

AVALIAÇÃO DE MODELOS PARA PREVISÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS DE VIÇOSA

F. F. da CUNHA¹; C. A. MONTEBELLER²; R. F. FARIA FILHO²; R. O. BATISTA²

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo comparar as equações: Green-Ampt (GA), Kostiakov, e Kostiakov-Lewis. O solo utilizado foi um Cambissolo Hálico Tb Distrófico latossólico. As equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis foram obtidas com auxílio do teste de infiltração de água no solo pelo método do infiltrômetro de anel. Foram feitas doze combinações entre as metodologias para adequação dos parâmetros de entrada da equação de GA. Conclui-se que duas combinações do modelo de GA e as equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis descreveram com boa aproximação o início do processo de infiltração da água no solo e que as outras seis combinações de GA representaram bem o final do processo de infiltração de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Green-Ampt, Conservação de solo e água, Hidrologia.

EVALUATION OF MODELS FOR FORECAST OF THE WATER INFILTRATION IN SOIL OF THE VIÇOSA

SUMMARY: The present work had as aimed to compare the equations: Green-Ampt (GA), Kostiakov, and Kostiakov-Lewis. The soil used was a Cambissolo Hálico Tb latossólico Distrófico. The equations of Kostiakov and Kostiakov-Lewis were obtained with of the test of water infiltration in the soil for the method of infiltrimeter of ring. Twelve combinations between the methodologies for adequacy of the parameters of entrance of the GA equation were made. One concludes that two combinations of the model of GA and the equations of Kostiakov and Kostiakov-Lewis had described with good approach the beginning of the process of infiltration of the water in the soil and that the other six combinations of GA had represented the end of the process of water infiltration well in the soil.

KEYWORDS: Green-Ampt, Soil and water conservation, Hydrology.

INTRODUÇÃO

¹

¹ Doutorando em eng. agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Av. P. H. Rolfs s/n, CEP: 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-2715. E-mail: cunhaff@yahoo.com.br;

² Doutorando em eng. agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG;

³ Mestrando em eng. agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.

Infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo sendo dependente, fundamentalmente, da carga hidráulica disponível na superfície, da textura, da estrutura, da massa específica, da condutividade hidráulica e da umidade do solo, quando do início do processo (TUCCI, 2001). A velocidade com que a água infiltra no solo determina o volume de água nas unidades de área e tempo. A determinação da capacidade de infiltração é tão importante no dimensionamento de projetos de irrigação como para a quantificação do escoamento superficial, responsável pelo desprendimento e arraste de partículas, causando a erosão e conseqüentemente degradação das terras agrícolas e assoreamento dos recursos hídricos superficiais. O escoamento superficial pode ocorrer por excesso de irrigação ou por chuvas de intensidade maior que a capacidade de infiltração de água no solo. Observa-se desta forma, a importância do estudo deste fenômeno hidrológico. Também é importante no dimensionamento de reservatórios, estruturas de controle de erosão e de inundação, canais e sistemas de irrigação e drenagem. As práticas conservacionistas têm por objetivo reduzir o escoamento superficial por meio do aumento da infiltração de água no solo e conseqüente reabastecer o lençol freático, representando práticas fundamentais para melhorar o aproveitamento das chuvas, minimizando os picos de vazões na estação chuvosa e reduzindo o déficit de água nos períodos de estiagem. O estabelecimento destas estratégias depende do conhecimento da capacidade de infiltração bem como de outros fatores que interferem no ambiente. Devido à complexidade e à grande importância da prática da infiltração, diversos autores desenvolveram trabalhos de modelagem desse processo, que podem ser caracterizados como empíricos ou teóricos. O presente trabalho teve como objetivo comparar as equações: Green-Ampt, Kostiakov, e Kostiakov-Lewis.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. O solo utilizado foi um Cambissolo Hálico Tb Distrófico latossólico. Foi realizado o teste de infiltração de água no solo pelo método do infiltrômetro de anel e determinaram-se as equações de Kostiakov e de Kostiakov-Lewis seguindo recomendações escritas por BERNARDO et al. (2005). Foram retiradas amostras para determinação de umidade antes e após cada teste por meio de tradagem. O processo de infiltração também foi simulado

utilizando-se a equação de Green-Ampt (GA), com diferentes combinações dos parâmetros K_0 e ψ_f (Equação 1).

$$Ti = K_0 \left(1 + |\psi_f| \frac{(\theta_s - \theta_i)}{I_a} \right) \quad (1)$$

em que: Ti = taxa de infiltração, $L T^{-1}$; K_0 = condutividade hidráulica do solo saturado, $L T^{-1}$; ψ_f = potencial matricial do solo na frente de umedecimento, L ; θ_s = umidade do solo correspondente à saturação, $L^3 L^{-3}$; θ_i = umidade do solo no início do processo de infiltração, $L^3 L^{-3}$; I_a = infiltração acumulada, L .

Os valores médios do conteúdo de umidade na zona de transmissão, determinados pelo método padrão de estufa foram utilizados na realização das simulações. Foram feitas doze combinações entre as metodologias para adequação desses parâmetros conforme descrito a seguir. Nas simulações, foram adotados os seguintes valores para a condutividade hidráulica na zona de transmissão (K_w): $K_w = K_0$, conforme a proposição original de GREEN & AMPT (1911); $K_w = 0,5 K_0$, segundo citações de RAWLS et al. (1983) e; $K_w = Tie$, conforme recomendações de SILVA & KATO (1998). Os valores dos potenciais matriciais na frente de umedecimento (ψ_f), usados nas simulações, foram determinados usando as condições: potencial matricial referente à umidade inicial, determinado pela curva de retenção de água no solo; a Equação 2, com a qual se calcula o potencial matricial com base na condutividade hidráulica do solo saturado (K_0); a Equação 3, com a qual se calcula o valor do potencial matricial com base na textura e na porosidade do solo; e a média entre os potenciais matriciais relativos à umidade inicial e à umidade de saturação de campo.

$$\psi = \int_0^{\psi_b} K_r d\psi \quad (2)$$

$$\psi = 0,01e^{(6,531-7,326\phi+15,8C^2+3,809\phi^2+3,44SC-4,989S\phi+16,1S^2\phi^2+16C^2\phi^2-13,6S^2C-34,8C^2\phi-7,99S^2\phi)} \quad (3)$$

em que, K_r = condutividade hidráulica relativa, K_w/K_0 ; e ψ_b = potencial matricial de entrada de ar, L ; S = quantidade de areia, decimal; C = quantidade de argila, decimal; e ϕ = porosidade, decimal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas as equações de Kostiakov e Kostiakov–Lewis para representação da taxa de infiltração, obtidas no campo pelo teste do infiltrômetro de anel. Na Tabela 2 são apresentadas as equações de GA obtidas para doze combinações. Os resultados da taxa de infiltração T_i (cm h^{-1}) para as duas tabelas são referentes depois de infiltrada uma lâmina de água de 66,9 cm.

Tabela 1 – Equações de Kostiakov e Kostiakov–Lewis para representação da taxa de infiltração (T_i) após infiltração de uma lâmina d'água de 66,9 cm

Especificação	Equação	T_i (cm h^{-1})
Kostiakov	$T_i = 40,0219 T^{0,2778}$	7,72
Kostiakov–Lewis	$T_i = 40,4596 T^{-0,374} + 3,6$	7,89

Tabela 2 – Equações de Green-Ampt obtidas para as 12 combinações de proposições utilizadas na análise dos dados e a taxa de infiltração T_i (cm h^{-1}) após infiltração de uma lâmina d'água de 66,9 cm.

Combinações	K_w (cm h^{-1})	Ψ (cm)	Equação	T_i (cm h^{-1})
A	K_0	$\Psi(\theta_i)$	$T_i = 3,77 \left(1 + 0,0062 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.78
B	$0,5 K_0$	$\Psi(\theta_i)$	$T_i = 1,885 \left(1 + 0,0062 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	1.89
C	T_{ie}	$\Psi(\theta_i)$	$T_i = 3,60 \left(1 + 0,0062 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.61
D	K_0	$\Psi(K_0)$	$T_i = 3,77 \left(1 + 2,5414 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	5.94
E	$0,5 K_0$	$\Psi(K_0)$	$T_i = 1,885 \left(1 + 2,5414 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	2.97
F	T_{ie}	$\Psi(K_0)$	$T_i = 3,60 \left(1 + 2,5414 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	5.67
G	K_0	$\Psi(\text{textura})$	$T_i = 3,77 \left(1 + 0,2456 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.98
H	$0,5 K_0$	$\Psi(\text{textura})$	$T_i = 1,885 \left(1 + 0,2456 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	1.99
I	T_{ie}	$\Psi(\text{textura})$	$T_i = 3,60 \left(1 + 0,2456 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.80
J	K_0	Média entre $\Psi(\theta_s)$ e $\Psi(\theta_i)$	$T_i = 3,77 \left(1 + 0,0504 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.81
K	$0,5 K_0$	Média entre $\Psi(\theta_s)$ e $\Psi(\theta_i)$	$T_i = 1,885 \left(1 + 0,0504 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	1.91
L	T_{ie}	Média entre $\Psi(\theta_s)$ e $\Psi(\theta_i)$	$T_i = 3,60 \left(1 + 0,0504 \frac{(40,3334 - \theta_i)}{I} \right)$	3.64

Na Figura 1 são plotados os valores da taxa de infiltração versus o tempo de infiltração acumulado (horas) para as 12 proposições para a equação de GA e para de Kostiakov e Kostiakov–Lewis.

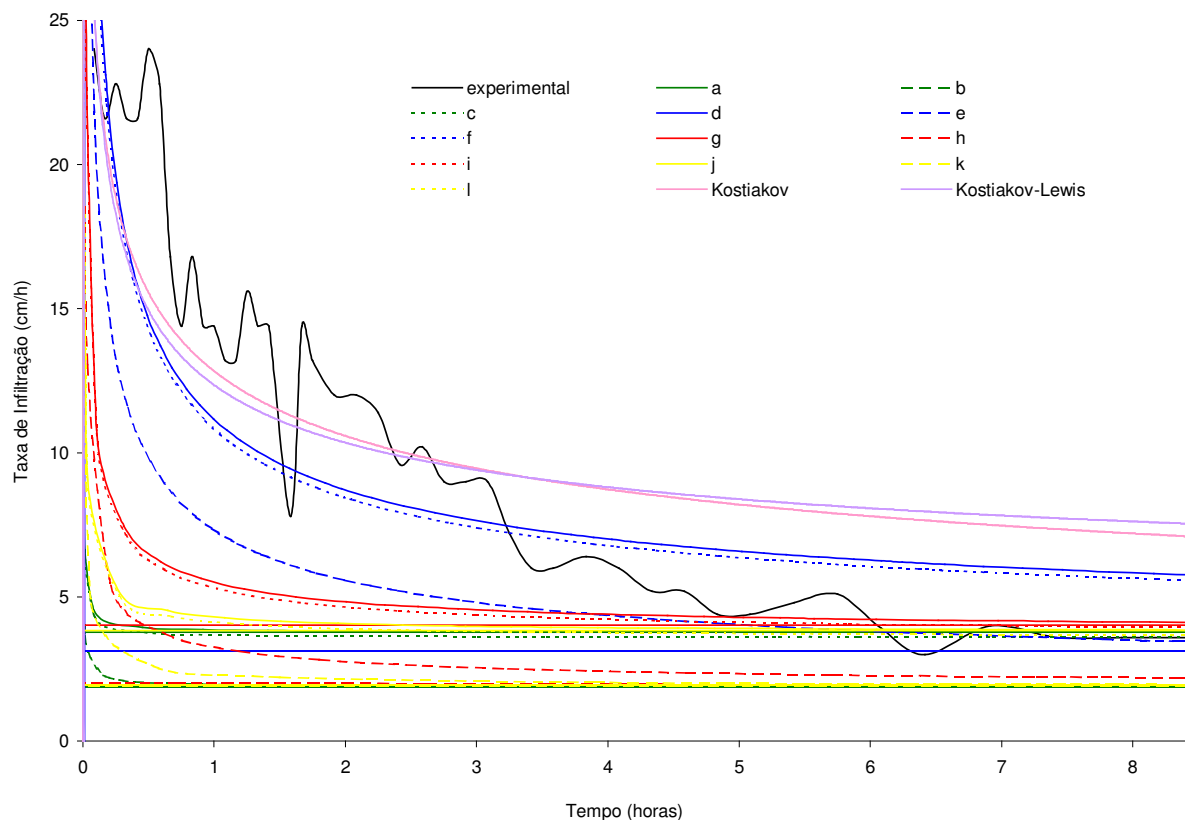


Figura 1 – Taxas de infiltração obtidas com a realização de diferentes combinações dos parâmetros de entrada da equação de GA e de equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis.

Observa-se que as curvas obtidas pelas equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis mostraram comportamentos semelhantes ao longo do tempo acumulado, exceto no trecho final onde a curva gerada pela equação de Kostiakov-Lewis, mostrou-se ligeiramente superior. Essa ligeira diferença de comportamento entre as curvas atribui-se ao valor da TIB que é incrementado a equação de Kostiakov-Lewis. Para as primeiras três horas de teste, essas equações representaram bem o processo de infiltração de água no solo, porém não se observou essa boa representação quando foi estabilizada a infiltração, pois os valores de TIB foram maiores em relação aos obtidos pelas equações de GA. Para as equações de Green-Ampt, as combinações que mais se aproximaram da taxa de infiltração obtida no campo para as primeiras três horas de teste foram a $D(K_0, \Psi(K_0))$ e a $F(T_{ie}, \Psi(K_0))$, principalmente no início do processo de infiltração. Essas combinações correspondiam a um potencial matricial calculado de acordo com a condutividade hidráulica saturada e a uma condutividade hidráulica da zona de transmissão corresponde a este valor e a taxa de infiltração, respectivamente. No final da curva, observou-se que as melhores combinações foram: A, C, G, I, J e K. De um modo geral, as combinações que trabalharam com uma condutividade hidráulica

da zona de transmissão corresponde à metade deste valor, tenderam a subestimar o valor da Taxa de infiltração próximo da infiltração de 66,9 cm de água no solo.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que: as equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis descreveram com boa aproximação somente o início do processo de infiltração da água no solo; para o modelo de Green-Ampt, as combinações D e F foram as que mais se aproximaram dos valores obtidos experimentalmente no início do processo de infiltração. No final do processo de infiltração, observou que as melhores combinações foram: A, C, G, I, J e K.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: UFV, 611 p, 2005.
- CECILIO, R. A.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MARTINEZ, M. A. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.415-422, 2003.
- GREEN, W. H., AMPT, G. A. Studies on soil physics-1. The flow of air and water through soils. **Journal of Agricultural Science**, v.4, n.1, p.1-24, 1911.
- MEIN, R. G., LARSON, C. L. Modeling infiltration during a steady rain. **Water Resouces Research**, v.9, n.2, p.384-394, 1973.
- RAWLS, W. J., BRAKENSIEK, D. L., SONI, B. Agricultural management effects on soil water process Part I: Soil water retention and Green and Ampt infiltration parameters. **Transactions of the ASAE**, v.26, n.6, p.1747-1752, 1983.
- SILVA, C. L.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, 1998.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001.