

ESTIMATIVAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE PENMAN-MONTEITH E RAZÃO DE BOWEN, A PARTIR DA CONFECÇÃO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS.

Gilberto Barbosa CARDOSO¹, Thales Vinícius de Araújo VIANA², João Hélio Torres D'ÁVILA³, Benito Moreira de AZEVEDO⁴, Francisco de SOUSA⁵

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, observa-se um decréscimo contínuo da quantidade de água potável disponível para as utilizações urbanas, industriais e agrícolas. Em conseqüência, fazem-se necessárias pesquisas visando a um uso mais racional da água, principalmente, a potável. Uma das maneiras de se usar racionalmente a água em projetos agrícolas é através da estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) a partir da quantificação da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente de cultivo (Kc).

A evapotranspiração de referência (ETo) pode ser obtida através de medidas diretas ou por estimativas. As medidas diretas, obtidas a partir de lisímetros, são pouco usadas nas propriedades agrícolas devido ao seu elevado custo. Existem vários métodos de estimativa da ETo. Entretanto, o que apresenta melhor conceituação internacional é o de Penman-Monteith.

Um outro método bastante utilizado para a estimativa da ETo é o do balanço de energia. Esse método representa a contabilidade das interações dos diversos tipos de energia com a superfície, constituindo-se, basicamente, na partição do saldo de radiação nos fluxos de calor latente de evapotranspiração e nos fluxos de calor sensível no ar e no solo. A metodologia do balanço de energia e, conseqüentemente, da razão de Bowen, também já foi amplamente avaliada e recomendada (STEDUTO e HSIAO, 1998; AZEVEDO, 1998) a partir de sistemas automáticos da razão de Bowen (Campbell Scientific). Entretanto, esses sistemas apresentam elevado custo, podendo ser substituído por psicrômetros confeccionados a partir de termopares (CUNHA, 1996).

O presente trabalho tem por objetivos analisar e comparar as estimativas diárias da evapotranspiração de referência (ETo) obtidas pelo método de Penman-Monteith com as obtidas pela metodologia da razão de Bowen, a partir de sistemas automáticos, alterando as posições dos braços com psicrômetros, em períodos secos e chuvosos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Fortaleza, CE (3° 44' S; 38° 33' W; 19,5 m). A cultura utilizada para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) foi a grama americana, área útil de 240 m² (12,0 m x 20,0 m), devidamente cercada, com bordadura aproximada de 5,0 m, em cada lado.

Dentro da área experimental, encontrava-se instalada uma estação meteorológica automática, da Campbell Scientific, com sensores de radiação líquida, fluxo de calor no solo, temperatura do ar, umidade atmosférica, velocidade do vento, etc. Coletaram-se os dados das diversas variáveis meteorológicas em quatro períodos de 14 dias: o primeiro período de 23/11 a 06/12 de 2001; o segundo de 09/12 a 22/12 de 2001; o terceiro de 17 a 30/01 de 2002; e o quarto de 06 a 19/02 de 2002.

Utilizou-se quatro períodos de coletas de dados para se variar à altura/distância dos psicrômetros instalados e se analisar os possíveis efeitos de condições diferentes de tempo.

Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) diária, através do método de Penman-Monteith (ETo PM), a partir de valores médios a cada 30 minutos, utilizou-se a equação de Penman-Monteith, 1965, descrita por VIANA (2001).

Estimou-se também a evapotranspiração de referência pela metodologia da razão de Bowen (RB). Para isso, inicialmente construiu-se um sistema razão de Bowen (SRB), sobre a área gramada da estação meteorológica. O SRB era constituído de: dois psicrômetros automatizados com termopares seco e úmido, de cobre-constantan, conectados a um sistema de aquisição de dados, CR10X. No primeiro período de coleta de dados os braços dos conjuntos psicrométricos foram colocados a 0,25 m e 1,0 m acima da cultura; no segundo, as alturas foram de 0,25 m e 1,25 m; no terceiro, 0,50 m e 1,25 m; no quarto período, 0,50 m e 1,50 m. As condições pluviométricas também foram observadas. No primeiro e segundo períodos não ocorreram precipitações pluviiais significativas; no terceiro, principalmente, e quarto períodos choveu quase que diariamente. A partir das informações obtidas com os termopares calculou-se a ETo pela metodologia do balanço de energia/razão de Bowen (ETo RB), descrita por VIANA (2001).

Os valores diários da ETo, de cada período de coleta de dados, estimados pelo método de Penman-Monteith e razão de Bowen, a partir de dados médios a cada 30 minutos, foram comparados através do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância de Wilmott (id) e do produto desses, denominado de índice "c", e descrito por CAMARGO e SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro período de coleta de dados (1ºPCD) o total da ETo PM foi de 68,82 mm, com média de 4,92 mm.dia⁻¹, enquanto que o total da ETo RB foi de 56,93 mm, com média de 4,07 mm.dia⁻¹ (Figura 01). Observa-se que a ETo RB representou 83,38 % da ETo PM, ou seja, subestimou a ETo PM em 16,42%. Observa-se que o valor do coeficiente de correlação foi de 0,72, implicando em uma boa correlação entre os valores estimados. O valor do "id" foi de 0,63, mostrando mediana precisão entre as estimativas. Por conseguinte, o índice "c" apresentou um valor de 0,45, considerado de mau desempenho.

O mau desempenho das estimativas neste período pode estar relacionado à pequena distância (0,75 m) entre os dois braços com psicrômetros, e também, por encontrarem-se muito próximos da superfície da grama. Ressalta-se, que posições próximas à grama devem facilitar a ocorrência de gradiente, principalmente, do vapor d'água. Entretanto, sob condições de baixa umidade atmosférica, em função do prolongamento da estação seca, a área tampão pode não ter sido suficiente para evitar a contínua redução da umidade na superfície pelo efeito advectivo.

¹ M.Sc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFC, Bolsista da CAPES;

² Professor adjunto, Doutor, UFC, e-mail thales@ufc.br;

³ Professor, Doutor, UFC;

⁴ Professor adjunto, Doutor, UFC, e-mail benito@ufc.br ;

⁵ Professor aposentado, Phd, UFC.

Os valores diários da ETo PM e os da ETo RB para o 1ºPCD estão apresentados na Figura 01.

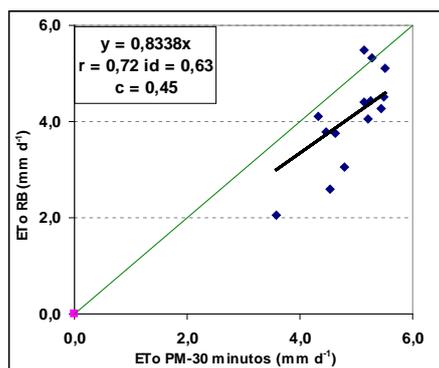


Figura 01 – Correlação entre ETo PM versus ETo RB, no primeiro período de coleta de dados.

O valor do coeficiente de correlação para o segundo período de coleta de dados (2ºPCD) foi de 0,85, mostrando uma ótima correlação. O valor do “id” foi de 0,88, implicando em uma ótima precisão. O valor do índice “c” foi de 0,75, mostrando um desempenho muito bom do método da RB. Nota-se, que com o aumento da distância entre os braços, do 1ºPCD para o 2ºPCD, houve alterações significativas nos valores dos índices.

Como o desempenho da metodologia foi muito diferente do 1ºPCD para o 2ºPCD sob condições atmosféricas semelhantes, isto pode indicar ser vantajosa à posição dos braços nas alturas 0,25 e 1,25 m (distância de 1,0 m), ao invés de 0,25 e 1,0 m (distância de 0,75 m). Os resultados satisfatórios obtidos com as posições dos braços a 0,25 e 1,25 m estão de acordo com os obtidos por AZEVEDO (1999), utilizando um sistema razão de Bowen confeccionado pela Campbell Scientific.

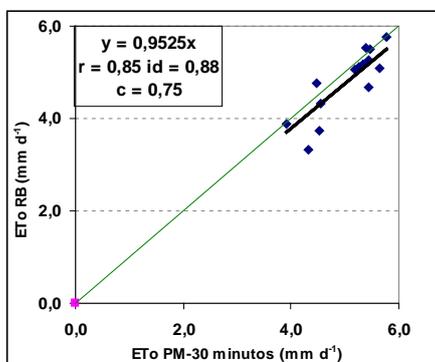


Figura 02 – Correlação entre ETo PM versus ETo RB, no segundo período de coleta de dados.

Os valores diários da ETo PM e os da ETo RB para o 3ºPCD estão apresentados na Figura 03. Neste período os dois braços do SRB foram posicionados nas alturas 0,50 e 1,25 m, acima do solo. Foi um período muito chuvoso e, em oposição aos anteriores, a ETo RB mostrou-se superior a ETo PM em quase todos os dias, com as estimativas apresentando ótimas linearidade ($r = 0,99$) e precisão ($id = 0,96$).

No 4ºPCD foram obtidos os seguintes valores para os coeficientes de correlação e de Wilmott: 0,90 e 0,81, respectivamente e o valor do índice “c” foi de 0,73 (Figura 04). Nota-se, em oposição ao registrado do 1ºPCD para o 2ºPCD, que apesar do aumento da distância entre os braços do 3ºPCD para o 4ºPCD, ocorreu redução no valor do índice “c”. Ressalta-se, uma redução das chuvas no 4ºPCD.

Trabalhos anteriores mostraram um bom desempenho da metodologia da razão de Bowen (KROON, 1989; STEDUTO e HSIAO, 1998; AZEVEDO, 1999). Entretanto, os resultados aqui obtidos mostraram haver uma dependência da metodologia com relação à altura dos sensores e às condições do tempo. Recomenda-se a realização de trabalhos com vários SRB ao mesmo tempo, com braços posicionados em alturas diferentes, em períodos secos e chuvosos, visando à comprovação ou não dessas hipóteses.

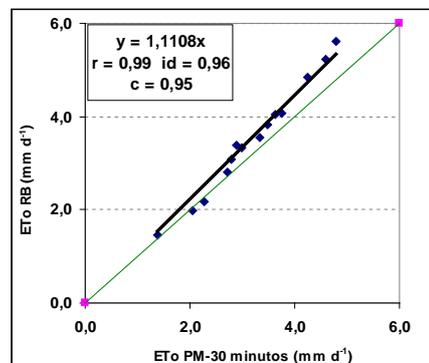


Figura 03 – Correlação entre ETo PM versus ETo RB, no terceiro período de coleta de dados.

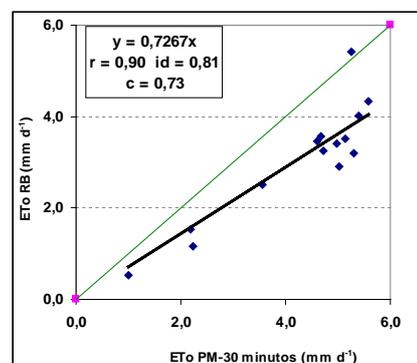


Figura 04 – Correlação entre ETo PM versus ETo RB, no quarto período de coleta de dados.

CONCLUSÕES

As condições do tempo e as posições dos braços do sistema razão de Bowen apresentam grande influência sobre o desempenho da metodologia nas estimativas da ETo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, B.M. **Evapotranspiração de referência obtida com a razão de Bowen, lisímetro de pesagem e equação de Penman-Monteith utilizando sistemas automáticos**. Piracicaba, 1999. 81p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n. 1, p.89-97, 1997.
- KROON, L.J.M. Profile derived estimation of evaporation after a change in vegetative cover: a numerical approach. **IAHS-Publication**, v.177, p.175-183, 1989.
- STEDUTO, P.; HSIAO, T.C. Maize canopies under two soil water regimes. IV. Validity of Bowen ratio-energy balance technique for measuring water vapor and carbon dioxide fluxes at 5-min intervals. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.89, p.215-228, 1998.
- VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. Piracicaba, 2001. 138p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.