

Eixo Temático ET-03-022 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

## DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INFILTRAÇÃO DE KOSTIAKOV-LEWIS

Rayane de Moraes Furtado<sup>1</sup>, Eugenio Paceli de Miranda<sup>2</sup>,  
Francisco Hugo Graciano da Silva<sup>1</sup>, Francisco Uchoa de Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu =- Ceará, E-mail: rayanermf@hotmail.com.br.

<sup>2</sup>Doutor em Agronomia. Professor do IFCE, Iguatu - Ceará.

### RESUMO

A infiltração é uma propriedade física do solo importante para descrever o movimento da água no solo. Está relacionada com a máxima taxa de precipitação e escolha do emissor bem como no manejo da irrigação por superfície. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um programa em linguagem Visual Basic of Application (VBA) para facilitar a obtenção dos parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis. A avaliação do desempenho do programa foi feita com base em exemplos fornecidos por três exemplos fornecidos pela literatura. Os resultados mostraram uma diferença entre a literatura e os resultados fornecidos pelo programa de 0,07%; 0,33% e 0,39%, resultados que podem assegurar o uso e a confiabilidade no programa.

**Palavras-chave:** Água; Velocidade de Infiltração; Programa.

### INTRODUÇÃO

A infiltração da água no solo é o processo de entrada da água pela superfície porosa, a qual a mesma percorre as várias camadas do solo por influência da força da gravidade, desde a superfície até as camadas impermeáveis formando assim os lençóis freáticos. “A infiltração consiste na entrada de água no solo pela camada superficial, que pela ação da gravidade desce até atingir uma barreira impermeável, formando os lençóis de água” (KLEIN, KLEIN, 2014).

O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de suma importância para o manejo adequado do solo e implantação de sistemas de irrigações que buscam maximizar a produção, sem que haja grandes impactos nas propriedades do mesmo. Visando assim a preservação e conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas. Segundo Silva et al., (2014) “a expansão da agricultura no cerrado ao longo dos anos vem afetando prejudicialmente às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo [...]. O manejo inadequado causa a compactação do solo, redução na absorção de nutrientes, alteração na infiltração e redistribuição de água e redução da condutividade hidráulica”.

A equação desenvolvida por Kostiakov (1932) aperfeiçoada por Lewis são equações mais utilizadas para determinação da velocidade de infiltração básica (VIB), nas ciências agrárias existem vários métodos que fornecem dados para determinação da mesma. Segundo Fagundes et al., (2012) vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VI de um solo, dentre eles pode-se destacar o método do infiltrômetro de anel, por ser simples e de fácil execução.

O modelo de Kostiakov, descrito por Prevedello (1996), é um modelo para cálculo da infiltração acumulada onde os parâmetros utilizados não têm significado físico próprio e são avaliados a partir de dados experimentais, outro modelo empírico, todavia, mais consistente do que o de Kostiakov, é o modelo de Horton, de acordo com esse modelo, conforme descreve Prevedello (1996), a redução na taxa de infiltração com o tempo é fortemente controlada por fatores que operam na superfície do solo, tais como selamento superficial devido ao impacto das gotas de chuva e fenômenos de expansão e contração do solo PANACHUKI (2003).

Segundo Pereira et al., (2015) no método de irrigação, seja ele por aspersão, microaspersão, localizado ou subsuperficial, a velocidade de infiltração básica (VIB) é que vai determinar se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor. Ela deve ser levada em conta na escolha do emissor, principalmente nas irrigações por aspersão (MANTOVANI et al., 2003).

A determinação da infiltração tem sido amplamente estudada e ainda não existe um parecer geral sobre qual é o melhor método para sua determinação. Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água entre estes a infiltração e a redistribuição (CARVALLO, 2000).

Com base na importância da velocidade de infiltração básica do solo para a agricultura irrigada, elaboraram-se alguns métodos para sua determinação, a qual se recomenda ser executada in situ, da forma mais representativa e precisa possível (SALES et. al., 1999). No entanto, a velocidade de infiltração no solo é altamente influenciada pelas condições da superfície, do perfil, como a porosidade, densidade do solo, cobertura do solo, a textura e o grau de agregação do solo, assim como o conteúdo inicial de água do solo, a umidade inicial e a matéria orgânica (PANACHUKI et al., 2006).

Neste sentido objetivou-se, com este trabalho, determinar a capacidade de infiltração do solo, bem como a velocidade de infiltração básica através de um aplicativo VBA.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um aplicativo em Visual Basic for Application para a determinação dos parâmetros “a”, expoente do tempo de oportunidade e “k”, coeficiente de proporcionalidade, da equação de Kostiakov-Lewis, Equação 1.

$$I = k \cdot t_0^a + VIB \cdot t_0 \quad (1)$$

Onde: I – infiltração em um tempo qualquer ( $m^3 m^{-1} m^{-1}$ ); k – coeficiente de proporcionalidade; a – expoente do tempo de oportunidade;  $t_0$  – tempo de oportunidade (min); e VIB – velocidade de infiltração básica ( $m^3 \text{ min}^{-1} m^{-1} m^{-1}$ ).

A determinação dos parâmetros “k” e “a” é feita por regressão linear, ajustando a Equação 1 e aplicando logaritmo, Equações 2 e 3.

$$\text{Log}(I - VIB \cdot t_0) = \text{Log}(k \cdot t_0^a) \quad (2)$$

$$\text{Log}(I - VIB \cdot t_0) = \text{Log}k + a \cdot \text{Log}t_0 \quad (3)$$

O expoente “a” do tempo de oportunidade e o coeficiente “k”, são determinados respectivamente pelas Equações 4 e 5

$$a = \frac{\sum(X_i Y_i) - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$k = 10^{(Y - a \cdot X)} \quad (5)$$

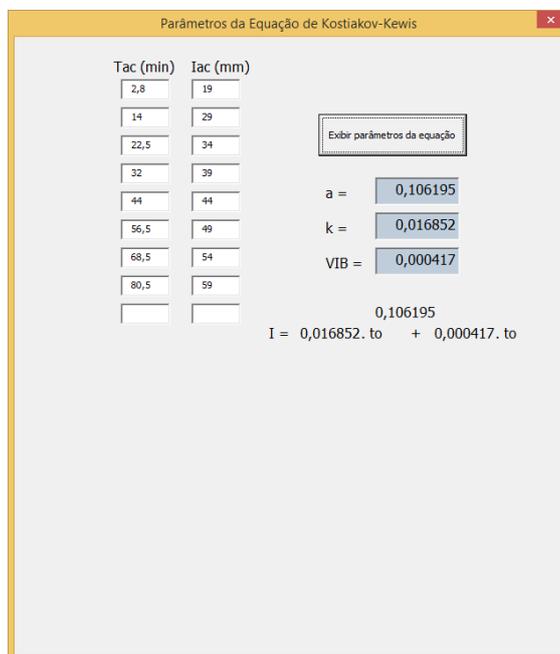
Para verificar o desempenho do programa, foram comparados os resultados apresentados pelo programa como o apresentado pela literatura, aplicando a variação percentual absoluta (VPA), como mostrado na Equação 6.

$$VPA = \frac{(O_i - P_i)}{O_i} \cdot 100 \quad (6)$$

Sendo: VPA – variação percentual absoluta (%);  $O_i$  – valor apresentado pela literatura;  $P_i$  – valor apresentado pelo programa.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a janela do aplicativo, com os dados de entrada, tempo acumulado ( $t_a$  – min) e a infiltração acumulada ( $I_a$  - mm) e os parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis.



**Figura 1.** Janela do programa com resultado do teste de infiltração.

São mostrados na Tabela 1 os valores dos parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis fornecidos por Mello e Silva (2009), aqueles determinados pelo programa e as variações percentuais.

**Tabela 1.** Valores dos parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis, para as equações originais e fornecida pelo programa e as variações percentuais entre eles.

Simulação	a			K			VIB		
	Original	Programa	VPA	Original	Programa	VPA	Original	Programa	VPA
1	0,10333	0,106195	2,77	0,01692	0,016852	0,4	0,00042	0,000417	0,71
2	0,33736	0,33828	0,27	0,01782	0,0177	0,67	0,00286	0,00285	0,34
3	0,2401	0,2148	10,53	0,0111	0,0114	2,7	0,0025	0,00254	1,6

**Tabela 2.** Resultados das infiltrações usando as equações originais e fornecidas pelo programa.

Simulação	$t_o$ (min)	$I$ ( $m^3 m^{-1} m^{-1}$ )		
		Original	Programa	$\Delta$ (%)
1	100	0,069231	0,069182	0,07
2	100	0,370261	0,369049	0,33
3	100	0,283537	0,284655	0,39

Pode-se observar pela Tabela 2 uma simulação de infiltração para um tempo de oportunidade de 100 minutos. Os resultados mostrados na Tabela 2, mostram que os resultados são muito próximos e para as três equações as diferenças percentuais ficaram abaixo de 1%.

## CONCLUSÃO

Os resultados mostram que o programa é uma ferramenta prática e capaz de fornecer os parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis de maneira simples e precisa.

## REFERÊNCIAS

- CARVALLO, H.O.G. **Física dos solos**. 1. ed. Campina Grande: UFPB, 2000.
- FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no Município de Rondonópolis-MT.
- KLEIN, C; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.
- KOSTIAKOV, A. N. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. 6th Cong. International. Soil Science, Russian Part A, p. 17-21, 1932.
- MELLO, J.L.P.; SILVA, L.D.B. **Irrigação**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, 2009.
- NUNES, J. A. S.; SILVEIRA, M.; SILVA, T. D.; NUNES, P.; CARVALHO, K. D. S. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em Latossolo Vermelho de Cerrado. Enciclopédia Biosfera, v. 8, n. 15, p. 1685-1692, 2012.
- PANACHUKI, E. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária**. Dourados: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2003.
- PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 129-137, 2006.
- PANCHUKI, E. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária**. Dourados: UFMS, 2003. (Dissertação de mestrado).
- PEREIRA, M. M.; MOURA, R. S.; CAMPOS, A. R. F.; LIMA, J. G. A.; SILVA, M. G.; VIANA, P. C. Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro do anel. In: XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2015. São Cristóvão - SE. XXV CONIRD, 2015.
- SILVA, N. F. et al. Características físico-hídricas de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.8, nº. 5, p.375 - 390, 2014.