SENSIBILIDADE DO MÉTODO DE LINACRE NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Willames A. Soares

Universidade de Pernambuco

55294-902, Rua capitão Pedro Rodrigues, 105, São José, Garanhuns, PE

willamess@yahoo.com.br

Carlos A. B. Almeida; Irami B. Amazonas; Rodrigo Uchikawa

Departamento Energia Nuclear

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Luiz Freire, 1000.

almeidacarlos2003@yahoo.com.br, iramiamazonas@yahoo.com.br, bubau@uol.com.br

Resumo: Evapotranspiração é um assunto bastante simples do ponto de vista teórico, porém no lado prático das medições, torna-se bastante complexo e difícil. São inúmeros os métodos de sua estimativa. Muitos métodos têm aceitação quase que unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezado. Os critérios de rejeição nem sempre são bem esclarecidos, pois vários métodos empíricos têm aceitação quase universal. Logo as críticas e elogios devem sempre ser tomados com muito cuidado e critério. Dentre os métodos de estimativa existentes, o proposto por Linacre considera a temperatura do ar como única variável local para estimar a evapotranspiração média ($mm.d^{-1}$) de uma área bem suprimida de umidade. Neste método ainda é necessário a determinação da altitude e latitude. Por se tratar de uma técnica muito dependente da temperatura, utilizou-se a metodologia de análise de superfície para investigar a influência de pequenas variações (ou erros) na determinação da temperatura na estimativa da evapotranspiração. No método da análise de superfície, executa-se o código, cujo modelo contém o sistema direto, tantas vezes quantas perturbações dos parâmetros sejam necessárias estudar, a fim de se determinar o coeficiente de sensibilidade. Como era esperado, o método de Linacre se mostrou bastante sensível aos erros associados na determinação da temperatura do ar.

Palavras-chave: Análise de Sensibilidade; Método de Linacre; Evapotranspiração

Introdução

Em regiões agrícolas, o conhecimento da quantidade da evapotranspiração é muito importante na avaliação da severidade, distribuição e freqüência dos déficits hídricos, elaboração de projetos e manejo de sistemas de irrigação e drenagem.

Os métodos empíricos possuem limitações conhecidas tanto por seus críticos como por seus autores. Eles podem fornecer valores de consumo de água para uso em balanço hídrico e, nas melhores condições, valores que são, pelo menos, tão precisos quanto os que podem ser obtidos por medidas diretas mais facilmente. Um valor estimado do consumo de água por um método empírico, mesmo o mais simples, é melhor do que não possuir nenhuma informação. Sabe-se, ainda, que fórmulas empíricas mais simples são as mais usadas, não por sua universalidade ou precisão, mas, devido a impossibilidade do uso medidas mais consistentes [2].

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que pode ser utilizada a favor de uma modelagem mais eficiente. Os efeitos das incertezas dos dados de entrada de um modelo computacional devem ser quantificados, uma vez que para cada aplicação é necessário um conjunto de dados, que depende da região e da cultura a ser modelada. Esses dados de entrada são apenas aproximações das propriedades reais.

Uma análise de sensibilidade pode ser feita por três diferentes métodos: o analítico, o direto, também conhecido como construção da superfície de resposta, e o perturbativo diferencial.

No método analítico, o coeficiente de sensibilidade é calculado pela derivação da solução analítica, quando existir, em relação ao parâmetro de interesse.

No método direto executa-se o código, cujo modelo contém o sistema direto, tantas vezes quantas perturbações dos parâmetros sejam necessárias estudar.

No método perturbativo diferencial formulam-se um sistema de equações que fornece a solução das variáveis e um sistema de equações derivado e seu correspondente sistema de equações adjunto, que

fornecerá a solução das variáveis adjuntas. Depois se obtêm os coeficientes de sensibilidade por meio de operações envolvendo as soluções direta e adjunta. A principal vantagem dos métodos perturbativos é a obtenção das sensibilidades desejadas com relação às variações dos parâmetros com apenas uma execução do código direto e uma execução de um código adjunto [3].

O método de Linacre considera a temperatura do ar como única variável local para estimar a evapotranspiração média (mm.d^{-1}) de uma área bem suprimida de umidade, ou seja, a evapotranspiração estimada por este método é muito dependente da temperatura do ar. Desta forma, o objetivo deste estudo foi investigar a influência de pequenas variações (ou erros) na determinação da temperatura na estimativa da evapotranspiração por este método, utilizando a metodologia de análise de superfície.

Método de Linacre

Para estimativa da evapotranspiração mensal média (mmd^{-1}) de uma área bem suprida de umidade Linacre [1] propôs as seguintes aproximações:

$$ET_0 = \frac{J \cdot \frac{T_a - 0,006 \cdot z}{100 - \phi} + 15\left(T_a - T_o\right)}{80 - T_a}$$

Sendo z a altitude (m), T_a a temperatura média do ar (ºC), ϕ a latitude local (º), T_o a temperatura em ponto de orvalho (ºC) e J uma constante, igual a 500, para uma vegetação, e 700, para uma superfície com água livre, como um lago ou uma represa. A altitude transforma a temperatura local em equivalente ao nível do mar, em função do gradiente adiabático úmido médio (≈ 6 ºC/1000m).

Este método tem sido usado para estimar em períodos menores que um mês. Para esta finalidade os valores de T_0 devem ser medidos ou estimados com valores médios da umidade relativa e da temperatura, isto é:

$$T_o = \frac{237,3 Log\left(e_a\right) - 156,8}{8,16 - \log(e_a)}$$

Sendo e_a a pressão de vapor, calculado por:

$$e_a = e_s(T) \cdot 0,01 \cdot UR$$

Em que UR é a umidade relativa média (%) e $e_s(T)$ é a pressão de vapor de saturação à temperatura T, em mmHg, estimada por:

$$e_a = A \cdot e^{\left[\frac{17,27 \cdot t}{237,3 + t}\right]}$$

Sendo A = 4,58 mmHg e t em ºC.

Análise de Sensibilidade

O valor considerado como padrão para a temperatura do ar foi de 20ºC. O intervalo considerado para a análise da influência na determinação da evapotranspiração foi de ±1º, com variações de 0,2ºC. Na tabela 1 estão apresentados os valores utilizados neste estudo, acompanhado pelos seus respectivos valores percentuais.

Todos estudos estão sujeitos a erros, que são ocasionados pelo observador e pela própria natureza dos instrumentos de medição utilizados. A temperatura do ar medida por meio de um psicrômetro de termopares do tipo T possui uma acurácia de ± 1ºC [4].

Tabela l: Valores da temperatura do ar.

Temperatura (ºC)	Variação (%)
19,0	-5
19,2	-4
19,4	-3
19,6	-2
19,8	-1
20,0	Padrão
20,2	+1
20,4	+2
20,6	+3
20,8	+4
21,0	+5

Para avaliar a influência da temperatura do ar na estimativa da evapotranspiração, utilizou-se o índice de sensibilidade (I_s):

$$I_s = \frac{v - vp}{vp}$$

Sendo vp o valor de referência da evapotranspiração (obtido para a temperatura de 20ºC), e v o valor da evapotranspiração encontrada após a perturbação.

Resultados

Na Figura 1 estão apresentadas as variações na estimativa da evapotranspiração, em função das perturbações nos valores da temperatura do ar. Observa-se que as perturbações positivas e negativas nos valores da temperatura do ar influenciam as estimativas da evapotranspiração na mesma magnitude.

Um erro na medição da temperatura do ar de ± 1°C faz com que a evapotranspiração estimada apresente um erro de ± 0,4 mm. Com a utilização de um psicrômetro de termopares do tipo T, que possui uma acurácia de ± 1ºC [4], o valor da evapotranspiração

estimada, a parti de uma medida de 20°C, estará dentro do intervalo entre [1,84;2,60].

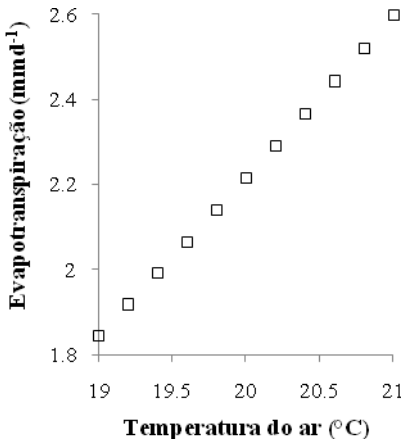

Figura 1 – Valores estimados da evapotranspiração em função da pertubação da tempertura do ar.

Na Figura 2 está apresentado os erros percentuais encontrados na estimativa da avapotranspiração, em função dos erros da temperatura do ar.

Observa-se que os erros apresentam um comportamento linear. Um erro equivalente a 1% no valor da temperatura do ar, ou seja, caso a temperatura real seja de 20°C e o valor obtido pelo instrumento de medida seja de 20,2°C, a evapotranspiração estimada acumulará um erro de 3%.

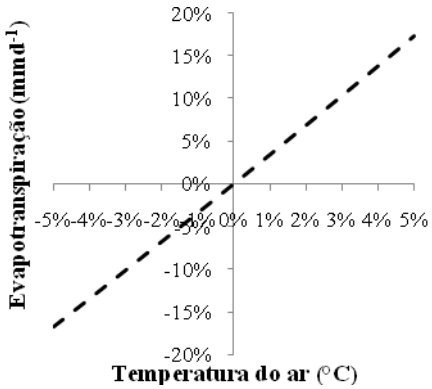

Figura 2 – Variação da evapotranspiração, devido a pertubação da temperatura.

Como os erros da evapotranspiração associados as perturbações da temperatura do ar apresentou um comportamento linear, a margem de erro da evapotranspiração estimada pode ser determinada por:

$$v = 3,39 \cdot tv$$

Sendo *v* o valor da evapotranspiração encontrada após a perturbação e *tv* a perturbação da temperatura do ar.

Conclusão

O método de Linacre apresenta uma sensibilidade muito grande aos valores da temperatura do ar. Pequenas perturbações nos valores da temperatura do ar acarretam mudanças significativas nos valores estimados da evapotranspiração.

Um erro de ± 5% acarretará numa evapotranspiração com uma margem de erro de ± 17%.O método só deve ser utilizado quando os instrumentos utilizados apresentarem uma precisão de no máximo 5%.

Referências

[l] E. T. Linacre, A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. *Agricultural Meteorology*, 18(1977), 409-424.

[2] H. L Penman, Evaporation, transpiration and evapotranspiration. In: Vegetation and hydrology. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux., pp.30-50, 1963.

[3] CASTRILLO, L. S.; LIMA, F. R. A.; BALIÑO, J. L. Aplicações de métodos perturbativos para análise de sensibilidade em escoamentos bifásicos. Mecânica Computacional Vol. XXIII, pp. 2759-2778, 2004

[4] J. E. P. Turco; D. Perecin, D. L. Pinto Jr. Influência da acurárcia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. Irriga 13 (2008), 63-80.