

# A UMIDADE DO SOLO E A EVAPORAÇÃO DA ÁGUA EM UM SOLO BRUNO NÃO CÁLCICO NÃO VEGETADO, EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS.<sup>1</sup>

José Vanglesio de AGUIAR<sup>2</sup>, Luiz Roberto ANGELOCCI<sup>33</sup>, e Marcos Vinicius FOLEGATTI<sup>3</sup> e Moisés Custódio Saraiva LEÃO<sup>2</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a evaporação da água em um solo Bruno Não Cálcico, em uma área da Fazenda Experimental da Universidade Federal do Ceará, a partir de uma equação utilizada na operacionalização do "Modelo de Umidade do Solo para atividades agrícolas" (MUSAG) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), que relaciona a evaporação com a umidade do solo na forma:  $E = E_{vp} (\Theta/k \cdot \Theta_0)^{-\gamma}$ , onde  $E_{vp}$  é a evaporação potencial, em mm/dia,  $\Theta$  é a umidade do solo em  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $\Theta_0$  é a umidade de saturação, em  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $k$  é um coeficiente variando de 0 a 1.0 que indica o nível da umidade do solo, onde já ocorre a evaporação potencial e  $\gamma$  é um parâmetro indicativo da variação de  $E$  com a umidade do solo (ANDRADE, 1995).

O estudo foi desenvolvido para as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100cm, ajustando-se uma equação para cada profundidade. A evaporação potencial foi determinada a partir de um tanque Classe A,  $\Theta_0$  diretamente no campo e os parâmetros  $k$  e  $\gamma$  por regressão linear, onde os valores de  $\Theta$  foram determinados com uma sonda de neutrons e os valores de  $E$ , através do balanço hídrico para os dias sem chuva.

As equações ajustadas foram utilizadas na avaliação do MUSAG, obtendo-se resultados satisfatórios para todas as profundidades, com exceção de 40 cm, de acordo com os parâmetros estatísticos constantes no Quadro 1.

**PALAVRAS-CHAVE:** evaporação, umidade do solo, equação de evaporação

## INTRODUÇÃO

A evaporação da água do solo reveste-se de grande importância na estimativa do armazenamento da água do solo, sendo esta uma informação primordial para a resolução de problemas como o manejo da irrigação, a escolha da época de plantio, o consumo de água pelas culturas, etc. Para a estimativa da evaporação da água do solo, existe um grande número de métodos de diferentes complexidades, envolvendo medidas diretas e utilização de fórmulas empíricas e semi-empíricas. Para a medida direta de evaporação tem sido utilizados tanques de evaporação, lisímetros, balanço de energia, balanço hídrico e depleção da água do solo; embora tais medidas possam dar bons resultados, nem sempre é possível a sua realização, na maioria das regiões semi-áridas. A utilização de fórmulas, em geral, dependem da disponibilidade de dados relacionados à temperatura, radiação solar, umidade, velocidade do vento, insolação, coeficientes de rugosidade, etc. os quais também são escassos (SALIH & AL-SHA'LAN, 1987).

A evaporação da água em um solo não vegetado, pode ser estimada com a utilização da equação do fluxo não saturado, numa só dimensão, sob condições isotérmicas num perfil homogêneo e com umidade inicial uniforme, segundo a equação:  $\partial\Theta/\partial t = \partial/\partial z [D(\Theta) \cdot \partial\Theta/\partial z]$  (BLACK et al. 1969). Para  $\Theta = \Theta_i$ ,  $z \geq 0$ ,  $t = 0$ ; para  $\Theta = \Theta_s$ ,  $z = 0$ ,  $t > 0$ , onde  $\Theta_i$  é o conteúdo inicial de água, constante para  $t = 0$  e  $z \geq 0$ ,  $\Theta_s$  é o conteúdo de água em  $z = 0$ , constante para  $t > 0$ ,  $z$  é a distância de  $D(\Theta)$  é a difusividade da

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP.

<sup>2</sup> Professores Adjuntos do Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Campus do Pici, Bloco 804, CEP 60.450-760. Fone (085) 288.9766, Fax: (085) 288.9756 E-mail jvaguaiar@ufc.br e moises@ufc.br, respectivamente.

<sup>3</sup> Professores associados da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba-SP, Fone (019) 429.4217, Fax (019) 433-0934, E-mail: lrangelo@carpa.ciagri.usp.br e mvfolega@carpa.ciagri.usp.br, respectivamente

água no solo, mostrando que a umidade do solo, além da disponibilidade de energia e da natureza da interface solo-ar, influi no fluxo de água do solo para a atmosfera.

O objetivo do presente trabalho, foi ajustar uma função de evaporação para um solo Bruno não cálcico, em uma região semi-árida, tendo a umidade como variável independente, e testá-la em condições de campo, com dados obtidos a partir do balanço hídrico, para as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 cm.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em área da Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, no município de Pentecoste, em região de clima semi-árido, com temperatura média do ar da ordem de 27° C e precipitação média de 750 mm anuais. O solo pertence à classe Bruno não cálcico com textura arenosa no horizonte Ap e argilosa no horizonte Bt.

Com o intuito de se verificar as características de transmissão de água do solo, foi determinada a condutividade hidráulica para as profundidades estudadas pelo método de LIBARDI et al. (1980) A equação ajustada foi do tipo  $E = E_{vp} (\Theta/k.\Theta_0)^\alpha$ , para  $0 \leq \Theta \leq k.\Theta_0$ . Para  $\Theta \geq k.\Theta_0$ ,  $E = E_{vp}$ , onde E é a evaporação real mm/dia;  $E_{vp}$  é a evaporação potencial, em mm/dia;  $\Theta$  é a umidade do solo, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ;  $\Theta_0$  é umidade de saturação, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ; k é um coeficiente cujo valor varia de 0 a 1,0 e indica até que percentual da umidade de saturação ainda ocorre a evaporação em nível potencial; e  $\alpha$  é um parâmetro indicativo de como E varia, quando varia a umidade do solo.

Os valores de E foram obtidos através do balanço hídrico nos 63 dias sem chuva segundo a equação:  $E = \text{Arm}_{i-1} - \text{Arm}_i - Q$ , onde  $\text{Arm}_i$  é o armazenamento na camada considerada no dia i,  $\text{Arm}_{i-1}$  é o armazenamento da camada considerada, no dia i-1 e Q é o volume da drenagem interna, calculada em condições de campo. A determinação de  $E_{vp}$  foi feita a partir de um Tanque Classe A, e a medida de  $\Theta$  foi realizada com o uso de uma sonda de neutrons TROXLER Série 3300 em oito tubos de acesso. Para obtenção dos parâmetros  $\alpha$  e k, para cada profundidade estudada (20, 40, 60, 80 e 100cm), foram plotados os dados de  $\log E$  e  $\log (\Theta/\Theta_0)$ , e utilizada a técnica de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evaporação potencial ao longo de 5 (cinco) meses (fevereiro a junho/95), alcançou uma média de 3,67 mm/dia, enquanto as médias mensais variaram de 2,33 a 4,78 mm/dia. A evaporação do tanque apresentou valores mínimos no mês de abril e maio (2,33 e 3,40 mm/dia, respectivamente), devido à redução da irradiância global, do déficit de saturação do ar e, em consequência, dos gradientes de concentração de vapor d'água entre o ar e a superfície evaporante, coincidindo também com os meses de maior precipitação.

As equações ajustadas foram: 20 cm:  $E = 3,67 (\Theta/0,9055)^{2,8742}$

40cm:  $E = 3,67 (\Theta/0,9845 \cdot 0,2818)^{6,2045}$ ; 60 cm:  $E = 3,67 (\Theta/1,0 \cdot 0,3258)^{4,3856}$ ;

80cm:  $E = 3,67 (\Theta/1,0 \cdot 0,3795)^{2,5352}$ ; 100cm:  $E = 3,67 (\Theta/1,0 \cdot 0,3450)^{3,868}$

O valor de k nas equações ajustadas aumenta com a profundidade, evidenciando que a camada superficial governou o fluxo evaporativo, já que este atinge a condição potencial para uma fração menor da umidade de saturação, em relação às camadas mais profundas; o seu valor próximo de 1,0 para as camadas de 20 e 40 cm (0,9045 e 0,9845 respectivamente), mostra que nas condições climáticas estudadas, o estágio em que a taxa de evaporação é constante com o tempo, é de curta duração, isto é, a influência dos fatores atmosféricos (radiação solar, temperatura, déficit de saturação, ventos) na intensidade do fluxo evaporativo, é bastante reduzida; a partir do momento em que a evaporação saiu da condição de potencial, as características do solo passaram a limitar a taxa de evaporação, reduzindo-a drasticamente, pela baixa capacidade das camadas inferiores no suprimento de água para a superfície evaporante, conforme a Figura 1., a qual mostra que a condutividade hidráulica para as camadas de 40 a 100 cm, é praticamente desprezível quando a umidade do solo se reduz a menos de 85% da umidade de saturação, enquanto para a profundidade de 20 cm, esse percentual cai para 66%.

Esta equação foi utilizada por AGUIAR (1997) na avaliação do "Modelo de umidade do solo para

atividades agrícolas” (MUSAG), adotado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) na estimativa da umidade do solo, cuja análise estatística revelou uma diferença nula entre a média do armazenamento medido e a média do armazenamento estimado pelo modelo, para as profundidades de 20, 60, 80 e 100 cm. (Quadro 1). Quanto a 40 cm, nesta profundidade existiu uma mudança textural brusca, que pode ter sido a causa da fraca resposta do modelo.

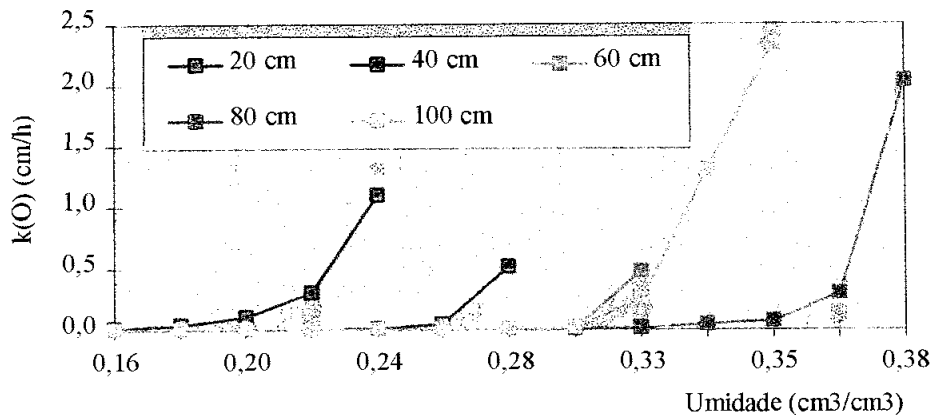


Figura 1 - Condutividade hidráulica como função da umidade.

Quadro 1. Resumo dos parâmetros da avaliação estatística do MUSAG no período de 11/2 a 30/06/95. Pentecoste - Ce.

Camada (cm)	Aest (mm)	Aobs (mm)	Desvio padrão	Erro padrão	Coe. Correl.	Cs	Cr	"t"
0-20	30,48	29,82	8,04	0,68	0,64	0,01	-1,21	0,63
0-40	72,43	65,59	16,95	1,44	0,58	-0,12	-1,23	3,86
0-60	93,80	93,24	10,86	0,92	0,73	-0,51	-0,98	0,39
0-80	173,87	177,98	18,73	1,59	0,90	-0,14	-1,27	1,14
0-100	205,40	211,66	25,35	2,15	0,85	-0,44	-1,39	1,52

Aest: Armazenamento estimado; Aobs: Armazenamento observado; Coef. Corre: Coeficiente de correlação; Cs: Coeficiente de assimetria; Cr: Coeficiente de curtose. "t" tabulado: (2,58)

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J. V. Parâmetros físico-hídricos de um solo sem cobertura vegetal e avaliação do "Modelo de Umidade do Solo para Atividades Agrícolas (MUSAG)". Piracicaba, 1997. 93p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- AL-SHA'LAN, S. A. & SALIH, A. M. A. Evapotranspiration estimates in extremely arid areas. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* v.113, n.4, p. 565-574.1987.
- ANDRADE, F. C. *Modelo de Umidade do Solo para Atividades Agrícolas (MUSAG)*. Fortaleza: FUNCEME, 1995.
- BLACK, T. A.; GARDNER, W. R. & THURTELL, G. W. The prediction of evaporation, drainage in soils water storage for a bare soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* V.33 p. 655-660, 1969
- LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R. & BIGGAR, J. W. Simplified field methods for estimating the insaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am.* v.44 p. 3-7, 1980.