

# TESTE E CALIBRAÇÃO DO “MODELO DE UMIDADE DO SOLO PARA ATIVIDADES AGRÍCOLAS”(MUSAG)<sup>1</sup>.

José Vanglesio de AGUIAR<sup>2</sup>, Luis Roberto ANGELOCCI<sup>3</sup>, Marcos Vinícius FOLEGATTI<sup>3</sup>; Vital Pedro da Silva PAZ<sup>4</sup>

**RESUMO:** O objetivo desta pesquisa foi testar o MUSAG em condições de campo, e determinar os parâmetros associados às funções de infiltração, percolação e evaporação que compõem o modelo. O teste consistiu em medir a umidade do solo a 20cm, 40cm, 60cm, 80cm e 100cm, e comparar com a estimada pelo modelo. A velocidade de infiltração, a condutividade hidráulica, a drenagem interna e a evaporação, foram determinadas como função da umidade do solo, e os parâmetros do modelo foram obtidos por regressão linear. Para todas as profundidades, à exceção de 40cm, os valores calculados de “t” estiveram sempre abaixo do valor tabulado, para  $\alpha = 0,01$ , concluindo-se que o modelo pode ser utilizado em condições de solo e clima semelhantes aos da região estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** umidade do solo, modelo de umidade, avaliação, MUSAG

**ABSTRACT:** The objective of this paper was to evaluate the model MUSAG, at field conditions, determining the infiltration parameters percolation and evaporation associated to the model. The soil moisture was measured at 20cm, 40cm, 60cm, 80cm e 100cm, and were compared with the predicted by the model. The infiltration rate, hydraulic conductivity, deep percolation and evaporation, was obtained as a function of soil moisture and the parameters of the model were determined by linear regression. For all depths, except 40 cm, the “t” values were always below the tabulated values, for  $\alpha = 0,01$ ; thus, the MUSAG may be used to estimate soil water content, in soils and climate similar to the experimental site.

**KEYWORDS:** soil moisture, moisture model, evaluation, MUSAG

**INTRODUÇÃO:** No Estado do Ceará, ocorre déficits hídricos em quase todas as regiões, os quais aliados às baixas e mal distribuídas precipitações, aumentam a possibilidade de fracasso nas colheitas e os custos com replantio. Molinas & Andrade (1991) desenvolveram o Modelo de Umidade do Solo para Atividades Agrícolas (MUSAG), destinado a orientar a distribuição de sementes para o plantio das lavouras de sequeiro, cujas funções de infiltração, percolação e evaporação foram ajustadas neste trabalho, para um solo Bruno não - cálcico, em Pentecoste-Ce. O modelo é composto das equações:  $US_f = US_i + I - Q - E$ ;

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

<sup>2</sup>Professor Adjunto do Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Campus do Pici, Bloco 804, Fortaleza-CE, Fone (085) 288-9766, E-mail: [jvaguilar@ufc.br](mailto:jvaguilar@ufc.br).

<sup>3</sup>Professor Associado ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11. CEP 13418-900. Piracicaba-SP Fone (019) 429-

4123, E-mail: [lrangelo@carpa.ciagri.usp.br](mailto:lrangelo@carpa.ciagri.usp.br).

<sup>5</sup> Doutor em Irrigação e Drenagem, ESALQ-FAPESP, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900-Piracicaba-SP, Fone

(019)429-4217, Fax (019)433-0934, E-mail: vpspaz@carpa.ciagri.usp.br

$V_i = I_f + (I_o - I_f) [(CC - US_f) / CC]^\alpha$ ;  $q = I_f (US / CC)^\beta$ ;  $EV = EVP (US / k \cdot CC)^\gamma$ , onde  $US_f$  e  $US_i$  são as umidades final e inicial do solo,  $I$  é o volume infiltrado,  $Q$  é o volume percolado,  $E$  é o volume evaporado,  $Esc$  é o volume escoado e  $P$  é a precipitação (em mm/dia);  $V_i$  é a velocidade de infiltração do solo;  $I_o$  é a capacidade máxima de infiltração;  $I_f$  é a velocidade de infiltração básica;  $CC$  é a capacidade de campo;  $q$  é a capacidade de percolação profunda;  $EV$  é a evaporação real;  $EVP$  é a evaporação potencial,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são parâmetros de ajuste da variabilidade da infiltração, percolação e evaporação, respectivamente; e  $k$  é um coeficiente que indica em que umidade do solo já ocorre a evaporação potencial.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi realizada numa área da Fazenda Experimental da Universidade Federal do Ceará, em um solo Bruno não-cálcico de textura arenosa no horizonte  $A_p$  e argilosa no horizonte  $B_t$ . A umidade do solo foi medida diariamente de 11/02 a 30/06/95 com uma sonda de neutrons em oito tubos de acesso e o armazenamento de água até 100cm, calculado pelo método de integração de Simpson. Os gradientes de potencial mátrico foram obtidos com 8 baterias de tensiômetros a 10, 30, 50, 70, 90 e 110cm e a condutividade hidráulica foi determinada pelo método de Libardi et al. (1980). Para determinação de  $I_o$  e  $I_f$ , foram realizados testes de infiltração, segundo o modelo de Kostiaikov, e a  $EVP$  foi obtida a partir do tanque Classe A. A partir dos testes de infiltração, das medidas da percolação, evaporação e umidade do solo, através de regressão linear foram ajustadas funções de  $V_i(\Theta)$ ,  $q(\Theta)$  e  $EV(\Theta)$  para determinação de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $k$ . Para avaliação do MUSAG, comparou-se o armazenamento medido em campo com o estimado pelo modelo parametrizado, através da estatística clássica, pelo cálculo do desvio padrão, desvio relativo, coeficientes de correlação, assimetria e curtose, e da estatística “t”.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Considerando a profundidade de 100cm, foram determinados:  $I_o = 1128,2$  mm/dia;  $I_f = 3,48$  mm/dia;  $\Theta = 0,3475$  cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>

$\alpha = 1,4726$ ;  $\beta = 24,09$ ;  $k = 1,0$ ;  $\gamma = 3,828$ ; e  $EVP = 3,67$  mm/dia. Medida a umidade no primeiro dia, foram estimados os armazenamentos subsequentes, a partir das funções de infiltração, percolação e evaporação ajustadas. Os armazenamentos calculados e observados são apresentados na Figura 1. Nos períodos de baixa umidade (13/02 a 24/03 e 15/06 a 30/06) o armazenamento estimado superou o observado para a profundidade de 20 e 40cm, enquanto na fase úmida ocorreu o contrário. Uma razão para isso, pode ser a subestimativa da evaporação pelo modelo na fase seca e superestimativa da percolação na fase úmida; na equação de infiltração adotada no modelo, quando  $CC = US$ ,  $V_i = I_f$ , para esta condição ser satisfeita, é necessário que o solo esteja saturado, isto é,  $US = \Theta_o$ , onde  $\Theta_o$  é a umidade de saturação. A análise estatística está sumarizada no Quadro 1. Os menores desvios relativos foram observados para 60, 80 e 100cm e os maiores em 20 e 40cm, coerente com a profundidade de 20cm quanto a velocidade de carga e recarga; quanto a 40cm, é possível que o modelo seja impróprio para estimar a umidade em profundidades coincidentes com a interface entre horizontes com diferenças texturais acentuadas. Os coeficientes de correlação foram significativos para todas as

profundidades, e os valores de “t” calculados, à exceção de 40cm, não excedem o valor tabulado(2,58) para o nível de significancia adotado (0,01).

**CONCLUSÕES:** O parâmetro CC originalmente utilizado na estimativa da infiltração, percolação e evaporação, deve ser substituído pela umidade de saturação( $\Theta_o$ ) para um melhor desempenho do modelo e coerência com os postulados da teoria da infiltração. A hipótese  $H:\mu_E - \mu_O = 0$  foi aceita, portanto, o modelo calibrado com os parâmetros  $I_o$ ,  $I_f$ ,  $\Theta_o$ , EVP,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e k, pode ser utilizado para estimar a umidade em condições de solo e clima semelhantes aos da área onde foi desenvolvida a pesquisa, embora para 40 cm, tenha havido um menor desempenho, possivelmente devido ao forte gradiente textural observado nessa profundidade, coincidente com a interface entre os horizontes  $A_p$  e  $B_t$ .

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Simplified field methods for estimating the insaturated hydraulic conductivity. **Soil Science. Society American**, v.44, p. 3-7. 1980.

MOLINAS, P. A.; ANDRADE, F. C. M. Modelo de umidade do solo para atividades agrícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, X E SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CONE SUL, I, Gramado, 1993. **Anais**. Gramado: 1993. v.III, p.136-145.

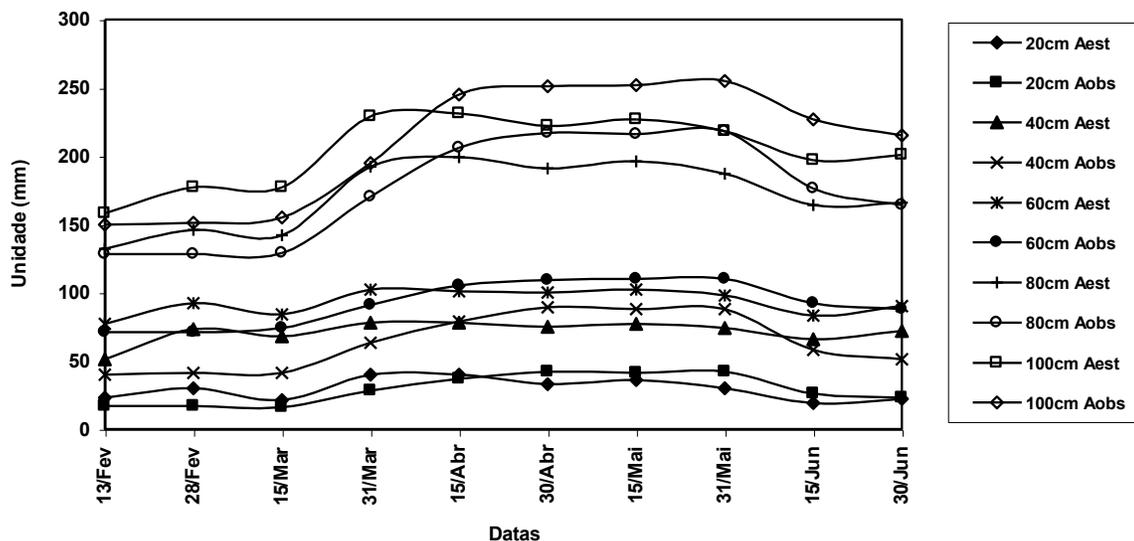


FIGURA 1 - Conteúdo de água no solo, Pentecoste-CE, 11/02/95 a 30/06/95.

QUADRO 1 - Resumo dos parâmetros da avaliação estatística do MUSAG no período de 13/02 a 30/06/95. Pentecoste-CE.

Prof. (cm)	A <sub>EST</sub> Méd*	A <sub>OBS</sub> Méd*	D <sub>PAD</sub> (mm)	D <sub>REL</sub>	E <sub>PAD</sub> (mm)	Coef. Correl.	C <sub>S</sub>	C <sub>R</sub>	“t”
20	30,48	29,82	8,04	0,24	1,06	0,64	0,01	-1,21	0,63
40	72,43	65,59	16,95	0,26	1,77	0,58	-0,12	-1,23	3,86
60	93,80	93,24	10,86	0,10	1,43	0,73	-0,51	-0,98	0,39

80	173,87	177,98	18,73	0,09	3,62	0,90	-0,14	-1,27	1,14
100	205,40	211,66	25,35	0,11	4,11	0,85	-0,44	-1,39	1,52

(\*)-  $A_{EST}$  - Armazenamento médio estimado;  $A_{OBS}$  - Armazenamento médio observado;  $D_{PAD}$  - Desvio padrão;  $D_{REL}$  - Desvio relativo;  $E_{PAD}$  - Erro padrão; Coef.correl. - Coef. Correl. - Coeficiente de correlação;  $C_S$  - Coeficiente de assimetria;  $C_R$  - Coeficiente de curtose; "t" - Estatística "t" de Sudent.