

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA A AVALIAÇÃO DA
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO*Analysis Of The Performance Of Mathematical Models For Evaluating Water Infiltration Into The Soil*Pedro Henrique Felipe da Silva¹; Elka Élice Vasco de Miranda²

Resumo: O processo de infiltração de água no solo é utilizado como um dos indicadores de sua qualidade física, fornecendo subsídios para a sua conservação e para uma gestão adequada dos recursos hídricos. Tendo em vista o supracitado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a infiltração de água no solo ao redor de duas nascentes urbanas no município de Dourados - MS utilizando um infiltrômetro de duplo anel concêntrico. Os dados obtidos foram submetidos aos modelos empíricos de Horton, Kostiakov e Kostiakov-Lewis para estimar a infiltração e compará-la com a observada, visando identificar o modelo que melhor se ajusta aos dados. Os resultados indicaram que o modelo de Kostiakov apresentou o melhor ajuste aos dados observados, enquanto o modelo de Horton foi o que menos se adaptou. As velocidades de infiltração básicas encontradas foram classificadas como alta e muito alta, indicando baixo risco de escoamento superficial, responsáveis em causar processos erosivos nestes locais.

Abstract: The process of water infiltration into the soil is used as one of the indicators of its physical quality, providing subsidies for its conservation and for adequate management of water resources. In light of the above, the objective of this study was to evaluate soil water infiltration around two urban springs in the municipality of Dourados - MS using a double-ring infiltrometer. The data obtained were subjected to the empirical models of Horton, Kostiakov, and Kostiakov-Lewis to estimate infiltration and compare it with observed values, aiming to identify the model that best fits the data. The results indicated that the Kostiakov model provided the best fit to the observed data, while the Horton model was the least adaptable. The basic infiltration rates found were classified as high and very high, indicating a low risk of surface runoff, which is responsible for causing erosive processes in these areas.

Palavras-chave:Qualidade Ambiental,
Física do Solo, Modelagem
Ambiental.**Keywords:** Environmental
Quality, Soil Physics,
Environmental Modeling.

¹Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Dourados, Mato grosso do Sul, Brasil. Pedromusic211@gmail.com

²Docente de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Dourados, Mato grosso do Sul, Brasil. Elkaelice@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O processo de infiltração de água no solo ocorre porque a água, em sua superfície, tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto menor for a umidade presente, sendo estabelecido então um gradiente de potencial total, ocorrendo através da soma dos potenciais gravitacional e matricial (Fagundes *et al.*, 2012).

No decorrer do tempo em que a água vai sendo infiltrada, através do umedecimento do solo e redução do potencial matricial, o gradiente de potencial total passa a ser igual ao potencial gravitacional, onde a infiltração torna-se desacelerada e assume um valor constante, denominado de velocidade de infiltração básica (VIB). Vários são os fatores que condicionam o movimento da água no solo, tais como a cobertura, textura, porosidade, densidade, o grau de agregação e estruturação, o selamento superficial, a umidade inicial, matéria orgânica e a variabilidade espacial do terreno (Pott; De Maria, 2003).

Os autores Cunha, Leal e Roque (2009), destacam que estes atributos desempenham um papel fundamental e devem ser levados em consideração na determinação de métodos de conservação do solo e da água, uma vez que apresentam grande contribuição para o ciclo hidrológico. Durante uma chuva, parte da água se infiltra no solo e a outra escoada superficialmente, sendo de extrema importância que o solo apresente condições para que a maior parte da água seja infiltrada, pois, o escoamento superficial é o principal responsável pelo surgimento de degradação do solo por erosão hídrica (Silva, 2014). Ainda, através deste processo, a água escoada tende a se depositar nos locais mais baixos da topografia do terreno, geralmente os corpos hídricos, tencionando a causar assoreamento e dificultar o tratamento da água para consumo, bem como atuar prejudicialmente sobre os ecossistemas aquáticos, provocando desequilíbrios ambientais (Rauhofer *et al.*, 2001).

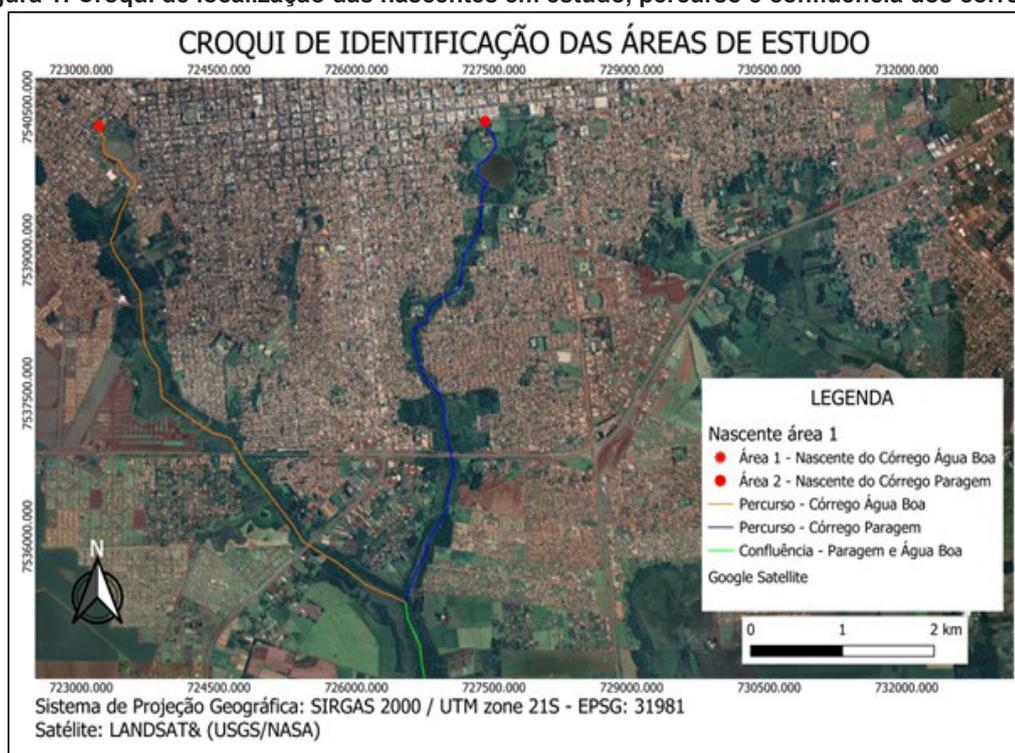
Várias são as metodologias para determinação de VIB no campo, podendo-se realizar através da utilização de infiltrômetros de aspersão ou simuladores de chuva, permeômetros, infiltrômetros de tensão ou permeômetros de disco, infiltrômetros de pressão e infiltrômetros de anéis concêntricos.

Mediante as informações acima expostas, o presente trabalho fundamentou-se em avaliar a infiltração de água no solo utilizando duplo anel concêntrico no entorno de duas nascentes urbanas no município de Dourados/MS, como forma de averiguar a capacidade do solo em conduzir água e, desta forma, a sua suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.

2 METODOLOGIA

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de 2019, no município de Dourados – MS, as classes de solos predominantes são Latossolo Vermelho e Gleissolos. Para a realização deste estudo, foram selecionadas duas nascentes: a do córrego Água Boa (área 01), localizada nas coordenadas geográficas 22°13'41.96" de latitude sul e 54°50'04.50" de longitude oeste, e a nascente do córrego Paragem (área 02), inserida nas coordenadas geográficas 22°13'38.41" de latitude sul e 54°47'37.70" de longitude oeste; ambas se encontram em parques de recreação. Em relação às classes de solos, nas duas áreas predomina o Latossolo Vermelho, podendo ser encontradas manchas de Gleissolos na região da nascente da área 01. O croqui de localização das áreas encontra-se na figura 1.

Figura 1: Croqui de localização das nascentes em estudo, percurso e confluência dos córregos.



Fonte: Próprios Autores (2024).

Os ensaios de velocidade de infiltração básica (VIB) em cada área foi realizado seguindo a metodologia de Bernardo *et al.*, (2006) utilizando-se um duplo anel concêntrico, constituído por dois anéis metálicos: o maior possui diâmetro de 50 centímetros e o menor, 25 centímetros, ambos com 25 centímetros de altura. Cada ensaio foi realizado com espaçamento de 20 metros entre eles, totalizando seis ensaios nesta pesquisa. Posicionados de forma concêntrica, os anéis foram cravados a 15 centímetros no solo, possibilitando iniciar o experimento. A água foi adicionada primeiramente no anel maior com o intuito de vedar a passagem pela lateral no anel menor, assegurando que a infiltração ocorresse totalmente de forma vertical, garantindo a precisão da leitura, a qual ocorreu no anel menor utilizando-se uma régua e, mediante o tempo cronometrado, previamente estabelecido, foi observado o deslocamento de água na régua. O tempo de duração de cada experimento foi de 155 minutos.

Com os dados obtidos em cada ensaio, foram realizados cálculos por meio de modelos matemáticos empíricos destacados em literatura para avaliar a infiltração de água no solo, entre eles: o modelo de Horton (1940), Kostiakov (1932) e Kostiakov-Lewis (1945), estabelecidos nas equações seguintes:

Modelo de Horton ajustado para a estimativa da infiltração de água no solo

$$VI = I_f + (I_0 - I_f) \cdot e^{-\beta t} \quad (1)$$

Modelo de Kostiakov ajustado para a estimativa da infiltração de água no solo

$$VI = k \cdot t^\alpha \quad (2)$$

Modelo de Kostiakov-Lewis ajustado para a estimativa da infiltração de água no solo

$$VI = k \cdot t^\alpha + I_f \quad (3)$$

Onde:

VI – Velocidade de infiltração (mm h^{-1});

I_0 – Velocidade de infiltração inicial (mm h^{-1});

I_f – Velocidade de infiltração final (mm h^{-1});

t – Tempo acumulado (h);

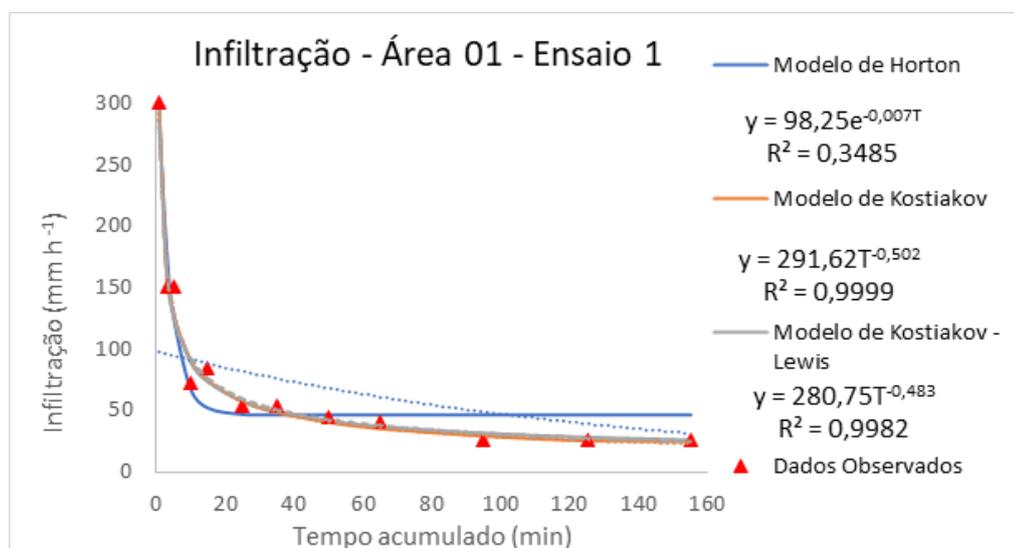
k, α , β – Parâmetros de ajuste dos modelos.

Os dados observados foram inseridos em planilhas do *Excel* para o cálculo das velocidades de infiltração com parâmetros estimados e, posteriormente, utilizada a ferramenta *Solver* para ajustar os valores nas células variáveis especificadas, chamadas de células ajustáveis, e produzir o melhor resultado especificado na fórmula da célula de destino por meio de minimização da soma dos quadrados dos erros. Procedimentos realizados conforme proposto por Goldberg e Luna (2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

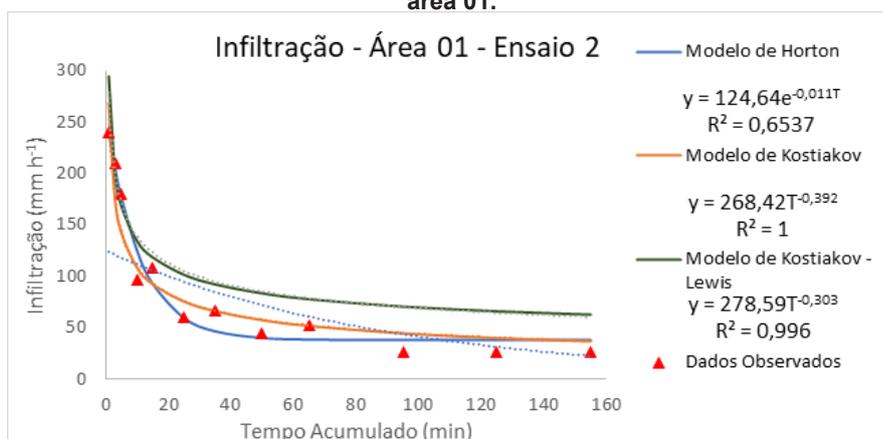
As curvas de taxa de infiltração estimada pelos modelos e os dados observados nas determinações de campo nas duas áreas, estão apresentados nas figuras, assim como os parâmetros α , k e β ajustados para os modelos estão apresentados nas tabelas. Na tabela 1 abaixo, estão apresentados os valores de velocidade de infiltração básica (VIB), em milímetros por hora (mm h^{-1}), obtidos em cada ensaio realizado.

Figura 2: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 1 – área 01.



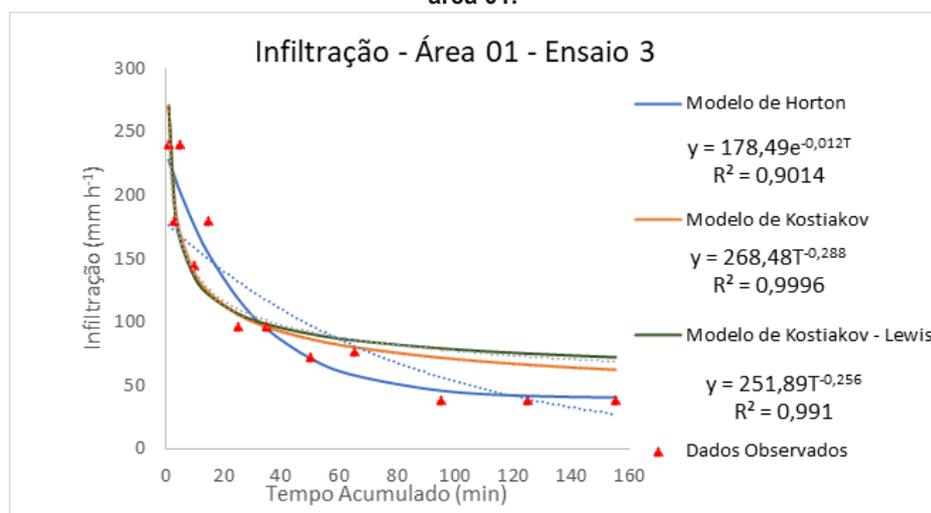
Fonte: Próprios Autores (2024).

Figura 3: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 2 – área 01.



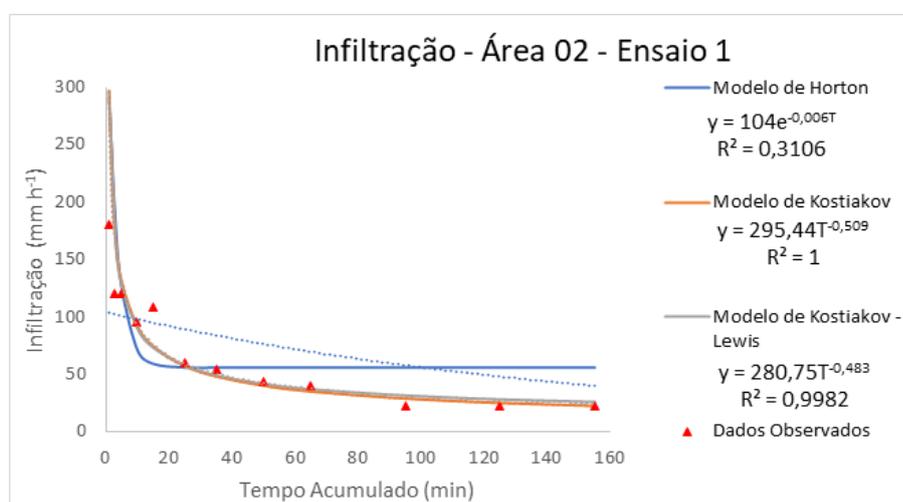
Fonte: Próprios Autores (2024).

Figura 4: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 3 – área 01.



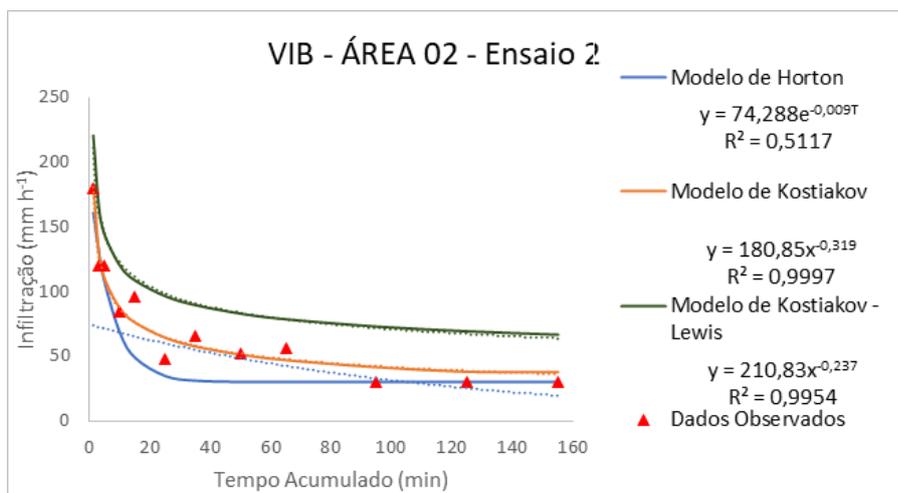
Fonte: Próprios Autores (2024).

Figura 5: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 1 – área 02.



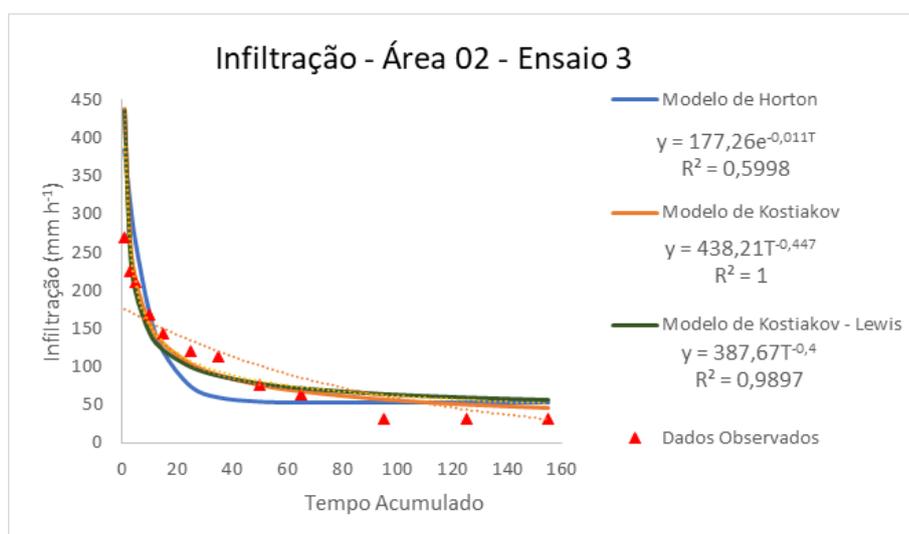
Fonte: Próprios Autores (2024).

Figura 6: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 2 – área 02.



Fonte: Próprios Autores (2024).

Figura 7: Curvas de infiltração observada e calculada através dos modelos ajustados para o ensaio 3 – área 02.



Fonte: Próprios Autores (2024).

Tabela 1: Resultados de VIB dos ensaios observados em campo.

	Área 01 – VIB (mm h ⁻¹)	Área 02 – VIB (mm h ⁻¹)
Ensaio 1	26	22
Ensaio 2	26	30
Ensaio 3	38	32

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Tabela 2: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 1 – área 01.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,3485	R^2	0,9999	R^2	0,9982
β	0,27	α	0,49	α	0,45
I_f	46 mm h ⁻¹	k	75	k	642
I_0	360 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 3: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 2 – área 01.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,6537	R^2	1	R^2	0,996
β	0,093	α	0,6	α	0,6
I_f	38 mm h ⁻¹	k	442	k	442
I_0	259 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 4: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 3 – área 01.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,9014	R^2	0,9996	R^2	0,991
β	0,093	α	0,7	α	0,62
I_f	39 mm h ⁻¹	k	383	k	375
I_0	235 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 5: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 1 – área 02.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,3106	R^2	1	R^2	0,9982
β	0,3	α	0,49	α	0,45
I_f	55 mm h ⁻¹	k	601	k	642
I_0	374 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 6: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 2 – área 02.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,2	R^2	0,87	R^2	0,77
β	0,14	α	0,67	α	0,67
I_f	30 mm h ⁻¹	k	270	k	285
I_0	180 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 7: Resultados dos parâmetros encontrados e índice R^2 através dos modelos ajustados no ensaio 3 – área 02.

Modelo de Horton		Modelo de Kostiakov		Modelo de Kostiakov-Lewis	
R^2	0,5998	R^2	1	R^2	0,9897
β	0,11	α	0,55	α	0,4
I_f	54 mm h ⁻¹	k	792	k	905
I_0	426 mm h ⁻¹				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Com a estabilização da infiltração de água no solo em cada ensaio, foram gerados gráficos que demonstram que ao longo do tempo a velocidade de infiltração vai diminuindo até atingir um valor constante, denominado velocidade de infiltração básica – VIB que, geralmente, corresponde às três últimas leituras realizadas *in loco*. No início da realização do primeiro ensaio na área 01, a velocidade de infiltração correspondia a 300 mm h⁻¹, diminuindo gradativamente com o decorrer do tempo, de forma que durante os últimos trinta minutos, foi possível encontrar um valor constante de 26 mm h⁻¹, sendo este o valor da VIB, considerada alta conforme estabelecido por Bernardo *et al.* (2006). Diante destes dados, a infiltração de água no solo calculada pelos modelos de Kostiakov e Kostiakov-Lewis foram bem ajustadas pois, conforme o que se consta no gráfico 1, as curvas destes modelos encontram-se bem próximas à curva obtida com os dados do ensaio simulado no campo, enquanto que a curva do modelo de Horton mostra que a infiltração foi superestimada. Os parâmetros do modelo de Kostiakov encontrados foram de α igual a 0,49 e k igual a 75 com o melhor índice R^2 obtido entre os modelos, com valor igual a 0,999, descrevendo a precisão e a exatidão do modelo variando de 0,01 a 1 (Júnior, 2018). Para o modelo de Kostiakov-Lewis, foram encontrados parâmetros $\alpha = 0,45$ e $k = 642$, com índice R^2 igual a 0,9982. O parâmetro β do modelo de Horton foi igual a 0,27, apresentando índice R^2 igual a 0,3485, sendo o modelo que pior representou a infiltração de água no solo com base na curva de infiltração do ensaio simulado, afirmativa esta que se assemelha a de Júnior (2018) ao comparar estes mesmos três modelos de infiltração de água para os ensaios realizados em um Latossolo Vermelho, em que o melhor modelo, para a estimativa da velocidade de infiltração foi o de Kostiakov, quando comparado aos outros dois. Os resultados obtidos no segundo e terceiro ensaio desta mesma área mostram que os valores de VIB foram de 26 mm h⁻¹ para o ensaio 2 e 38 mm h⁻¹ para o ensaio 3, classificadas como alta e muito alta, respectivamente. Em ambos ensaios, o modelo que obteve melhor índice R^2 foi o de Kostiakov, com valores de 1 e 0,9996, consecutivamente. A curva do modelo de Kostiakov, obtidas através dos cálculos realizados com os dados encontrados no ensaio 2, foi a que melhor se ajustou à curva gerada com os dados coletados no ensaio observado, em virtude de que, no mesmo instante, a curva gerada a partir do cálculo de infiltração deste mesmo modelo no ensaio 3 superestimou a infiltração. Para este modelo, os parâmetros α encontrados a partir dos dados encontrados nos dois ensaios foram de 0,6 e 0,7 e os parâmetros k foram 442 e 383, na ordem mencionada. Nestes dois ensaios, o modelo de Kostiakov-Lewis, com parâmetros α de 0,6 e 0,62 e parâmetros k iguais a 442 e 375, respectivamente, superestimou a infiltração, porém, o modelo apresentou bons valores no índice R^2 , sendo de 0,991 e 0,996, nesta ordem. Em relação ao modelo de Horton, o parâmetro β foi igual a 0,036 e 0,3 nos ensaios 2 e 3, respectivamente, podendo ser observado que ambos apresentam um bom ajuste à curva da infiltração observada, à luz de que o índice R^2 encontrado no terceiro ensaio foi de 0,9014 e valor de 0,6537 no segundo ensaio.

Os gráficos 4, 5 e 6 mostram as curvas de infiltração de água no solo calculada pelos modelos de Horton, Kostiakov e Kostiakov-Lewis, mediante aos dados obtidos nos ensaios realizados na área 02. É possível observar que a VIB em cada ensaio desta área foi diferente, sendo de 22 mm h⁻¹ no ensaio

1, 30 mm h⁻¹ no ensaio 2 e 32 mm h⁻¹ no ensaio 3, classificadas como alta, alta e muito alta, na ordem mencionada, conforme estabelecido por Bernardo *et al.* (2006). Pode-se perceber que as curvas de infiltração calculada pelos modelos de Kostiakov e Kostiakov-Lewis ajustaram-se quase perfeitamente à infiltração obtida no ensaio de campo, assim como foi observado por Silva *et al.* (2017), que ao avaliarem a infiltração de água no solo por estes dois modelos, concluem que ambos apresentam boa interação à infiltração observada em campo. Por outro lado, os resultados apresentados pela curva do modelo de Horton deste mesmo ensaio superestimou a infiltração logo nos primeiros minutos. Dentre os modelos utilizados para o cálculo da infiltração, o modelo de Kostiakov apresentou o melhor índice R² com valor igual a 1, parâmetro α igual a 0,49 e parâmetro k igual a 601, seguido do modelo de Kostiakov-Lewis que também apresentou ótimo ajuste à curva de simulação do ensaio, apresentando índice R² igual a 0,9982 e parâmetros α e k iguais a 0,45 e 642, nesta ordem. O modelo de Horton apresentou o pior índice R² com valor de 0,3106. Ao observar os resultados obtidos no segundo ensaio da área 02, pode-se afirmar que o modelo de Kostiakov, no início do ensaio, ajustou-se bem à curva do ensaio observado em campo, superestimando a mesma ao final, que por sua vez, ajustou-se bem ao modelo de Horton. Neste experimento, o modelo de Kostiakov-Lewis superestimou ainda mais a infiltração, assim como foi observado por Filho *et al.* (2014) ao utilizarem modelos matemáticos para a avaliação da infiltração de água em um Latossolo Vermelho Distroférrico. No segundo ensaio realizado nesta área, o melhor índice R² encontrado foi o do modelo de Kostiakov (0,9997), e o pior foi o do modelo de Horton (0,5117). Os parâmetros obtidos pelos modelos de Kostiakov e Kostiakov-Lewis foram α iguais a 0,67 para ambos e k igual a 270 e 285, nesta ordem. O parâmetro β do modelo de Horton foi de 0,14. No início da infiltração, pode ser observado que o modelo de Kostiakov e Kostiakov-Lewis se ajustaram bem à curva de infiltração observada, porém, superestimou a mesma no final do ensaio. A curva de infiltração pelo modelo de Horton subestimou a infiltração entre os 20 e 40 minutos do ensaio, superestimando a mesma no final. Os modelos de Kostiakov e Kostiakov-Lewis apresentaram valores do índice R² iguais a 1 e 0,9897, nesta ordem, enquanto que o do modelo de Horton foi de 0,5998. Cunha (2008), ao avaliar a infiltração de água no solo com estes três modelos, conclui que o modelo de Kostiakov apresentou o melhor índice R², sendo um dos melhores modelos empíricos para representar a infiltração de água no solo.

4 CONCLUSÕES

- 1) Em todos os ensaios, a infiltração calculada que melhor se ajustou à infiltração observada foi a descrita pelo modelo de Kostiakov.
- 2) O menor valor de Velocidade de Infiltração Básica encontrada nos ensaios deste trabalho foi de 22 mm h⁻¹, classificada como alta, o que evidencia baixos riscos de escoamento superficial.
- 3) A análise da infiltração de água no solo no entorno de nascentes contribui para o diagnóstico e previsão de processos erosivos nestes locais, contribuindo para a conservação do solo, dos recursos hídricos e ecossistemas inclusos nestes meios.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, por todo o apoio e suporte fornecido para a realização desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, 2006.
- CUNHA, F. F.; LEAL, A. J. F.; ROQUE, C. G. Planejamento de sistemas de terraceamento utilizando o software Terraço 3.0. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. Ituiutaba, v. 2, n. 1, p. 182-196, 2011.
- CUNHA, J. L. X. L. *et al.* Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p. 199-205, janeiro/março de 2009.
- CUNHA, J. L. X. L. **Velocidade de infiltração da água em um Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Produção vegetal - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009.
- ELRICK, D.E. & REYNOLDS, W.D. Infiltration from Constant-Head Well Permeameters and Infiltrimeters. In: TOPP, G.C.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.A. & GREEN, R.E., Eds. *Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice*. **Madison, Soil Science Society of America**, p. 1-24, 1992.
- EPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Estimation of infiltration rate in the vadose zone: Compilation of simple mathematical models**, v. 1, p 84, 1998.
- FAGUNDES, E. *et al.* Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 8, n. 14, p. 369-378, jun. 2012.
- FAILACHE, M. F. **Proposta de procedimentos para a estimativa da infiltração potencial e do escoamento superficial Hortoniano potencial baseada em dados geológicos, geotécnicos, de uso e ocupação e eventos de chuva**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Geotecnia - São Carlos, 2018.
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*, Editora Campus, Rio de Janeiro, 2000.
- HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 14, p. 446-460, 1940.
- JÚNIOR, E. C. A. **Análise do desempenho de equações de infiltração em Latossolo Vermelho do Distrito Federal**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- Junior, F. R. C. *et al.* Velocidade de infiltração de água em Latossolo sob diferentes usos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Fortaleza, v. 44, p. 1534-1541, 2014.
- PAIXÃO, F. J. R. *et al.* Ajuste da curva de infiltração por meio de modelos empíricos. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p 107 – 112, 2009.
- Philip, J.R. The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution. **Soils Science**, 83, p 345-357.

1957.

POTT, C. A. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo por meio de infiltrômetros de aspersão, de pressão e de tensão, em três solos do estado de São Paulo.** 2006. p.77. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) - Gestão de Recursos Agroambientais – Campinas, 2006.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 19-27, fev. 2003.

RAUHOFER, J.; JARREt, A.R.; SHANNON, R.D. Effectiveness of sedimentation basins that do not totally impound a runoff event. **Transactions of the ASAE**, v.44, n.4, p. 813-818, 2001.

ROEHRs, S. A. **MODELAGEM MATEMÁTICA DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SOB SISTEMAS DE MANEJO.** 2019. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Energia na Agricultura – Cascavel, 2019.

SILVA, I. C. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. **Revista Geonorte**, Edição Especial, Amazonas, v. 1, n. 4, p. 648 – 662, 2012.

SILVA, N. F. *et al.* Métodos para estimativa da infiltração de água em um Latossolo sob plantio direto e convencional. **GI. Sci Technol**, Rio Verde, v.10, n.01, p. 169 – 176, jan/abr. 2017.

SILVA, V. H. **Estimativas do escoamento superficial em microbacia hidrográfica sob diferentes condições de uso da terra.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

VIEIRA, S. R. Permeâmetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. **O Agrônômico**, Campinas, v. 47-50, p. 32-33, 1998.