

DISPOSITIVO PARA DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA EVAPORAÇÃO NA ALUVIÃO DE LEITO DE RIO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Paulo Frassinete de Araújo Filho¹; Gabriela Costa da Nóbrega²; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral³; Ricardo Augusto Pessoa Braga⁴ & Arnaldo Vitorino da Silva⁵

RESUMO - O conflito de caráter socioambiental que se estabelece no leito seco de rios intermitentes do semiárido brasileiro decorre de duas atividades de exploração de recursos naturais: da areia e da água. O leito dos cursos de água do semiárido nordestino vem acumulando sedimento ao longo de milhares de anos, formando a aluvião. A radiação solar não incide diretamente sobre a água da reserva da aluvião e sim sobre a areia que está acima da reserva hídrica, a qual transfere parte do calor para a água que irá evaporar. Quanto mais espessa a camada acima da reserva hídrica menor será a evaporação na mesma, ocasião em que, a partir de uma determinada espessura, a evaporação deixa de atuar sobre a reserva hídrica. Para determinar a espessura mínima de areia a partir da qual a evaporação não mais atua na reserva hídrica da aluvião, foi criado um dispositivo lateralmente hermético onde só ocorre fluxo vertical, para acompanhamento do nível d'água dentro do dispositivo. Quando o nível deixar de variar, a profundidade do nível será a espessura mínima de areia a partir da qual a evaporação não atua na reserva hídrica da aluvião. Neste trabalho são apresentados os primeiros resultados do monitoramento realizado.

ABSTRACT - The socio-environmental conflict that takes place in the dry bed of intermittent rivers of the Brazilian semiarid region stems from two activities to exploit natural resources: sand and water. The bed of the rivers of the semi-arid northeast once the sediment has accumulated thousands of years, forming the alluvium. The sunlight does not fall directly on the water of the alluvial reserves, but on the sand which is above the water reserves, part of which transfers heat to the water which will evaporate. The thicker the layer above the lower water evaporation booking will be the same, at which from a certain thickness, evaporation ceases to act on the water reserve. To determine the minimum thickness of sand from which evaporation no longer operates in the alluvial water reserve, a hermetic device which only occurs laterally vertical flow, to monitor the water level inside the device was created. When the level of leave vary the depth level is the minimum thickness of sand from which evaporation does not act in the alluvial water reserves. This paper presents the first results of the monitoring carried out are presented.

Palavras-Chave - Evaporação. Aluvião. Semiárido.

¹ Sócio da Associação Águas do Nordeste - ANE e prof. da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Centro Acadêmico do Agreste - CAA, BR-104 km 59, Nova Caruaru, Caruaru-PE, CEP . (81) 2126-7771. C-Elet.: pfaf@ufpe.br

² Graduanda do curso de Engenharia Civil da UFPE/CAA. C-Elet.: gabrielacnobrega@hotmail.com

³ Sócio da ANE e prof. da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Av Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife-PE, (81) 2126-8223. C-Elet.: jcabral@ufpe.br

⁴ Presidente da ANE e prof. da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, R. Luís Guimarães, 411/502E, Poço da Panela, Recife-PE, CEP 52.061-160. (81) 3446-6871. C-Elet.: ricardobraga.jc@gmail.com

⁵ Sócio da ANE e professor aposentado da rede estadual de ensino. R. Carmecita Juventina da Silva, 229, São Jorge, Santa Cruz do Capibaribe-PE, CEP 55.190-000. (81) 9720-1239. C-Elet.: avs_@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do nordeste brasileiro é caracterizada pela escassez de recursos hídricos resultante de precipitações anuais baixas e irregulares, concentrada num curto período do ano, e uma taxa de evaporação elevada, devido a sua posição geográfica propicia uma forte insolação.

A disponibilidade hídrica é quase que totalmente devido ao escoamento superficial proveniente das precipitações que ocorre na bacia hidrográfica. As reservas hídricas subterrâneas são pequenas e localizadas, e muitas vezes de má qualidade, devido ao acúmulo de sais.

Além disso, é frequente ocorrer período de seca prolongado, muitas vezes ultrapassando um ano e provocando escassez das reservas hídricas. Saliente-se que no semiárido brasileiro a seca é um fenômeno natural e afeta a vida de milhares de seres vivos, sendo necessário que a população saiba conviver com ela.

A população dos centros urbanos geralmente é atendida por adutoras que transportam água de grandes barragens, projetadas para atender à demanda de mais de um ano, situadas distantes da área de consumo. Enquanto que a população rural, quando aglutinada em pequenos povoados, utiliza-se de reservas hídricas (açudes) que geralmente atendem à demanda de um ano. Ainda existe a população rural difusa, que devido ao seu caráter disperso, não possuem um sistema único para o abastecimento.

Em épocas de longa estiagem, parte da população rural é atendida com água transportada por carros-pipa, que muitas vezes apresenta problemas com a qualidade dessa água e a gestão dos serviços, tendo um caráter paliativo. Outras formas são a construção de cisternas para armazenar a água da chuva que cai nos telhados e a construção de cacimbas ao longo do leito dos rios e riachos, quando possível.

A água armazenada nas cisternas é considerada nobre, devido à sua qualidade, quando observados alguns critérios durante a sua captação, sendo usada basicamente para beber e no preparo de alimentos. O volume armazenado na cisterna depende da precipitação e da área de coleta, o que pode ser um volume pequeno, geralmente não chega a atender a um ano de consumo.

A cacimba capta a água armazenada na aluvião do leito do riacho ou do rio. Esta água é armazenada ao longo do período chuvoso quando o riacho tem escoamento superficial e ao escoar pela rede de drenagem parte desse escoamento vai se infiltrando no leito do curso d'água.

O leito dos cursos de água intermitentes do semiárido nordestino vem acumulando areia de sedimentação ao longo de milhares de anos, fruto da erosão dos solos e seu transporte ao longo da

calha gerado pelas enxurradas nos períodos de chuva intensa que ocorrem em poucos meses do ano. Este acúmulo de sedimentos é chamado de aluvião.

A água disponível na reserva hídrica superficial sofre mais com o efeito da evaporação que a água contida na aluvião. A principal força motriz da evaporação é a radiação solar incidente sobre a água que a faz aquecer e transformá-la do estado líquido para gasoso. Como a reserva superficial está exposta diretamente à radiação, o seu aquecimento é máximo, acarretando uma taxa de evaporação elevada. No caso da água da reserva da aluvião, a radiação solar não incide diretamente sobre a água e sim sobre a areia que está acima da reserva hídrica, a qual transfere parte do calor para a água que irá evaporar. Quanto mais espessa esta camada de areia acima da reserva hídrica menos calor atinge a reserva hídrica. A partir de uma determinada espessura a radiação solar deixa de atuar sobre a reserva hídrica, pois a camada de areia absorve a radiação.

As areias depositadas no leito aluvial, devido ao transporte de arrasto pelo escoamento líquido, constituem-se em áreas potencialmente mineráveis, mas ao mesmo tempo funcionam como cisternas naturais, armazenando a água no curto período chuvoso, justamente quando o rio passa a ser caudaloso.

Um conflito de caráter socioambiental que se estabelece no leito seco de rios intermitentes do Semiárido brasileiro decorre de duas tradicionais atividades de exploração de recursos naturais: da areia, para construção civil; e da água, para atendimento às demandas da população local, sobretudo nos períodos de estiagem.

A Resolução 01/2013 do Conselho Estadual do Meio Ambiente de Pernambuco - CONSEMA estabelece normas e procedimentos para o licenciamento ambiental para a exploração de areia e argila em leitos secos de rios intermitentes no Estado de Pernambuco. A nova norma exige que a exploração em leito de rios intermitentes seja precedida de pesquisa através de malha de sondagem, de licença ambiental e de outorga dos recursos hídricos. Outro aspecto importante, é que a exploração das aluviões não poderá exceder em 50% (cinquenta por cento) da espessura do depósito aluvial e não poderá ser executada sob a superfície freática do aquífero aluvial.

Araújo *et al* (2001) calibrou um modelo de umidade do solo para atividades agrícolas (MUSAG) e determinou os parâmetros associados aos processos de infiltração, percolação e evaporação.

Faria *et al* (2006) construiu um lisímetro de 1,4 m de largura por 1,9 m de comprimento e 1,3 m de profundidade e obteve uma precisão de 0,1 mm no monitoramento da evaporação no solo.

Leitão *et al* (2007) avaliou seis métodos de estimativa da evaporação (Penman, balanço de energia segundo a razão de Bowen, Linacre, Snyder, Penman modificada por Kohler e transferência

de massa de Gangopadhyaya) para duas regiões da Paraíba. Todos utilizaram dados meteorológicos mas, não consideraram os dados do solo.

Neto *et al* (2011) quantificou os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração, por meio do método da razão de Bowen, como também quantificou as perdas de água por evaporação do solo, além de estimar a transpiração da mamona.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na bacia do rio Capibaribe, em seu trecho superior (Figura 1). Esse trecho do Alto Rio Capibaribe vai da nascente até à cidade de Santa Cruz do Capibaribe, abrangendo quatro municípios: Poço, Jataúba, Brejo da Madre de Deus e Santa Cruz do Capibaribe.

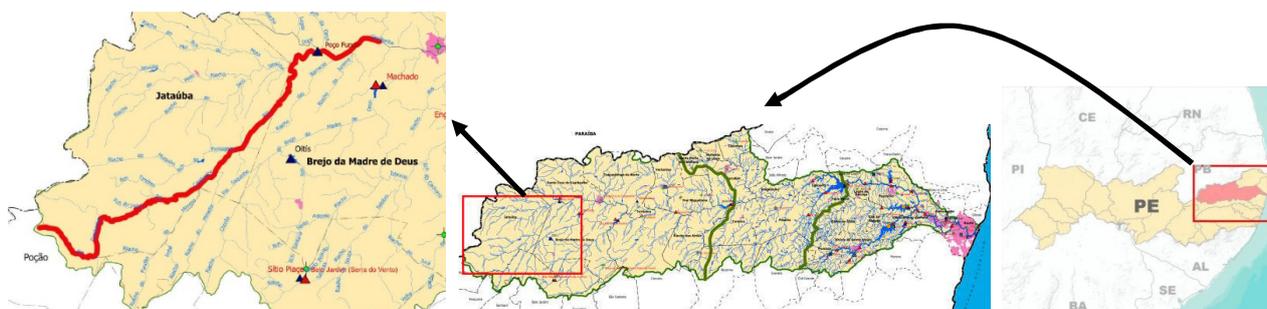


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Das nascentes até o reservatório de Poço Fundo, totalizando 79 km, concentra-se a agricultura irrigada, sobretudo de cenoura, beterraba e tomate. O número de cacimbões é grande nesse trecho, onde foram anotadas 110 deles durante visitas a campo. A jusante da barragem até a cidade de Santa Cruz do Capibaribe, 10 km, os cacimbões são utilizados não só para o abastecimento de propriedades rurais, mas também fornecem água em caminhões pipa para áreas urbanas, sobretudo de Santa Cruz do Capibaribe. Nesse trecho foram anotados 27 cacimbões, de uso por múltiplas famílias, figura 2. Localmente, a água é utilizada para consumo doméstico, para pequenas irrigações de capim e tomate, além de dessedentação do gado.

Em 2012, no trecho a jusante da barragem de Poço Fundo estava ocorrendo a extração de areia para a construção civil (Figura 3). Inicialmente a extração foi autorizada, mas após a nova resolução do CONSEMA a exploração foi suspensa.



Figura 2 - Cacimbões escavados no leito seco do rio Capibaribe.



Figura 3 - Extração de areia no leito seco do rio Capibaribe.

Mesmo com a suspensão, continua havendo retirada de areia ao longo do Alto Capibaribe, sem o licenciamento ambiental. Na Figura 4 é mostrado o leito do rio no mesmo ponto em datas diferentes. A seta azul indica o fundo do leito em 2012 e a vermelha em 2013. A cacimba que aparece na figura 4-b, seta verde, está submersa na figura 4-a.

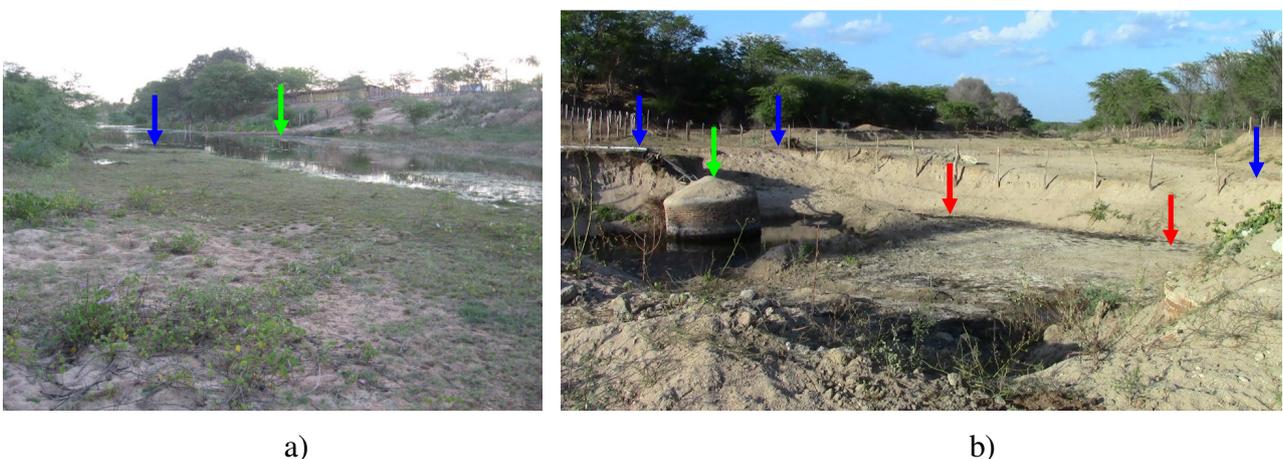


Figura 4 - Leito seco do rio Capibaribe: a) 12/06/2012 e b) 09/10/2013.

3. METODOLOGIA

Para determinar a altura mínima de areia necessária para evitar a evaporação do freático na aluvião é necessário medir a evaporação potencial e acompanhar a diminuição da cota do nível do freático ao longo do tempo, para detectar quanto está realmente sendo perdido por evaporação. Uma das técnicas a ser empregada para medir a evapotranspiração ou a evaporação em solo é a do lisímetro.

Para acompanhar o comportamento da evaporação em leito seco de rio foi instalado dispositivo, formado por um recipiente fechado na parte inferior e nos lados e aberto na face superior que ficará em contato com a atmosfera, que irá simular o comportamento da água que evapora de dentro do solo. Para instalar o dispositivo foi feita uma escavação na margem do rio Capibaribe de tal maneira que a face superior fique rente à superfície do solo (Figura 5 e 6).



Figura 5 - Etapas de instalação dos dispositivos.

O dispositivo tem 0,56 m de diâmetro e 2,25 m de comprimento. Dentro do dispositivo foi colocado o mesmo material de que é composto o leito seco até preenchê-los por completo. Para acompanhar o comportamento do nível da água no solo foi instalado um tubo de 50 mm que servirá como piezômetro (Figura 7), onde foi realizada a leitura do nível pelo medidor de nível graduado.

Como a evaporação depende de fatores climáticos tais como a radiação, vento e umidade relativa do ar, foi instalado um tanque evaporimétrico. Para simular as mesmas condições do dispositivo, o tanque evaporimétrico tem o mesmo diâmetro e foi instalado do mesmo modo, com a

superfície aberta rente à superfície do solo (Figura 6). No período chuvoso a evaporação pode ser muito pequena e a variação do nível ser desprezível.



Figura 6 - Dispositivos.



Figura 7 - Piezômetro.

Fora os fatores climáticos, as características do solo também irão influenciar a evaporação, tais como a granulometria e condutividade hidráulica. Foram escolhidos dois tipos de areia, Tipo A e B, com granulometrias diferentes e coletadas em pontos distintos da aluvião da calha do rio. Para cada tipo de areia será realizado o ensaio de caracterização granulométrica e a porosidade.

Quando o nível do dispositivo se mantiver estável por muitos dias, a altura de areia acima do freático até à superfície da camada arenosa do dispositivo será considerada como altura mínima de areia para que não ocorra a evaporação da água subterrânea acumulada.

4. PRIMEIROS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à quantidade de água evaporada diariamente ser na ordem de mm, as leituras foram realizadas semanalmente, para não incorrer em erros de leitura. Na tabela 1 é apresentada a precipitação e a evaporação do tanque evaporimétrico.

Na figura 8 é mostrado o comportamento do nível nos cinco dispositivos e no tanque evaporimétrico. Os dispositivos 5DE e 4TE tem areia do tipo A e medem 2,25 m de profundidade, o 1CC também tem areia tipo A, sendo que possui 3,25 m de profundidade, enquanto o 2DD e o 3TD tem areia tipo B e medem 2,25 m de profundidade.

O nível de cada dispositivo foi iniciado em posições diferentes para poder acompanhar mais rapidamente o comportamento do nível e da evaporação para posições diferentes do lençol freático (Figura 8).

Tabela 1 - Precipitação e evaporação.

Período	Prec. (mm)	Evap. (mm)
16/04 - 23/04	0,2	36
23/04 - 30/04	1,2	33
30/04 - 07/05	22,8	--
07/05 - 14/05	1,8	27
14/05 - 21/05	9,2	25
21/05 - 28/05	0,0	26
28/05 - 04/06	64,6	28
04/06 - 11/06	2,6	25
11/06 - 18/06	3,6	20
18/06 - 25/06	5,8	16

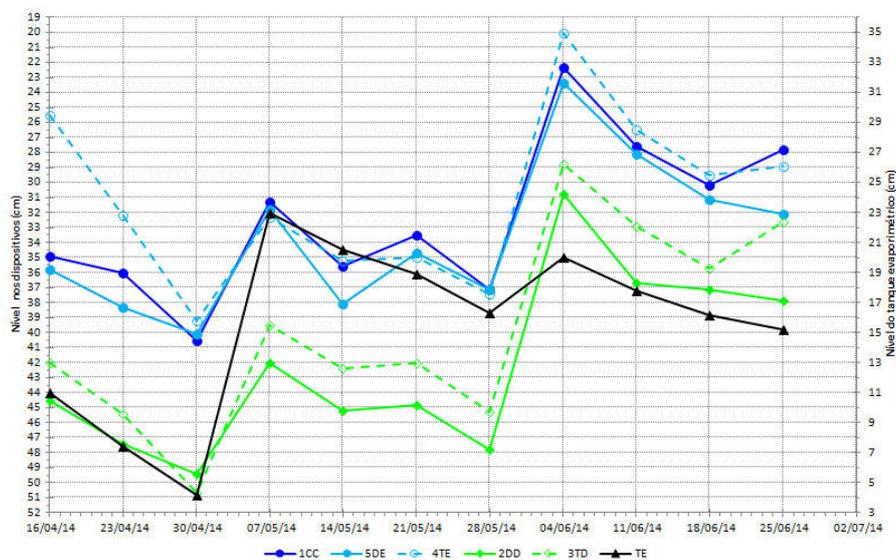


Figura 8 - Comportamento do nível nos dispositivos e no tanque evaporimétrico.

Não foi possível determinar a evaporação no solo, uma vez que os testes de caracterização do solo ainda não foram concluídos.

A subida do nível nos dispositivos foi maior devido à água precipitada ocupar os vazios do solo que eram ocupados por ar e que não representa a totalidade da lâmina precipitada.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os dispositivos e o tanque evaporimétrico tiveram o mesmo comportamento quanto a acréscimo e decréscimo do nível d'água. Como o período observado compreendeu o período chuvoso da região ainda não foi possível determinar a espessura mínima de areia que se deve manter para evitar a evaporação da água da aluvião. Até agora se pode afirmar que esta espessura deve ser maior que 32 cm para a areia tipo A e 42 cm para a tipo B.

O monitoramento vai continuar para abranger o período seco e será feito os teste de caracterização das areias para poder determinar a espessura mínima de areia e a sua correlação com as características da aluvião.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem à Associação Águas do Nordeste (ANE) pelo apoio à realização das pesquisas no âmbito do Projeto Águas de Areias, assim como agradecem à Petrobras, que patrocina este projeto desenvolvido pela ANE, por meio do Programa Petrobras Socioambiental.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, E. C. B.; AGUIAR, J. V. & COSTA, R. N. T. (2001). “*Calibração de um modelo de umidade para um solo aluvial sem cobertura vegetal*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 5, n. 3, pp. 444-449.

FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. & COSTA, L. C. (2006). “*Influência da cobertura de resíduos de culturas nas fases da evaporação direta da água do solo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 10, n. 1, p. 104-111.

LEITÃO, M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M. & LEITÃO, T. J. V. (2007). “*Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação para duas regiões da Paraíba*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 6, pp. 585-593.

- NETO, G. C. G.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, J. M.; SOUZA, C. & SILVA, I. F. (2011). “*Estimativa da evapotranspiração da mamona e seus componentes (evaporação e transpiração) na microrregião do brejo paraibano*”. Irriga, v. 16, n. 3, pp. 246-258.
- PREVEDELLO, C. L. & LOYOLA, J. M. T. (2005). “*Modelagem numérica para o processo da evaporação da água do solo*”. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 29, pp. 669-675.