

Identificação de áreas propícias à instalação de sistemas de infiltração para a minimização de inundações e alagamentos na bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Paraná

Identification of suitable areas for the installation of infiltration systems to minimize flooding in the Belém river hydrographic basin, Curitiba, Paraná

Alessandro Bertolino^{1*} , Carlos Mello Garcias¹ , Stéphanie Louise Inácio Castro¹ 

RESUMO

A aplicação de sistemas de infiltração como medidas não convencionais de drenagem depende de diversos aspectos, entre eles as características físicas do local de instalação, que podem ser valoradas e comparadas. Essa análise contribui no planejamento, para que o dimensionamento e instalação dos sistemas de infiltração sejam feitos para locais que apresentem condições de recebê-los. O objetivo deste estudo foi identificar áreas propícias à instalação de sistemas de infiltração para a minimização de alagamentos na bacia hidrográfica do rio Belém, no município de Curitiba, Paraná. Para cumprir esse objetivo, identificaram-se as áreas livres na bacia hidrográfica que pudessem receber tais estruturas de infiltração, levantaram-se as características que influenciam na infiltração das águas e aplicaram-se técnicas de geoprocessamento, com o auxílio do **software** ArcGis 10.5, para a determinação de áreas propícias para a instalação dos sistemas. Com a aplicação do método, pode-se observar que as principais áreas para aplicação de sistemas de infiltração das águas de chuva ficam na porção norte da bacia hidrográfica do rio Belém. Essa região foi considerada a mais propícia principalmente pela presença de solo e subsolo com maior permeabilidade do que outras áreas da bacia estudada. Também se percebeu que a implantação em outras áreas, por exemplo, nas regiões mais próximas da foz, não teria tanta efetividade para o estímulo da infiltração, principalmente em razão das condições do solo e declividade. Conclui-se que a efetividade de sistemas de infiltração pode ser maximizada com a adequada escolha do local de implantação, levando em conta as características locais.

Palavras-chave: infiltração de água; controle de alagamentos; geoprocessamento; drenagem sustentável.

ABSTRACT

Applying infiltration systems as unconventional drainage measures depends on several aspects, including the physical characteristics of the installation site, which can be evaluated and compared. This analysis contributes to the system outline, so that the design and installation of infiltration systems are planned for locations suitable for receiving them. The objective of this study was to identify suitable areas for the installation of infiltration systems to minimize flooding in the Belém river basin, in the city of Curitiba, Paraná, Brazil. To fulfill this objective, the free areas of the watershed that could receive such infiltration structures were identified, the characteristics that influence water infiltration were identified and geoprocessing techniques were applied, with the ArcGis 10.5 software, to determine areas for installation of the systems. With the application of the method, it can be observed that the main areas for application of rainwater infiltration systems are in the northern part of the Belém river basin. This region was considered the most favorable mainly due to the presence of soil and subsoil with greater permeability than other areas of the studied basin. It was also observed that the implantation in other areas, for example, in the regions closer to the river mouth, would not be as effective in stimulating infiltration, mainly due to soil conditions and slope. It is concluded that the effectiveness of infiltration systems can be maximized with the appropriate choice of location for implantation, taking into account local characteristics.

Keywords: water infiltration; flood control; geoprocessing; sustainable drainage.

¹Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Curitiba (PR), Brasil.

*Endereço para correspondência: Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, Curitiba, PR, CEP: 80215-901, e-mail: alessandro.bertolino@pucpr.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, além do rápido escoamento das águas pluviais, os sistemas de drenagem podem cumprir funções de retenção, redução, infiltração e melhoria da qualidade das águas de escoamento superficial. A abordagem mais recente da drenagem urbana considera que são necessárias integração e adaptação para melhorar a flexibilidade e a agilidade para lidar com os eventos imprevistos e as mudanças climáticas, ao mesmo tempo oferecendo benefícios multifuncionais (ROGERS *et al.*, 2020). A aplicação dessas medidas de drenagem, chamadas de alternativas ou sustentáveis, depende de diversos aspectos, entre eles as características físicas do local de instalação, que podem ser valoradas e comparadas.

As técnicas alternativas de drenagem podem ser divididas por tipos de controles do escoamento, quais sejam: o controle localizado na fonte, relativo à instalação de pequenas estruturas, as quais são de responsabilidade do proprietário da área, como poços e valas de infiltração ou coberturas verdes; o controle linear, associado a instalações contínuas, quando as áreas são maiores e podem ser instalados sistemas como pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração; e controle centralizado, relacionado a instalações de grande porte localizadas em áreas abertas, como bacias de retenção (GARRIDO NETO, 2012).

As técnicas são empregadas de forma combinada e/ou distribuída pela extensão da área de projeto, sendo este implantado em um lote ou na extensão de uma bacia hidrográfica, como forma de potencializar a infiltração ou o escoamento da água. As técnicas de controle localizadas na fonte e linear são obras consideradas simples, em áreas onde se deseja reduzir a velocidade, reter sólidos e remover os poluentes da forma mais harmoniosa possível com a área urbanizada.

Considera-se que cada local de uma cidade tem características físicas únicas, as quais podem definir as oportunidades para o controle de inundações e alagamentos. Assim, devem-se avaliar as oportunidades e restrições referentes aos atributos dos locais para a implantação de medidas alternativas de drenagem (BENZERRA *et al.*, 2012). As principais características físicas que influem na escolha do local onde se deseja aplicar técnicas que tenham por

princípio a infiltração são a condutividade hidráulica do solo e subsolo, a profundidade do lençol freático, a erodibilidade do solo e a declividade do terreno (SCHUELER, 1987; AZZOUT *et al.*, 1994; SUDERHSA, 2002; BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2005; MORIHAMA *et al.*, 2012; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012; YAZAKI, MONTENEGRO e COSTA, 2018).

A abordagem dos estudos sobre drenagem sustentável tem passado por alterações na última década, passando de uma ampla gama de considerações ambientais, sanitárias, sociais e econômicas para uma abordagem mais focada na aplicação (MENG, 2022). A proposta deste trabalho encaixa-se nessa perspectiva de mudança, pois vai além da discussão de benefícios para apresentar proposta prática que auxilia na efetiva aplicação das técnicas já conhecidas.

O objetivo geral deste trabalho foi identificar áreas propícias à instalação de sistemas de infiltração para a minimização de alagamentos na bacia hidrográfica do rio Belém, no município de Curitiba, Paraná. Para isso, identificaram-se as áreas livres na bacia hidrográfica que pudessem receber tais estruturas de infiltração, realizou-se o mapeamento das características que influem na infiltração das águas e aplicaram-se técnicas de geoprocessamento para a determinação de áreas propícias para a instalação dos sistemas.

2. METODOLOGIA

A aplicação foi realizada na bacia hidrográfica do rio Belém, localizada no município de Curitiba, que possui ocorrências de alagamentos. Essa bacia cobre uma área de aproximadamente 60% da capital paranaense e seu canal principal nasce e tem sua foz dentro dos limites do município. Além disso, 40% da população curitibana reside nessa bacia hidrográfica.

Para a realização do estudo, foi proposto um mapeamento que relacionou as características presentes na área de estudo com as características favoráveis à implantação de medidas alternativas de drenagem. Cada requisito para a implantação das medidas foi avaliado e, posteriormente, foram reunidas bases cartográficas que pudessem ser utilizadas para mapeamento em uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica, no caso o *software* ArcGIS

10.5. Os mapas foram gerados com dados disponibilizados pelos Departamentos de Geoprocessamento do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2013) e do Instituto das Águas do Paraná (2013), com escala aproximada de 1/10.000, exceto os dados pedológicos, em escala 1/50.000.

Com os mapas base, obtiveram-se dados vetoriais para condutividade hidráulica do solo e subsolo, profundidade do lençol freático, erodibilidade do solo e declividade do terreno no recorte da bacia hidrográfica estudada. Os dados em base vetorial foram transformados em formato matricial, com tamanho de *pixel* de 2 m. Com os dados matriciais, pode-se realizar a sobreposição, para que os dados em cada *pixel* sejam cruzados com os *pixels* que estão na mesma coordenada em outra base cartográfica.

Para a análise, foi definido um sistema de pontuação das características, no qual os valores mais altos representam maior aptidão em receber as técnicas e um valor nulo representa a inaptidão do local, conforme a **Tabela 1**.

Em seguida, foi utilizada uma ferramenta de álgebra de mapas do ArcGis 10.5 para a confecção do mapa final. Assim, os valores que representavam as características de cada *pixel* na imagem matricial foram multiplicados, criando-se o mapa de aptidão para o recebimento das tecnologias estudadas.

A multiplicação foi escolhida pelo fato de alguns requisitos técnicos da aplicação das medidas de baixo impacto serem restritivos. Na região em que o requisito não atende à condicionante local, ele não é apto para receber as medidas, ou seja, o valor zero (não atende aos requisitos) anula o resultado, satisfazendo a condição de não aptidão do local.

Desse modo, as células de cada mapa foram multiplicadas entre si: condutividade hidráulica do solo × condutividade hidráulica do subsolo × profundidade do lençol freático × erodibilidade do solo × declividade do terreno

= aptidão local. Considerando-se as pontuações definidas, há cinco possíveis resultados de aptidão para qualquer *pixel*: não aptidão (0), muito baixa (1), baixa (2), média (4), alta (8) e muito alta (16).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tomando o método descrito no capítulo anterior, foram criados mapas referentes a cada característica descrita e foram atribuídos valores para cada *pixel* com base na pontuação elaborada.

A condutividade hidráulica é mais alta quando o solo ou o subsolo permite que um fluido percole rapidamente. Assim, quanto maior a condutividade hidráulica, melhor se adaptam os sistemas de infiltração (OLIVEIRA, GONÇALVES e MARTINS, 2010; TOMAZ, 2010; GONÇALVES e LIBARDI, 2013; GONÇALVES *et al.*, 2015). Pode-se observar na **Figura 1** que os solos presentes na porção norte da bacia hidrográfica apresentam alto e médio grau de condutividade hidráulica. Já na região sul da bacia, observa-se a predominância de solos de média e baixa condutividade.

A profundidade do lençol freático determina a infiltração da água no solo, pois o lençol próximo à superfície reduz a condutividade hidráulica. Também existem riscos de contaminação de águas subterrâneas, por isso a recomendação é que o lençol esteja a no mínimo 0,6 m de profundidade (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 2007). Dessa forma, quanto mais profundo o lençol freático, melhor a viabilidade de implantação de sistemas de infiltração. Praticamente toda a bacia hidrográfica apresenta profundidades acima de 1,2 m, acima do mínimo para que a possibilidade de contaminação seja minimizada (**Figura 2**).

Declividades acima de 5% não são adequadas para sistemas de infiltração, pois propiciam mais o escoamento superficial do que a infiltração. Para se evitar o empocamento, recomenda-se declividade de pelo menos 1%

Tabela 1 – Pontuação das características para a reclassificação dos dados matriciais.

REQUISITO	Condutividade hidráulica do solo	Condutividade hidráulica do subsolo	Declividade	Profundidade do lençol freático	Erodibilidade
Valores Atribuídos	Baixa (0)	Baixa (0)	Abaixo de 1% (1)	Abaixo de 0,6 metros (0)	Alta (0)
	Média (1)	Média (1)	Entre 1 e 5% (2)	Acima de 0,6 metros (1)	Média (1)
	Alta (2)	Alta (2)	Acima de 5% (0)		Baixa (2)

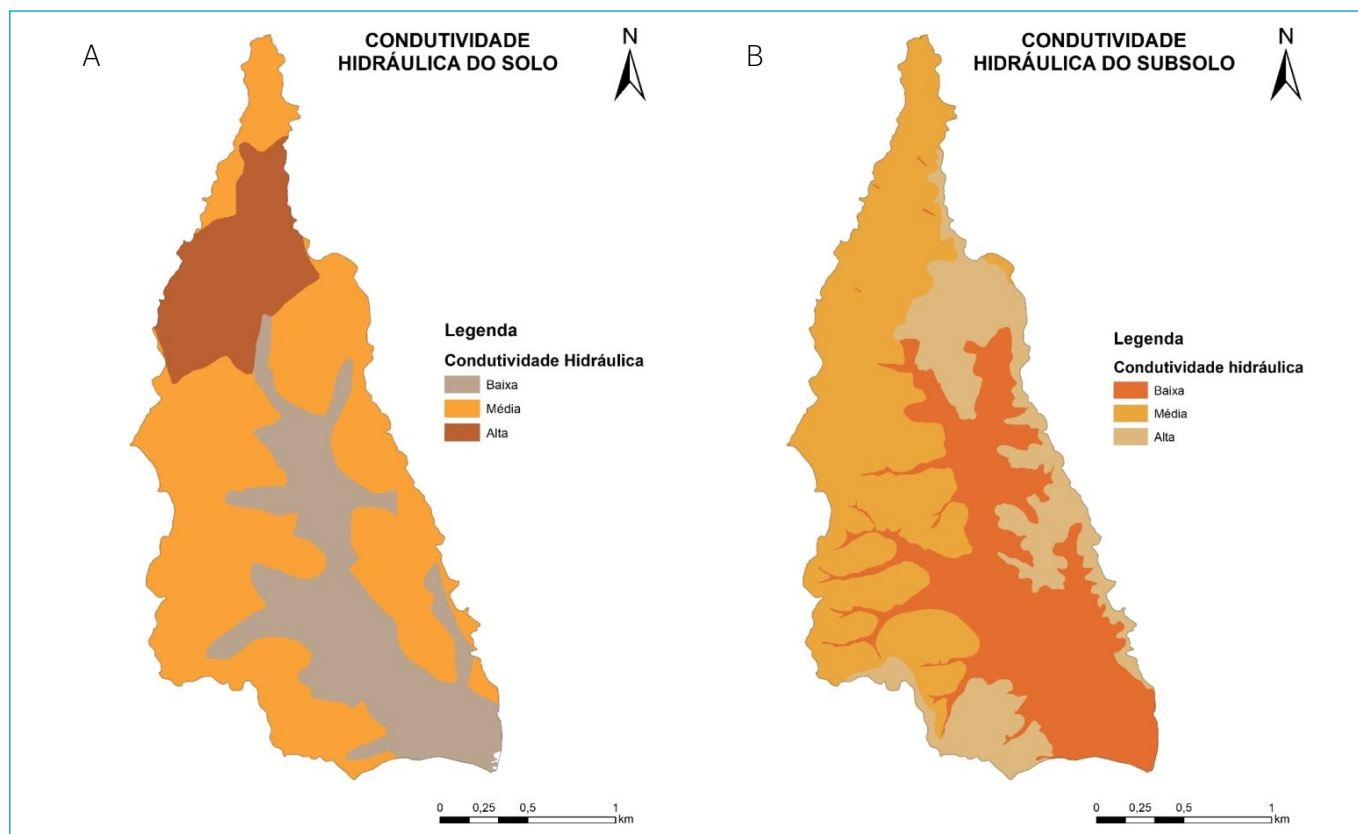


Figura 1 – Faixas de condutividade hidráulica (A) do solo e (B) subsolo na bacia hidrográfica do rio Belém.

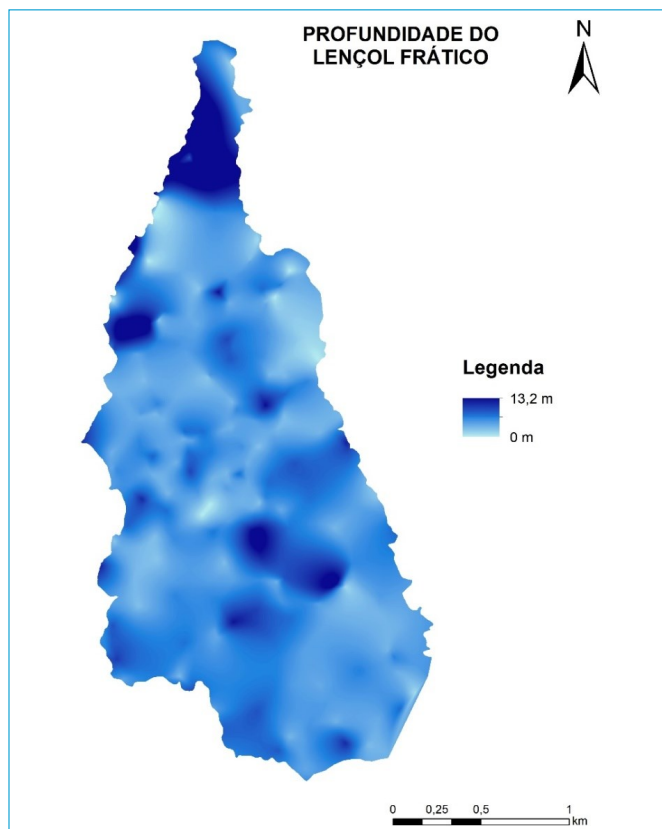


Figura 2 – Profundidade do lençol freático na bacia hidrográfica do rio Belém.

(SCHUELER, 1987; PRINCE GEORGE’S COUNTY, 2007). As maiores declividades na bacia estudada (Figura 3A) encontram-se principalmente próximas ao divisor de águas. As declividades são determinantes na velocidade do escoamento superficial. Verifica-se que ao sul da bacia se encontram as áreas com menores declividades.

A erodibilidade do solo representa o potencial do solo para ser carregado e deve ser considerada para evitar que o sistema de infiltração perca solo. Alguns solos com características argilosas ou com muitos sedimentos finos podem se desestruturar na presença da água, perdendo sua capacidade de suporte e suas propriedades hidráulicas. Dessa maneira, esses solos não são adequados para suportar dispositivos de infiltração (TOMAZ, 2007). Na bacia estudada, os maiores valores de erodibilidade estão às margens do talvegue principal, na porção inferior da bacia (Figura 3B).

Com base na metodologia criada, os mapas foram sobrepostos, utilizando a multiplicação entre os valores pontuados para cada restrição local. Mais uma vez, destaca-se que foram consideradas para este estudo somente

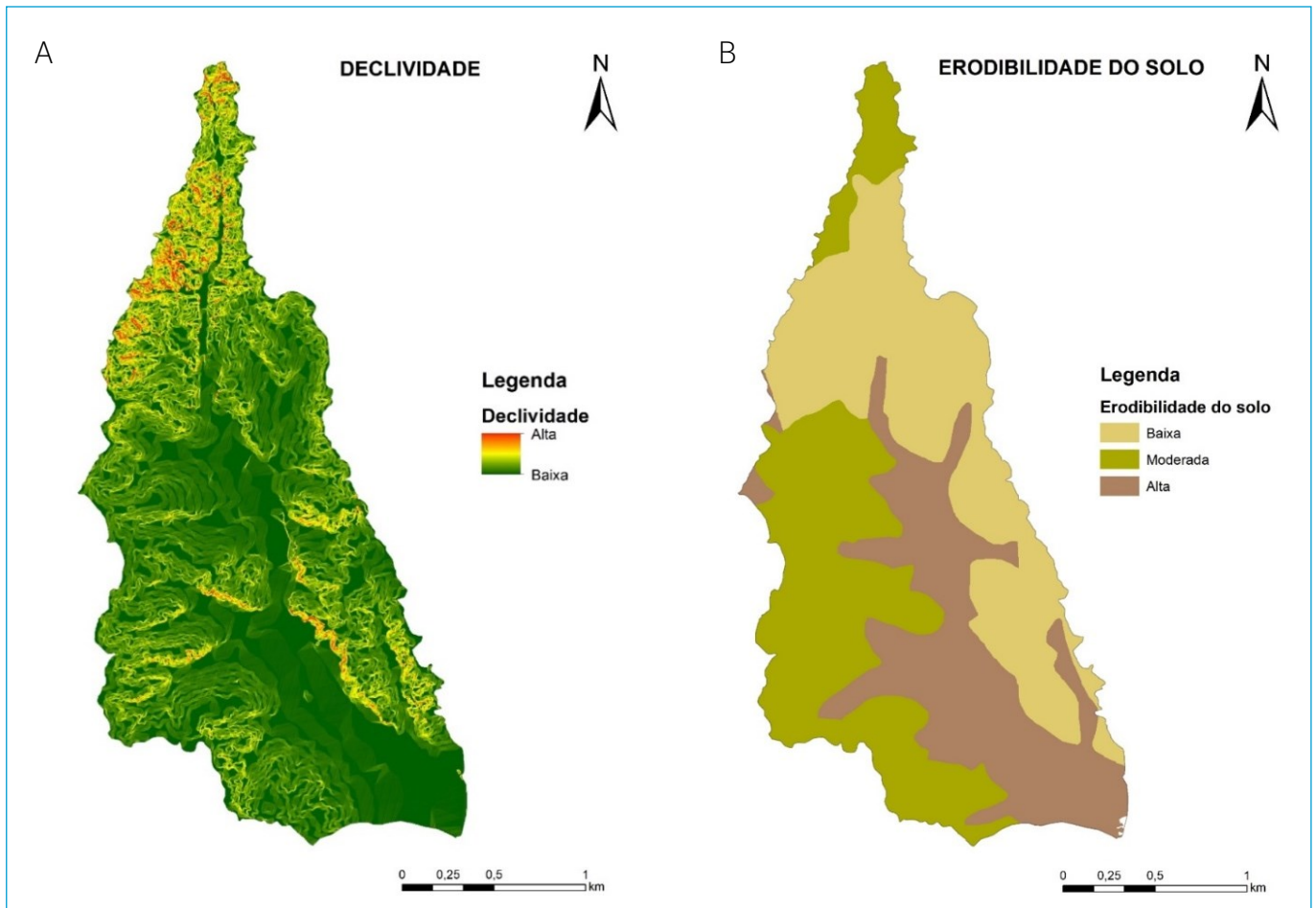


Figura 3 - (A) Declividade e (B) erodibilidade do solo na bacia hidrográfica do rio Belém.

as áreas livres da bacia hidrográfica. O resultado pode ser observado na **Figura 4**, em que estão destacadas as áreas com algum grau de aptidão para a instalação de sistemas de infiltração.

O solo, em locais próximos ao exultório da bacia, adquire uma característica hidromórfica pelo fato de as baixas declividades contribuírem para a deposição do material carreado desde os pontos mais altos da bacia. Como esse solo possui baixa permeabilidade, graças a sua saturação de água, a infiltração é dificultada. Isso é apresentado por Cardoso *et al.* (2015) e Nunes e Rosa (2020), que comentam que a infiltração fica comprometida em áreas de várzea.

Visto que nessas áreas, pela baixa declividade, a água não consegue escoar com tanta facilidade, constata-se que justamente nessas regiões se concentram os locais com maior possibilidade de ocorrência de inundações e alagamentos. Essa situação é semelhante à discutida por Cardoso *et al.* (2015). Junta-se a isso o fato de o solo da

região ser considerado de baixa permeabilidade. Parte do trecho norte e parte da porção leste da bacia hidrográfica do rio Belém apresentam melhores condições de abrigar as medidas de infiltração, já que o fator determinante para o resultado foi a condutividade hidráulica do solo e do subsolo.

Nas regiões com média aptidão, existe a possibilidade de implantação das medidas abordadas, porém são necessárias obras complementares que facilitem a infiltração das águas no solo, como a instalação de drenos subterrâneos, conforme recomendações da literatura (YAZAKI, MONTENEGRO e COSTA, 2018). Com essas obras, verifica-se a necessidade da realização de maiores modificações no meio, aumentando o impacto causado pela implantação das medidas.

As regiões de baixa aptidão localizam-se principalmente no extremo norte da bacia hidrográfica e na porção oeste, em razão da baixa permeabilidade do solo e da

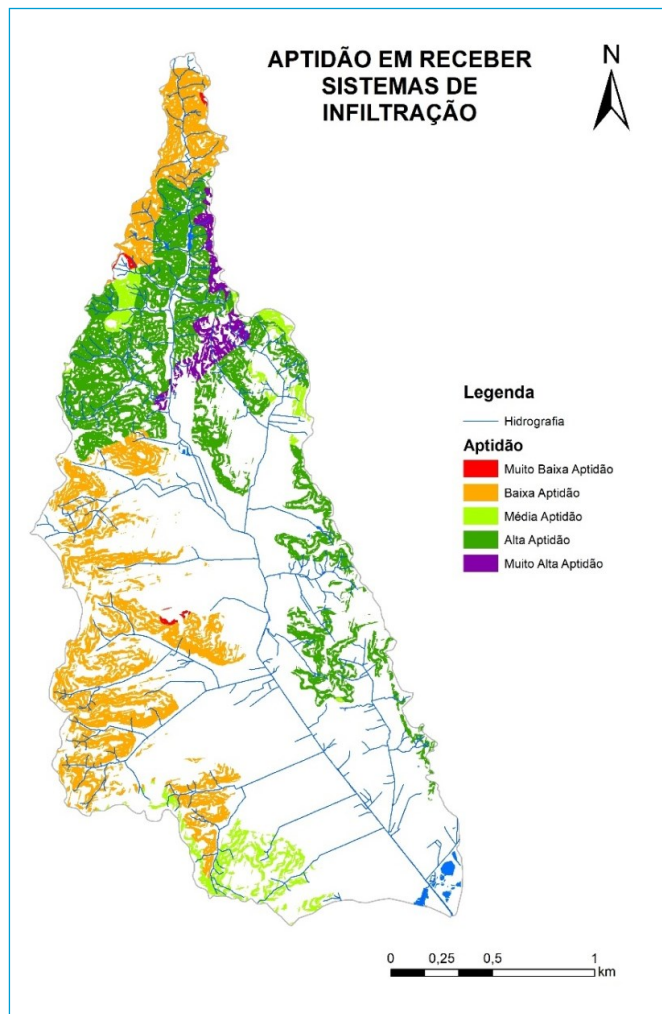


Figura 4 - Representação das faixas de aptidão em receber sistemas de infiltração na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.

presença de solos com média a alta erodibilidade. As áreas sem aptidão são aquelas em que alguma das características teve pontuação nula, zerando o resultado da multiplicação. Novamente, o fator que mais contribuiu para a classificação foi a condutividade hidráulica do solo e subsolo.

Ressalta-se que as medidas de infiltração não precisam ser implantadas próximo ao curso principal dos rios, uma vez que essa técnica objetiva o retardo do escoamento superficial das águas precipitadas antes que estas atinjam os cursos d'água. Essa afirmação é corroborada por Seraphim e Bezerra (2019), que afirmam que a recarga dos aquíferos é facilitada em locais de maior altitude. Além disso, ao se estudarem as medidas, observa-se que estas não devem ser implantadas a jusante da bacia, pois o volume de água escoada passa a ser maior, sobrecarregando os sistemas.

Assim, a baixa ou nula aptidão das referidas áreas não inviabiliza a implantação dos sistemas estudados na bacia hidrográfica como um todo.

É possível pensar a bacia hidrográfica como a soma de suas sub-bacias. Assim, toda a água que passa pelo exultório da bacia principal também é a soma das águas de cada um dos tributários. Assim, como Rodrigues (2020) afirma em seu estudo, ao se amenizar o pico de vazão nas sub-bacias, também se controla o volume de água que chega até a região sul da bacia, local com maior concentração de áreas suscetíveis às inundações. Assim, justifica-se o uso de medidas de infiltração para, inicialmente, conter os alagamentos, mas de maneira geral, minimizar inundações.

4. CONCLUSÕES

Um dos meios de minimizar as inundações e alagamentos é a utilização de sistemas de infiltração. Essas medidas dependem de fatores físicos. Grande parte da área estudada, a bacia hidrográfica do rio Belém, em Curitiba, Paraná, possui densa ocupação urbana, a qual implica áreas impermeabilizadas que aumentam o escoamento superficial das águas e, conseqüentemente, alteram o ciclo hidrológico. Em contrapartida, são necessárias áreas que favoreçam a infiltração no solo, a fim de reestabelecer, em parte, o sistema natural.

O fator determinante para a implantação das técnicas que visam à infiltração é a condutividade hidráulica dos solos e dos subsolos. Na maior parte da bacia hidrográfica estudada, o solo não é favorável ao recebimento dessas técnicas, haja vista sua média ou baixa permeabilidade. Podem ser utilizadas técnicas que facilitam o fluxo vertical das águas, como a utilização de drenos nessas regiões, principalmente nas áreas em que o solo apresenta média permeabilidade.

As técnicas de infiltração teriam maior efetividade se implantadas em locais com baixa declividade, porém não totalmente planos, pois ali a água já estaria concentrada, necessitando somente do estímulo à infiltração.

A profundidade do lençol freático é determinante na minimização do risco de contaminação das águas subterâneas. Assim, quanto mais profundo o lençol, mais apto

o local está para receber as técnicas de infiltração, já que estas servem também como retentoras de cargas poluidoras advindas da lavagem da superfície. A profundidade ideal para a aplicação das medidas estudadas é observada em praticamente toda a bacia hidrográfica, o que permite, de modo geral, sua implantação.

Considerando-se o conjunto das análises realizadas e a geração do mapa de aptidão, verificou-se que o trecho norte da bacia hidrográfica do rio Belém apresenta

melhores condições de abrigar as medidas estudadas e que sua implantação em outras áreas, por exemplo nas proximidades da foz, teria pouca efetividade para o estímulo da infiltração.

A escolha de local adequado e propício para a instalação de sistemas de infiltração permite a maximização de seu desempenho, evitando o investimento em estruturas que podem não ter total eficiência pelas características físicas do local de implantação.

REFERÊNCIAS

- AZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F.N.; ALFAKIH, E. *Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial: Choix, Conception, Réalisation et Entretien*. Paris: LCPC, INSA Lyon, Certu, Agences de l'Eau, Lavoisier Technique et Documentation, 1994.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BENZERRA, A.; CHERRARED, M.; CHOCAT, B.; CHERQUI, F.; ZEKIOUK, T. Decision support for sustainable urban drainage system management. *Journal of Environmental Management*, v. 101, p. 46-53, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.027>
- CARDOSO, P.; CHAIBEN NETO, M.; BUTZKE PYDD, E.; SILVEIRA FONSECA, J.; ZIANI GOULART, R. Infiltração de água no solo ao longo do tempo em várzea submetida a diferentes manejos. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 7, n. 2, 2015.
- GARRIDO NETO, P.S. *Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água da chuva*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- GONÇALVES, A.A.; SOUSA, E.F.; LIMA, I.S.; SALAZAR, R.C.; GOMES FILHO, R.R. Determinação da velocidade de infiltração básica da água no neossolo por meio de anéis de concêntricos na área experimental da UFS. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015. *Anais* [...]. São Cristóvão, 2015.
- GONÇALVES, A.D.M.A.; LIBARDI, P.L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 5, p. 1174-1184, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500007>
- INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. *Mapas e Dados Espaciais*. Curitiba: Instituto das Águas do Paraná, 2013. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). *Banco de Dados - Mapas Temáticos*. Curitiba: IPPUC, 2013. Disponível em <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- MENG, X. Understanding the effects of site-scale water-sensitive urban design (WSUD) in the urban water cycle: a review. *Blue-Green Systems*, v. 4, n. 1, p. 45-57, 2022. <https://doi.org/10.2166/bgs.2022.026>
- MORIHAMA, A.C.D.; AMARO, C.; TOMINAGA, E.N.S.; YAZAKI, L.F.O.; PEREIRA, M.C.S.; PORTO, M.F.A.; MUKAI, P.; LUCCI, R.M. Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions. *Water Science and Technology*, v. 66, n. 4, p. 704-711, 2012. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.215>
- NUNES, E.D.; ROSA, L.E. Compactação e impermeabilização do solo e implicações nos canais fluviais urbanos. *Mercator*, v. 19, e19023, 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19023>
- OLIVEIRA, L.A.; GONÇALVES, R.M.; MARTINS, F.P. Contraste de condutividade hidráulica em solos de texturas arenosa e argilosa encontrados nos tributários da margem esquerda do Rio Tijuco, Município de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais, Brasil. *Caminhos de Geografia*, v. 11, n. 33, p. 230-243, 2010. <https://doi.org/10.14393/RCG113316139>
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2012.
- PRINCE GEORGE'S COUNTY. Department of Environmental Resources. *Low impact development design strategies: an*

integrated design approach. Maryland: Prince George's County, 2007.

RODRIGUES, A.L.M. *Técnicas compensatórias no controle de drenagem em bacias hidrográficas urbanas: diagnóstico, viabilidade e modelagem*. 2020. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

ROGERS, B.C.; DUNN, G.; HAMMER, K., NOVALIA, W.; HANN, F.J.; BROWN L.; BROWN, R.R.; LLOYD, S.; URICH, C.; WONG, T.H.F.; CHESTERFIELD, C. Water Sensitive Cities Index: A diagnostic tool to assess water sensitivity and guide management actions. *Water Research*, v. 186, 116411, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116411>

SCHUELER, T. *Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMP*. Washington, D.C.: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

SERAPHIM, A.P.A.C.C.; BEZERRA, M.C.L. Identificação de áreas de recarga de aquíferos e suas interfaces com áreas propícias à urbanização. *P@ranoá*, n. 23, p. 68-83, 2019. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.07>

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). *Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba*. Curitiba: SUDERHSA, 2002.

TOMAZ, P. *BMPs Best Management Practices*. Guarulhos: Plínio Tomaz Engenharia, 2007.

TOMAZ, P. Infiltração e condutividade K. In: TOMAZ, P. *Curso de manejo de águas pluviais*. Guarulhos: Plínio Tomaz Engenharia, 2010.

YAZAKI, L.F.O.; MONTENEGRO, M.H.F.; COSTA J. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal*. Brasília: Adasa, Unesco, 2018. 329 p.