Ca, Mg e Al adsorvidos á CTC tomando seus lugares.

No caso do Carbono Orgânico e pH não é efetuada a extração. No primeiro utilizou-se a digestão úmida com dicromato de potássio e no segundo utilizou-se pH em água a 1:2,5.

Uma vez feitas as determinações os resultados foram repassados para planilhas onde se foi feito os cálculos de ajuste e posterior obtenção dos laudos com resultados expressos em  $mg\ dm^{-3}$ ,  $mmol\ dcm^{-3}$ , PST.



Para as análises estatísticas definiu-se alguns conceitos de estatística elementar para se chegar aos resultados almejados.

A média das determinações dão idéia de conjunto, porém não permitem avaliar a dispersão, ou a precisão das determinações. Para se avaliar a dispersão utilizou-se o desvio padrão. Através da determinação da média e do desvio padrão se foi possível chegar a estimativa do valor verdadeiro (exatidão) e da reprodutibilidade (precisão).

Para a determinação da amostra padrão, foi-se necessário o cálculo do coeficiente de variação (CV%) que é obtido pela razão entre o desvio padrão e a média. O coeficiente de variação, definido como o desvio-padrão em porcentagem da média, é a medida estatística mais utilizada pelos pesquisadores na avaliação da precisão dos experimentos. Isso foi necessário para que se obtivesse uma padronização de resultados, caso o coeficiente de variação ultrapassasse 20%, os resultados discrepantes eram descartados e novas análise efetuadas até que se alcançasse a faixa estabelecida como ideal.

Os resultados próximos da média eram classificados dentro da faixa ideal, obedecendo-se as relações descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dentro das faixas ideal, de precaução e de rejeição. Onde m = média e s = desvio padrão

Faixas	Intervalos
Ideal	$m+1s / m / m-1$
Precaução	$m+2s/m+1s$ ou $m-2s/m-1s$
Faixa de rejeição	$> m+2s$ ou $< m-2s$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de média e desvio padrão das análises realizadas, como se pode verificar na Tabela 2, mostraram variações menores nas determinações de pH do que nas demais. Isso devido ao método analítico que utiliza aparelhagem, no caso do pH, ser mais preciso do que aqueles que utiliza titulação, pois independem do analista. Com isso, diminui-se consideravelmente os riscos de erros de prejulgamento, onde o analista após a primeira determinação força os resultados das demais afim de se obter valores concordantes.

Outro aspecto importante a ser levado em consideração é que mesmo nas determinações que utilizam titulação, os valores de desvio padrão e coeficiente de variação apresentaram variações maiores ou menores dependendo do elemento, como é o caso do Na e K, que atingiram coeficientes de variação maiores que 20% . Isso reflete uma maior dificuldade dos analistas, na determinação de Na e K, para determinar o momento exato, na titulação, em que o indicador muda a cor da solução.

No caso do Al, pelo fato do solo analisado não apresentar tal elemento, apresentou valores 0,0 (zero) em todas as repetições.

Em relação ao estabelecimento da amostra padrão, para que se chegasse a valores próximos da média, foram descartados os valores dentro da faixa de rejeição, e com isso a diminuição do coeficiente de variação, conforme pode-se verificar na Tabela 3.

A tabela 4 mostra os valores encontrados para serem tomados como referência na amostra controle que poderá ser utilizada internamente no laboratório para medir seu grau de qualidade nas análises de fertilidade.

Tabela 2. Resultados obtidos através dos cálculos da média, desvio padrão e coeficiente de variação da amostra analisada.

Determinação	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação %
pH	7,3	0,099	1,35
Ca	7,6	0,64	8,44
Mg	17,8	4,52	25,4
Al	0,0	0,0	0,0
Na	7,0	2,03	29,2
K	14,5	4,61	31,8
C	8,4	0,52	6,16
Matéria Orgânica	14,5	0,891	6,14

Tabela 3. Diminuição do coeficiente de variação após o descarte de valores da faixa de rejeição.

Dados	pH	Ca	Mg	Al	Na	K	C	M.O
Completo	1,35	8,44	25,4	0,0	29,2	31,8	6,16	6,14
Fora da faixa de rejeição	1,35	7,72	14,1	0,0	19,8	26,0	5,27	5,131

Tabela 4. Valores de referência da amostra controle.

Determinações	Valores ideais da amostra padrão
Ph	$7,201 > 7,3 < 7,399$
Ca	$6,96 > 7,6 < 8,24$
Mg	$13,28 > 17,8 < 20,32$
Al	0,0
Na	$4,97 > 7,0 < 9,83$
K	$9,89 > 14,5 < 19,11$
C	$7,88 > 8,4 < 8,92$
M.O	$13,609 > 14,5 < 15,391$





## CONCLUSÕES

1. O coeficiente de variação demonstrou que as determinações de Mg, Na e K estão mais susceptíveis a erros indeterminados por prejulgamento.
2. Os resultados obtidos revelaram a precisão nas análises de pH.
3. Tomando-se como referencia os valores obtidos para a amostra controle, é possível se estabelecer um programa interno de controle de qualidade do laboratório.

## REFERÊNCIAS

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1987b. 467p.

PIMENTEL-GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.12, p.1507-1512, 1984.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

GALETI, Paulo Anestar. **Guia do Técnico Agropecuário: “solos”**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983. 142p.

ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. **Anais...** Londrina: Univ. Estadual de Londrina / Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1987. p.115-131.



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 DO PERÍMETRO IRRIGADO TABULEIROS LITORÂNEOS DO PIAUÍ

FERREIRA, J. R.<sup>1</sup>; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Bolsista CNPq / PIBIC.  
agrojuci@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Engº Agr., D.Sc., Professor Adjunto UESPI / Campus Parnaíba. figueredojunior@yahoo.com.br

**RESUMO:** O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, situado em Parnaíba, PI, de forma a contribuir para o manejo adequado da água utilizada neste perímetro irrigado. De acordo com os padrões da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), foram analisadas características físico-químicas que definem a qualidade da água para irrigação. As coletas foram realizadas no período de outubro/2005 a julho/2007, em cinco pontos que abrangem desde o canal de aproximação do Rio Parnaíba, até os lotes situados no final da área de produção. Os resultados indicam que os valores obtidos atendem aos padrões exigidos pelas normas vigentes para utilização em irrigação, sem causar diminuição na produtividade das culturas.

**Palavras chave:** manejo da água; concentração de sais, irrigação.

## QUALITY OF THE WATER ON THE IRRIGATED PERIMETER COASTAL BOARDS OF PIAUI STATE

**ABSTRACT:** The present work has for objective to evaluate the quality of the water of the District of Irrigation Coastal Boards of Piauí – DITALPI, form to contribute for the appropriate handling of the water used in this irrigated perimeter. In agreement with the standards of the Organization of the United Nations for the Feeding and the Agriculture (FAO), they were analyzed characteristics physical-chemistries that define the quality of the water for irrigation. The collections had been carried through in the period of outubro/2005 until julho/2007, in five points that it enclose since the conduit of approach of River Parnaíba, until the situated lots in the end of the production area. The obtained results indicate that the found values assist to the patterns demanded by the effective norms for use in irrigation, without causing decrease in the productivity of the crops.

**Keywords:** handling of the water; concentration of salts; irrigation.



## INTRODUÇÃO

A qualidade da água é um fator de suma importância quando se destina a irrigação. Diversos agentes físicos, químicos e biológicos podem influenciar negativamente na qualidade da água, podendo causar prejuízos às culturas irrigadas e aos empreendimentos agrícolas. Em áreas irrigadas, portanto, necessita-se do monitoramento de forma contínua da água utilizada, pois sua qualidade pode variar significativamente ao longo do tempo e segundo a distribuição espacial, sendo influenciada principalmente pelo tipo e quantidade de sais dissolvidos. Estes se encontram em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução e intemperização das rochas e solos, além de serem transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam na medida em que a água se evapora ou é consumida pelas culturas (Reichardt & Timm, 2003). O monitoramento da qualidade da água destinada à irrigação, normalmente é feito com a finalidade de identificar e corrigir possíveis problemas de salinidade, toxidez, poluição, etc., devendo ser considerado como parte de um programa (macro) de utilização racional dos recursos hídricos na região (Ayers & Westcot, 1999). A qualidade da água utilizada nos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, contudo, não é monitorada continuamente, havendo uma carência na aplicação de métodos científicos destinados à eficiência de avaliação e manejo das águas superficiais, tanto para fins de consumo humano, quanto para irrigação. A partir da importância econômica, social e científica de trabalhos de monitoramento da água, o presente trabalho visa contribuir com informações para que sejam aplicadas medidas preventivas ou minimizadoras, acerca de possíveis impactos ambientais e gerenciamento integrado dos recursos hídricos na região, bem como, suporte para a orientação de políticas mais gerais na conservação do solo e da água. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água do Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí, de forma a contribuir para o manejo adequado da água neste perímetro irrigado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A qualidade das águas superficiais do Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI (2°55' latitude Sul, 41°50' longitude Oeste, 40 m de altitude), proveniente do Rio Parnaíba, foi monitorada com base nas análises realizadas em amostras de água coletadas diretamente no canal de irrigação, com frequência bimestral, totalizando 08 (oito) coletas no período de outubro de 2005 à julho de 2007, em 05 (cinco) pontos estratégicos identificados na área de estudo (Tabela 1). As análises dos diversos padrões de qualidade da água foram realizadas nos laboratórios da EMBRAPA MEIO NORTE, conforme procedimento descrito por

Machado et al. (1998), Silva & Hermes (1999) e Moraes (2001), referente aos parâmetros para fins de irrigação, sendo observadas as características que determinam a qualidade das águas em relação à cultura, manejo e efeitos no solo (pH, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio – RAS,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , carbonatos e bicarbonatos), em função das classes de uso estabelecidas pela resolução do CONAMA nº 357/05, segundo padrões para irrigação.

Tabela 1. Identificação dos pontos de coleta selecionados para análise.

Pontos de coleta	Nº. de amostras /coleta	Identificação dos pontos de coleta
EBP*	01	01 – antes da captação
EBV** 04	01	02 – junto a EBV
EBV 05	01	03 – junto a EBV
EBV 08	01	04 – junto a EBV
EBV 08	01	05 – LP 08 – Lote 65

\*Estação de Bombeamento Volumétrica

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos até o momento referentes às características físicas-químicas da água utilizada no DITALPI permitem classificá-la como de boa qualidade para irrigação, com risco desprezível de salinização do solo a curto e médio prazo (Tabela 2). O pH da água de irrigação apresentou valores dentro dos limites normais, indicando não haver necessidade de se investigar problemas afins. De acordo com as diretrizes propostas por AYERS & WESTCOT (1999) para interpretação da qualidade da água empregada na irrigação, obteve-se resultados considerados normais para irrigação em todos os parâmetros analisados, sem apresentar grau de restrição para uso.

Tabela 2. Resumo das análises físico-químicas realizadas na água de irrigação do DITALPI no período de outubro/2005 a julho/2007.

Parâmetros	pH	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{--}$	$\text{Cl}^-$	C. E.	RAS
	( $\text{H}_2\text{O}$ )	meq.L <sup>-1</sup>							dS m <sup>-1</sup>	
VN*	6,0 a 8,5	≤ 20,0	≤ 5,0	≤ 40,0	≤ 2,0	≤ 10,0	≤ 0,1	≤ 30,0	≤ 3,0	≤ 15,0
Média	6,87	0,66	0,42	0,54	0,04	0,79	0,00	0,05	0,10	0,70
Desvio padrão	0,473	0,186	0,134	0,267	0,006	0,109	0,000	0,016	0,052	0,285

\*Valores normais em irrigação



A classificação proposta pelo U.S. Salinity Laboratory STAFF, bastante difundida na literatura (BERNARDO et al., 2006), baseia-se na condutividade elétrica (CE) e na Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Com base nesta classificação, os resultados indicam que a água deste perímetro irrigado apresenta baixo perigo de salinização (C1) e baixo perigo de sodificação (S1) do solo, podendo ser usada na maioria das culturas.

Conforme relato de diversos produtores do DITALPI, os maiores problemas relacionados à qualidade da água são de ordem física, ocasionando entupimentos nos emissores dos sistemas de irrigação, devido à deposição de sedimentos e presença de sólidos em suspensão na água do canal. Para contornar esse problema, em maio de 2006 a administração do DITALPI realizou a limpeza do canal de irrigação, retirando impurezas e sedimentos depositados em toda sua extensão, o que reduziu consideravelmente os frequentes entupimentos dos emissores.

Analizando-se o conteúdo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (Figuras 1 e 2, respectivamente) durante o período de estudo, observa-se uma tendência de aumento dos valores de ambos os parâmetros até o mês de maio/07, havendo a partir de então, diminuição do valor de  $\text{Na}^+$  e estabilização do valor  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Contudo, o aumento na quantidade desses sais na água não foi suficiente para ultrapassar a classe C1S1, mantendo-se com baixo perigo de salinização e de sodificação do solo, de acordo com a classificação proposta pelo laboratório U.S. Salinity Laboratory STAFF – U.S.D.A. A razão de adsorção de sódio (RAS) apresentou variação semelhante à de  $\text{Na}^+$ , em virtude do conteúdo deste íon ter maior peso no cálculo da RAS (Figura 3). Ressalta-se a importância da continuidade do monitoramento da qualidade da água neste perímetro irrigado, como forma de subsidiar a tomada de decisão com relação ao manejo da água e do solo em médio e longo prazo.

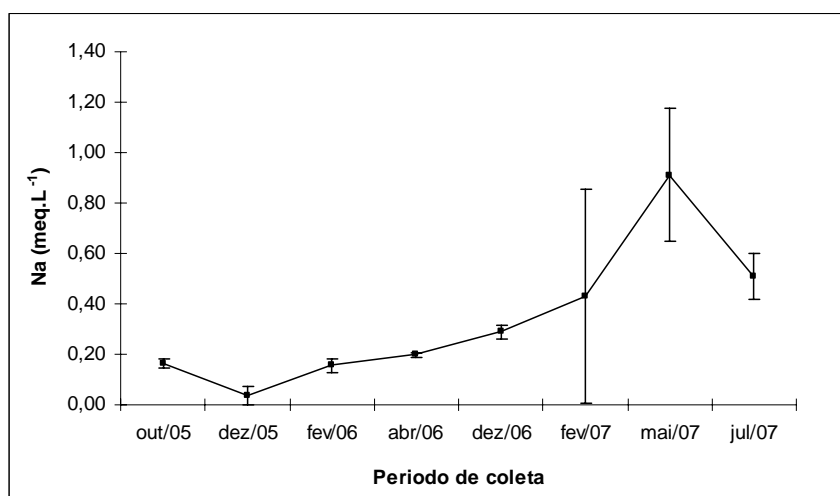


Figura 1. Variação no conteúdo de  $\text{Na}^+$  na água do DITALPI, no período de outubro/05 a julho/2007.

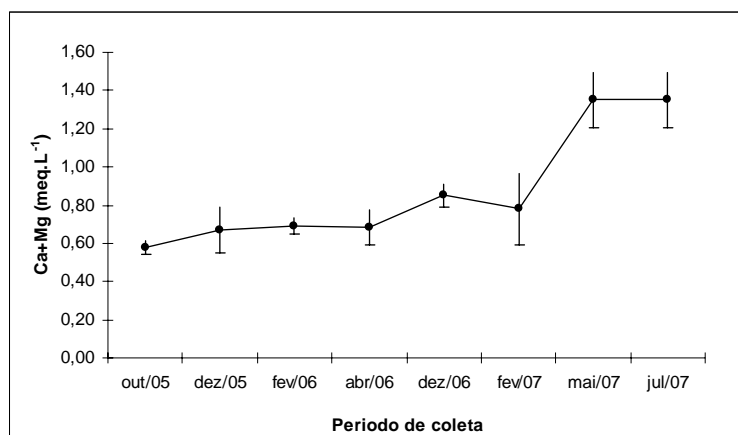


Figura 2. Variação no conteúdo de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  na água do DITALPI, no período de outubro/05 a julho/2007.

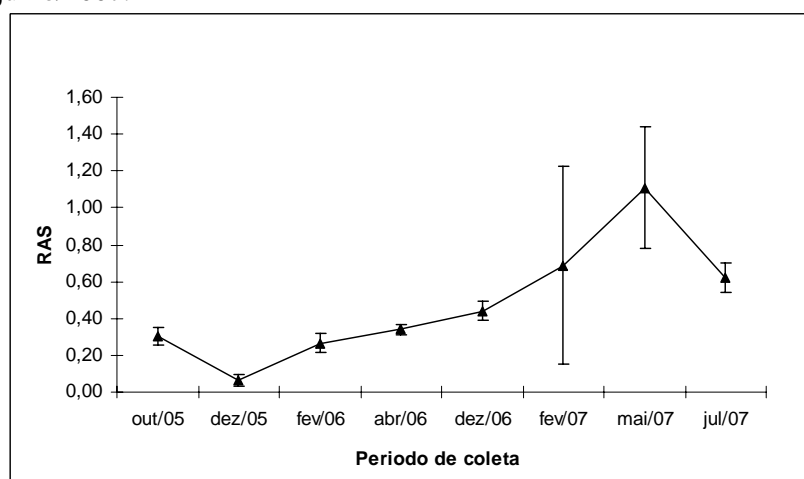


Figura 3. Variação da razão de adsorção de sódio (RAS) na água do DITALPI, no período de outubro/05 a julho/2007.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que a água utilizada nos Tabuleiros Litorâneos do Piauí apresenta valores considerados normais para irrigação, com baixo perigo de salinização e de sodificação do solo, podendo ser utilizada na maioria das culturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BERNARDO, S. MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 611p.



MACHADO, P.L.O. de; FABRICIO, A.C.; PRIMAVESI, A.C. et al. **Água**. In: NOGUEIRA, A.R.A.; MACHADO, P.L.O.A.; SANTANA do CARMO, C.A.F. et al., ed. Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: EMBRAPA-CCPSE, 1998. p.24-31.

MORAES, A. J. **Manual para a avaliação da qualidade da água**. São Carlos: Rima, 2001. 44p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2003. 500p.

SILVA, A.S.; HERMES, L.C. **Avaliação da Qualidade das Águas**: manual prático. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 55p.



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 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA IMPLANTADOS EM CAPINEIRAS

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.<sup>1</sup>; SANTOS, J. DE A.<sup>2</sup>;  
PIRES, J. B.<sup>3</sup> & SANTOS, F. J. DE S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engº Agr., D.Sc., Professor Adjunto da Universidade Estadual do Piauí - UESPI / *Campus* de Parnaíba. [figueredojunior@yahoo.com.br](mailto:figueredojunior@yahoo.com.br);

<sup>2</sup>Estudante de graduação em Agronomia – UESPI.

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo da Cooperativa Delta; <sup>4</sup>Engº Agr., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Meio Norte.

**RESUMO:** O presente trabalho teve por objetivo avaliar a uniformidade de distribuição da água em sistemas de irrigação por aspersão em malha, sob diferentes pressões de serviço. Os experimentos foram realizados em três propriedades rurais do município de Parnaíba, PI, no período de 07 a 20 de junho de 2007. Utilizou-se um esquema fatorial 3 x 2, onde testou-se três valores de pressão de funcionamento do aspersor (1,0 kgf.cm<sup>-2</sup>, 1,75 kgf.cm<sup>-2</sup> e 2,5 kgf.cm<sup>-2</sup>) e a presença ou ausência de válvula, dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. Os resultados obtidos indicam que os valores de CUC, CUD e vazão registraram tendência de aumento nos valores à medida que se elevou a pressão de serviço, segundo modelo linear.

**Palavras chave:** Eficiência de irrigação; aspersão em malha.

## EVALUATION OF SYSTEMS OF IRRIGATION FOR ASPERSION IN MESH IMPLANTED IN CAPINEIRAS

**ABSTRACT:** The present work has for objective to evaluate the uniformity of distribution of the water in systems of irrigation for aspersion in mesh, under different pressures of service. The experiments had been carried through in three country properties of the city of Parnaíba, PI, in the period of 07 the 20 of June of 2007. An factorial project 3 x 2 was used, where it tested three values of pressure of functioning (1,0 kgf.cm<sup>-2</sup>, 1,75 kgf.cm<sup>-2</sup> and 2,5 kgf.cm<sup>-2</sup>) and the presence or absence of valve, made use in experimental delineation of blocks casualizados with three repetitions. The gotten results indicate that the values of CUC, CUD and outflow had registered trend of increase in the values to the measure that if raised the service pressure, according to linear model.

**Key-words:** Efficiency of irrigation; aspersion in mesh





## INTRODUÇÃO

A irrigação pode ser uma alternativa para aumentar o rendimento das culturas, pois se sabe que no cultivo tradicional de sequeiro geralmente o rendimento é baixo (Paz et al, 2002). Além disso, a prática de irrigação possibilita produzir durante todo o ano, podendo-se planejar a quantidade de volumoso obtida em função da área disponível na propriedade. Deve-se, entretanto, considerar a importância da disponibilidade de água e os custos da implantação e operacionalização do sistema de irrigação, sendo ideal que este apresente uma boa eficiência e custos reduzidos.

Um sistema que está sendo bastante utilizado na produção de pastos é o sistema de irrigação por aspersão em malha, que se insere no contexto da nova agricultura irrigada por tratar-se de um sistema simples e de alta eficiência. Caracteriza-se por funcionar com baixa pressão, exigirem diâmetros reduzidos, menor potência de conjunto moto-bomba e consequentemente custo mais baixo de implantação e manutenção (Drumond & Aguiar, 2005).

A aplicação da água por sistemas de irrigação não é perfeitamente uniforme. Muitos fatores podem interferir no nível de uniformidade de distribuição da água, como espaçamento entre aspersores, velocidade e direção do vento, pressão de operação dos aspersores, velocidade e uniformidade de rotação, entre outros (Azevedo et al., 2000). Para que se garanta o manejo da água com a máxima eficácia, o desempenho dos sistemas de irrigação deve ser avaliado periodicamente para correção de eventuais falhas, podendo-se com isso economizar água, mão-de-obra, energia e gerar um aumento no rendimento das culturas (Moura, 2005).

Um dos parâmetros utilizados na avaliação é a uniformidade de distribuição da água, a qual pode ser representada pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), pelo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), entre outros. Segundo Resende et al. (1998), o CUC expressa a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo em relação à lâmina média aplicada, por meio de medidas de dispersão expressas na forma adimensional, enquanto o CUD é uma medida frequentemente utilizada como indicador dos problemas de distribuição da irrigação. Um baixo valor de CUD indica perda excessiva de água por percolação profunda, se a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária. Os valores de CUD são, geralmente, menores que os valores de CUC. A baixa eficiência de aplicação da irrigação por aspersão está relacionada com a não-uniformidade de distribuição de água e com as perdas de água por evaporação e arrastamento pelo vento.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a uniformidade de distribuição da água em sistemas de irrigação por aspersão em malha, sob diferentes pressões de serviço, instalados em áreas destinadas à produção de capineiras.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em três propriedades destinadas a criação de bovinocultura leiteira, localizadas na zona rural do município de Parnaíba – PI. Os ensaios aconteceram no período de 07 a 20 do mês de junho de 2007, em áreas destinadas a produção de pastagens. O clima da região é Aw' tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica média anual de aproximadamente 1000 mm (Bastos et al, 2000).

O sistema avaliado foi o de irrigação por aspersão em malha, com linhas principais, de derivação e laterais fixas e enterradas, com mudanças apenas dos aspersores, instalados a uma altura de 1,50 m em relação à superfície do solo. O aspersor utilizado foi o Pingo giro completo 360° da marca Fabrimar, com diâmetro de bocais 2,6 x 2,4 mm, vazão nominal de 0,70 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, espaçamento 12,0 m x 12,0 m e intensidade de aplicação de 4,9 mm.h<sup>-1</sup>. O sistema foi avaliado sob três diferentes pressões: 1,0 kgf.cm<sup>-2</sup>, 1,75 kgf.cm<sup>-2</sup> e 2,5 kgf.cm<sup>-2</sup>, sendo que as duas maiores pressões também foram avaliadas com a utilização de válvulas reguladoras de pressão da marca Fabrimar, com pressão de regulação de 2,1 kgf.cm<sup>-2</sup>. Em todos os projetos as linhas são compostas com tubos PVC PN 60, sendo os diâmetros da linha principal e linhas laterais de 50 mm e 25 mm, respectivamente.

A área entre os aspersores foi subdividida em quadrículas de três metros de lado; no centro de cada quadrícula foi colocado um coletor a uma altura de 0,5 m da superfície do solo, para receber parte da água aplicada durante os testes, que tiveram duração de 40 minutos. No início dos testes foram medidas a pressão de serviço e a vazão dos aspersores, e no final determinou-se o volume coletado em cada pluviômetro, utilizando-se proveta graduada a cada 0,5 mm. As determinações foram realizadas com três repetições para cada pressão escolhida.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, %), considerado por muitos autores como o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, foi calculado através da seguinte equação:

$$CUC = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n * \bar{x}} \right] * 100$$

em que:  $x_i$  = precipitação obtida no coletor de ordem i (mL);  $\bar{x}$  = precipitação média dos coletores (mL);  $n$  = número de amostras coletadas.



Outro parâmetro utilizado para avaliar o sistema foi o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD, %), muito utilizado por relacionar as menores lâminas aplicadas no quartil da área total, calculado pela equação seguinte:

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} * 100$$

em que:  $L_q$  = média dos 25 % menores valores de lâminas coletadas na avaliação;  $L_m$  = lâmina média de todas as observações.

Utilizou-se um esquema fatorial 3 x 2, onde testou-se três valores de pressão de funcionamento do aspersor e a presença ou ausência de válvula, dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão polinomial utilizando-se o programa SAS (*Statistic Analysis Sistem*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de uniformidade (CUC e CUD) e a vazão média para as diferentes pressões de funcionamento, com e sem a presença da válvula reguladora de pressão são apresentados na Tabela 1. Para a mesma pressão de funcionamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem presença de válvula. A análise estatística indicou o modelo linear como adequado aos parâmetros avaliados para o intervalo de pressão de 1 a 2,5 kgf.cm<sup>-2</sup>, sendo os coeficientes obtidos apresentados na Tabela 2.

Em sistemas de irrigação por aspersão, o valor mínimo do CUC adotado como referência na literatura é 80%. Todavia, valores inferiores podem ser admitidos se a precipitação pluvial tem um valor significativo durante a estação de cultivo, ou se a diminuição dos custos do sistema com a redução da uniformidade compensar a diminuição da receita devido à redução na

Tabela 1. Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e vazão média (Qmédia) para as diferentes pressões de funcionamento (PS).

PS (kgf.cm <sup>-2</sup> )	CUC (%)	CUD (%)	Qmédia (L.h <sup>-1</sup> )
1,0 (S/V*)	67,79	54,924	556,08
1,75 (S/V)	71,32	59,218	652,05
2,5(S/V)	72,00	61,274	728,70
1,75(C/V**)	70,15	61,281	625,80
2,5(C/V)	73,664	63,928	703,50

\*S/V: sem válvula; \*\*C/V: com válvula.

Tabela 2. Coeficientes do modelo linear ( $Y = a.X + b$ ) determinados na análise estatística. A variável independente “X” corresponde à pressão de funcionamento do aspersor.

Coeficiente	CUC (%)	CUD (%)	Qmédia (L.h <sup>-1</sup> )
a	2,52167	3,84167	80,01000
b	65,41167	51,57444	477,01500
R <sup>2</sup>	0,5180	0,2956	0,6317

produção da cultura (AZEVEDO et al., 2000). Portanto, os resultados obtidos indicam que os sistemas testados podem apresentar falhas de operação ou estão sendo afetados pelas condições climáticas, devendo ser testadas alternativas para melhoria da uniformidade nesses sistemas.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), por ser calculado com base nos menores valores, torna-se mais sensível a valores extremos. No presente trabalho registrou-se tendência de aumento nos valores de CUD à medida que se elevou a pressão de serviço (Tabela 1).

A vazão média apresentou correlação positiva com a pressão de serviço, sendo que os tratamentos de 2,5 kgf.cm<sup>-2</sup> (com e sem válvula) resultaram em valores próximos ao indicado pelo fabricante para esta pressão (700 L.h<sup>-1</sup>).

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que os valores de CUC, CUD e vazão registraram tendência de aumento nos valores à medida que se elevou a pressão de serviço, segundo modelo linear;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. **Influência de Fatores Climáticos e Operacionais sobre a Uniformidade de Distribuição de Água, em um Sistema de Irrigação por Aspersão de Alta Pressão**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2. 2000.
- BASTOS, E. A.; NUNES, B. H.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Dados Agrometeorológicos para o Município de Parnaíba, PI**. Teresina: EMBRAPA, 2000. 27p. (Documento, 46).
- DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. de P. A. **Irrigação de Pastagem**. Uberaba: L. C. D. Drumond. 2005. 210p.
- MOURA, E. N. de. **Avaliação de Desempenho de Sistemas Pressurizados em Fruticultura**. Curitiba: Revista acadêmica: ciências agrárias e ambientais, v.3, n.1, 2005. p.67-74.



PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. FOLEGATTI, M. V. **Otimização do Uso da Água em Sistemas de Irrigação por Aspersão.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, 2002. p.404-408.

RESENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. de. **Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3. 1998. p.257-261.



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

## **IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO – BUBBLER PARA OS PRODUTORES DO POLÍGONO DAS SECAS NO NORDESTE BRASILEIRO**

**SOUZA, I. H. DE<sup>1</sup>; CARVALHO, F. W. A. DE<sup>1</sup>; SOUZA, A. O. G. DE<sup>2</sup>;  
TORRES, F. R. G.<sup>2</sup>; SILVA, T. O. DA<sup>2</sup> & BARBOSA, M. A. G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professores da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – CE. Rodovia Iguatu – Várzea Alegre, km 05, Campus II – Vila Cajazeiras. Cep. 63500-000. Tel. (088) 35820987. wagrotec@hotmail.com

<sup>2</sup>Estudantes do Curso Tecnológico de Irrigação e Drenagem da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – CE. Iguatu – Ceará.

**RESUMO:** O presente trabalho busca obter parâmetros de funcionamento hidráulico do sistema de irrigação “bubbler” sob condições de clima semi-árido e utilização do cajueiro anão (*Anacardium occidentale*) conduzido sob diferentes tensões da água no solo. Os resultados apresentaram – se bastante satisfatórios com uma redução nos custos de implantação de até 300% em relação aos sistemas tradicionais de irrigação.

### **INTRODUÇÃO:**

O Sistema Bubbler desenvolvido para regiões semi-áridas, onde a escassez de água é predominante, está sendo utilizado na região do Arizona, USA e no Egito com sucesso em pomares de citrus, uva, pêssigo e árvores para quebra-vento e arborização. Tem funcionado como substituto da irrigação por sulcos, economizando água, evitando erosão e menor trabalho no manejo. Um ponto importante é que, mesmo sendo um sistema por gravidade, aplica água de forma localizada sob a copa das plantas em microbacias (REYNOLDS, 1993). Ante a escassez de água no semi-árido, faz-se necessária a associação entre o avanço de tecnologia dos sistemas que resultem numa utilização melhor dos recursos naturais de tais áreas. Estudos são necessários para que se possa determinar a quantidade de água a ser aplicada em uma cultura, para que esta produza satisfatoriamente com o menor consumo de água e energia possíveis.

### **MATERIAL E MÉTODOS:**

O procedimento metodológico empregado na condução desta pesquisa se baseou no uso do aplicativo Bubbler (versão 1.1), para dimensionar o sistema de irrigação; na avaliação do



sistema instalado no campo para irrigar o cajueiro anão precoce; no monitoramento da umidade do solo e das variáveis de crescimento do cajueiro. Na condução da pesquisa foram utilizadas mudas de cajueiro anão precoce, CCP

76, produzidas pelo Centro Nacional de Pesquisa Agroindustrial Tropical, integrante da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPAT).

O experimento foi instalado numa área útil de 256 m<sup>2</sup> (16 x 16 m) com a implantação do sistema de irrigação por gravidade bubbler, e estabelecimento do pomar. O referido sistema fornecia água à cultura através de mangueiras emissoras, com vazão nominal média de 64,65 L.h<sup>-1</sup>. Os valores das tensões aplicadas por tratamento, foram:

T<sub>0</sub> – A lâmina de irrigação aplicada era aquela requerida para elevar a tensão da água do solo para 10kPa (correspondente à capacidade de campo); T<sub>1</sub>– A lâmina de irrigação aplicada era aquela requerida para elevar a tensão da água do solo para 20kPa; T<sub>3</sub>– A lâmina de irrigação aplicada era aquela requerida para elevar a tensão da água do solo para 30kPa; T<sub>4</sub>– A lâmina de irrigação aplicada era aquela requerida para elevar a tensão da água do solo para 100kPa; As equações das curvas de retenção da água no solo foram obtidas com o modelo de van Genuchten (1980), dado por:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\Psi_m |\alpha|)^n\right]^m},$$

onde:  $\theta$  – umidade a base de volume, m<sup>3</sup> . m<sup>-3</sup>;  $\theta_r$  - umidade residual, m<sup>3</sup> . m<sup>-3</sup>,  $\theta_s$  - umidade de saturação, m<sup>3</sup> . m<sup>-3</sup>;  $\Psi_m$  - potencial matricial da água no solo, kg;  $\alpha, m, n$  - parâmetros empíricos do modelo matemático.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O clone do cajueiro anão precoce, CCP 76 apresentou alto grau de tolerância ao estresse hídrico, na fase estudada; b) A irrigação com tratamento T3, tensão de 100kPa, representou economia de água da ordem de 250%, em relação ao tratamento To (testemunha); c) Os custos variam de R\$ 104,30 a R\$ 840,22 por área irrigada (de 0,25 a 1,0 ha respectivamente), de acordo com o aumento dos diâmetros e comprimento das tubulações; d) Constata-se redução nos custos em 300% em relação aos sistemas convencionais de micro-irrigação; e) O sistema testado apresentou desempenho excelente, com um coeficiente de uniformidade (CUD) 95,6% e CUC 96,64%, sendo a eficiência de aplicação (EA) de 86,98%; f) A simplicidade de instalação e manejo, aliada a elevada eficiência de irrigação do sistema bubbler podem permitir sua adoção por parte do pequeno produtor.

## CONCLUSÃO:

Os dados sugerem que o sistema de irrigação bubbler apresenta-se como boa opção a ser implantada junto aos pequenos produtores rurais que não dispõem de recursos financeiros

suficientes para usufruir de um sistema convencional de irrigação, uma vez que o mesmo apresenta baixo custo inicial, além de não requerer consumo de energia elétrica ou combustível, pelo fato de funcionar com energia hidráulica baixa, além de apresentar uma alta eficiência de uniformidade de aplicação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ – Departamento de Física e Meteorologia, 1993. 505 p.
- REYNOLDS, C.A. **Design and evaluation of bubbler irrigation systems**. 1993. 134 f. Thesis (Master Irrigation Engineering) – University of Arizona, Arizona.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1989. 657 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

## DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NOS ASSENTAMENTOS DO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE-CE

ARAÚJO, I.C.S.<sup>1</sup>; BARBOSA, F.E.L.<sup>1</sup>; SANTOS, F.S.S.<sup>2</sup>;  
CHAVES, L.C.G.<sup>3</sup>; CHAVES, A. F.<sup>4</sup>; SILVA, F.L.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista FUNCAP, Estudante do Curso de RH/Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC, Rua Estevam Remígio, 1145, CEP: 62930-000, Limoeiro do Norte, CE. (88) 3423 6915. e-mail: isabelcsa@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Tecnólogo em RH/Irrigação. Prof. MSc. da Faculdade de Tecnologia Centec – Limoeiro do Norte, CE.

<sup>3</sup>Tecnólogo em RH/Irrigação. MSc. Bolsista FUNCAP, FUNCEME, Fortaleza, Ceará.

**RESUMO:** O trabalho consistiu em diagnosticar a qualidade da água em cinco assentamentos localizados no município de Tabuleiro do Norte - CE, destinados à caracterização agronômica das águas para uso em irrigação. As amostras foram coletadas mensalmente no período de abril/2004 a julho/2004, condicionando a análise dos seguintes parâmetros:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , pH e Condutividade Elétrica (CE). As análises foram realizadas no Laboratório de Solos, Água para fins de irrigação e Tecido Vegetal da Faculdade de Tecnologia CENTEC - Limoeiro do Norte. Com base nestas análises foi calculada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), para juntamente com a Condutividade Elétrica (CE) obter-se a classificação da água para cada localidade. Dos resultados obtidos conclui-se as águas analisadas apresentaram boa qualidade, podendo ser utilizadas para fins de irrigação, devendo-se destacar o assentamento Donato, quanto a necessidade de um monitoramento constante, não apenas da água, como do solo e da cultura a ser implantada, tendo em vista a tendência do aumento da concentração de alguns íons que podem no futuro tornar a água dessa localidade em fonte potencial de salinização e/ou sodificação do solo.

**Palavras-chave:** qualidade de água, salinidade e sodicidade, toxicidade de íons.

## DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NOS ASSENTAMENTOS DO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE-CE

**ABSTRACT:** The main goal of the work was to evaluate the water quality in five settlement projects in Tabuleiro do Norte, Ceará, Brazil, identifying the agronomic characterization of the water used to irrigation. Samples were taken from April/2004 to July/2004. In this work were considered the following attributes:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , pH, Electrical Conductivity (EC) and Sodium Adsorption Ratio (SAR). Attributes were analyzed in Laboratório de Solos, Água para fins de irrigação e Tecido Vegetal da Faculdade de Tecnologia CENTEC - Limoeiro do Norte, Ceará, Brazil. Sodium

Adsorption Ratio (SAR) and Electrical Conductivity (EC) were applied to classify the water in each settlement projects studied. Results showed that analyzed water can be classified like good quality to irrigation. In settlement projects Donato its necessary monitoring water quality, monitoring soil and monitoring crop to diagnostic ions increasing in long time and prevent salts and sodium in soil.

**Key works:** water quality, salinity and alkaline, ionic toxicity.

## INTRODUÇÃO

O sucesso da agricultura irrigada depende tanto da qualidade quanto da quantidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização (Krause e Rodrigues, 1998). Esta situação, todavia, está assumindo uma configuração diferente em muitos lugares.

Pode-se definir a qualidade da água por suas características físicas, químicas ou biológicas, sendo que as águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos, considerados importantes na determinação da qualidade agrônômica das mesmas, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons.

Para Rhoades et al. (1992), a qualidade da água pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, que são encontrados em quantidades pequenas, porém, muitas vezes significativas, tendo sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo, acumulando à medida que a água evapora ou é consumida pelas culturas, fazendo com que a sua qualidade seja um dos mais importantes fatores responsáveis, e dos menos remediáveis. Além disso, deve-se analisar como a água oriunda da irrigação afetará a permeabilidade e o potencial da salinização do solo. Assim, deve-se ponderar sobre dois outros aspectos: o incremento do teor de elementos tóxicos no solo e o comprometimento dos sistemas de irrigação em termos operacionais, especialmente quando se trata de gotejamento e microaspersão (localizada). Nesse sentido, a produção pode ser afetada tanto em termos quantitativos, como qualitativos, podendo ainda inviabilizar a atividade agrícola em determinados locais e situações.

Face ao exposto, é de suma importância o conhecimento das características da águas disponíveis às comunidades com a finalidade de se efetuar recomendações técnicas fundamentadas e precisas acerca dos sistemas produtivos, contribuindo, desse modo, para promoção social e econômica das comunidades rurais.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo diagnosticar a qualidade da água, sob os aspectos de salinidade, sodicidade e toxidade de íons, em cinco assentamentos no município de Tabuleiro do Norte, Ceará.



## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em cinco assentamentos do município de Tabuleiro do Norte, situado no Estado do Ceará. O município possui uma área total de 832,7 km<sup>2</sup>, altitude em torno de 40 m acima do nível do mar, latitude 5° 14' 28'' S e longitude 38° 07' 50'' W. O clima nessa região apresenta temperatura média que variam de 24 °C a 36 °C, a precipitação pluvial oscila em torno de 800 mm anuais (IPLANCE, 2007).

Foram realizadas quatro coletas de amostras de água, durante o período de 09 de Abril a 21 de julho de 2004, condicionando assim, a análise dos seguintes parâmetros: cloreto, sódio, cálcio e magnésio, potássio, pH, condutividade elétrica (CE), sulfato, carbonato e bicarbonato. Com base nestas análises foi calculado a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), que juntamente com a condutividade elétrica (CE) obteve-se a classificação da água de cada localidade.

As coletas foram realizadas nos poços de maior potencial de uso para a irrigação nos respectivos assentamentos. As amostras foram analisadas no Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecido Vegetal da Faculdade de Tecnologia CENTEC-Limoeiro do Norte.

Os parâmetros potássio, sódio, cloreto, CE e pH foram determinados seguindo a metodologia proposta por Apha (1995). Para os demais, foram adotadas a metodologia da EMBRAPA (1979).

Os parâmetros utilizados na avaliação da salinidade foram o pH e a CE. Quanto ao risco de sodificação do solo pelo uso da água de irrigação, utilizou-se o índice de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), obtido através da Equação de Richards (1954).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nas análises de água dos poços situados nos cinco assentamentos do município de Tabuleiro do Norte bem como sua respectiva classificação (Tabela 01), mostraram-se adequados, não havendo restrição da utilização da água para a maioria das culturas nos assentamentos avaliados.

Tabela 01: Valores médios dos parâmetros de qualidade de água dos poços situados nos assentamentos rurais no município de Tabuleiro do Norte, Ceará, 2007.

Assentamento	Parâmetros										
	Cl <sup>-</sup>	Na	Ca	Mg	K	pH	Carbonatos	Bicarbonatos	RAS	CE	Classificação
	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>					–	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>		–	dS m <sup>-1</sup>	–
Barra do Feijão	5,53	2,57	3,65	1,13	0,27	6,8	0,0	1,77	1,66	0,39	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
Donato	13,05	5,98	8,00	2,61	1,04	6,2	0,0	0,14	2,70	0,97	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>
Lagoa Grande	0,68	0,32	0,25	0,20	0,12	6,7	0,0	0,30	0,68	0,06	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Nova Floresta	0,79	0,51	0,15	0,23	0,16	6,0	0,0	0,17	1,18	0,06	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Groelândia	3,19	1,11	1,15	0,87	0,37	6,4	0,0	0,37	1,10	0,20	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>

Os valores médios obtidos dos parâmetros avaliados dos cinco assentamentos foram inferior ao valor máximo estabelecido na literatura consultada (Tabela 02). Porém quando se observa esses valores de uma forma individual para cada assentamento, pode-se perceber que, para alguns parâmetros em dois assentamentos, estão situados acima do recomendado para o uso na irrigação.

Entre os parâmetros analisados na água para fins de irrigação deve-se destacar C.E., o pH e a RAS. A CE juntamente com a RAS, classifica a água quanto ao risco de salinidade e/ou sodicidade. Os valores elevados de condutividade elétrica proporcionam grau de restrição para o uso da água, tanto para as plantas quanto ao solo, (Ayres e Westcot, 1991). Os valores médios encontrados de condutividade elétrica na água estão na faixa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , superando o padrão de qualidade para água utilizada na irrigação.

Porém no assentamento de Donato, apesar do valor desse atributo não ser superior ao recomendado nessa prática agrícola, deve-se está atento ao seu aumento, tendo em vista que há uma tendência de aumento dos teores de cálcio, magnésio e sódio para essa localidade. Nesta situação, é recomendado cuidados na seleção da cultura a ser irrigada e um monitoramento nas propriedades físico-químicas do solo, através de análises periódicas, bem como alternativas de manejo para evitar danos as plantas pelo excesso de sais.

Quanto a RAS, o valor médio de 1,5 não indica nenhum risco de sodicidade ao solo que vem ser irrigado pelas águas avaliadas nos cinco assentamentos. Para utilização desta água na agricultura, segundo Ayres e Westcot (1991) os valores médios do pH estiveram dentro dos padrões de água para irrigação ( $6,4 < \text{pH} < 8,5$ ), na maioria dos assentamentos, tendo como média geral de 6,4 para esse atributo.

Em relação aos assentamentos de Donato e Nova Floresta, onde o pH foi de 6,2 e 6,0 respectivamente, percebe-se que esta água poderá causar problemas de corrosão no sistema de irrigação, devendo-se ter cuidados, principalmente quanto a manutenção do sistema.

Quanto aos cátions e os ânions analisados podemos observar (Tabela 01) que de forma geral podem ser considerados normais para uso na irrigação. O cloro e o sódio são tidos como íons tóxicos para a grande maioria das culturas as plantas se encontrados acima de 30. e 40  $\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$ , respectivamente Neja et al (1978). Contudo, em relação ao sódio, o maior risco

Tabela 02: Comparação dos valores médios dos parâmetros encontrados com a média geral dos poços situados nos assentamentos rurais no município de Tabuleiro do Norte, Ceará, 2007, Fonte: FAO, 1973.

	$\text{Cl}^-$	Na	Ca	Mg	K	pH	Carbonatos	Bicarbonatos	RAS	CE
	$\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$					–	$\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$		–	$\text{dS m}^{-1}$
Média Geral	4,65	2,01	2,64	52,69	0,39	6,42	0,0	0,55	1,46	0,34
Valor limite	0 a 30	0 a 40	0 a 20	0 a 5	0 a 2	6,4 a 8,5	0 a 0,1	0 a 10	0 a 15	0 a 3



causado pelo elemento se dá, quando este se encontra em maior proporção do que outros íons, sobretudo cálcio e magnésio acarretando problemas de infiltração no solo. No caso particular da irrigação por aspersão associada à alta evaporação o cloro pode causar queima nas folhas das plantas, quando encontrado acima do recomendado. Os valores de cloreto para os cinco assentamentos foram em média de  $4,6 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ , não implicando em restrição alguma na utilização destas águas para irrigação na maioria das culturas. Para o sódio, os valores encontrados nas amostras avaliadas foi da ordem de  $2,1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ , valor esse situado-se dentro da normalidade em água para irrigação.

Em relação aos resultados médios obtidos para cálcio, magnésio e potássio das amostras avaliadas, observa-se que ficaram em torno de  $2,6 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ,  $1,01 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e  $0,4 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  respectivamente, encontrando-se na faixa aceitável de utilização para fins de irrigação. O cálcio pode ser precipitado na forma de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), o qual leva ao aumento da proporção de sódio em relação á esse íon, caracterizando um aumento da RAS nos solos e conseqüente diminuição da infiltração. O magnésio (Mg), assim como cálcio pode vir a formar precipitado (quando reagir com o bicarbonato) causando entupimentos nas tubulações dos sistemas de irrigação. Já presença do potássio na água de irrigação implica em fonte do elemento para as culturas, contudo, é importante ressaltar que o excesso na absorção desse nutriente pela planta, pode ocasionar deficiência na absorção de elementos como cálcio e magnésio.

No que diz respeito aos parâmetros analisados, os teores de carbonatos e bicarbonatos, também se destacam por favorecer na formação de precipitados, comprometendo os sistemas de irrigação causando entupimentos. Vale ressaltar que, para solos com altos teores de cálcio a precipitação também pode ocorrer, quando houver presença de bicarbonatos nas águas de irrigação, pois reduz a concentração de cálcio e magnésio no solo e, conseqüentemente aumenta a proporção de sódio, podendo provocar problemas de infiltração da água no solo, promovendo a potencialização da RAS. No presente estudo, a probabilidade da ocorrência dos processos descritos anteriormente, é praticamente nula tendo em vista que, a média obtida dos teores de bicarbonatos foi de  $0,49 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  com ausência total de carbonatos em todas as águas analisadas, não havendo restrição de uso quando se analisa os teores de carbonatos e bicarbonatos para os cinco assentamentos.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que as águas analisadas podem ser utilizadas para fins de irrigação, uma vez que estas se encontram dentro dos padrões recomendados.

Contudo, o acompanhamento dos parâmetros indicadores da qualidade da água se faz necessário para promoção da sustentabilidade da atividade agrícola em todos os assentamentos.

Vale ressaltar que o Assentamento Donato merece destaque quanto à necessidade de um monitoramento constante, não apenas da água, mas também do solo e da cultura a ser implantada, dada a tendência do aumento da concentração de alguns íons que podem no futuro tornar a água em fonte potencial de salinização e/ou sodificação do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 19<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association, USA. 1995.

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).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo. **Manual e métodos de análise de conservação de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979.

INSTITUTO DE PESQUISA E INFORMAÇÃO DO CEARÁ, Perfil Básico Municipal: Tabuleiro do Norte. Disponível em: <  
[http://www.ipece.ce.gov.br/Arquivos/3/1/2000/PBM\\_Tabuleiro%20do%20Norte.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/Arquivos/3/1/2000/PBM_Tabuleiro%20do%20Norte.pdf) > Acesso em: 24 de julho de 2007.

KRAUSE, G.; RODRIGUES, A. F. **Recursos hídricos do Brasil**. MMA – SRH. Brasília, 1998. 33p.

NEJA, R. A., AYERS, R. S., KASIMATIS, A. N. **Salinity appraisal of and water for successful production of grapes**. Berkeley, University of California, 1978.

RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. *Soil Sci.*, n. 113, p. 277-84, 1972.

RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, U. S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture handbook, 60)



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

## ARTIGO TÉCNICO

### REÚSO DE ÁGUA COM A MACRÓFITA AQUÁTICA (*Eichornia crassipes*)

KOCH, J. <sup>1</sup>; LIMA, E. S. S. <sup>2</sup>; CAVALCANTE, M. R. A. <sup>2</sup>;  
SILVA, J. R. M. <sup>3</sup> & CAVALCANTE, A. R. S. <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professora, Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral, Av. Dr. Guarani, 317, Sobral, CE. Fone (88) 36111033. e-mail: jeanetekochdias@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Pesquisadora, Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral, Sobral, CE.

<sup>3</sup>Graduando, Curso Tecnologia do Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC, Sobral, CE.

**RESUMO:** Em função do aumento das atividades agrícolas, industriais, e urbanas, associadas à falta de disciplina nos usos dos recursos hídricos e ao aumento contínuo pela demanda por água, o reúso de água torna-se cada vez mais importante nos nossos tempos. A unidade experimental recebeu água do Espelho D'água do Rio Acaraú, Sobral/CE, assim como as coleta de macrófitas *Eichornia crassipes*. Durante o período de monitoramento observou-se absorção acentuada dos nutrientes: nitrato, nitrito, ortofosfato e fósforo. Este fato se deve a grande eficiência da macrófita *eichornia crassipes* na assimilação de nutrientes (nitrogênio e fósforo). Utilizando-se a Resolução CONAMA 357/2005, observou-se inicialmente o não enquadramento da água como classe 2. A utilização da macrófita *Eichornia crassipes* contribui para o enquadramento desta água na referida Resolução, com exceção do oxigênio, devido ao próprio clima e das condições do experimento.

**Palavras Chave:** reúso, nutrientes

## INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos vêm sendo amplamente degradados, em todo o mundo, devido às inúmeras atividades humanas que se desenvolvem com grande intensidade em torno das bacias hidrográficas, sendo a qualidade e a quantidade da água disponível é constantemente alterada.

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, ou seja, 13,8% do deflúvio médio mundial. O conhecimento das variações de tempo, espaço das chuvas, descargas dos rios, de fatores ambientais, sócio-culturais, condições de uso e conservação dos seus recursos naturais permitem planejar, evitar ou atenuar os efeitos do excesso ou da falta de água (Tundisi, 2005).

Os cursos d'água do estado do Ceará são alimentados diretamente pelas águas pluviais e não dispõem de qualquer ação de fontes perenes. A concentração de chuvas num curto período impõe a característica de intermitência a todos os rios que correm no território estadual.

Neste contexto, o estudo das macrófitas aquáticas torna-se importante componente estrutural e do metabólico dos ecossistemas aquáticos, pois nesses ambientes, cerca de 95% da biomassa total concentra-se nessas plantas, e macrófitas como a *Eichornia crassipes* apresenta um desempenho atraente na remoção de nutrientes dos esgotos domésticos.

Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da macrófita *Eichornia crassipes* na redução de nutrientes da água e sua posterior liberação na coluna d'água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado nas proximidades do bloco de Saneamento ambiental e as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Água do Departamento de saneamento Ambiental da Faculdade Tecnológica CENTEC, unidade Sobral. A unidade experimental foi um tanque circular de PVC, com volume de 2000L. Para desenvolver a pesquisa foi captada água no espelho d'água do rio Acaraú (margem esquerda) pertence à bacia hidrográfica do Acaraú e fica localizado no município de Sobral, posicionado entre as pontes Jose Euclides Ferreira Gomes e Othon de Alencar e conduzido por um carro pipa cedido pela Prefeitura Municipal De Sobral. A Tabela 01 apresenta as variáveis analisadas nas amostradas de água do tanque durante o período de estudo.

Tabela 01 – Variáveis físicas e químicas analisadas nas amostradas do tanque.

Parâmetros	Método	Fonte
Temperatura	Filamento de Mercúrio	APHA, 1995-
OD (mg.l <sup>-1</sup> )	Winkler Modificação Azida	APHA, 1995
pH	Potenciométrico	APHA, 1995-
Amônia (mg.l <sup>-1</sup> )	Nesslerização Direta	APHA, 1995
Nitrito (µg.l <sup>-1</sup> )	Reação de Griess por Bendschneider e Robinson (1952) e descrito por Aminot e Chasseupied (1983)	APHA, 1995
Nitrato (mg.l <sup>-1</sup> )	Salicilato de Sódio	APHA, 1995
Fósforo Total (mg.l <sup>-1</sup> )	Espectrofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA, 1995
Ortofosfato (µg l <sup>-1</sup> )	Espectrofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA, 1995
Clorofila a, b, c e Feofitina "a" (µg.l <sup>-1</sup> )	Extração a Frio com Acetona 90%	Lorezen, 1974





As plantas aquáticas de espécie de *Eichornia crassipes* foram coletadas no espelho d'água, em estágio intermediário de desenvolvimento, e foram transportadas para o tanque no mesmo dia de coleta. As plantas foram lavadas e pesadas e dispostas no tanque. A pesquisa foi dividida em duas etapas, onde na primeira fase chamou-se ME (Mês Experimental) e a segunda fase MD (Mês Depois). Na primeira fase foi acompanhado o grau de remoção de nutrientes e ganho de biomassa pela *Eichornia crassipes* através de análises físico-químicas realizadas durante os meses de fevereiro e março no período matutino com frequência semanal. Na segunda fase, após um mês (abril) foi realizada uma última bateria de análises para ver o tempo em água atingia as condições iniciais.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de temperatura se mantiveram altos (próximos de 30°C), fato esse já esperado em se tratando de ambientes de clima tropical semi-árido e também em função das condições do experimento (cobertura de macrófitas na superfície e volume limitado de água). As concentrações de oxigênio dissolvido médio encontrado foi de 3,68 mg L<sup>-1</sup>, com mínimo de 3,42 mg L<sup>-1</sup> e maior 5,01 mg L<sup>-1</sup> no mês posterior à retirada as macrófitas.

Os valores máximos e mínimos de oxigênio dissolvido no tanque foram influenciados principalmente pela cobertura de macrófitas que inibem a crescimento dos organismos clorofilados (algas) responsáveis pela oxigenação da água.

As maiorias dos lagos tropicais possuem pH entre (6 e 8). Durante o período de pesquisa os valores de pH se mantiveram com tendência a neutro, com valor mínimo de 6,95 e maior valor de 7,73. Os valores de pH apresentaram pouca variação, provavelmente associados aos íons responsáveis pela alcalinidade da água. A Resolução CONAMA 357/05, estabelece valor máximo entre 6 e 9 para águas de classe 2, de maneira que os valores obtidos estão dentro do permitido.

Os valores das formas de nitrogênio (amônia, nitrito e nitrato) de modo geral se apresentaram baixos, sendo que valores de amônia não foram detectados e que os valores de nitrito e nitrato sofreram redução pelas aguapés ou conversões a formas oxidadas.

A maior absorção de amônio pelas macrófitas ocorre por esta ser a forma de nitrogênio, energeticamente mais viável para o metabolismo celular, não necessidade de sua transformação para ser incorporado na biomassa como ocorre com o nitrato, que precisa ser reduzido até amônia (Esteves, 1998). Os valores de nitrito apresentaram uma redução de 99,95% ao longo do período experimental.

A concentração de fósforo total inicial foi de 0,11 mg L<sup>-1</sup> e final não detectado, mostrando a redução deste parâmetro pelas macrófitas aquáticas. Após a retirada das plantas aquáticas do tanque a concentração de fósforo total presente na amostra foi de 0,46 mg L<sup>-1</sup>, de modo que este valor pode esta associada às quantidades de fósforo no sedimento. Durante o período de pesquisa o ortofosfato solúvel apresentou um valor inicial de 20 µg/L e não foi mais detectado ao longo da pesquisa.

As concentrações de clorofila<sub>a</sub> encontrados observadas inicialmente foi de 3,1 µg/L e final não detectada. Dessa maneira observou-se uma redução dessa variável durante o período

em que o tanque apresentava a cobertura vegetal, fator que limitava a atividade fotossintética. Um mês depois após a retirada dos aguapés obteve-se um valor de  $9,62 \mu\text{g L}^{-1}$ , evidenciando a grande influência da macrófitas na produtividade primária do meio.

A quantidade de massa fresca colocada no inicialmente no tanque foi de 6,045 kg. A primeira retirada foi de 1,115 kg que ocorreu logo após duas (2) semanas. A *Eichornia crassipes* é uma macrófitas com grande habilidade de adaptação, alto potencial de propagação e crescimento vegetativo que apresenta desenvolvimento intenso no verão (Lima *et al*, 2003). Em regiões tropicais onde a temperatura não é um fator limitante, as macrófitas aquáticas em especial a *Eichornia crassipes* são capazes de produzir grandes quantidades em biomassa em curto espaço de tempo. O valor de massa fresca da retirada total dos aguapés foi de 12,71 kg, mostrando um aumento de aproximadamente 100% em biomassa no período de (25) dias. Sua facilidade de retirada dos lagos e as amplas possibilidades de aproveitamento de biomassa colhida facilitam o monitoramento e manejo do aguapé para que este dê continuidade ao seu papel de agente purificador.

## CONCLUSÕES

Durante o período de monitoramento observou-se absorção acentuada dos nutrientes: nitrito, nitrato, ortofosfato e fósforo. Este fato se deve a grande eficiência da macrófita *eichornia crassipes* na assimilação de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

Utilizando a Resolução CONAMA 357/05, a água inicialmente não se enquadrava dentro do permitido para águas de classe 2. A utilização da macrófita *Eichornia crassipes* contribui para o enquadramento desta água para classe 2, com exceção do oxigênio, devido à temperatura e condições do experimento.

A macrófita *Eichornia crassipes* apresentou um aumento de produção primária de aproximadamente 100% no período de 25 dias. Diante da rápida adaptação, incorporação de biomassa e potencial de redução de nutrientes, o uso do aguapé se torna uma alternativa eficiente, econômica e viável, com amplas possibilidades para tratamento de água para reúso.

A fácil retirada das macrófitas em excesso, dá subsídios para um programa de controle e monitoramento associado à estratégia de manejo, além disso, o continuo ciclo de vida da macrófitas em ambientes tropicais demonstra a necessidade do controle dos aguapés em excesso a fim de evitar que sua decomposição contribua ainda mais coma elevação de nutrientes na água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.P.H.A. **Standard Methods for the Examiniatio of Water and Waste-water**. 20 ed. Washington: A.P.H.A., A.W.W.A. and W.E.F., 1998.
- BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e



padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 01 dez. 2005.

LIMA, M.R.; et al. Crescimento e Absorção de Alguns Elementos Químicos em Aguapé, Alfaca D'água e Lentilha D'água, no Período de Inverno em Pinhais-PR. In: SEMINARIO DO PROJETO INTERDISCIPLINAR SOBRE EUTROFIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO ALTÍSSIMO IGUAÇU, CURITIBA-PR, 2003.

TUNDISI, J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos, 2003.



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

## ARTIGO TÉCNICO

### AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS, FLORIANÓPOLIS, SC

KOCH, J.<sup>1</sup>; MATIAS, W. G.,<sup>2</sup> PINTO, C. R. S. C.<sup>3</sup> & CAVALCANTE, M.R.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professora Doutora do Curso de Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral, Av. Dr. Guarani, 317, Sobral, CE. Fone (88) 36111033. e-mail: jeanetekochdias@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Prof. Doutor, Depto de Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, SC.

<sup>3</sup>Profa. Doutora, Depto de Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, SC.

<sup>4</sup>Pesquisadora, Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral, Sobral, CE.

**RESUMO:** As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na Ilha de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição é um sistema conspícuo, além do interesse ecológico é um patrimônio paisagístico e econômico. Com o objetivo de avaliar-se o estado trófico da Lagoa da Conceição foram coletadas amostras em dez estações, assim distribuídas na coluna d'água: superfície, meio e fundo. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas. Observou-se um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos. Tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do corpo lagunar. Mas, pode-se afirmar que o input dos estressores está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

**Palavras chave:** eutrofização, nutrientes

## INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na América do Sul, cerca de 12.2% da extensão da costa se apresenta sob forma lagunar, o que representa 10.3% da extensão mundial ocupada por lagoas costeiras (Cromwel, 1971).

Na ilha de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição representa além do interesse ecológico, um patrimônio paisagístico e econômico, bem como um expoente da identidade histórico cultural do povo catarinense. Com relação à interferência ambiental ocasionada pela ocupação humana na lagoa, tanto da faixa junto à orla do sistema lacustre, quanto da restinga, têm sido



observados problemas pela falta de ordenamento, infra-estrutura e critérios que orientem uma utilização adequada, levando em conta a fragilidade do ecossistema existente e a necessidade de se proteger e conservar as condições ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Lagoa da Conceição, doravante denominada, Lagoa da Conceição localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas de 27°34'S e 48°27'W. Possui uma área aproximada de 20 km<sup>2</sup>, que se estende por 13,5 km em sentido norte sul, com largura variável entre 0,15 e 2,5 km e volume d'água de aproximadamente 50.000.000 m<sup>3</sup> (Muehe & Caruso Gomes Jr., 1989; Knoppers *et al.*, 1984).

Este trabalho foi efetuado por 24 meses, a partir de fevereiro/2004. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas. Foram analisadas amostras da água, coletadas em 10 (dez) pontos distintos, assim distribuídos na coluna d'água: superfície, meio e fundo. As amostras de água foram obtidas do corpo lacustre com o auxílio de uma embarcação do tipo baleeira e amostrador de garrafa do tipo Van Dorn em três níveis, superfície, meio e fundo, sendo as amostras homogeneizadas, acondicionadas em recipientes de polietileno previamente lavados e resfriados em caixa térmica até o laboratório.

### Variáveis e Métodos

A temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos em campo através de oxímetro digital DM-04 Digimed, porém a confirmação dos valores de oxigênio dissolvido foi efetuada através da coleta de água em frascos de DBO e utilização do método Winkler Modificação Azida (APHA, 1998). Os nutrientes e biomassa fitoplanctônica foram analisados segundo metodologia apropriada. Para averiguar-se a diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as regiões e as áreas amostrais na lagoa da Conceição, foi aplicado uma Análise de correlação através do uso dos pacotes estatísticos Statística 6.0 e Spadn 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do método de ligação simples (Simple Linkage), que determinou a similaridade entre os elementos com características mais parecidas entre si, observou-se uma grande correlação negativa entre temperatura e pH e salinidade e clorofila, detectando diferenças significativas nas correlações entre os outros elementos.

### **Variáveis físicas**

A temperatura da água oscilou entre mínima de 19°C nos meses de agosto de 2004 e 2005 e 29,8°C em março de 2005, sendo a média no período amostrado de 24,05 °C, com uma amplitude térmica de 10,8°C. Foi observada estratificação térmica nas estações amostrais mais profundas, profundidade superior a 3 metros, conforme observado por Porto-Filho (1993), Koch-Dias (1999) e Fonseca (2002). O período de verão coincide, na região sul do Brasil com a maior pluviosidade e, portanto, com nível d'água mais elevado desses ambientes, neste período encontram-se frequentemente estratificações mais duradouras, este fenômeno é resultante da pequena variação diária da temperatura do ar, que resulta em pequenas perdas de calor do ecossistema para a atmosfera, mesmo no período noturno, outro fator que facilita a estratificação térmica neste período é a profundidade da coluna d'água.

A salinidade variou espacialmente com valor médio mínimo de 18,5 em agosto de 2005 na estação 01, valor máximo de 35 em agosto de 2004 na estação 05, sendo o valor médio encontrado de 27,2, com uma amplitude salina de 6,5. Observou-se um decréscimo da salinidade no mês de agosto de 2005, tal fato pode ser explicado pelo aporte de águas doces provindas das chuvas que ocorreram no período que antecedeu a coleta.

### **Parâmetros Físico-químicos**

O pH variou espacialmente no período amostrado de 8,24 em agosto de 2005 a 7,4 em agosto de 2004 e março de 2005, sendo o valor médio 8,04 com amplitude de 0,74 (Figura 06). Considerando-se que a água de origem marinha possui pH em torno de 8, espera-se que a região central e canal da lagoa que apresentem maior interferência do sistema marinho costeiro adjacente e que a região sul apresente maior influência de água continental pelo seu isolamento físico. A região norte apresentou os maiores valores de pH nos meses de março de 2004 e março de 2005, 8,23 e 8,15 respectivamente.

Tal como encontrado por Koch-Dias (1999) e Fonseca (2004) a análise de correlação de Pearson não detectou correlação significativa entre a salinidade e o pH no período estudado, porém o mesmo possui alta correlação negativa com a temperatura ( $r^2 = -0,7151$ ,  $p < 0,20$ ) o que indica que o ambiente é fortemente influenciado pelo metabolismo do sistema, produção e decomposição de matéria orgânica, e indiretamente pela influência do ingresso de água marinha e precipitação (Fonseca, 2004).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) variaram de forma distinta nos períodos amostrais, tendo sido as maiores concentrações médias encontradas na estação 05 (canal da Barra) 8,5 mg/L em março de 2005, ocasionada pelo input de águas marinhas com maiores



concentrações de oxigênio e as menores concentrações foram de 4,47 mg/L na estação 03 (Ponto dos Floripinhas) em agosto de 2005, com média geral de 6,28 mg/L durante o período estudado. A estagnação das águas ocasionadas pelo confinamento natural da região sul da lagoa, está diretamente ligada à baixa circulação física e ao aporte de nutriente que diminuem a taxa de OD através da degradação da matéria orgânica. Observou-se uma visível estratificação das concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 08), obtendo-se um perfil clinogrado na área de estudo.

### Nutrientes

Na região sul da lagoa são encontradas elevadas concentrações de macroalgas bênticas (*Enteromorpha* sp., *Padina* sp. e *Ulva* sp.), gêneros estes típicos de ambientes eutrofizados, sendo possivelmente os maiores responsáveis pela assimilação de fósforo.

A laguna possuía em 1940, cerca de 3.451 habitantes que viviam da exploração agrícola do local, sendo as culturas de café, mandioca e cana-de-açúcar as principais (IBGE, Censo 1940). Nos últimos 10 anos de acordo com o censo de 2000 do IBGE, a área da Lagoa da Conceição, se projetou como a terceira área que mais cresceu em Florianópolis, sendo que a sua taxa anual de crescimento proposta pelo IBGE é de 5,95%, na tabela 01 foi utilizado tal valor para calcular-se o número médio de habitantes em 2005.

Foram observados valores altos de nitrato na região norte indicando que o Rio João Gualberto, maior tributário de águas doces para a lagoa e que é margeado por uma área extremamente urbanizada e sem saneamento básico e a intensa ocupação das encostas dos morros na região da costa da lagoa é uma grande fonte de compostos nitrogenados.

As concentrações de nitrato obtiveram correlação inversa com a clorofila a ( $r^2$  -0,5419  $p < 0,106$ ) e positiva com a sílica ( $r^2$  0,5574  $p < 0,094$ ), para nitrogênio total foram observadas as mesmas correlações.

Koch-Dias (1999), encontrou em toda a coluna d'água em final de fevereiro de 1998, nas proximidades da estação amostral 04, altas concentrações de clorofila a, associadas a um afloramento de cianobactérias identificadas como *Trichodesmium* sp., fixadora de nitrogênio, esta estação pelas suas características de localização e profundidade funciona como um sorvedouro de nutrientes nitrogenados e matéria orgânica.

Observou-se uma relação negativa entre carbono orgânico total e silicatos ( $r^2$  -0,5541  $p < 0,096$ ) e positiva com oxigênio dissolvido ( $r^2$  0,6249  $p < 0,053$ ), o que sugere que a alta carga orgânica recebida pela lagoa ocasionada pela ocupação desordenada de seus entornos auxilia no incremento de material orgânico de origem antrópica ao sistema. A média da razão N/P variou de 14,66 na década de 80 (Knoppers *et al.*, 1984), para valores de 40,9 em setembro de 2000 (Fonseca, 2002) e 41,4 entre março de 2004 a agosto 2005 (este trabalho), considerando-se a pequena variação do fósforo no mesmo período, os resultados sugerem que o aumento destes valores estão associados ao incremento das formas nitrogenadas.

Tabela 01: Tabela comparativa do aumento das concentrações de nutrientes em mg/L, de nitrato (N-NO<sub>3</sub>), nitrito (N-NO<sub>2</sub>), N-amoniacoal, fosfato (P-PO<sub>4</sub>) e da razão N/P entre 1980 e 2005 na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.

Ano	No Hab.	Referência	Amostragens	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>	N/P
1980	7.897	KNOOPERS et al. 1984	jun/82	0,362	0,002	0,013	0,004	7,0 8,0 29,0
		SOUZA-SIERRA e al. 1987	nov/83 anov/84	0,056	0,004	-	0,008	-
1991	14.794	PERSICH, 1990	dez/ 87 adez/ 88	0,029	0,012	-	0,031	-
2000	27.432	FONSECA et al, 2002	set/00	0,258	0,012	0,102	0,017	40,9
2005	32.625*	Este estudo	mar/04 a ago/05	1,055	0,010	0,020	0,02	41,4

(Adaptado de Fonseca, 2002)

Podemos afirmar que os altos valores obtidos para o Carbono orgânico total são diretamente ligados às áreas de urbanização abrigadas do vento e não sujeitas a correntes, observou-se também que a profundidade influi também de forma significativa.

## CONCLUSÃO

A Lagoa da Conceição vem sofrendo um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos, tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do corpo lagunar. Mas, pode-se afirmar que o input dos estressores está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CROMWELL, J. E., Barrier coastal distribution, a world-wide survey. Abstr. Nat. Coast. Shallow. Water. Res. Conf., 1971.

FONSECA, A., Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluídos de nutrientes e do metabolismo na interface sedimento água da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil. Tese de doutorado em Ciências área de Oceanografia química e Geológica, 2004.

FONSECA, A.; E.S. BRAGA & B.B. EICHLER. Distribuição espacial dos nutrientes dissolvidos e pigmentos fotossintetizantes no sistema pelágico da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil. (setembro 2000). Atlântica, 24 (2): 15-29, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1940. Censo demográfico

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000. Censo demográfico





KNOPPERS, B.A.; OPTIZ, S.S.; SOUZA, M.P.; NUGYEZMC, F., The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon, SC, Brasil. Arq. Biol. Tecnol., 1984

KOCH-DIAS, J., Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p. 1999.

MUEHE, D. & CARUSO GOMES, F., Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, SC, Brasil. Mem. VII Simp. Ocean. Biol. UNESCO/, Montevideo, Uruguai, 1989.

PORTO FILHO, E., Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Geografia, UFSC, SC., Brasil, 1993.