

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

BACIAS DE INFILTRAÇÃO (BARRAGINHAS) COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO HÍDRICA: ÁREAS APTAS À IMPLANTAÇÃO DE BACIA DE INFILTRAÇÃO COM A LÓGICA FUZZY

Mariana Manrique Tondati¹; Eduardo Souza de Moraes¹ & Américo José Marques²

Abstract: Infiltration basins, also known in Brazil as *barraginhas*, are shallow excavations designed for the storage and retention of rainwater, contributing to the increase of baseflow during low-flow periods. This study aimed to identify areas with potential for the implementation of infiltration basins, based on the variables accumulated flow, slope, and soil classes. The adopted methodology was Fuzzy Logic combined with the AND operator, used to generate a cartographic product indicating priority locations for the application of this technique. The analysis was conducted in the Alonzo River hydrographic basin, a major right-bank tributary of the Ivaí River, in the state of Paraná, Brazil. This basin was selected due to its strategic relevance for implementing mitigation measures during the Ivaí River's low-flow periods. The results showed that the lower course of the basin presents greater suitability for infiltration basins, especially in areas located in the municipalities of Faxinal and Cruzmaltina, characterized by gentle slopes and the predominance of Oxisols. This study provides technical support for the planning and integrated management of water resources, highlighting the importance of accurately identifying suitable sites for the implementation of infiltration basins. Additionally, it holds potential to support future research aimed at defining priority areas for infiltration basin implementation.

Keywords – Water Resources Management; Nature-Based Solutions; Geoprocessing.

Resumo: As bacias de infiltração, também conhecidas como barraginhas, são escavações rasas destinadas ao armazenamento e à contenção da água pluvial, contribuindo para o aumento do fluxo de base durante períodos de vazões mínimas. Neste estudo o objetivo foi identificar áreas com potencial para a implantação de bacias de infiltração, com base nas variáveis fluxo acumulado, declividade e classes de solo. A metodologia adotada foi a Lógica *Fuzzy* com o operador AND para a elaboração de um produto cartográfico que indica os locais prioritários à implantação dessa técnica. A análise foi aplicada na bacia hidrográfica do rio Alonzo, importante afluente da margem direita do rio Ivaí, no estado do Paraná. Essa bacia hidrográfica foi escolhida em razão de sua relevância estratégica para a implementação de medidas mitigadoras nos períodos de vazões mínimas do rio Ivaí. Os resultados evidenciaram que o baixo curso da bacia apresenta maior aptidão para a IBI, com destaque para áreas situadas nos municípios de Faxinal e Cruzmaltina, caracterizadas por declividades suaves e predominância de Latossolos. O estudo oferece subsídios técnicos para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos, destacando a importância da identificação adequada dos locais para a implantação de bacias de infiltração. Além disso, apresenta potencial para subsidiar futuras pesquisas voltadas à definição de áreas prioritárias para a IBI.

1) Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE), Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), (44) 3011-4327, pg404732@uem.br, esmorais2@uem.br.

2) Departamento de Geografia (DGE), Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), (44) 3011-4327, ajmarques@uem.br.

Palavras-Chave – Gestão dos Recursos Hídricos; Soluções Baseadas na Natureza; Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

A bacia de infiltração, popularmente conhecida como barraginhas, é uma técnica de armazenamento da água da chuva (Fig. 1). Essa medida contribui com a recarga de água subterrânea e pode favorecer o aumento das vazões mínimas, assim como realizar a retenção de sedimentos provenientes das enxurradas (Barros, 2000; Barros; Ribeiro, 2009). O uso das bacias de infiltração foi implementado de forma pioneira no Brasil em 1995, através da Embrapa Milho e Sorgo que desenvolveu um projeto chamado “Barragens de Contenção de Águas Superficiais da Chuva”, no município de Sete Lagoas – MG (Barros, 2000).

Em relação ao seu funcionamento e aplicações, as bacias de infiltração se enquadram como uma Solução Baseada na Natureza (SBN), conceito que envolve ações de proteção, gestão e recuperação de ecossistemas naturais ou modificados, em relação aos desafios que a sociedade enfrenta (ex. segurança alimentar e mudança climática) e contribuem com benefícios tanto para o bem-estar humano quanto para a biodiversidade (Cohen-Shacham, *et al.*, 2016). Especificamente, as bacias de infiltração se relacionam diretamente com segurança hídrica e a gestão de bacias hidrográficas. Considerando que a infiltração da água no solo é extremamente importante para a recarga dos aquíferos e para a manutenção do fluxo de base dos rios, assim como, para garantir maior permanência da água na bacia hidrográfica, proporcionando, assim, uma maior disponibilidade de água para desenvolvimento e manutenção da cobertura vegetal (Moraes, 2012).

Figura 1 - Exemplo de uma barraginha localizada no Semiárido, estado de Minas Gerais.



Fonte: Barros e Ribeiro (2017).

Portanto, as bacias de infiltração podem contribuir como uma medida mitigadora para vazões mínimas. Porém, a determinação de locais estratégicos para sua implantação é importante para que elas possam cumprir sua função. Para a escolha dos melhores locais destinados à Implantação de Bacia de Infiltração (IBI) é importante considerar o fator de infiltração, que depende de características geomorfológicas, solo, clima (precipitação), hidrologia, entre outras (Barros; Ribeiro, 2009). Dessa forma, o propósito deste estudo é identificar áreas aptas à IBI na bacia hidrográfica do rio Alonzo, que é um dos principais tributários da margem direita do rio Ivaí. A redução das vazões mínimas em rios tem gerado medidas de controle e restrição do uso dos recursos hídricos em diversas regiões. No estado do Paraná, por exemplo, a região do rio Ivaí tem enfrentado problemas de estiagem, como no ano de 2020 (G1 Norte Noroeste – RPC, 2020).

Nesse contexto, houve a criação da Portaria IAP Nº 157 de 26 de maio de 2020 e Portaria IAT Nº 348 de 11 de setembro de 2024, que proibiram a pesca nos rios Ivaí e em demais rios do estado. De maneira direta ou indireta, essas Portarias interferem em diferentes usuários de recursos hídricos. Devido à importância do rio Ivaí para o estado do Paraná, há uma preocupação em promover a permanência da água na bacia hidrográfica e mitigar os efeitos da redução das vazões mínimas, promovendo o equilíbrio dos ecossistemas e o atendimento dos múltiplos usos da água. O delineamento da pesquisa com a definição da bacia hidrográfica do rio Alonzo foi realizado com base em critérios como menor vazão específica e maior produção de carga suspensa (Leli, Stevaux e Nóbrega, 2010), maior produção de sedimentos (Melo, 2017), rios livres de barramentos para produção de energia elétrica (Tondati; Moraes, 2023). A análise realizada envolveu a avaliação dos atributos da paisagem da bacia hidrográfica do rio Alonzo (fluxo acumulado, declividade e classes de solos) com uma técnica de geoprocessamento, a Lógica Fuzzy.

A Lógica Fuzzy é uma metodologia de análise espacial amplamente utilizada em pesquisas ambientais, como na representação computacional de compartimentos geomorfológicos (Samizava *et al.*, 2008), mapeamentos de locais de risco à inundação, fragilidade ambiental, erosão e ordenamento territorial, implantação de aterros sanitários e carta geotécnica de aptidão à urbanização (Ramos *et al.*, 2022; Junior; Lorandi; Fazzari, 2009; Santana, 2014; Lopes; Silva, 2022; Pereira *et al.*, 2021). Assim, compreende-se que parâmetros da paisagem aplicados com a metodologia Lógica Fuzzy possam contribuir de modo relevante para a distribuição espacial de áreas potenciais para bacias de infiltração.

ÁREA EM ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Alonzo (Fig. 2), área em estudo, localiza-se no estado do Paraná e está inserida na bacia hidrográfica do rio Ivaí. O rio Alonzo possui 171 km de extensão. Drena uma área de aproximadamente 2.620 km², abrangendo os municípios de Faxinal, Rosário do Ivaí, Grandes Rios, Ortigueira, Cruzmaltina, Rio Branco e Reserva. No que diz respeito a sua terminologia, o rio Alonzo também é conhecido como rio do Peixe, por parte da população local. As duas nomenclaturas estão corretas e correspondem a mapas e cartas do estado do Paraná (Couto, 2011; Couto *et al.*, 2013).

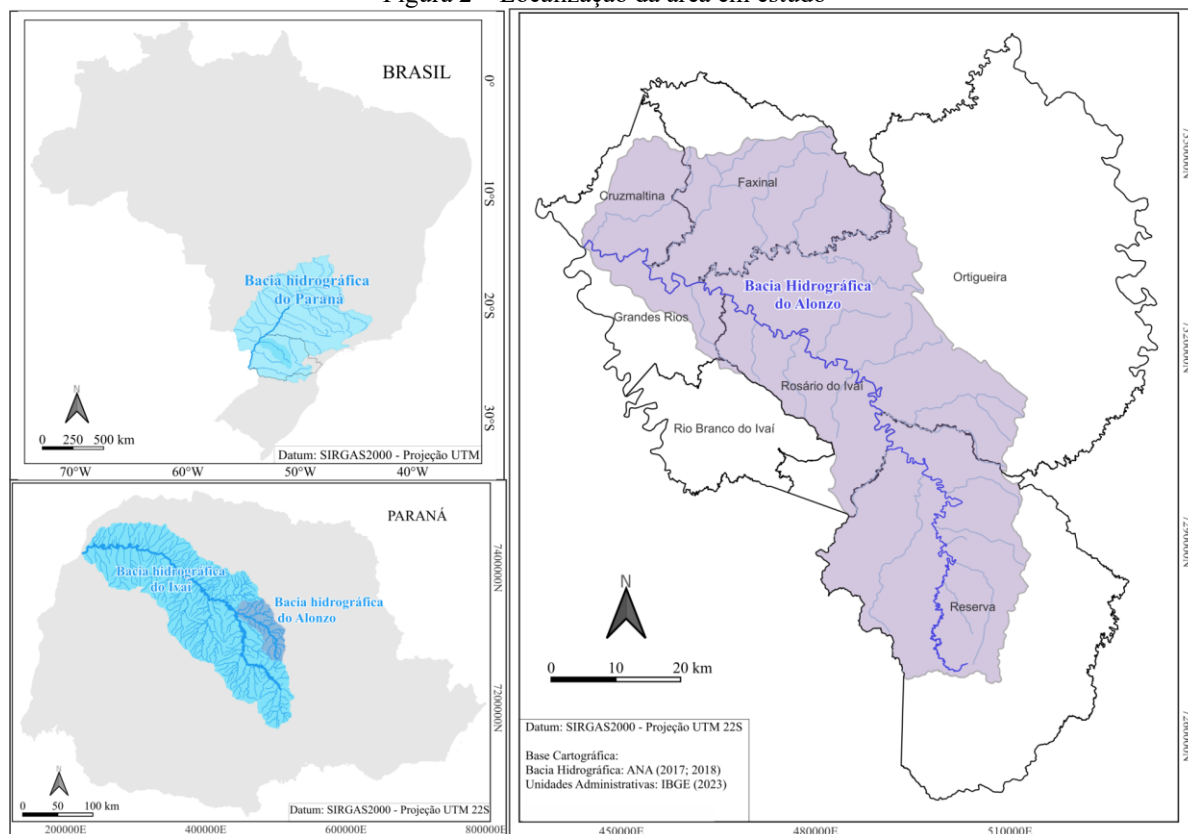
A área em estudo possui os climas: Cfa tropical e Cfb subtropical, que abrange o curso inferior e médio, e curso superior, respectivamente (IAP, 1994). A região representada pelo clima Cfb possui características de ambientes temperados, com média anual de 1.000mm e apresenta abaixo de 60mm de chuva no mês mais seco. Já a região representada pelo clima Cfa e Cfa-Cfw (transição) possui características de clima tropical, com chuvas mais bem distribuídas o ano todo (Couto, 2011).

A bacia hidrográfica do rio Alonzo está numa área de transição entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense, por isso apresenta formas de relevo bastante dissecadas (Couto, 2011). O rio percorre longo trecho encaixado na zona de falhas do Alonzo. Esta apresenta os traços de lineamentos mais contínuos, com altas concentrações de diques e alinhamentos que são facilmente percebíveis em dados topográficos, agrupando-se em zonas de falha NW-SE. As falhas correspondentes são estruturas bem marcadas ocorridas em rochas sedimentares das formações Paleozoicas, com alinhamentos que chegam ultrapassar 50 km de comprimento em direção à cobertura de basalto e coincidem com a área de Alinhamento do rio Alonzo (Couto *et al.*, 2013).

De acordo com a base de dados disponibilizada em shapefile pela Embrapa (2008), as classes pedológicas dispostas na área de estudo são: Argissolo, Cambissolo, Latossolo, Neossolo e Nitossolo. Os aspectos fitogeográficos da área correspondem em sua maior parte pela Floresta Ombrófila Mista e uma pequena área de Floresta Estacional Semidecidual, no baixo curso (Couto, 2011). O uso e ocupação do solo são compostos por: Formações Florestais de Reserva Legal; Silvicultura, presente

entre as Formações Florestais; Pastagem; Mosaico de Usos; Soja, presente no baixo curso, próximo ao exutório, predominantemente nos municípios de Cruzmaltina e Faxinal; Café e outras lavouras. Além disso, os municípios de Rosário do Ivaí, Cruzmaltina e Faxinal possuem áreas urbanizadas na bacia hidrográfica do rio Alonzo (MAPBIOMAS, 2022).

Figura 2 – Localização da área em estudo



Fonte: ANA (2017;2018); IBGE (2023).

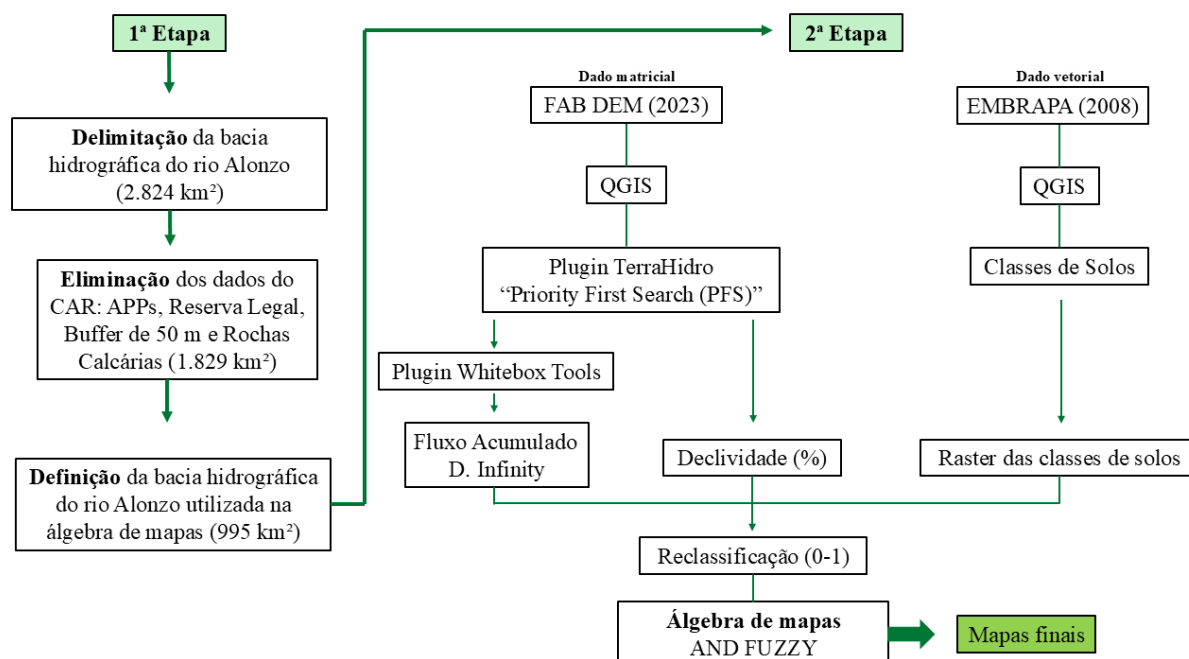
METODOLOGIA

Na presente pesquisa, foi utilizada a Lógica Fuzzy associada ao operador AND, pois, em condições nas quais duas evidências ou parâmetros precisam ocorrer simultaneamente para indicar uma região favorável, esse operador deve ser empregado, uma vez que a condição desfavorável de um dos parâmetros invalida os demais. A Lógica Fuzzy permite representar incertezas e transições graduais entre classes, o que se mostra mais apropriado do que abordagens binárias em análises ambientais. Foi elaborada uma função de pertinência expressa por valores variando de 0 a 1, estabelecida por meio de uma tabela de atributos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Esses valores foram escolhidos de forma subjetiva, conforme a representatividade de cada variável analisada, de acordo com as particularidades da área de estudo e os objetivos da pesquisa (Meirelles; Moreira; Camara, 2007).

Previamente, as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Reservas Legais (CAR, 2023) e as áreas onde o substrato é de rochas calcárias (Bresser; Brumatti e Spisila, 2021) foram subtraídas da bacia hidrográfica. Com relação à utilização dos dados do CAR, observou-se que nem todos os rios possuem APPs cadastradas de acordo com o atual Código Florestal Brasileiro. Portanto, optou-se por utilizar um buffer de 50 metros ao redor das drenagens, para garantir que às APPs ao redor de canais e nascentes, locais em que as bacias de infiltração não são recomendadas. Considerando que

a bacia hidrográfica do rio Alonzo drena uma área de aproximadamente 2.824 km², delimitada manualmente nessa pesquisa, ao eliminar da área total da bacia as áreas de APPs, Reserva Legal, buffer de 50 m ao redor das drenagens (correção das APPs) e locais em que se encontram rochas calcárias, foram desconsiderados aproximadamente 1.829 km² (64,79%) da área total. Portanto, a metodologia empregada foi executada somente nos 995 km² (35,21%), considerados esse montante como a área total (100%). Na Figura 3 observa-se o passo a passo da metodologia utilizada para essa pesquisa.

Figura 3 – Metodologia



Elaboração: Os autores (2024).

Para definir as áreas aptas para as bacias de infiltração foram consideradas três variáveis: fluxo acumulado, declividade e classes de solos, que foram introduzidos na álgebra de mapas com base na Lógica Fuzzy (AND). Após a geração desses produtos cartográficos, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, QGIS 3.34.2 (2024), as três variáveis foram reclassificadas com valores 0 (menos apto) a 1 (mais apto), dispostas na Tabela 1.

Para utilizar a Lógica Fuzzy, com o operador AND, foi utilizada a ferramenta Estatística de Raster do QGIS. Os dados de entrada e valores reclassificados (Tab. 1), foram inseridos em formato raster. Posteriormente a inserção das bases cartográficas foi feita a escolha da operação Mínimo na ferramenta. A Lógica Fuzzy quando associada ao operador AND tem como principal objetivo apresentar o menor valor existente entre as camadas de entrada. Por exemplo: caso tenha três pixels, com valores de 0,5, 0,8 e 0,9, permanecerá o 0,5, que é o que possui menor valor.

Tabela 1 - Reclassificação

	Classes	Valor
Fluxo acumulado	1 - 10	0
	10 - 20	0,5
	20 - 50	0,9
	50 - 300	1
Declividade	0 - 5	0,3
	5 - 12	1
	> 12	0
Classe de solos <i>Grupo Hidrológico (Sartori et al., 2005)</i>	(C) ARGISSOLO abruptico	0,5
	(B) ARGISSOLO cambissolico / umbrico	1
	(B) ARGISSOLO umbrico	1
	(D) CAMBISSOLO	0,3
	(A) LATOSSOLO	0,7
	(-) NEOSSOLO	0,2
	(B) NITOSSOLO	1

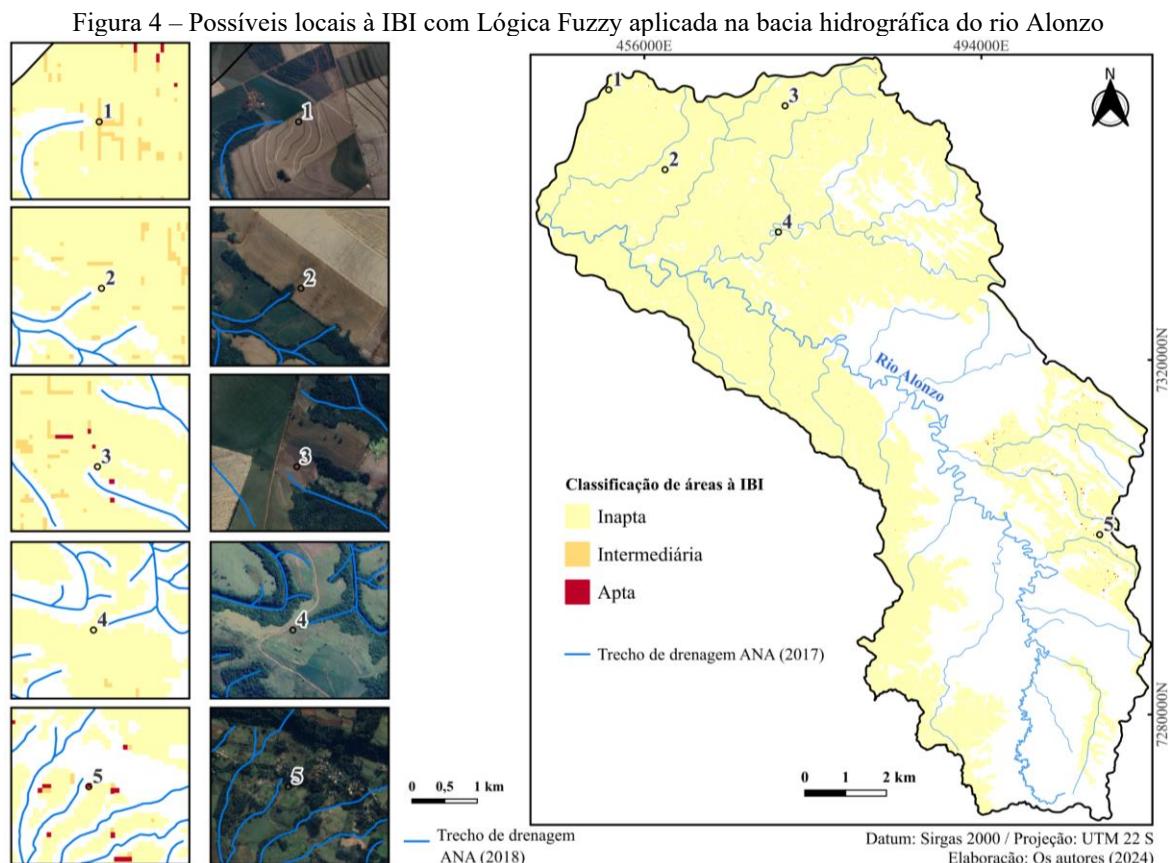
Elaboração: Os autores (2024).

RESULTADOS

Os resultados da álgebra de mapas com a Lógica Fuzzy foram quantificados, no intervalo de 0-1, em três classes: inapta (0 – 0,2), intermediária (0,2 – 0,7) e apta (0,7 – 1). Dessa forma, como apresentado na Figura 4, possibilitou a identificação de áreas à IBI, classificadas em inapta (96,87%), intermediária (2,40%) e apta (0,73%). Observa-se que a classe inapta representa mais de 96% dos dados distribuídos na área analisada, enquanto a classe apta corresponde a menos de 1%. Esse contraste é significativo e merece destaque. A metodologia aplicada, baseada no operador AND da Lógica Fuzzy, compara os valores de cada variável envolvida (fluxo acumulado, declividade e classe de solo) no pixel analisado, priorizando o menor valor entre elas. Assim, mesmo que o fluxo acumulado e a declividade sejam favoráveis à implantação das bacias de infiltração em uma área, se o solo não for adequado, o modelo atribuirá somente o menor valor, no caso, referente ao solo. Esse critério explica a predominância das classes não apropriadas. Apesar disso, a metodologia possui uma tendência a ser mais seletiva e confiável na identificação dos locais aptos à IBI.

A classe inapta está distribuída em toda a área analisada, enquanto as classes intermediária e apta concentram-se no baixo curso, e no alto curso especialmente na margem direita, nos municípios de Reserva e Ortigueira. No baixo curso, destaca-se a presença da classe apta entre os possíveis locais à IBI, o que está relacionado, principalmente, aos menores valores de declividade e à predominância de Latossolos e Argissolos na região. O município de Faxinal (0,34%) apresenta o maior percentual da classe apta à locais de IBI, seguindo do município de Cruzmaltina (0,25%), devido à predominância de áreas localizadas no baixo curso, caracterizadas por declividades menores que 12%. Embora esses municípios também possuam características na paisagem de altas declividades, a metodologia

aplicada com a Lógica Fuzzy selecionou somente as áreas indicadas de acordo com a classe apta. Pois, nota-se que eles possuem as maiores porcentagens de áreas inaptas.



Fonte: Álgebra de mapas Lógica Fuzzy (2024).

Analisou-se a distribuição de cada classe de solo na composição das classes de áreas disponíveis à IBI com a Lógica Fuzzy. Observou-se que o Latossolo corresponde a 72,49% das áreas aptas à IBI, sendo, portanto, o solo mais influente na identificação das melhores áreas para a implantação das bacias de infiltração. Em relação ao Argissolo, este representa 14,05% da classe apta. Já o Argissolo abruptico não está presente nos resultados de áreas aptas à IBI, visto que essa classe de solo recebeu um valor não satisfatório na reclassificação. Assim como, o Cambissolo não representa essas áreas, e o Neossolo representa apenas 0,14%.

DISCUSSÃO

A viabilidade para identificação de áreas aptas à implantação de bacias de infiltração com a Lógica Fuzzy (AND) demonstrou-se relevante. Lopes e Silva (2022) ao comparar a Lógica Fuzzy com a Lógica Booleana, destacam que a Lógica Fuzzy possui uma flexibilidade maior que permite o meio termo entre “verdadeiro” e “falso”, o que simplifica a resolução de problemas, como nessa pesquisa, em que se buscou uma metodologia que permitisse diferentes níveis de classificação à IBI.

No presente estudo, foi empregada a Lógica Fuzzy associada ao operador AND, que se caracteriza por retornar sempre o valor mínimo entre os critérios analisados. Essa escolha metodológica se deve ao fato de que, ao classificar uma área apta à IBI, é necessário que ela apresente nota elevada em todos os três aspectos considerados, garantindo, assim, um critério mais restritivo e

preciso na seleção das áreas mais adequadas. Para Lobão e Silva (2013), o operador AND na Lógica Fuzzy é o mais conservador, pois é indicado para situações altamente restritivas (cenário otimista), nas quais duas ou mais variáveis são estritamente necessárias para satisfazer uma questão. Além disso, conforme destacado por Santana (2014), a Lógica Fuzzy se mostra uma ferramenta útil e eficiente, especialmente quando aplicada em um ambiente SIG, pois permite a análise simultânea de múltiplos fatores. Esses aspectos contribuíram para uma interpretação mais detalhada e realista dos dados espaciais neste caso das bacias de infiltração.

CONCLUSÕES

A pesquisa contribui para a identificação de locais aptos à implantação de bacias de infiltração, medida que possui potencial para aumentar o fluxo de base dos rios durante períodos de vazões mínimas na bacia hidrográfica. O trabalho foi desenvolvido utilizando parâmetros geomorfológicos e pedológicos associado a técnica de geoprocessamento. O mapa de viabilidade de IBI com a Lógica Fuzzy (operador AND), a aplicação da álgebra de mapas apresentou resultados na classe apta (0,73%), intermediária (2,40%) e inapta (96,87%). Os municípios mais representativos da classe apta à IBI foram Faxinal, Cruzmaltina e Ortigueira, respectivamente. Além disso, o solo mais representativo na classe apta foi o Latossolo (72,49%).

A contribuição desta pesquisa viabiliza a identificação de áreas estratégicas para a preservação com um tipo de Solução Baseada na Natureza, especialmente necessárias no contexto de eventos extremos e mudanças climáticas. Os resultados são úteis para gestores e proprietários rurais, orientando a implantação de bacias de infiltração em locais adequados, de modo a promover a conservação da bacia hidrográfica e garantir a manutenção dos fluxos hídricos durante períodos de vazões mínimas. O estudo é promissor para futuras pesquisas, em que outros pesquisadores possam realizar mapeamentos na busca por locais aptos às bacias de infiltração em escalas maiores. Com aperfeiçoamento de técnicas, com alguns aspectos que foram desconsiderados nesse estudo, como as áreas urbanas, estradas, ferrovias, e usos do solo que inviabilizam a construção de uma bacia de infiltração.

AGRADECIMENTOS

Ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) que financiou este projeto na forma de bolsa de mestrado (Código de Financiamento 88887.845423/2023-00) e ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) pela disponibilidade de materiais para os trabalhos de campo.

REFERENCIAS

ABIMAEL JUNIOR; LORANDI, R.; FAZZARI, C. Mapeamento de risco à erosão acelerada com uso de técnica fuzzy para diretrizes de ordenamento territorial – o caso de Descalvado – SP.

Geotecnia, [S.l.], n. 117, 2009. Disponível em: <https://impactumjournals.uc.pt/geotecnia/article/view/10671>. DOI: https://doi.org/10.14195/2184-8394_117_2. Acesso em: 4 jul. 2024.

BARROS, L. C. de. **Projeto piloto de barragens de contenção de águas superficiais de chuvas: Um projeto social para colheita de enxurradas**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. 2000. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/484462>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BARROS, L. C. DE.; RIBEIRO, P. E. DE A. **Barraginhas: água de chuva para todos** (ABC da Agricultura Familiar, 21). Brasília - DF, Embrapa Informação Tecnológica, p. 56, 2009. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/256599>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BARROS, L. C. de; RIBEIRO, P. E. A. Barraginhas: realimentação de aquíferos. **Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades**, v. 11, n. 11, p. 46-52, maio/jun. 2017. Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1099353/1/Barraginhasrealime](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1099353/1/Barraginhasrealimentacao.pdf)
[ntacao.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1099353/1/Barraginhasrealime). Acesso em: 20 jul. 2023.

BRESSER, M. L., BRUMATTI, M., SPISILA, A. L. (2021). **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**. Escala 1:600.000. Curitiba: SGB-CPRM. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22492>. Acesso em: 11 jul. 2024.

CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR). **Consulta Pública**. Base de downloads. Disponível: <
<https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>>. Acesso em: 30 de jul. de 2024.

COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. and MAGINNIS, S. (eds.) **Nature based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>. ISBN: 978-2-8317-1812-5. Disponível em: https://portals.iucn.org/library/node/46191?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 3 abr. 2025.

COUTO, E. V. do. **Influência morfotectônica e morfoestrutural na evolução das drenagens nas bordas planálticas do alto Ivaí – rio alonzo – Sul do Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá – 2011.

COUTO, E. V.; FORTES, E.; FERREIRA, J. H. D. **ÍNDICES GEOMORFOLÓGICOS APLICADOS A ANALISE MORFOESTRUTURAL DA ZONA DE FALHA DO RIO ALONZO – PR**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 14, n. 4, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v14i4.323. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/323>. Acesso em: 1 jun. 2024.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Portaria nº 348, de 22 de setembro de 2024. Proibição da pesca no estado do Paraná**. Disponível em: https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/202409/port.3482024_17981.6530_proibicaoopesca.pdf. Acesso em: 25 set. 2024.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. DA. Dinâmica espacial da hidrologia da bacia do Rio Ivaí. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 41-47, 2010. DOI: 10.4025/bolgeogr.v28i2.10373. Disponível em: < 53
<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/10373>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

LOBÃO, J. S. B; SILVA, B. C. M. N. **Análise socioeconômica na região semiárida da Bahia: Geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial**. Feira de Santana: UEFS editora, 2013.

LOPES, R. C.; SILVA, R. N. F. Aplicação das lógicas Booleana e Fuzzy na determinação de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário. **Geociências** (UNESP), v. 41, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16277>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/16277>. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16277>. Acesso em: 5 ago. 2024.

MEIRELLES, M. S. P.; MOREIRA, F. R.; CAMARA, G. Técnicas de Inferência Espacial. In: p. 107-189. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G; ALMEIDA, C. M. de. **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 107-189.

MELO, O. A. G. de. **Modelagens hidrológicas aplicadas à análise do escoamento superficial da bacia do rio Ivaí-PR**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. 2017.

MORAIS, F. de. Infiltração - uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, vol. 22, núm. 38, 2012, p. 73-87. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Belo Horizonte, Brasil. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/3753/4389>. Acesso em: 30 mar. 2024.

PARANÁ. **Portaria IAP N° 157, de 26 de maio de 2020**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=396214>>. Acesso em: 10 de jul. de 2024.

PEREIRA, G. A.; CAMPOS, A. B. de; SILVA, P. J. da; CARVALHO, D. de. Lógica fuzzy aplicada à elaboração de carta geotécnica de aptidão à urbanização da área de expansão da UNICAMP – Campinas, SP. **Geociências** (UNESP), v. 40, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15478>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15478> Acesso em: 4 ago. 2024.

Projeto MapBiomias – Coleção [9] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em [nov. 2024] através do link: [<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>].

QGIS Geographic Information System. [Software]. **Versão 3.34.2**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024.

RAMOS, J. R. L.; ELMIRO, M. A. T.; NERO, M. A.; TEMBA, P. C.; ROSA, G. Lógica fuzzy associada ao risco de inundação no município de Nova Lima/MG. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 125–144, 2022. DOI: 10.35699/2237-549X.2018.19369. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/19369>. Acesso em: 4 ago. 2024.

Rio Ivaí sofre com a pior estiagem dos últimos 23 anos no Paraná. **G1 Norte Noroeste – RPC**, Maringá, 27 de abr. de 2020. Disponível em: . Acesso em: 10 de jul. de 2024.

SAMIZAVA, Tiago Matsuo; NUNES, João Osvaldo Rodrigues; IMAI, Nilton Nobuhiro; KAIDA, Rodrigo Hiroshi. Suavização dos Contatos entre Compartimentos de Relevo através de Modelagem por Inferência Fuzzy: Mapeamento Geomorfológico no Município de Presidente Prudente - SP – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 9, n. 2, 2008. DOI: 10.20502/rbg.v9i2.111. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/111>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SANTANA, C. J. **O USO DA LÓGICA FUZZY NO ESTUDO DAS ÁREAS POTENCIAIS AO PROCESSO EROSIVO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ, LONDRINA – PR**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014. 88 p.

TONDATI, M. M.; MORAIS, E. Barramentos na bacia hidrográfica do rio Ivaí, Paraná: delimitação e caracterização geográfica das áreas de drenagem. In: **14º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, Corumbá – MS. 03 - Geomorfologia fluvial e lacustre**. 2023. 1-7 p. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/3/539_433.html. Acesso em: 4 out. 2023.