

Estimativa da Evaporação e Análise do Uso do Coeficiente (Kp) do Tanque “CLASSE A” nas Regiões do Cariri e Sertão da Paraíba

Gertrudes Macário de Oliveira
gmacariodeoliveira@yahoo.com.br

Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão
Universidade Federal do Vale do São Francisco
mario.miranda@univasf.edu.br

Carlos de Oliveira Galvão
Universidade Federal de Campina Grande – DEC/CCT.
galvao@dec.ufcg.edu.br

Ted Johnson Vasconcelos Leitão
Escola Agrotécnica Federal de Senhor do Bonfim - BA
tedjohnsonpb@yahoo.com.br

Recebido: 11/05/05 revisado: 19/07/05 aceito: 23/08/05

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar de uma forma mais aprofundada o uso do coeficiente do tanque classe A e suas implicações nas estimativas de evaporação, bem como estudar a viabilidade do uso de outros tipos de tanques evaporimétricos, mais adequados à região semi-árida e de baixo custo. A pesquisa foi realizada nas regiões do Cariri e sertão da Paraíba, precisamente nas cidades de Boqueirão (lat. 07° 29'S; long. 36° 07'W; alt. 380m) e Patos (lat. 07° 01'S; long. 37° 17'W; alt. 250m), no período de 01 de abril de 2002 a 31 de março de 2003. As duas cidades citadas estão separadas pelo Planalto da Borborema e distantes uma da outra cerca de 140 km. Os resultados mostraram que o coeficiente 0,70 rotineiramente usado, ao invés de corrigir, pode contribuir para subestimar a evaporação obtida no tanque classe A, produzindo maior subestimação durante o período úmido. Também, constatou-se que os tanques tubulares de cimento representam uma ótima alternativa para medir evaporação, visto que, além de representarem uma condição mais natural, são mais precisos do que o tanque classe A, com custos bem menores.

Palavras-chave: evaporação, coeficiente (Kp), tanques tubulares.

INTRODUÇÃO

Em geral, no Brasil as atividades de pesquisas e experimentação no campo específico da evaporação em lagos e reservatórios são escassas, não obstante a imensa carência de informações básicas para atender as mais diversas necessidades nas diferentes regiões climáticas do país. As estimativas de evaporação independentemente do regime climático da região, normalmente têm sido feitas utilizando-se os dados do tanque evaporimétrico classe A, instrumento rotineiramente usado para medir evaporação, desenvolvido nos Estados Unidos, o qual, em função de sua constituição de metal, dimensão e forma de

exposição, não representa a realidade das condições naturais do ambiente, logo, não pode proporcionar estimativa precisa de evaporação. Particularmente, o coeficiente real do tanque classe A para uma região semi-árida, não necessariamente é o mesmo para locais com diferentes características climáticas, em termos de incidência de radiação, condições de umidade do ar, ação do vento e temperatura do ar, entre outras características associadas ao microclima de cada local. Por outro lado, o uso do valor 0,7 como coeficiente do tanque classe A para qualquer local, com condições climáticas bem diferentes daquelas onde este tipo de tanque foi desenvolvido e testado, precisa ser avaliado com muita cautela, para que erros graves não sejam

cometidos particularmente no planejamento do uso dos recursos hídricos disponíveis nos reservatórios e mananciais.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial - WMO (1966), o coeficiente de tanque usado para estimar evaporação em lago é afetado pelo regime climático e varia de tanque para tanque e de um ambiente árido para um ambiente úmido. Um método de avaliar estas variações climáticas segundo a WMO (1966), é a condução de comparações em experimento de campo usando tanques grandes, em vários locais, para detectar as diferenças geográficas no coeficiente anual, que relaciona a evaporação de tanques e lagos. Brutsaert & Yeh (1970) afirmam que o valor do coeficiente do tanque Classe A de 0,7 encontrado para o oeste dos Estados Unidos, pode variar para lagos específicos e diferentes estações do ano. Esses autores também afirmam que é impossível prever a evaporação de lagos a partir da evaporação de tanques, sem que sejam feitas medidas de fatores físicos adicionais, sem os quais os dados do tanque são inviáveis.

Segundo Morton (1983), os coeficientes de tanque para lagos, devem ser menores em regiões áridas do que em regiões úmidas. Contudo, com a infinita variedade de ambientes terrestres e o pouco conhecimento de como eles influenciam as observações, será sempre duvidoso o uso de coeficientes ou técnicas de um ambiente de lago para outro. Silans (1989) e Campos (1989) mencionaram a importância de mais estudos no campo específico da evaporação em lagos e reservatórios, como forma de ampliar a metodologia de cálculo da evaporação, e assim, melhorar a precisão das estimativas do fluxo evaporativo. Silva (2000) verificou que dependendo da época do ano, o tanque Classe A pode subestimar a evaporação real em até 20%, essa situação pode levar a erros no planejamento do uso da água e na operação de reservatórios, trazendo incalculáveis conseqüências para a população de muitas cidades e povoados. A utilização do coeficiente (Kp) do tanque classe A, adequado para cada local, pode proporcionar estimativas bem mais precisas da evaporação em açudes e reservatórios, tornando mais eficiente e otimizado o planejamento do uso dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de 01 de abril de 2002 a 31 de março de 2003, em duas áreas experimentais: uma na região do Cariri, na cidade de Boqueirão, PB (lat. 07 29'S; long. 36 07'W;

alt. 380m), situada próximo ao açude Epitácio Pessoa (Quadro 1); e outra na região do Sertão, na cidade de Patos, PB (lat. 07 01'S; long. 37 17'W; alt. 250m), localizada próximo ao açude Jatobá (Quadro 2). Segundo a Organização Meteorológica Mundial - WMO (1965, 1996), para se obter estimativas precisas da evaporação em açudes e lagos, deve-se usar o tanque evaporimétrico padrão de 20m² (TPa) e 2,0m de profundidade, instalado ao lado do manancial, para que tenha as mesmas condições climáticas. Porém, como este tanque além de operar com um volume considerável de água, tem custo relativamente alto, o que torna difícil seu uso em regiões como o semi-árido nordestino, procurou-se estudar a viabilidade do uso de outros tipos de tanques de custos mais baixos, para estimar a evaporação de açudes, determinando-se as relações entre as medidas obtidas no tanque padrão (TPa) e os demais tipos de tanques, através do Kp, que é a razão entre a medida real da evaporação (tanque padrão de 20m²) e as medidas dos demais tanques. Para tanto, foram instalados em cada uma das áreas experimentais mencionadas, além do tanque padrão citado, o tanque classe A (TCA), padrão recomendado pela WMO para medir evaporação em estações meteorológicas; e dois tanques tubulares de cimento: um com 1,8m² de área e 1,0m de profundidade (TC1) e outro também, com 1,8m² de área, porém com 0,5m de profundidade (TC2). Os tanques tubulares de cimento foram escolhidos por representarem uma condição mais natural e terem custo baixo. Os tanques tubulares de cimento (TC1) e (TC2), bem como o tanque padrão (TPa), foram enterrados para que suas bordas ficassem a 7,5 cm acima da superfície do solo. Esses tanques também foram impermeabilizados para que não tivessem perdas nas laterais ou no fundo.

Para padronizar o nível de operação, em todos os tanques, o nível d'água diariamente era repostado ou rebaixado afim de que permanecesse a 5cm da borda superior. As áreas experimentais tinham extensão de 216m² (12m x 18m), as quais foram gramadas e cercadas com dois tipos de tela: uma com malha de 2x2” e 1,5m de altura e outra com malha de 2x2cm e 0,6m de altura, para impedir a entrada até mesmo de pequenos animais e assim evitar possíveis ações em termos de sujeira da água dos tanques evaporimétricos, como para proteger os instrumentos instalados no cercado.

Para avaliar as performances dos tanques TC1, TC2 e TCA, tomou-se as medidas de evaporação diárias, para obter as regressões lineares e o erro padrão de estimativa (EPE) dos três tanques

em relação ao tanque padrão (TPa). Para tanto, considerou-se três períodos distintos do ano: o período úmido e frio (Pfrio), o período quente (Pquente) e o período total de dados (Ptotal). Para Boqueirão, Pfrio compreendeu o período de abril a julho/2002 e Pquente, o período de agosto de 2002 a março de 2003; para Patos, Pfrio compreendeu o período de abril a junho/2002 e Pquente, o período de julho de 2002 a março de 2003; Ptotal nos dois casos compreendeu o período de abril/2002 a março/2003.

O erro padrão de estimativa (EPE) foi calculado pela seguinte expressão:

$$EPE = \left[\frac{(E_{TPa} - E_{TC1,2,A})^2}{N} \right]^{1/2}$$

onde E_{TPa} é a evaporação diária do tanque padrão; E_{TC1} , E_{TC2} , e E_{TCA} são respectivamente, as evaporações diárias dos tanques, TC1, TC2 e TCA; e N é o número total de observações.



Quadro 1 - Área experimental em Boqueirão.



Quadro 2 - Área experimental em Patos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 são apresentados: o coeficiente de tanque (K_p), o erro padrão de estimativa (EPE), e o coeficiente de determinação (R^2) para cada

tanque evaporimétrico em Boqueirão, nos três períodos mencionados. Observa-se que para Pfrio, os coeficientes K_p de todos os tanques foram relativamente elevados (TC1 e TC2 = 0,98; TCA = 0,90). Isto provavelmente está associado a um menor déficit de umidade do ar, devido a este período ter maior concentração de vapor d'água na atmosfera, já que tratava-se do período chuvoso. Deste modo, a evaporação nos tanques TC1, TC2 e TCA, mostrou-se bem próxima daquela observada no tanque padrão TPa. Estes resultados também indicam que durante o período frio, o K_p do tanque Classe A foi bem maior do que o valor tradicionalmente usado 0,70. Por outro lado, verifica-se que no período quente, enquanto os coeficientes K_p dos tanques (TC1) e (TC2) foram iguais a 0,97 e 0,95, o K_p do tanque Classe A foi 0,79. Isso mostra que na medida em que o ar e a água dos tanques passaram a ter temperatura mais elevada e o déficit de umidade tornou-se maior (menor umidade do ar), os efeitos sobre o tanque Classe A, foram mais acentuados do que nos demais tanques. Observa-se que no Pfrio, os tanques TC1 e TC2 apresentaram o mesmo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$), enquanto que o R^2 do tanque Classe A foi bem próximo 0,96. Já para Pquente e Ptotal, o tanque TC1 foi o que apresentou o melhor coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$ e $0,98$); seguido de TC2 ($R^2 = 0,95$ e $0,97$), enquanto o TCA apresentou os menores coeficientes entre os três tipos de tanque ($R^2 = 0,88$ e $0,91$). Nas Figuras de 1 a 12 são apresentadas para os períodos mencionados as relações entre a evaporação observada nos tanques TC1; TC2 e TCA, versus a evaporação do tanque padrão (TPa). Verifica-se que enquanto os tanques TC1 e TC2 apresentaram uma boa concentração de pontos em torno da reta 1:1, o tanque Classe A mostrou uma maior dispersão. Observa-se que nos três períodos estudados, os dados originais do tanque Classe A, apresentam sobre-estimação. Porém, ao ser multiplicado pelo coeficiente 0,70 passou a haver sub-estimação, e a dispersão dos pontos em torno da reta 1:1, principalmente no Pfrio tornou-se mais acentuada que antes. Portanto, ao efetuar-se a correção da evaporação medida no tanque classe A, no período frio e úmido, multiplicando-a pelo coeficiente 0,70, o erro cometido é muito maior do que simplesmente usar o dado bruto de evaporação observado no tanque classe A.

Tabela 1 - Coeficiente de tanque (K_p), erro padrão de estimativa (EPE) e coeficiente de determinação (R^2) para os períodos: frio (Pfrio), quente (Pquente) e total (Ptotal) em Boqueirão.

| Tanque | Pfrio | | | Pquente | | | Ptotal | | |
|--------|-------------|------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|
| | K_p | EPE | R^2 | K_p | EPE | R^2 | K_p | EPE | R^2 |
| TC1 | 0,98 | 0,19 | 0,98 | 0,97 | 0,21 | 0,97 | 0,97 | 0,21 | 0,98 |
| TC2 | 0,98 | 0,22 | 0,98 | 0,95 | 0,30 | 0,95 | 0,95 | 0,29 | 0,97 |
| TCA | 0,90 | 0,28 | 0,96 | 0,79 | 0,44 | 0,88 | 0,80 | 0,49 | 0,91 |

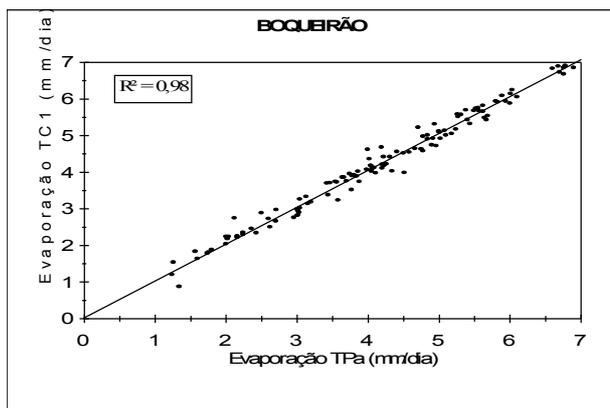


Figura 1 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1) para o período frio em Boqueirão.

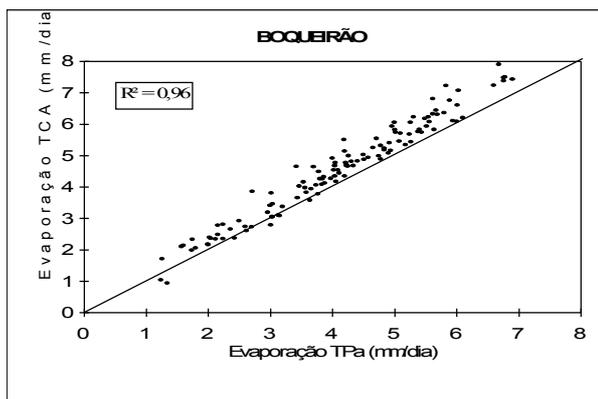


Figura 3 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA), para o período frio em Boqueirão.

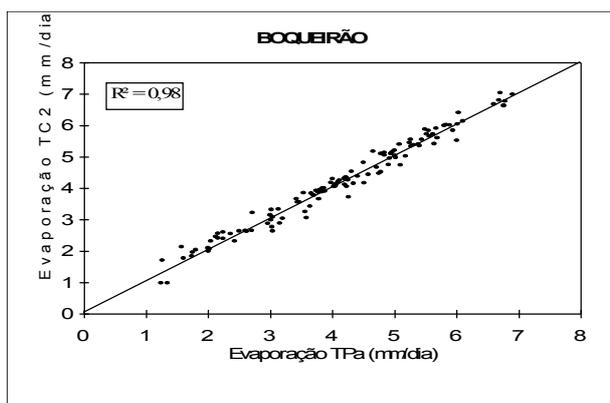


Figura 2 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5m de profundidade (TC2), para o período frio em Boqueirão.

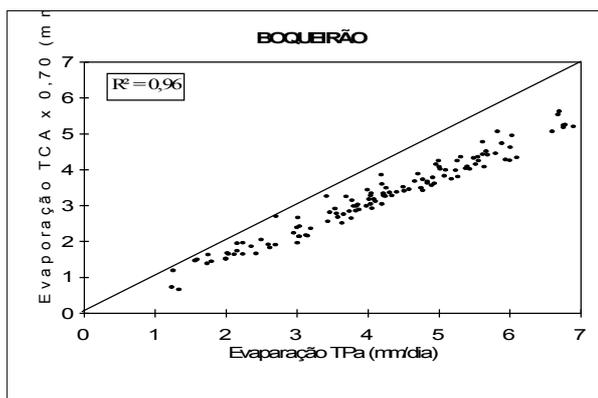


Figura 4 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A corrigido pelo fator 0,70, em Boqueirão no período frio.

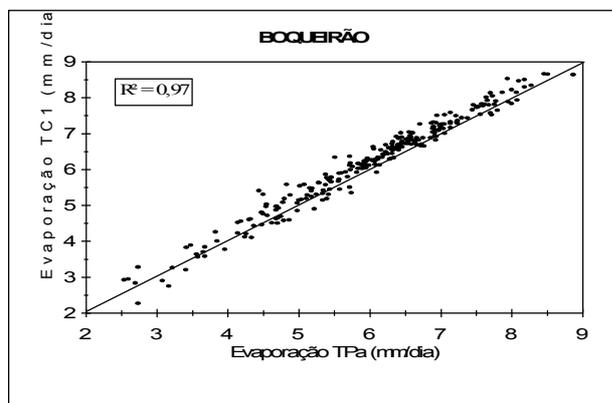


Figura 5 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1), para o período quente em Boqueirão.

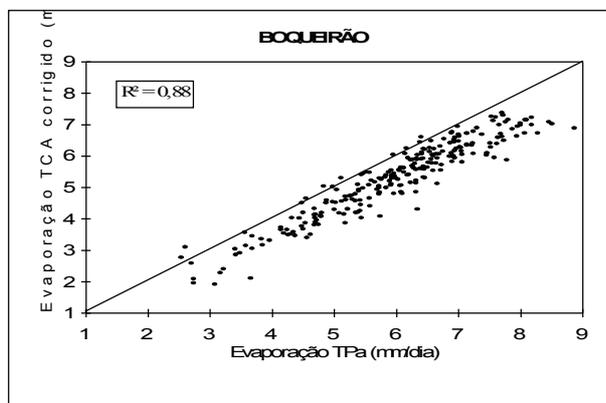


Figura 8 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A corrigido, para o período quente em Boqueirão.

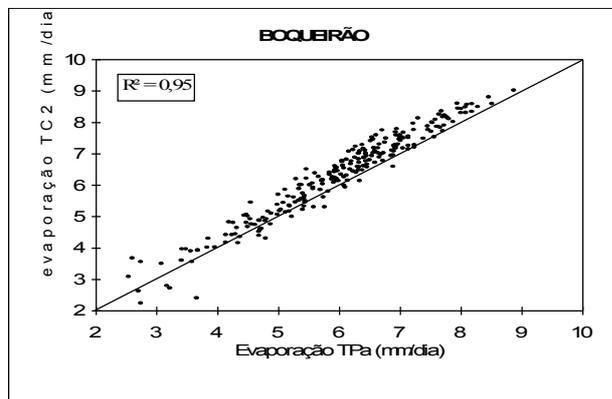


Figura 6 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5m de profundidade (TC2), para o período quente em Boqueirão.

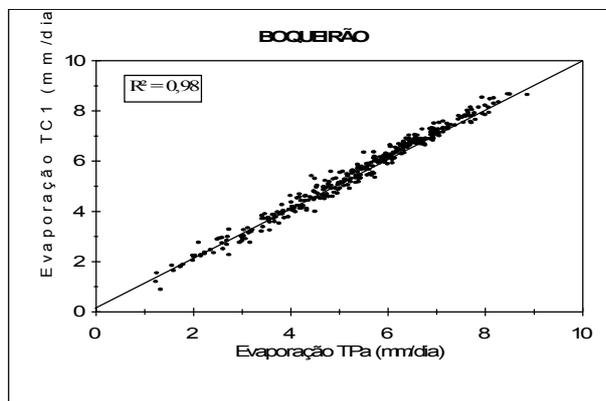


Figura 9 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1), para todo o período em Boqueirão.

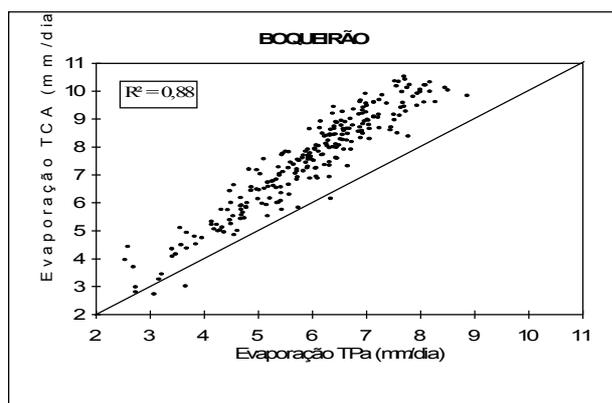


Figura 7 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA) para o período quente em Boqueirão.

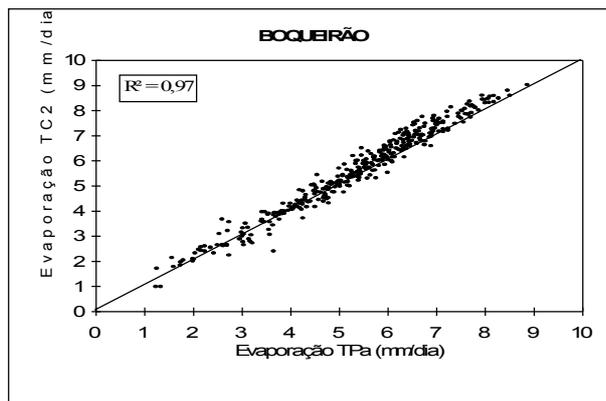


Figura 10 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5 m de profundidade (TC2), para todo o período em Boqueirão.

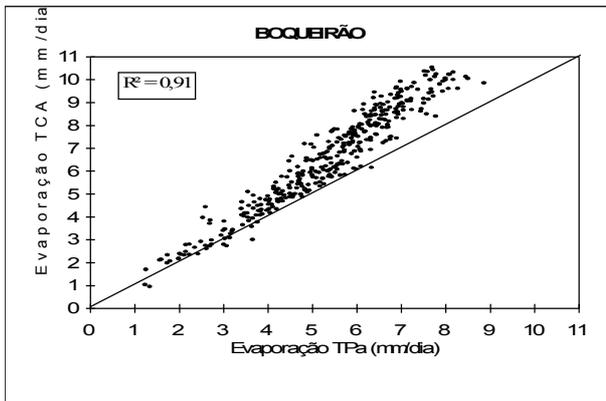


Figura 11 – Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA), para todo o período em Boqueirão.

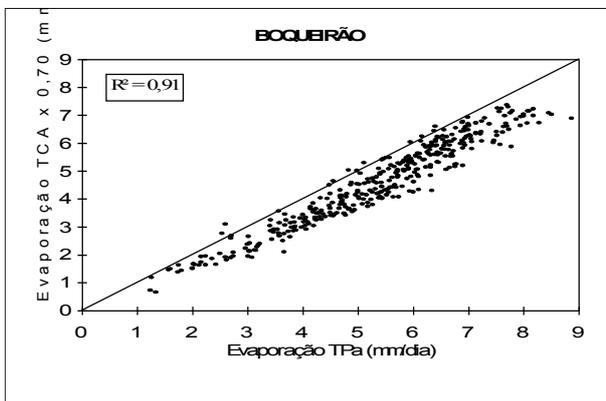


Figura 12 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A corrigido, para todo o período em Boqueirão.

Na tabela 2 são apresentados os mesmos parâmetros da tabela 1 para Patos, durante os períodos P_{frio}, P_{quente} e P_{total}, ou seja, o coeficiente de tanque (K_p), o erro padrão de estimativa (EPE), e o coeficiente de determinação (R²) para cada tanque evaporimétrico. Observa-se que da mesma forma como ocorreu em Boqueirão, também em Patos no P_{frio}, os coeficientes K_p de todos os tanques foram elevados (TC1 = 0,99; TC2 = 0,98; e TCA = 0,92). Isso ocorreu devido ao menor déficit de umidade do ar e conseqüentemente, maior concentração de vapor d'água na atmosfera, já que este é o período chuvoso. Com isso, à evaporação nos tanques TC1, TC2 e TCA, apresentou valores bem próximos daqueles observados no tanque padrão. Conforme pode ser observado na Tabela 2, também no período frio e úmido em Patos, o K_p do tanque Classe A, foi bem

maior do que o valor tradicionalmente usado 0,70. Verifica-se também, que no período quente, os coeficientes K_p dos tanques TC1 e TC2 foram elevados 0,94 e 0,95, respectivamente, enquanto o K_p do tanque Classe A foi bem menor, apenas 0,78. No P_{total}, enquanto o K_p do TC1 foi igual a 0,94 e do TC2 a 0,95, o do Classe A foi 0,79. Nas Figuras de 13 a 24 são apresentados para Patos às relações obtidas entre a evaporação observada nos tanques TC1; TC2 e TCA, versus a evaporação do tanque padrão (TPa). Analisando as figuras relativas ao período frio verifica-se que os tanques TC1 e TC2 apresentaram um bom ajustamento dos pontos em relação à reta 1:1 e coeficientes de determinação iguais (R² = 0,97). Também, verifica-se que no período frio e úmido os dados brutos de evaporação do tanque Classe A, mesmo apresentando sobrestimação, mostram uma razoável aproximação com relação aos dados do tanque padrão (Figura 15). Já no período quente, os dados dos tanques TC1 e TC2 embora indiquem uma pequena sobrestimação, mostraram bom ajustamento em torno da reta 1:1, e coeficiente de determinação elevado 0,96. Porém os dados do tanque Classe A, a exemplo do que ocorreu em boqueirão neste mesmo período, também apresentou uma considerável sobrestimativa da evaporação e uma acentuada dispersão em torno da reta 1:1, embora o coeficiente de determinação (R²) tenha sido igual a 0,91. Finalmente, analisando para Patos todo o período estudado, verifica-se que os dados do tanque TC2 foram os que apresentaram a melhor aproximação em relação aos do tanque padrão, como mostra o ótimo ajustamento dos pontos em torno da reta 1:1 da Figura 22.

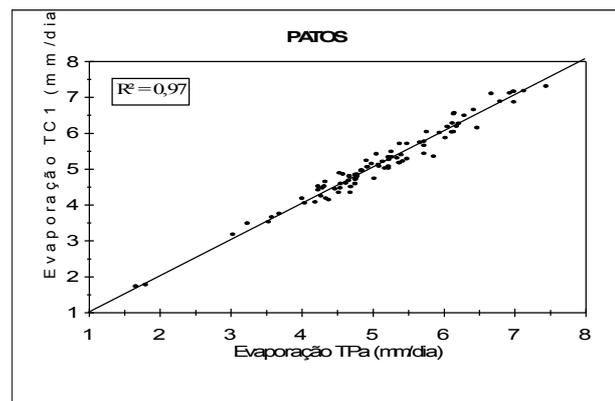


Figura 13 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1) para o período frio em Patos.

Tabela 2 - Coeficiente de tanque (Kp), erro padrão de estimativa e coeficiente de determinação (R²), para o período frio, período quente e todo o período em Patos.

| Tanque | Pfrio | | | Pquente | | | Ptotal | | |
|--------|-------|------|----------------|---------|------|----------------|--------|------|----------------|
| | Kp | EPE | R ² | Kp | EPE | R ² | Kp | EPE | R ² |
| TC1 | 0,99 | 0,18 | 0,97 | 0,94 | 0,34 | 0,96 | 0,94 | 0,34 | 0,96 |
| TC2 | 0,98 | 0,18 | 0,97 | 0,95 | 0,34 | 0,96 | 0,95 | 0,32 | 0,97 |
| TCA | 0,92 | 0,22 | 0,95 | 0,78 | 0,52 | 0,91 | 0,79 | 0,60 | 0,89 |

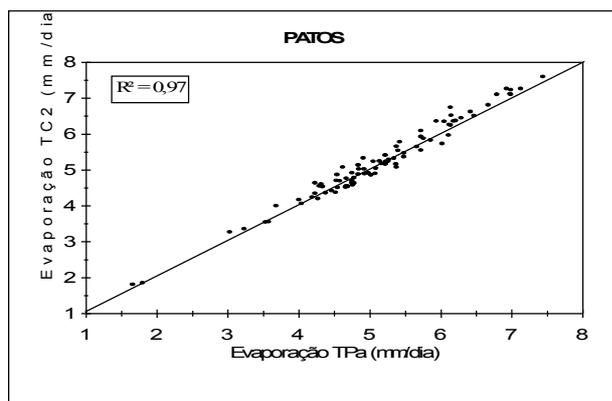


Figura 14 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5 m de profundidade (TC2), para o período frio em Patos.

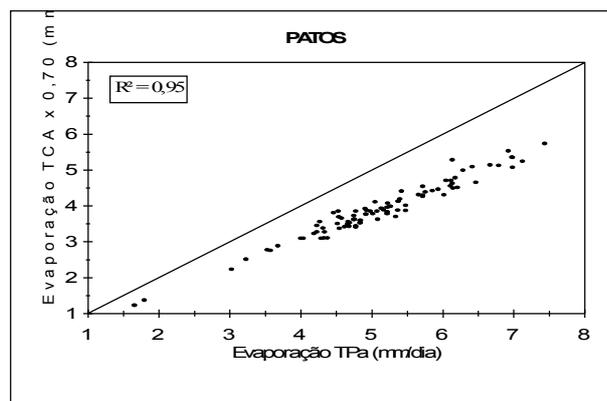


Figura 16 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A corrigido, para o período frio em Patos.

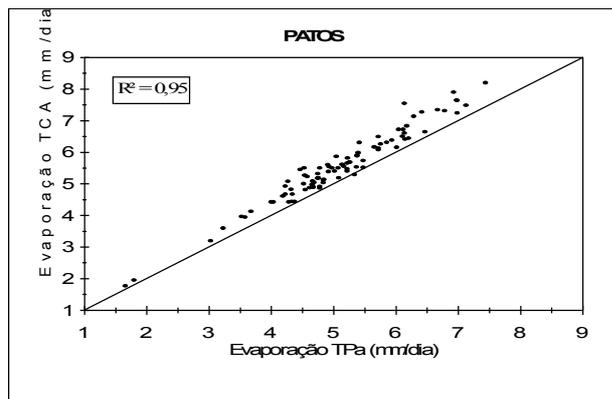


Figura 15 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA), para o período frio em Patos.

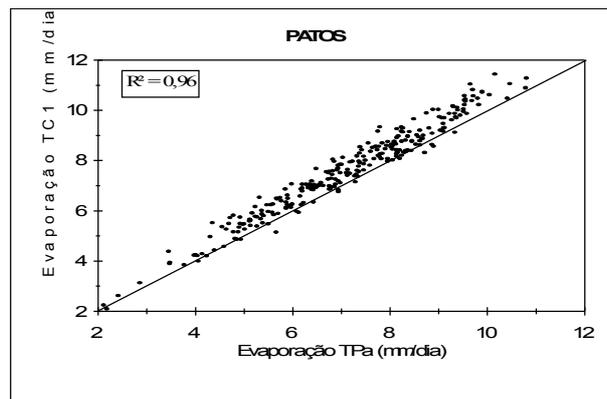


Figura 17 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1), para o período quente em Patos.

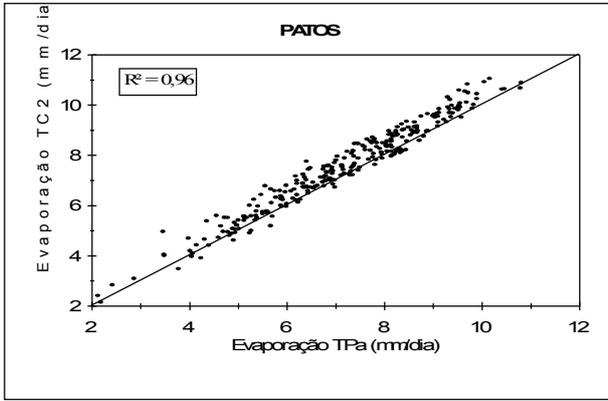


Figura 18 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5 m de profundidade (TC2), para o período quente em Patos.

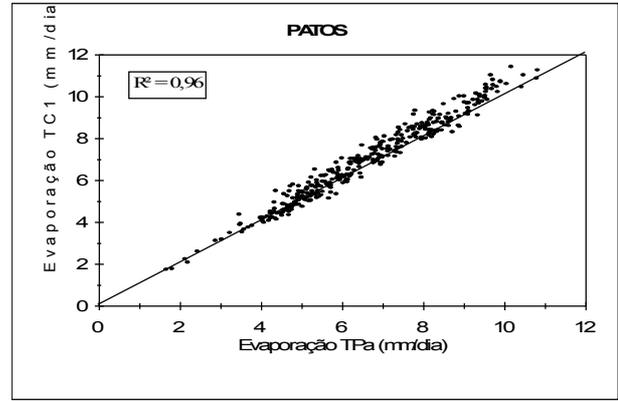


Figura 21 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 1,0m de profundidade (TC1), para todo o período em Patos.

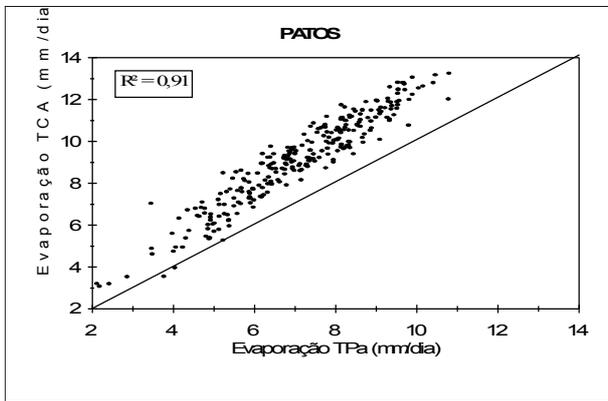


Figura 19 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA) para o período quente em Patos.

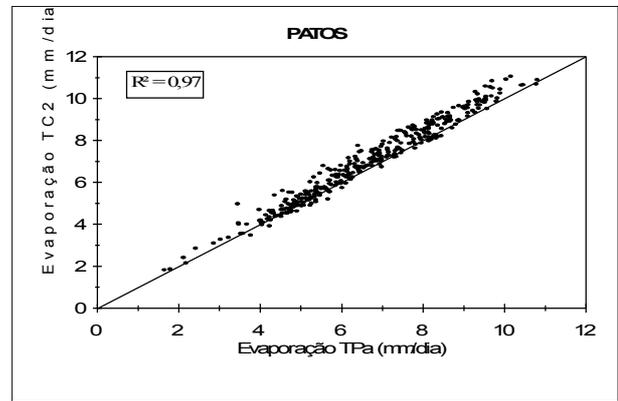


Figura 22 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque tubular de cimento de 0,5 m de profundidade (TC2), para todo o período em Patos.

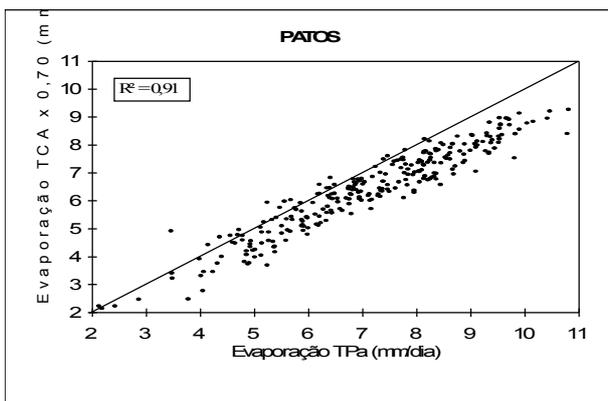


Figura 20 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e o tanque classe A corrigido para o período quente em Patos.

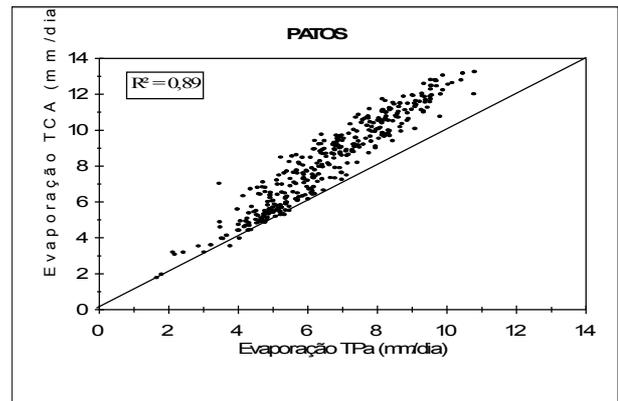


Figura 23 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A (TCA), para todo o período em Patos.

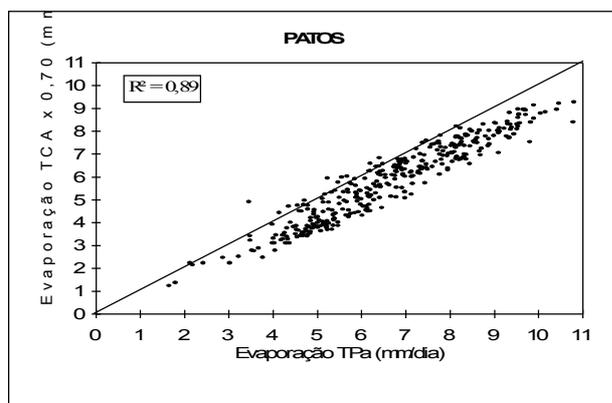


Figura 24 - Relação entre a evaporação do tanque padrão (TPa) e do tanque classe A corrigido, para todo o período em Patos.

As análises anteriores indicam que os dados levantados tanto em Boqueirão como em Patos em nenhum dos períodos estudados, o valor médio do coeficiente (K_p) do tanque classe A assumiu o valor tradicionalmente adotado de 0,70. Constatase ainda que principalmente no período frio e úmido, a exemplo dos tanques TC1 e TC2, o tanque Classe A, também apresentou valor elevado de K_p (Boqueirão 0,90; Patos 0,92). Além disso, mesmo no período quente o menor valor observado de K_p foi de 0,79 em Boqueirão e 0,78 em Patos, o que supera o valor tradicionalmente usado em mais de 10%. Deste modo, nem no verão, época em que o K_p teoricamente deveria assumir o menor índice, o valor de 0,70 foi observado. Oliveira (1971) tomando como padrão o tanque de 20 m², obteve para as condições de Piracicaba, um coeficiente médio para o tanque Classe A de 0,76. Em síntese, os resultados indicam que nas duas regiões estudadas, independentemente da época do ano (Pfrio, Pquente e Ptotal), a evaporação medida no tanque Classe A ao ser multiplicada por 0,70 subestima a evaporação real, e essa subestimação torna-se muito mais acentuada quando isso é feito no período frio e úmido. Os totais mensais de evaporação registrados nos quatro tanques evaporimétricos para o período de abril/2002 a março/2003 em Boqueirão e Patos, apresentados nas Figuras 25 e 26, confirmam a subestimação da evaporação do tanque Classe A. Nessas Figuras, vê-se que nos meses frios (abril a junho), seria muito mais correto usar o dado bruto da evaporação do tanque

Classe A, do que o dado multiplicado pelo fator 0,70 como é usual. Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes mensais para os tanques TC1, TC2 e TCA obtidos nas duas áreas estudadas de abril/2002 a março/2003. Observa-se que mesmo a nível mensal o menor coeficiente encontrado para o tanque classe A foi de 0,76 no mês de setembro em Boqueirão e em Patos em novembro e dezembro. Portanto, o valor de 0,70 também não foi observado em nenhum mês nas duas regiões.

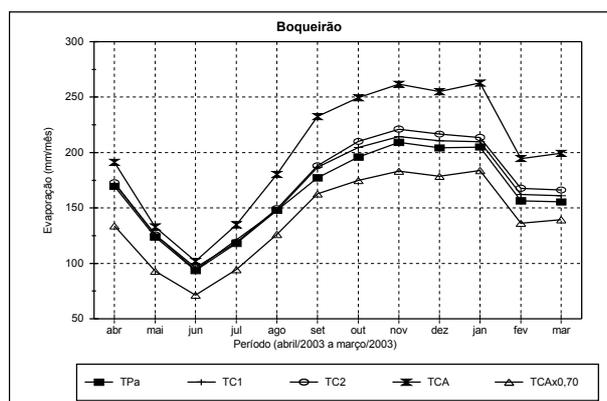


Figura 25 - Evaporação mensal nos tanques: padrão (TPa), 1m (TC1) e 0,5m (TC2) de profundidade e classe A (TCA) no período de abril/2002 a março/2003 em Boqueirão.

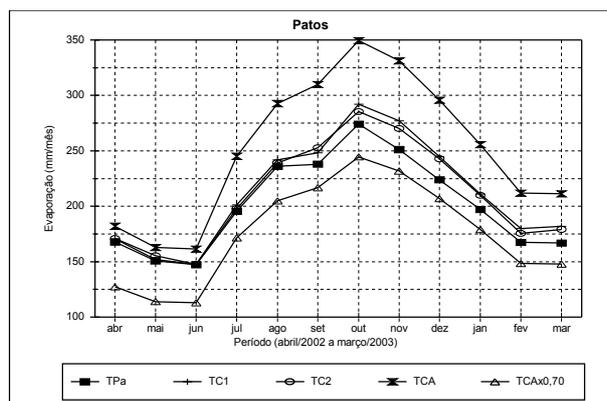


Figura 26 - Evaporação mensal nos tanques: padrão (TPa), 1m (TC1) e 0,5m (TC2) de profundidade e classe A (TCA) no período de abril/2002 a março/2003 em Patos.

Tabela 3 - Coeficiente mensal dos tanques TC1, TC2 e TCA para o período de abril de 2002 a março de 2003 em Boqueirão e Patos.

| Boqueirão | | | Patos | | | |
|-----------|------|------|-------|------|------|------|
| Mês | TC1 | TC2 | TCA | TC1 | TC2 | TCA |
| Jan | 0,98 | 0,96 | 0,78 | 0,93 | 0,94 | 0,77 |
| Fev | 0,95 | 0,92 | 0,80 | 0,93 | 0,95 | 0,79 |
| Mar | 0,97 | 0,94 | 0,78 | 0,90 | 0,92 | 0,78 |
| Abr | 0,99 | 0,98 | 0,89 | 0,98 | 0,98 | 0,92 |
| Mai | 0,99 | 0,99 | 0,93 | 0,99 | 0,97 | 0,93 |
| Jun | 0,99 | 0,97 | 0,92 | 1,00 | 1,00 | 0,91 |
| Jul | 0,97 | 0,99 | 0,87 | 0,97 | 0,99 | 0,80 |
| Ago | 1,00 | 0,99 | 0,82 | 0,98 | 0,99 | 0,81 |
| Set | 0,95 | 0,94 | 0,76 | 0,96 | 0,94 | 0,77 |
| Out | 0,96 | 0,93 | 0,79 | 0,94 | 0,96 | 0,78 |
| Nov | 0,98 | 0,95 | 0,80 | 0,91 | 0,93 | 0,76 |
| Dez | 0,97 | 0,94 | 0,80 | 0,91 | 0,92 | 0,76 |

CONCLUSÃO

- 1) Mesmo nos meses quentes nem em Patos na microrregião mais quente, o sertão, nem em Boqueirão no Cariri uma microrregião um pouco menos quente, foi observado o Kp de 0,70 tradicionalmente usado para corrigir a evaporação obtida no tanque classe A. Os menores valores encontrados de Kp para o tanque classe A, foram superiores em mais ou menos 10% ao valor tradicional. Deste modo, nesses locais estudados, às medidas do tanque Classe A, ao serem multiplicadas pelo coeficiente 0,70 não irão representar estimativas corretas da evaporação. Da mesma forma, essa correção também não poderá representar estimativa correta para outros locais com condições climáticas semelhantes às estudadas.
- 2) Diante do exposto, fica muito claro que o uso do coeficiente 0,70 ao invés de corrigir, contribui para subestimar a evaporação obtida no tanque classe A, produzindo maior subestimação durante o período frio e úmido. Isso reforça a idéia de que para obter-se estimativas mais precisas de evaporação em açudes, algo fundamental e indispensável à gestão eficiente dos recursos hídricos, é muito importante ter-se coeficientes de tanque adequados para cada região climática.

- 3) Os tanques tubulares de cimento de 1,8 m² de área e profundidade de 1,0 (TC1) e 0,5m (TC2) respectivamente, por serem enterrados e mais naturais, terem maior lâmina e volume de água, apresentam uma inércia térmica que ameniza mais o aquecimento da água do que o tanque Classe A, o qual, por ser de metal e ter o inconveniente de ser operado com uma lâmina d'água de apenas 20cm de profundidade, é muito mais aquecido. Portanto, os tanques tubulares de cimento TC1 e TC2 usados nesta pesquisa mostraram-se bem mais precisos do que o tanque classe A para medir evaporação nas condições estudadas. Deste modo, o uso desses tanques pode representar uma alternativa bem menos onerosa e mais precisa para medir evaporação. O custo médio desse tipo de tanque representa apenas cerca de 15% do valor do tanque classe A. Esse dado é muito relevante, visto que, tendo-se custos menores abre a possibilidade de que muito mais postos de medição fossem instalados, o que iria contribuir para uma gestão bem mais eficiente dos recursos hídricos em muitos locais.
- 4) Finalmente, considerando que embora este seja um estudo preliminar que deve ter continuidade para que haja um maior aprofundamento desta questão tão importante para a região semi-árida, sugere-se que ao invés de se usar o coeficiente de 0,70 para corrigir a evaporação do tanque classe A, fossem usados coeficientes sazonais ou mensais ajustados para cada microrregião. Em particular, para as microrregiões aqui estudadas, os coeficientes sazonais ou mensais apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 poderiam servir como referência.

REFERÊNCIAS

- BRUTSAERT, W., YEH, GT. *Implications of a type of empirical evaporation formula for lakes and pans*. Water Resources Research, v.6, n.4, p.1202-1208. 1970.
- CAMPOS, J.N.B. *Estudo comparativo da eficiência hídrica entre grandes e pequenos reservatórios*

- para a região Nordeste do Brasil. VIII Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos, Anais 1, p.193-201. Foz de Iguaçu, PR, 1989.
- MORTON, F.I. *Operational estimates of lake evaporation*. Journal of Hidrology, Amsterdam, n.66, p. 77 – 100. 1983.
- OLIVEIRA A.S. *Estudos comparativos da evaporação potencial estimada por tanques e pelo método de Penman*. ESALQ/USP. 113p. (Tese de Livre – Docência) 1971.
- SILANS, A.M.B.P. *Diminuição da evaporação em açudes do Nordeste através de plantas aquáticas*. Limnologia e Manejo de Represas. São Paulo, v.1, p.344-370. 1989.
- SILVA, A. S. L. *Uso de tanque de cimento amianto como alternativa para medir a evaporação*. Dissertação de Mestrado, DCA – CMM TD Nº 04, UFPB, Campina Grande, PB, 93 p., 2000.
- WMO. *Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration*. Geneva, W.M.O., 1965. 174 p.
- WMO. *Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration*. WMO-No.201, TP.105, Geneva, 121 p, 1966.
- WMO. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. Sixth edition, Geneva, WMO-No.8, cap.10, 1996.

found that the use of tubular cement tanks is a more natural condition and a more accurate alternative to measure evaporation than the Class A pan, and costs considerably less.

Key-words: evaporation, coefficient (Kp), tubular cement tanks.

ESTIMATION OF EVAPORATION AND ANALYSIS OF THE USE OF COEFFICIENT (K_p) OF THE CLASS A PAN IN THE CARIRI AND SERTÃO DA PARAÍBA REGIONS

ABSTRACT

The present study is based on research conducted in the cariri and sertão regions of Paraíba, specifically in the cities of Boqueirão (lat. 07 29'S; long. 36 07'W; alt. 380m) and Patos (lat. 07 01'S; long. 37 17'W; alt. 250m), during the period from April 01, 2002 to March 31, 2003. The two cities mentioned are separated by Borborema Plateau and are about 140 km apart. The research was to analyze the efficiency of the coefficient (K_p) of the Class A evaporation pan traditionally used (0.70) to estimate evaporation in the aforementioned regions, as well as to study the feasibility of using other types of evaporation tanks, more appropriate for the semi-arid region and at a lower cost. The results showed that coefficient 0.70 instead of correcting contributed to underestimating the evaporation obtained in a Class A pan, producing larger underestimation during the humid period. It was also