

**Testes de infiltração de água no solo como forma de quantificar os parâmetros para  
equação de Horton**

**Soil water infiltration tests to quantify the parameters for Horton's equation**

**Pruebas de infiltración de agua en el suelo como una forma de cuantificar los  
parámetros para la ecuación de Horton**

Recebido: 15/07/2020 | Revisado: 04/08/2020 | Aceito: 07/08/2020 | Publicado: 14/08/2020

**Lucas Menezes Felizardo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9676-0623>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [lucas.felizardo@unesp.br](mailto:lucas.felizardo@unesp.br)

**Mauricio Santini Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7208-1108>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil

E-mail: [santini.mauricio@ifsp.edu.br](mailto:santini.mauricio@ifsp.edu.br)

**Glaucia Amorim Faria**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2474-4840>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [glaucia.a.faria@unesp.br](mailto:glaucia.a.faria@unesp.br)

**Katia Luciene Maltoni**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6619-4504>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [katia.maltoni@unesp.br](mailto:katia.maltoni@unesp.br)

**Jefferson Nascimento de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4453-6347>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: [jefferson.nascimento@unesp.br](mailto:jefferson.nascimento@unesp.br)

**Resumo**

A infiltração é o processo de entrada de água no solo através de sua superfície. O conhecimento desse processo é vital para estabelecer as diretrizes de conservação de solo e água, planejar e delinear sistemas de irrigação, indicando a quantidade de água disponível para as plantas, calcular taxas de recarga de água subterrânea, taxas de escoamento superficial em eventos de

precipitação. Para obter os dados sobre a infiltração geralmente é empregado infiltrômetros, que são utilizados em ensaios de campo, sendo o infiltrômetro de anéis concêntricos (IAC) o mais utilizado para a determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB). Neste trabalho objetivou-se obter os dados de infiltração de uma microbacia urbana para subsidiar os dados de entrada e ajustes em modelos de escoamento superficial na bacia do Córrego Sem Nome no município de Ilha Solteira – SP, foram avaliados testes realizados em 6 pontos estabelecendo suas áreas de relações por meio de polígonos de Thiessen, entre os pontos não foi encontrada nenhuma correlação espacial, sendo os três parâmetros estudados: taxas de infiltração inicial, taxas de infiltração final e constante de decaimento, o que corrobora com a ampla literatura sobre o tema que confirma não haver correlação espacial das propriedades de infiltração em grandes distâncias, que salienta ainda mais a necessidade da obtenção de valores reais de infiltração de água no solo, de forma a determinar os valores dos parâmetros de entradas para equação de Horton.

**Palavras-chave:** Microbacias urbanas; Anéis concêntricos; VIB.

### **Abstract**

Infiltration is the process of water entering the soil through its surface. The knowledge of this process is vital for establishing soil conservation guidelines and water, plan and design irrigation systems, indicating the amount of water available to plants, calculate groundwater recharge rates, runoff rates in precipitation events. To obtain data on infiltration, infiltrimeters are generally used, which are used in field tests, with the concentric ring infiltrimeter (IAC) being the most used to determine the basic water infiltration rate in the soil (VIB). This work aimed to obtain the infiltration data of an urban watershed to subsidize the input data and adjustments in runoff models in the Córrego Sem Nome basin in the municipality of Ilha Solteira - SP, tests were carried out at 6 points establishing their areas of relationships by means of Thiessen polygons, no spatial correlation was found between the points, the three parameters being studied: initial infiltration rates, final and constant decay infiltration rates, which corroborates the extensive literature on the subject which confirms that there is no spatial correlation of the infiltration properties over long distances, which further emphasizes the need to obtain real values of water infiltration in the soil, in order to determine the values of the input parameters for Horton's equation.

**Keywords:** Urban microbasins; Concentric rings; VIB.

## Resumen

La infiltración es el proceso del agua que ingresa al suelo a través de su superficie. EL conocimiento de este proceso es vital para establecer pautas de conservación del suelo y agua, planifique y diseñe sistemas de riego, que indiquen la cantidad de agua disponible para las plantas, calculen las tasas de recarga de agua subterránea, las tasas de escorrentía em eventos de precipitación. Con el fin de obtener datos sobre infiltración, generalmente se utilizan infiltrômetros, que se usan en pruebas de campo, siendo el infiltrômetro de anillo concêntrico (IAC) el más utilizado para determinar la tasa básica de infiltración de agua en el suelo (VIB). Este trabajo tuvo como objetivo obtener los datos de infiltración de una cuenca urbana para subsidiar los datos de entrada y los ajustes en los modelos de escorrentía en la cuenca Córrego Sem Nome en el municipio de Ilha Solteira - SP, se realizaron pruebas en 6 puntos estableciendo su áreas de relaciones por medio de polígonos de Thiessen, no se encontró correlación espacial entre los puntos, los tres parámetros en estudio: tasas de infiltración inicial, tasas de infiltración de decadencia final y constante, lo que corrobora la extensa literatura sobre el tema lo que confirma que no existe una correlación espacial de las propiedades de infiltración a largas distancias, lo que enfatiza aún más la necesidad de obtener valores reales de infiltración de agua en el suelo, a fin de determinar los valores de los parámetros de entrada para la ecuación de Horton.

**Palabras clave:** Microcuencas urbanas; Anillos concêntricos; VIB.

## 1. Introdução

A infiltração é o processo de entrada de água no solo pela superfície e seu conhecimento é vital para se estabelecer as diretrizes de conservação do solo e da água, para planejar e delinear sistemas de irrigação, indicando a quantidade de água disponível às plantas, para cálculo das taxas de recarga de água subterrânea, taxas de escoamento superficial em eventos de precipitação, além de auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração do solo.

De um modo geral a infiltração de água no solo tem sido avaliada com infiltrômetros, utilizados em ensaios de campo. O infiltrômetro de anéis concêntricos (IAC) tem sido empregado para determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) e o conhecimento do fluxo de água no solo é um processo importante a ser considerado em modelos hidrológicos de bacias, principalmente para modelagem de longos períodos.

O processo de infiltração de água no solo pode ser descrito por diversas equações ou modelos, alguns desenvolvidos a partir de considerações físicas, enquanto outros foram desenvolvidos de forma empírica. Um modelo empírico muito empregado no manejo da irrigação é a equação de Kostiakov-Lewis, normalmente utilizado para estimar a infiltração acumulada, cujos parâmetros não têm significado físico próprio e são estimados a partir de dados experimentais.

O modelo de Horton (Horton, 1940), é um modelo, também empírico, considerado mais consistente que o de Kostiakov-Lewis, uma vez que Horton estabelece que a taxa de infiltração de água em solo inicialmente seco decai exponencialmente até atingir um valor constante, equivalente à condutividade hidráulica saturada do solo.

A maioria dos modelos que se propõem a descrever o processo de infiltração, incluindo-se o de Green-Ampt (Green; Ampt, 1911), parte do pressuposto que o perfil de solo no qual se processa a infiltração é homogêneo, o que, já se demonstrou não ser verdadeiro.

Ao longo do tempo, métodos mais simples foram estabelecidos e apresentam soluções próximas, representando o fenômeno de infiltração com precisão suficiente para diversos tipos de estudos, não existindo um consenso sobre qual seria o melhor método, sendo que, grande parte deles apresenta resultados satisfatórios (Chahinian et al., 2005).

Muitas vezes, na aplicação dos modelos em hidrologia urbana, a infiltração de água é negligenciada devido à grande parcela de área impermeável e conseqüente baixa infiltração. Porém, estudos indicam que a consideração da infiltração no modelo é de essencial importância, adequando melhor os resultados obtidos ao observado (Courty, Rico-Ramirez & Pedrozo-Acuna, 2017).

As curvas de infiltração produzem resultados que podem ser utilizados em diversos estudos de previsão que visam estimar o balanço hídrico, a capacidade acumulativa de água no solo, o dimensionamento de sistemas de irrigação e para dimensionar a drenagem urbana.

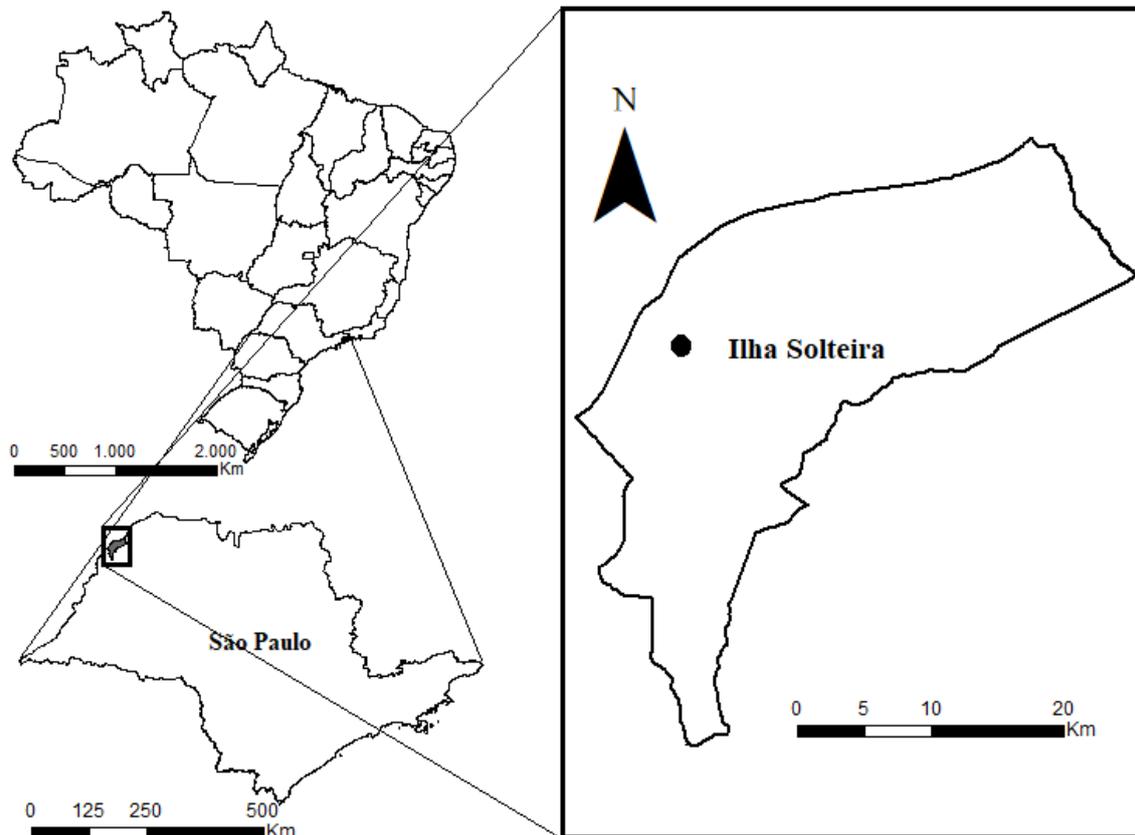
Com base nessas premissas, o objetivo deste trabalho foi obter dados de infiltração para quantificar os valores de entrada dos parâmetros da equação de Horton para a microbacia urbana do Córrego Sem Nome no município de Ilha Solteira – SP.

## **2. Metodologia**

O estudo foi desenvolvido no noroeste paulista, na cidade de Ilha Solteira (Figura 1). O clima na região é do tipo Aw, tropical semi-úmido, segundo classificação climática de Köppen

(Alvares et al., 2013), e marcado por chuvas intensas no verão e estiagem no inverno. A temperatura média anual é de 23,6°C e o índice pluviométrico é de 1.300 mm anuais.

**Figura 1** – Localização do município de Ilha Solteira e marcado com ponto no município a representação do centroide da microbacia do córrego Sem Nome onde foram realizados todos os ensaios de infiltração.



Fonte: Autores.

A área de estudo é a sub-bacia do Córrego Sem Nome (Figura 2(A)), definida pela seção localizada a 7740803m norte e 465037m leste, sendo este corpo d'água dotado da maior sub-bacia urbana do município de Ilha Solteira (SP), com área de aproximadamente 1,78 km<sup>2</sup>. Os solos de maior ocorrência na região de Ilha Solteira são: Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos (Santim, 2010).

Diversos testes com infiltrômetro de anéis concêntricos foram realizados ao longo de toda a bacia, para verificar a concordância dos valores da literatura com os encontrados na bacia, os locais onde foram realizados os testes estão apresentados na Figura 2(B), onde se apresenta em azul o córrego Sem Nome em seu curso natural, embora hoje boa parte dele se encontre em galerias de drenagem subterrâneas.

A área de influência do teste de infiltração adotou o mesmo procedimento para área de influência de pluviômetros, isto é, o método dos polígonos de Thiessen, onde traça-se uma reta entre os pontos onde foram realizados os testes e as regiões adjacentes, estabelecendo em seguida a mediatriz dessas retas fazendo isso para todos os pontos e por fim traçando linhas entre as mediatrizes encontradas, desprezando as áreas que estão fora da bacia (Thiessen, 1911).

**Figura 2** - Delimitação da Bacia do Córrego Sem Nome e locais onde foram realizados os testes de infiltração e suas áreas de influência, segundo método de Thiessen.



Fonte: Santini Junior, (2018).

A área de influência do córrego Sem Nome e a Na Figura 2 (A) é possível verificar toda A área de influência do córrego Sem Nome e a apresentação do seu exutório (Figura 2 (A)) e os polígonos de Thiessen (Figura 2 (B)) com a localização dos pontos onde ocorreram os testes, mostram que embora os pontos do INSS e do Posto Avenida Aeroporto estejam fora do polígono esses representam bem a área do polígono. Salienta-se, no entanto, que estes não poderiam ser usados caso o estudo fosse de escoamento, uma vez que notadamente esses pontos estariam enviando seu escoamento para outra microbacia.

Para os testes, foi utilizado aparato experimental consistindo em dois anéis metálicos de diâmetros equivalentes a 31 e 51 cm, além de outros equipamentos auxiliares, como balde, régua e lona plástica. Os anéis foram cravados no solo até uma profundidade de aproximadamente 15 cm e nivelados de acordo com recomendações de Bernardo (1986), em seguida, ocorreu a fixação da régua no anel interno e proteção do solo com lona plástica, para não ocorrer infiltração antes do início do ensaio, colocou-se água no anel externo para

manutenção da carga hidráulica (lâmina de 20 cm). Por fim, colocou-se água no anel interno mantendo-se uma lâmina d'água entre 12 e 20 cm durante todo o teste, para uma a carga hidráulica próxima, e efetuou-se a leitura da lâmina (Figura 3).

**Figura 3** – Ensaio com infiltrômetro de anel concêntrico. A - Aparato nivelado B - Aparato antes do início C - Teste em execução e água introduzida nos anéis externo e interno.



Fonte: Santini Junior, (2018).

Com as leituras do nível d'água feitas na régua e do tempo transcorrido, pode-se calcular a taxa de infiltração, ao longo do tempo e, posteriormente, definir os parâmetros: taxa de infiltração inicial, saturada e constante de decaimento, via minimização do erro médio quadrático.

Para ajuste da taxa de infiltração foi utilizada a equação de Horton (Equação 1):

$$f_p(t) = f_\infty + (f_0 - f_\infty) e^{-kdt} \quad \text{Eq.1}$$

onde:  $f_p$  = Taxa de infiltração;  $f_\infty$  = Taxa de infiltração do solo saturado;  $f_0$  = Taxa de Infiltração máxima;  $kd$  = Coeficiente de decaimento.

### 3. Resultados e Discussão

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da equação de Horton para cada um dos pontos estudados (Tabela 1) mostram que em todos os pontos amostrados os dados apresentaram ajuste ao modelo superior a 80%, permitindo recomendar o modelo em todas as situações.

**Tabela 1** – Pontos, coordenadas, parâmetros, e valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cada ponto.

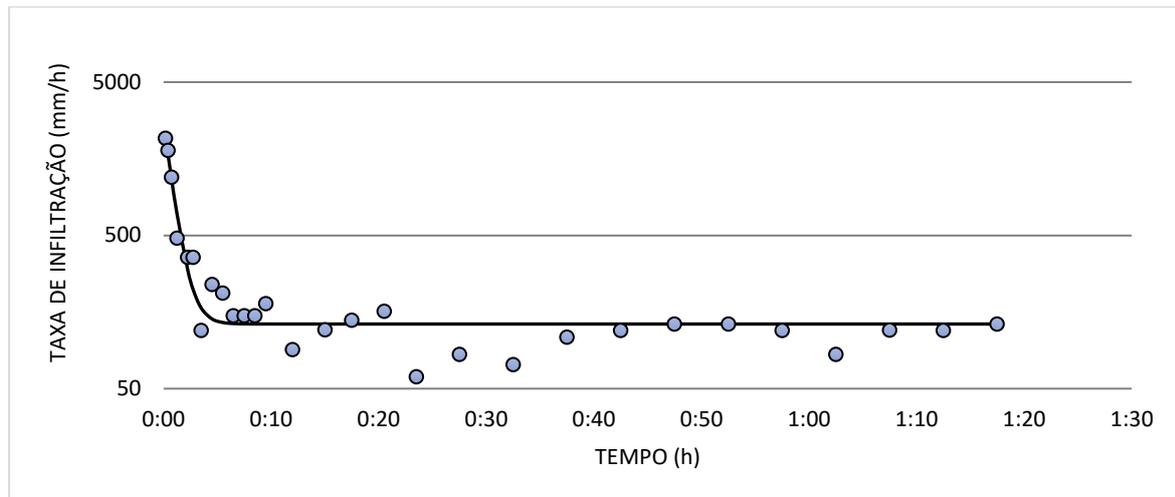
Pontos	Coordenadas		Parâmetros			$R^2$
	E	N	$f_{\infty}$	$f_0$	$kd$	
EMEF	465258	7741065	2699,98	132,04	73,32	98,25%
LH <sup>2</sup>	464343	7741043	875,56	28,82	60,41	97,59%
Correilha	465824	7741626	1325,98	42,09	201,15	94,33%
Posto Av. Brasil	464988	7741836	925,23	184,24	37,35	91,58%
Posto Jd. Aeroporto	465939	7741020	1187,79	318,75	8,55	86,35%
INSS	464708	7741576	3947,57	394,35	41,28	81,18%
Médias			1827,02	183,38	70,34	

Fonte: Autores.

Os dados de infiltração de água no solo, obtidos nos ensaios realizado com o IAC para as seis localidades propostas, e em acordo com a área sob influência do polígono de Thiessen seguem apresentados nos Gráficos 1 a 6.

A maioria das observações analisadas no ponto EMEF ocorreram no início do teste (Gráfico 1), sendo 17 dessas coletas nos primeiros 20 minutos de início, e a duração total do teste pouco menos de 1 hora e 20 minutos. Neste ponto de coleta, ocorreu o maior ajuste dos dados ( $R^2=98,25\%$ ) e a equação que representa esses valores é  $f_p(t) = 2699,98 - 2567,94 e^{-73,32t}$ .

**Gráfico 1** – Comportamento da infiltração EMEF.



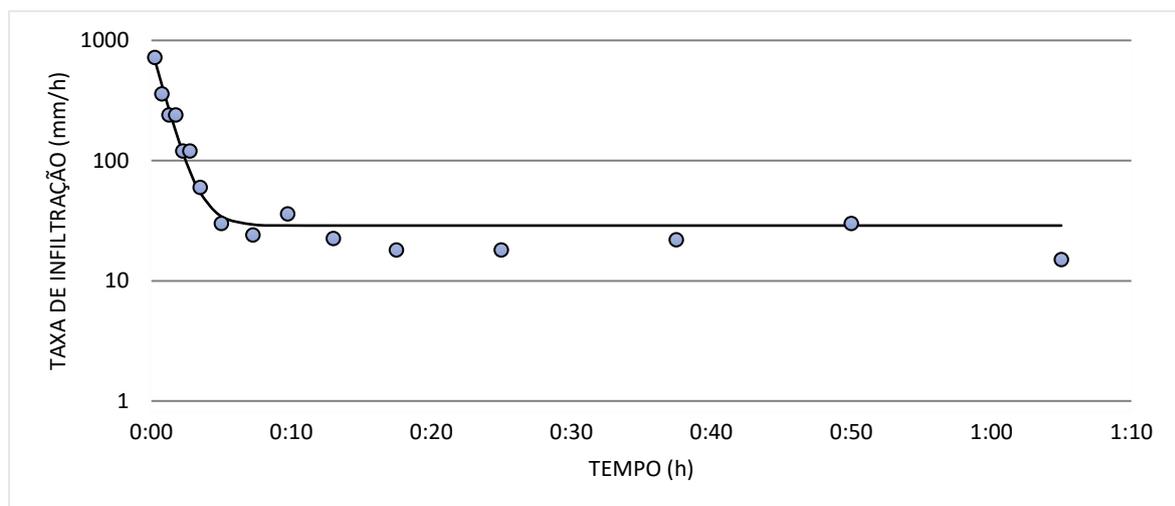
Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

É possível notar que as variações ocorridas no ponto da EMEF (Gráfico 1) foram pequenas após os 40 minutos de teste, já dando uma ideia de estabilização, que ocorreu logo após uma hora de teste com a constante de três valores iguais em taxas de infiltração no solo

O ensaio realizado no laboratório de hidrologia e hidrometria (LH<sup>2</sup>) da UNESP com 16 leituras até a estabilização durante o ensaio cerca de uma hora e cinco minutos, mostrou-se relativamente rápido para testes desse tipo (Gráfico 2).

Sendo  $f_p(t) = 875,56 - 846,74 e^{-60,41t}$  a equação que representa o ponto LH<sup>2</sup>, com dados ajustados ao modelo em 97,59% (Tabela 1).

**Gráfico 2** – Comportamento da infiltração do ponto LH<sup>2</sup>



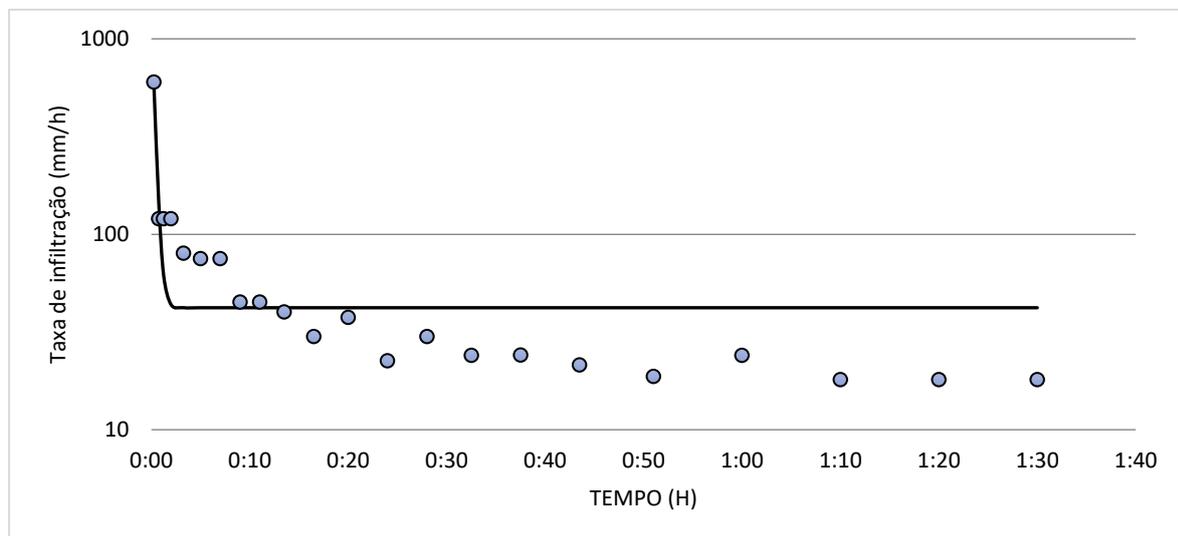
Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

No ponto LH<sup>2</sup> foi possível verificar que ocorreu um rápido declínio da taxa de infiltração do solo, devido à baixa saturação do solo no início do teste, o ponto de platô ocorreu antes dos 10 minutos, a partir deste ponto as variações foram menores (Gráfico 2).

No ponto CORREILHA (Gráfico 3), visualmente, o platô tem seu início com poucas leituras, a partir de mais ou menos 5 observações no ajuste da curva, e cerca de 23 leituras até a obtenção da constante de infiltração.

A equação  $f_p(t) = 1352,98 - 1283,89 e^{-201,15t}$ , representa cerca de 94,33% dos dados são ajustados. A constante de infiltração foi obtida graficamente na leitura de número 20, cerca de 1 hora e 10 minutos de ensaio, sendo este ensaio com término em 1 hora e 30 minutos (Gráfico 3).

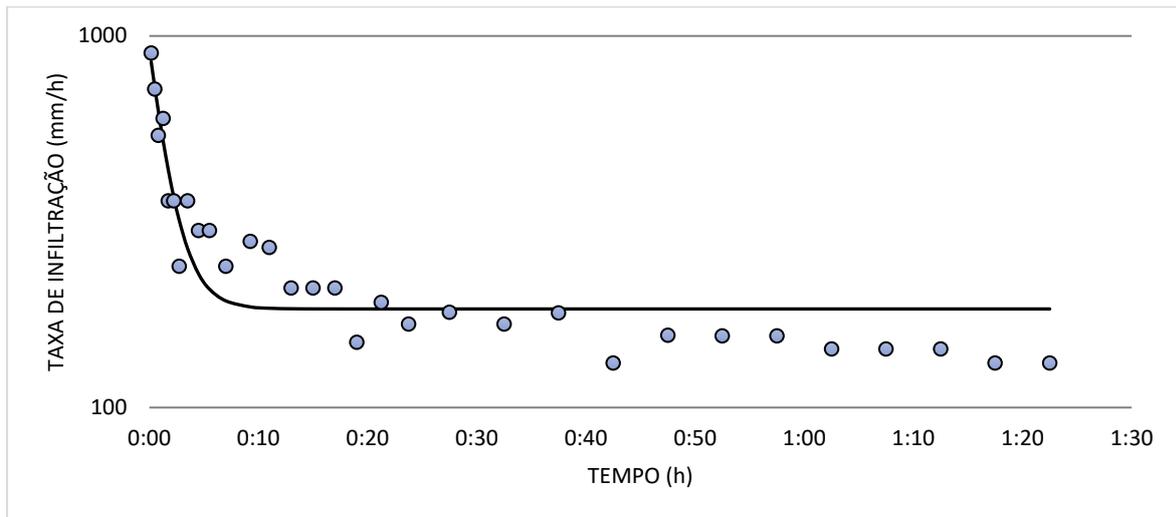
**Gráfico 3** – Comportamento da infiltração do ponto CORREILHA.



Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

A equação  $f_p(t) = 925,23 - 740,99 e^{-37,35t}$ , obtida pela plotagem apresentada no gráfico 4, mostrou um ajuste de 91,58% dos dados ao modelo (Tabela 1). Neste (Gráfico 4) é possível visualizar que o platô é atingido rapidamente (antes de 10 minutos). Pode-se afirmar que a partir de 10 minutos em poucos pontos foram encontradas maiores variações, sendo o tempo total de teste de 1h e 22 minutos.

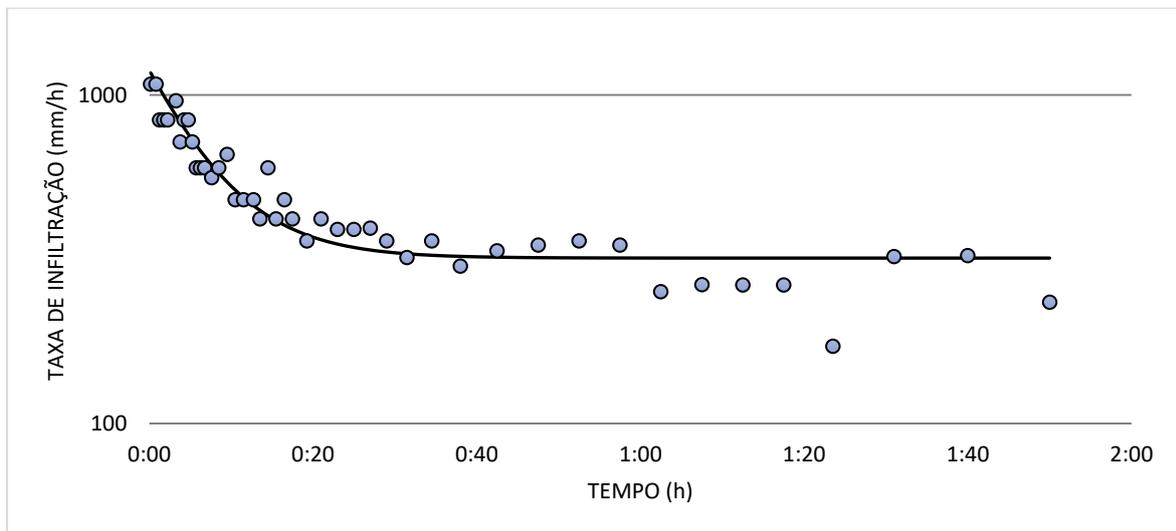
**Gráfico 4** – Comportamento da infiltração de água no solo no ponto Posto Av. Brasil.



Fonte: Adaptado Santini Junior,( 2018).

O maior tempo transcorrido para se atingir o platô, ocorreu no ponto Posto Av. Aeroporto (Gráfico 5). Neste ponto, o platô foi obtido por volta de 35 minutos, com possível indício de estabilização a partir de 40 minutos e com poucos valores com maiores variações. Neste ponto os dados se ajustaram a equação  $f_p(t) = 1187,79 - 869,04 e^{-8,55t}$  em 86,35% (Tabela 1), sendo o tempo total de realização do teste de 1h e 50 minutos.

**Gráfico 5** – Comportamento da infiltração Posto Av. Aeroporto.

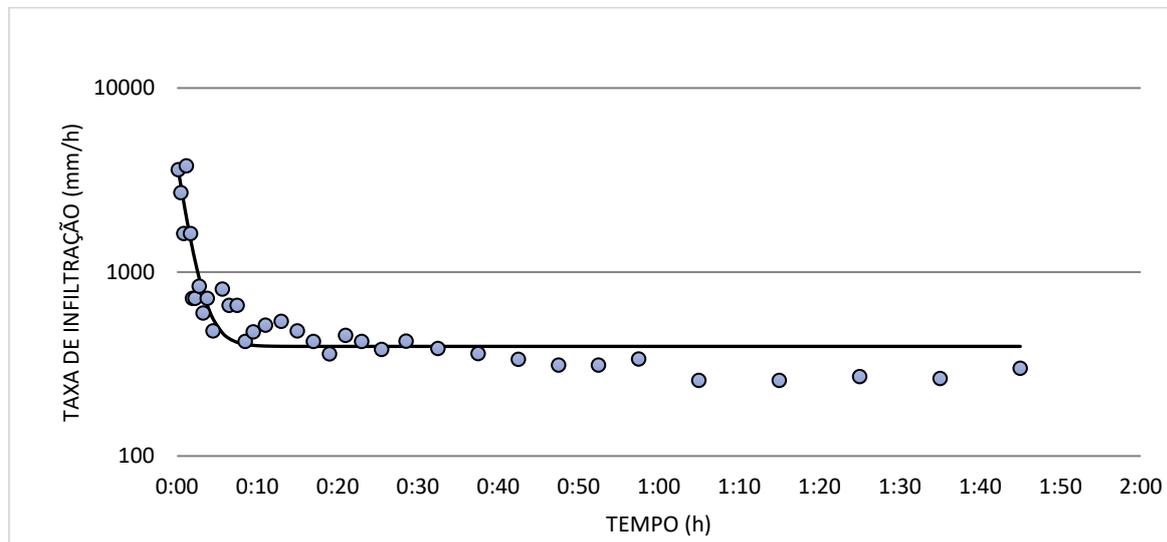


Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

As maiores taxas iniciais de infiltração foram encontradas no ponto INSS (Gráfico 6), com as taxas chegando próximo a 3800 mm h<sup>-1</sup>. Apesar de ser o menor ajuste encontrado, os

dados ajustaram-se a equação  $f_p(t) = 3947,57 - 3553,22 e^{-41,28t}$ , em 81,18% neste ponto, ou seja, 81,18% dos dados estão representados pelo modelo.

**Gráfico 6** – Comportamento da infiltração de água no solo no ponto INSS.



Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

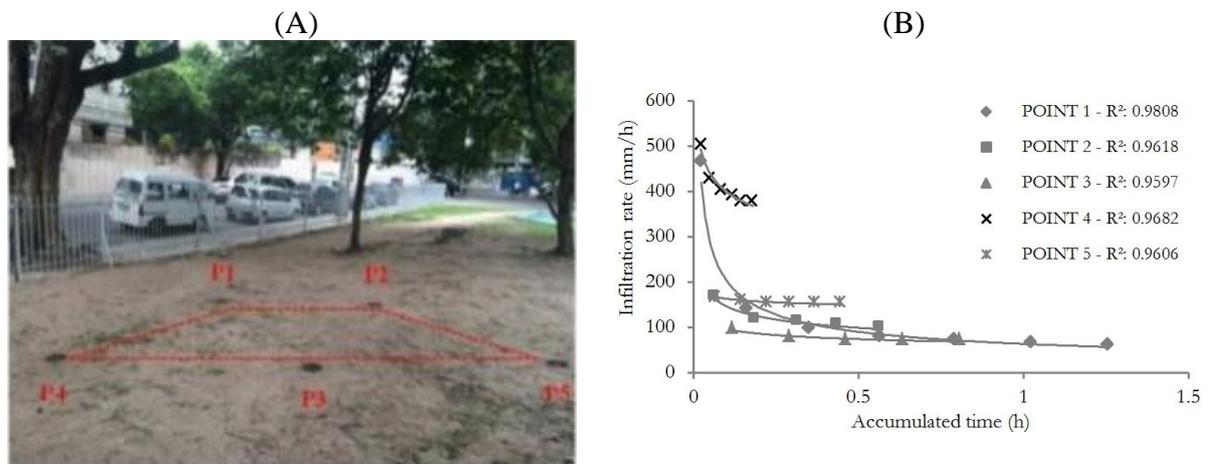
Pelo comportamento observado no ponto INSS, nota-se avidez do solo em absorver água no início do teste, com cerca de 16 leituras nos primeiros 10 minutos de avaliação. A partir deste momento foi atingindo o platô, com pequenas variações, ocorrendo a estabilização em 1 hora e 25 minutos.

A correlação espacial entre as características do solo é baixa, sua heterogeneidade e diversos fatores intervenientes implicam em uma mudança total das características do solo em uma pequena distância. Um exemplo claro desta baixa correlação foi o trabalho de Silva Junior et al. (2017) que, em testes de infiltrômetro de simples anel realizados a poucos metros de distância, não foi observada nenhuma semelhança entre os dados (Figura 4).

A variabilidade do solo, assim como diversas representações de ocorrências naturais, pode ser feita por meio de distribuição estatística atrelada a suas coordenadas geográficas. Neste escopo, a geociência pode agregar valor ao estudo da correlação espacial, utilizando técnicas de krigagem para verificação da correlação espacial.

Vieira, Nielsen e Biggar (1981) promoveram 1280 testes de infiltração de água no solo, em uma área de 55 m de largura por 160 m de comprimento e verificaram que a correlação espacial da infiltração naqueles pontos era de no máximo 100 metros.

**Figura 4** – Correlação espacial das características de infiltração de água no Solo (A) localização dos pontos; (B) Resultados para Infiltração de água

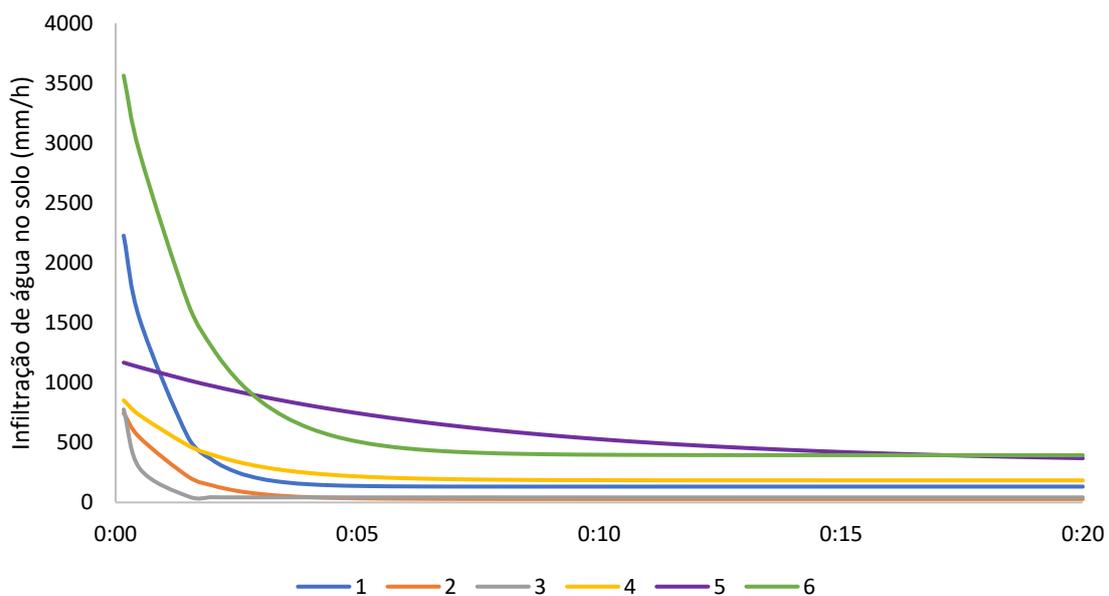


Fonte: Adaptado de Silva Junior et al., (2017).

Loague & Gander (1990), por sua vez, executaram 157 testes de infiltração em uma bacia de 0,1 km<sup>2</sup> e constataram que o alcance máximo da dependência espacial estava em torno de 100 m.

Os parâmetros: taxas de infiltração inicial, taxas de infiltração final e constante de decaimento, foram submetidos à krigagem ordinária e verificou-se o aparecimento do efeito pepita puro. A diferença das curvas encontradas nos diferentes pontos (Gráfico 7).

**Gráfico 7** – Curvas de infiltração de água no solo obtidas nos pontos avaliados.



Fonte: Adaptado Santini Junior, (2018).

No (Gráfico 7) evidencia uma variação entre os locais amostrados (1 – Laboratório de Hidrologia e Hidrometria (LH<sup>2</sup>), 2 - Correilha, 3 – EMEF, 4 – Posto na Av. Brasil, 5 – Posto na Av. Aeroporto, 6 – INSS), a plotagem das curvas corrobora o fato com a análise obtida na Krigagem, evidenciando não haver correlação espacial. A análise das curvas de infiltração (Gráfico 7) torna ainda mais evidente que embora os pontos estejam na mesma bacia, e as curvas de infiltração tenham características de taxas iniciais de decaimento na infiltração distintas, o platô varia pouco menos de dois minutos até vinte minutos, conforme verificado nas curvas 3 e 5, respectivamente.

A falta de dependência espacial dos parâmetros de infiltração verificada foi amplamente estudada na literatura, e não se tem relatos de correlação espacial das propriedades de infiltração de água no solo em grandes distâncias (Loague; Gander, 1990; Silva Junior et al. 2017; Vieira; Nielsen; Biggar, 1981).

#### **4. Considerações Finais**

O conhecimento dos valores reais das taxas de infiltração de água no solo, pode fazer com que os resultados obtidos na equação de Horton sejam mais fidedignos, pois mesmo se tratando de uma mesma bacia foram observadas taxas de infiltração com valores e comportamentos distintos.

A utilização de valores empíricos da infiltração de água no solo pode subestimar ou superestimar a real infiltração, podendo comprometer os resultados a que se destina o estudo.

Para melhor ajuste em trabalhos futuros é recomendável o uso de mais de um ponto de teste de infiltração por polígono o que provavelmente tornaria o ajuste mais adequado para obtenção dos parâmetros da equação de Horton.

#### **Referências**

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, 22(6), 711-28, 1 dez.

Bernardo, S. (1986) Manual de irrigação. Viçosa: UFV. 596p.

Chahinian, N., Moussa, R., Andrieuxp, Voltz M. (2005) Comparison of infiltration models to simulate flood events at the field scale. *Journal of Hydrology, Amsterdam*, 306(1-4), 191-214, maio.

Courty, L. G., Rico-Ramirez, M. A., Pedrozo-Acuna, A. (2017) The Significance of Infiltration and Spatial Variability of Rainfall on the Numerical Reproduction of Urban Floods. *Preprints, Washington*, 1-16, 29.

Green, W. H., & Ampt, G. A. (1911) Studies on soil physics-1. The flow of air and water through soils. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 4(1), 1-24.

Horton, R. E. (1940) An approach toward a physical interpretation - capacity. *Soil Science Society of America Proceeding, Madison*, 5, 399-417.

Loague, K., & Gander, G. A. (1990) Spatial variability of infiltration on a small rangeland catchmen. *Water Resources Research, [S. 1.]*, 5(26), 957- 971.

Santim, T. G. da S. (2010) Uso de geotecnologias na análise temporal dos impactos da urbanização na sub-bacia do Córrego Sem Nome em Ilha Solteira/SP. 2010. 228 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Santini Junior, M. A. (2018) Modelagem hidráulica/hidrológica do escoamento superficial com a utilização do swmm integrado ao sig: o exemplo de Ilha Solteira- SP – Dissertação.

Silva Junior, M. A. B. et al. (2017) Compensatory alternatives for flooding control in urban areas with tidal influence in Recife - PE. *RBRH, [S. 1.]*, 22, 1-11.

Thiessen, A. H. (1911) Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Review*, 39(7), 1082-1089.

Vieira, S. R., Nielsen, D. R., & Biggar, J. W. (1981) Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Sci., [S. 1.]*, 45(1), 1040-1048.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Lucas Menezes Felizardo – 30%

Mauricio Santini Junior – 25%

Glaucia Amorim Faria – 15%

Katia Luciene Maltoni – 15%

Jefferson Nascimento de Oliveira – 15%