

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NUMA AMOSTRA DE SOLO NO CAMPUS DA UFOB, BARREIRAS-BA**Géssica Feitoza Sales** ⁽¹⁾Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: gessysales2008@hotmail.com**Kauanny Santos de Souza** ⁽²⁾Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: kauanny_suzz@hotmail.com**Andréia Porto de Souza** ⁽³⁾Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: andreiaporto89@hotmail.com**Érica Pereira de Moraes** ⁽⁴⁾Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: morais.esa@hotmail.com**Luís Gustavo Henriques do Amaral** ⁽⁵⁾Professor Adjunto da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: luis.gha@ufob.edu.br**RESUMO**

A entrada da água na superfície do solo através dos seus poros é denominada de infiltração. É possível inferir que as características do solo influenciam diretamente no perfil de infiltração. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo medir a capacidade de infiltração do solo na Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), na cidade de Barreiras, Bahia comparando os resultados com os referenciais existentes na literatura. A metodologia utilizada compreende o uso de infiltrômetros, empregando o método do infiltrômetro de anel, com anéis concêntricos de 25 e 50 cm de diâmetro e altura de 25cm. Foram realizados dois ensaios em uma área de cerrado, procedendo-se à modelagem do processo por meio dos modelos empíricos de Kostiakov-Lewis e Horton. As taxas de infiltração estáveis obtidas foram bastante altas, da ordem de 300 mm.h⁻¹, evidenciando o alto potencial de infiltração do solo, bem como as fragilidades do método utilizado, que tende a superestimar a taxa de infiltração. Por outro lado, os modelos utilizados apresentaram um ajuste satisfatório aos dados experimentais, destacando-se o modelo de Horton para a modelagem da variação da taxa de infiltração em função do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltrômetro, Modelo de Kostiakov-Lewis, Modelo de Horton.**INTRODUÇÃO**

Segundo Brandão *et al.* (2003), infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. A modelagem deste processo é de grande importância prática, pois a taxa de infiltração da água no solo é um dos fatores que mais influencia o escoamento superficial, responsável por processos indesejáveis, como a erosão e as inundações.

O conhecimento da taxa de infiltração, definida por Collischonn & Dornelles (2013) como a quantidade de água que penetra no solo ao longo do tempo, é de extrema importância, pois com essa ciência pode-se melhor planejar e determinar meios de conservação do solo e da água subterrânea. A taxa de infiltração, ou velocidade de infiltração, é expressa pela altura de lâmina d'água infiltrada no solo em determinado tempo (L T⁻¹). Normalmente, é apresentada em mm h⁻¹.

Segundo Brandão *et al.* (2003), Kostiakov, em 1932, propôs a seguinte equação empírica para o cálculo da infiltração acumulada:

$$I = kt^\alpha \quad (\text{Equação 01})$$

Em que I é a infiltração acumulada (L), t é o tempo (T), e k (L T^{- α}) e α (adimensional) são constantes que dependem do solo e das suas condições iniciais.

A taxa de infiltração pode ser obtida derivando-se a equação (1):

$$i = \frac{dI}{dt} = k \cdot \alpha \cdot t^{\alpha-1} \quad (\text{Equação 02})$$

Em que i é a taxa de infiltração ($L T^{-1}$).

Ainda conforme Brandão *et al.* (2003), a equação (2) apresenta valor de taxa de infiltração inicial tendendo para o infinito e taxa de infiltração para grandes intervalos de tempo tendendo a um valor próximo a zero, e não a um valor constante, como ocorre na prática. Para eliminar essa deficiência, foi então proposta a equação de Kostiakov-Lewis que pode ser assim representada:

$$I = kt^\alpha + i_f t \quad (\text{Equação 03})$$

$$i = \frac{dI}{dt} = k \cdot \alpha \cdot t^{\alpha-1} + i_f t \quad (\text{Equação 04})$$

Em que i_f é a taxa de infiltração estável ($L T^{-1}$).

A taxa de infiltração estável, também denominada velocidade de infiltração básica (VIB), tem grande importância no ciclo hidrológico. Durante uma chuva ou irrigação, parte da água infiltra no solo e a outra parte escorre na forma de enxurrada, podendo causar erosão. Portanto, quanto maior a infiltração de água menor é o potencial de ocorrer erosão (GONDIM).

Um outro modelo empírico, que segundo Collischonn & Dornelles (2013) representa razoavelmente bem o processo de infiltração, é o desenvolvido por Horton. Este modelo descreve o comportamento decrescente da capacidade de infiltração, que pode ser observado durante as chuvas:

$$i = i_f + (i_i - i_f) e^{-\beta t} \quad (\text{Equação 05})$$

Em que i_i é a taxa de infiltração no início do processo ($L T^{-1}$) e β é um parâmetro que deve ser determinado a partir de medições no campo (T^{-1}).

A infiltração acumulada pode ser obtida integrando-se a equação (5):

$$I = \int i \cdot dt = i_f \cdot t + \left(\frac{i_i - i_f}{\beta} \right) (1 - e^{-\beta t}) \quad (\text{Equação 06})$$

OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo medir a taxa de infiltração do solo em uma área de cerrado na cidade de Barreiras, Bahia, e ajustar os modelos empíricos de Horton e Kostiakov-Lewis aos dados obtidos.

METODOLOGIA

A medição da taxa de infiltração foi realizada em dois locais situados nas proximidades do *Campus* Reitor Edgard Santos da Universidade Federal do Oeste da Bahia, na cidade de Barreiras, Bahia. Os ensaios foram realizados com infiltrômetros do tipo anéis concêntricos, de material metálico, com diâmetros de 25 e 50 cm e ambos com altura de 25 cm.

Foram escolhidas para os ensaios duas áreas de cerrado com vegetação original suprimida, mas sem circulação significativa de pedestres, veículos ou animais. Inicialmente foi realizada uma limpeza superficial do local para remoção de galhos e objetos que pudessem dificultar a instalação dos infiltrômetros. Procurou-se, contudo, manter a cobertura do solo nas condições originais, para não propiciar alterações no processo natural de infiltração.

As características da cobertura do solo no local onde foi realizado o Ensaio 1 são apresentadas na Figura 1. Os anéis foram enterrados no solo a uma profundidade de 12,5 cm. Entre os dois anéis foi mantida uma lâmina de água, de modo a reduzir o efeito da infiltração lateral da água inserida no cilindro interno, evitando a superestimativa da taxa de infiltração. As medidas da altura da lâmina foram realizadas no interior do anel interno por meio de uma régua graduada. A água no anel interno e entre os dois anéis foi reposta de modo a manter toda a superfície coberta com uma lâmina d'água. Na reposição da água, procurou-se não exceder uma altura de 50 mm para a lâmina, conforme recomendado por Brandão *et al.* (2003).

Figura 1: Infiltrômetro de anéis concêntricos instalado no local do Ensaio 1.



Fonte: Os autores

As medições da altura da lâmina de água no anel interno foram realizadas inicialmente em intervalos de 1 minuto, e o abastecimento de água foi realizado sempre que a lâmina atingia a altura mínima. A medida em que a taxa de infiltração foi diminuindo, foram sendo utilizados intervalos de medição maiores. Os ensaios foram finalizados quando a taxa de infiltração tornou-se aproximadamente constante, indicando que a velocidade de infiltração básica do solo havia sido atingida.

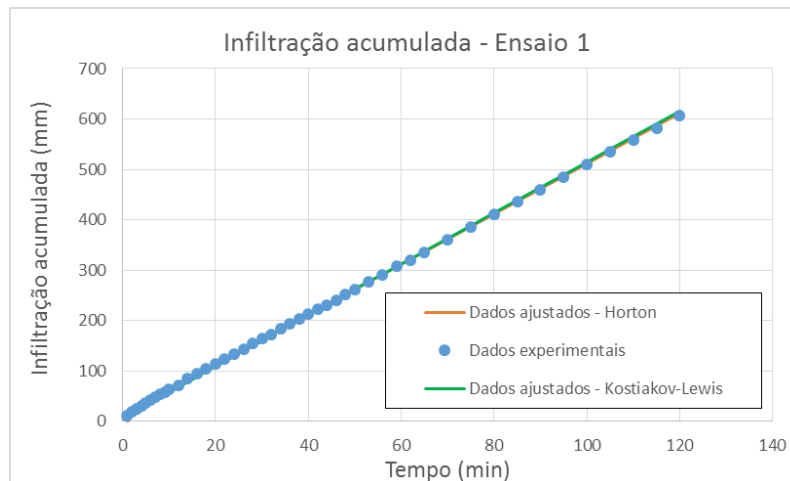
Com o monitoramento da altura da lâmina d'água no anel interno foi possível determinar a infiltração acumulada e a taxa de infiltração para cada intervalo. A infiltração acumulada foi obtida somando-se as lâminas infiltradas em cada intervalo, e a velocidade de infiltração foi obtida dividindo-se a lâmina infiltrada no intervalo pelo tempo de observação.

Após a determinação da taxa de infiltração e da infiltração acumulada "in situ", os dados obtidos foram ajustados aos modelos empíricos de Horton e de Kostiakov-Lewis. Os parâmetros k e α das equações (3) e (4) foram obtidos por regressão linear, aplicando-se o logaritmo na equação (3). Já o parâmetro β das equações (5) e (6) foi obtido pelo método das tentativas, utilizando-se a inspeção visual para a escolha do melhor ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, são apresentados os dados referentes à infiltração acumulada no Ensaio 1. Os parâmetros dos modelos de Kostiakov-Lewis e Horton, ajustados para os dados deste ensaio, são apresentados nas equações (7) e (8), respectivamente. Na equação (7), o tempo é dado em minutos, e na equação (8), em horas, enquanto a infiltração acumulada é dada em mm nas duas equações. Pela figura, percebe-se que o ajuste dos dois modelos aos dados experimentais foi satisfatório.

Figura 2: Resultados do Ensaio 1 para a infiltração acumulada.

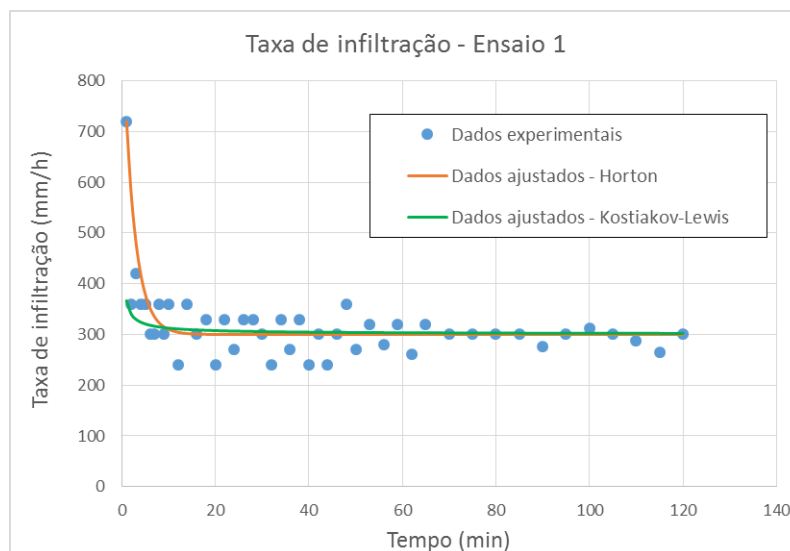


$$I = 4,003.t^{0,277} + 5.t \tag{Equação 07}$$

$$I = 300.t + 16,8.(1 - e^{-25.t}) \tag{Equação 08}$$

Na Figura 3, são apresentados os dados referentes à taxa de infiltração no Ensaio 1. Os parâmetros dos modelos de Kostiakov-Lewis e Horton, ajustados para os dados deste ensaio, são apresentados nas equações (9) e (10), respectivamente. Na equação (9), o tempo é dado em minutos e a taxa de infiltração, em mm.min⁻¹. Já na equação (10), o tempo é dado em horas e a taxa de infiltração, em mm.hora⁻¹. Pela figura, percebe-se que o modelo de Horton apresenta um melhor ajuste aos dados experimentais. Entretanto, ambos os modelos tendem para a taxa de infiltração estável quando o tempo aumenta. Apesar de haver uma variação grande nos dados experimentais, percebe-se que a taxa de infiltração tende para um valor constante, estabilizando-se em torno dos 300 mm h⁻¹.

Figura 3: Resultados do Ensaio 1 para a taxa de infiltração.



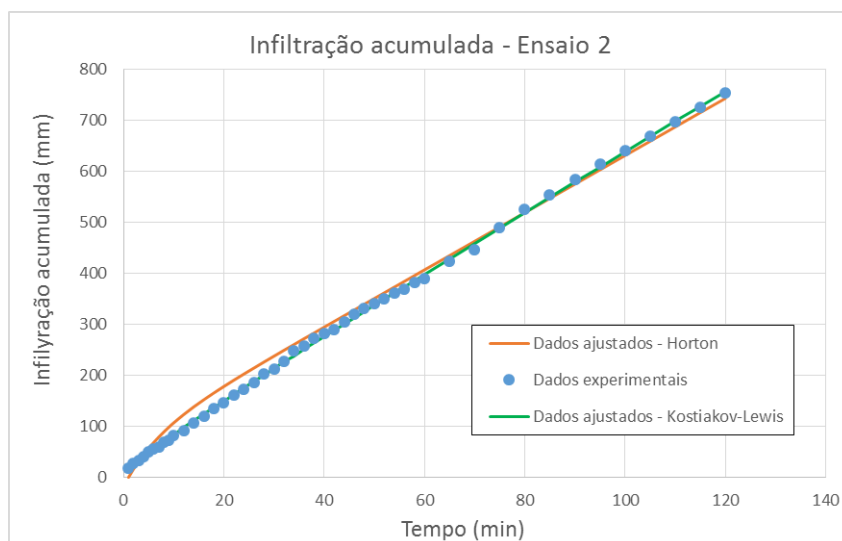
$$i = 1,108.t^{-0,723} + 5.t \tag{Equação 09}$$

$$i = 300 + 420.(e^{-25.t}) \tag{Equação 10}$$

Na Figura 4, são apresentados os dados referentes à infiltração acumulada no Ensaio 2. Os parâmetros dos modelos de Kostiakov-Lewis e Horton, ajustados para os dados deste ensaio, são apresentados nas equações (11) e (12), respectivamente. Na equação (11), o tempo é dado em minutos, e na equação (12), em horas, enquanto a infiltração

acumulada é dada em mm nas duas equações. Pela figura, percebe-se que o ajuste do modelo de Kostiakov-Lewis foi melhor do que o ajuste obtido com o modelo de Horton, ainda que os valores finais de infiltração acumulada obtidos pelos dois modelos sejam semelhantes.

Figura 4: Resultados do Ensaio 2 para a infiltração acumulada.



$$I = 9,725.t^{0,451} + 5,6.t$$

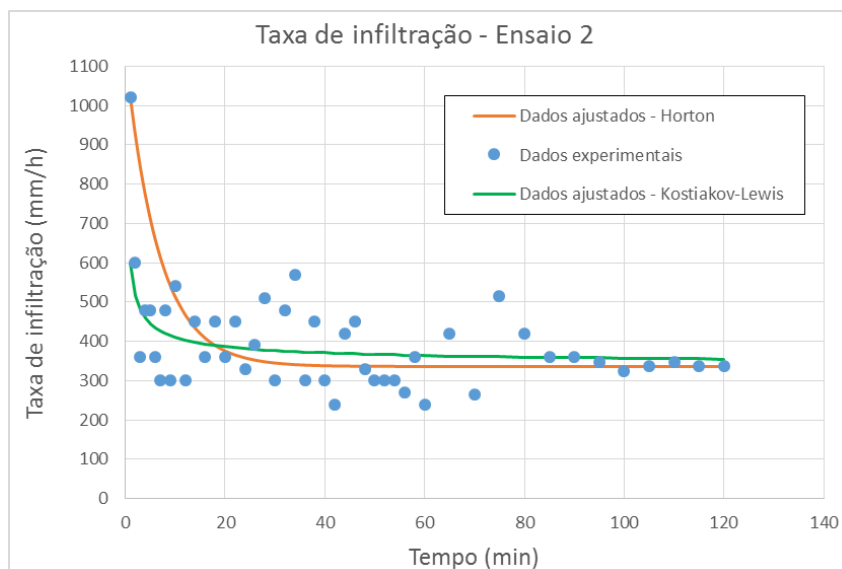
(Equação 11)

$$I = 336.t + 76.(1 - e^{-9.t})$$

(Equação 12)

Na Figura 5, são apresentados os dados referentes à taxa de infiltração no Ensaio 2. Os parâmetros dos modelos de Kostiakov-Lewis e Horton, ajustados para os dados deste ensaio, são apresentados nas equações (13) e (14), respectivamente. Na equação (13), o tempo é dado em minutos e a taxa de infiltração, em mm.min⁻¹. Já na equação (14), o tempo é dado em horas e a taxa de infiltração, em mm.hora⁻¹. Pela figura, percebe-se que o modelo de Horton apresenta um melhor ajuste aos dados experimentais, e que o modelo de Kostiakov-Lewis simula a ocorrência da taxa de infiltração estável para um tempo bem superior ao tempo real em que ela ocorre. Apesar de haver uma variação grande nos dados experimentais, percebe-se que a taxa de infiltração tende para um valor constante, estabilizando-se em torno dos 336 mm h⁻¹.

Figura 5: Resultados do Ensaio 2 para a taxa de infiltração.



$$i = 4,383.t^{-0,549} + 5,6.t \quad (\text{Equação 13})$$

$$i = 336 + 684.(e^{-9.t}) \quad (\text{Equação 14})$$

Os resultados dos dois ensaios conduziram a um valor bastante alto para a taxa de infiltração estável. Em parte, estes valores podem ser explicados pela textura do solo, que, conforme Passo *et al.* (2010), é arenosa nos vales do município de Barreiras. Mesmo assim, conforme apresentado por Brandão *et al.* (2003), a taxa de infiltração estável de solos arenosos está entre 38,1 e 111,8 mm.h⁻¹, enquanto que os valores obtidos nos ensaios são aproximadamente três vezes maiores que o limite superior da faixa apresentada.

Por outro lado, sabe-se que as avaliações da taxa de infiltração com o infiltrômetro de anéis concêntricos conduzem a valores superestimados, tendo em vista que este equipamento não permite avaliar o efeito do encrostamento da superfície do solo, bem como exige a manutenção de uma lâmina d'água sobre a superfície do solo, ocasionando um maior potencial para a infiltração (BRANDÃO *et al.*, 2003). Ainda assim, percebe-se que o solo da região onde os ensaios foram realizados possui alta capacidade de infiltração e baixo potencial de escoamento superficial, mesmo que a vegetação original tenha sido degradada.

Com relação aos modelos utilizados, percebe-se que o modelo de Kostiakov-Lewis proporcionou um ajuste mais adequado aos dados de infiltração acumulada. Esses resultados condizem com os obtidos por Rodrigues (2013), que consideram o modelo de Kostiakov-Lewis é mais adequado para o cálculo da taxa de infiltração, aproximando-se mais dos valores reais dos infiltrômetros em campo. Por outro lado, em relação aos dados de taxa de infiltração, o melhor ajuste foi obtido com o modelo de Horton, que acompanhou satisfatoriamente a tendência dos dados experimentais, além de permitir um ajuste preciso no início e no final do processo.

CONCLUSÕES

O solo avaliado apresentou alta capacidade de infiltração e baixo potencial de escoamento, o que está relacionado com sua textura arenosa e com o método utilizado para a determinação da taxa de infiltração.

Os modelos avaliados apresentaram um bom desempenho para o tipo de solo avaliado, sendo que o modelo de Kostiakov-Lewis proporcionou um ajuste mais adequado aos dados de infiltração acumulada, enquanto que o modelo de Horton mostrou-se mais adequado para o ajuste dos dados de taxa de infiltração.

Considerando-se que erros instrumentais propagados possam ter comprometido a correlação de alguns parâmetros, é importante que se tome os devidos cuidados na execução do experimento, bem como um bom conhecimento dos fatores que influenciam a capacidade de infiltração de água no solo, como grau de umidade, compactação do solo, circulação de pessoas e veículos, entre outros. Dessa forma, evitam-se erros e melhora-se a interpretação dos dados, possibilitando-se o uso destes dados para um melhor planejamento do uso do solo.

REFERÊNCIAS

- BRANDÃO, V. dos S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. da. *Infiltração da Água no Solo*. Viçosa: Editora UFV, 2003.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. Porto Alegre: ABRH, 2013.
- GONDIM, T.M.S.; WANDERLEY, J.A.C.; SOUZA, J.M.; FILHO, J.C.F.; SOUSA, J.S. Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo arenoargiloso. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v.4, n.1, p. 64-73, jan./dez. 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/877112/1/4907991PB.pdf>>. Acesso em: 01/05/2016.
- PASSO, D. P.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; LIMA, L. A. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. *Caracterização geomorfológica do município de Barreiras, oeste baiano, escala 1:100.000*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- RODRIGUES, M. H. Infiltração da água no solo dos cerrados do Brasil utilizando cilindros Infiltrômetros de dimensões reduzidas. 2013. Monografia (graduação em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí. Agosto, 2013. Disponível em:<https://agronomia.jatai.ufg.br/up/163/o/Monografia_Marcello_Hungria_Rodrigues.pdf?1378078060>.