

ÁREAS POTENCIAIS PARA INSTALAÇÃO DE BACIAS DE INFILTRAÇÃO (BARRAGINHAS) COM O MÉTODO AHP: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALONZO, SUL DO BRASIL

Mariana Manrique TONDATI¹

Eduardo Souza de MORAIS²

Américo José MARQUES³

RESUMO

As bacias de infiltração são escavações rasas destinadas ao armazenamento de água pluvial, contribuindo para o aumento do fluxo de base em períodos de vazões mínimas, por meio do retardamento da infiltração e do escoamento subsuperficial. Este estudo objetivou identificar áreas com alta aptidão para a instalação de bacias de infiltração, com base nas variáveis fluxo acumulado, declividade e classes de solo. A metodologia utilizou álgebra de mapas com o método AHP para elaboração do produto cartográfico com locais prioritários para a implantação dessas estruturas. A análise foi aplicada na bacia hidrográfica do rio Alonzo, importante tributário do rio Ivaí, no estado do Paraná, Brasil, cuja relevância estratégica se destaca diante das pressões ambientais e antrópicas. Os resultados evidenciaram que o baixo curso da bacia hidrográfica apresenta maior aptidão, caracterizado por declividades reduzidas e predominância de Latossolos. O estudo fornece subsídios técnicos para o planejamento e a gestão integrada de recursos hídricos, demonstrando a eficácia do método AHP e da álgebra de mapas na delimitação de áreas prioritárias.

Palavras-chaves: Bacia hidrográfica. Planejamento. Recursos hídricos.

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

² Docente do curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

³ Docente do curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**POTENTIAL AREAS FOR THE INSTALLATION OF INFILTRATION
BASINS (*BARRAGINHAS*) USING THE AHP METHOD: ALONZO RIVER
HYDROGRAPHIC BASIN, SOUTHERN BRAZIL**

ABSTRACT

Infiltration basins are shallow excavations designed for stormwater storage, contributing to increased base flow during periods of minimal discharge through the delay of infiltration and subsurface runoff. This study aimed to identify areas with high suitability for the installation of infiltration basins based on variables such as accumulated flow, slope, and soil classes. The methodology employed map algebra combined with the AHP method to create a cartographic product identifying priority sites for the implementation of these structures. The analysis was applied to the Alonzo River hydrographic basin, a significant tributary of the Ivaí River in the state of Paraná, Brazil. This hydrographic basin holds strategic relevance due to environmental and anthropogenic pressures. The results indicated that the lower course of the watershed exhibits higher suitability, characterized by gentle slopes and the predominance of Latosols. The study provides technical support for integrated water resource planning and management, demonstrating the effectiveness of the AHP method and map algebra in delineating priority areas.

Keywords: Hydrographic basin. Planning. Water resources.

1 INTRODUÇÃO

A ideia de armazenar água da chuva é muito antiga, sendo as bacias de infiltração, também conhecidas como barraginhas, uma técnica utilizada para essa circunstância. Trata-se de um escavamento raso para retenção temporária de água, com fundo e laterais permeáveis, que promovem a infiltração de forma gradual (Davis; Hunt; Traver, 2022). Essas estruturas contribuem para a recarga de água subterrânea e podem contribuir para o aumento das vazões mínimas dos rios (Barros, 2000; EPA, 2021). Isso ocorre porque parte da água do rio provém do fluxo de base, ou seja, da água subterrânea que é transferida pelo escoamento subsuperficial. Como a velocidade desse escoamento é lenta, mesmo em períodos de seca, há descarga dessa água subterrânea (Ebrahim; Villholth, 2016).

Algumas características naturais podem influenciar a recarga de água subterrânea e no fluxo da base do rio, como a duração e a intensidade das chuvas, a inclinação da superfície, a cobertura vegetal, a umidade do solo e a condutividade hidráulica (Zhang; Schilling, 2004). Além disso, as propriedades dos solos (espessura de seus horizontes, granulometria e porosidade) também influenciam o processo de infiltração (Botelho; Silva, 2012). Considerando que há atributos geográficos que influenciam no potencial contribuição das bacias de infiltração, torna-se então relevante usar as ferramentas de geoprocessamento para associar os diferentes atributos da paisagem com o uso de técnicas de geoprocessamento para identificação de áreas potenciais a instalação de bacias de infiltração (Alves *et al.*, 2023; Pourghasemi *et al.*, 2020; Pina *et al.*, 2024). A escolha dos locais apropriados para as bacias de infiltração depende de características do relevo, solo, clima (precipitação), hidrologia, entre outras (Barros; Ribeiro, 2009). Deste modo, torna-se viável uma proposta de definir locais aptos à bacia de infiltração em bacias hidrográficas utilizando-se de atributos da paisagem associados a técnicas de geoprocessamento.

Esta pesquisa tem como objetivo identificar as áreas aptas à instalação de bacias de infiltração (AAIBI), com foco na bacia do rio Alonzo. A escolha dessa área se justifica pelo fato de ser um dos principais tributários da margem direita do rio Ivaí, além de apresentar características relevantes como menor vazão específica em relação a outras sub-bacias e maior produção de carga suspensa (Leli *et al.*, 2010), ainda, está localizada em uma área de grande produção de sedimentos (Melo, 2017), visto que, as bacias de infiltração podem contribuir com o aumento do fluxo de base

em períodos de vazões mínimas e com a retenção de sedimentos. Além disso, o rio Alonzo é um tributário sem barramentos para a produção de energia elétrica (Tondati e Moraes, 2023).

O rio Ivaí, que possui toda a sua área de drenagem dentro do estado do Paraná, tem enfrentado problemas de estiagem, como a ocorrida no ano de 2020 (G1 Norte Noroeste – RPC, 2020). Dada a gravidade desse evento, fez-se necessária a promulgação da Portaria IAP Nº 157, de 26 de maio de 2020, e, posteriormente, da Portaria Nº 348, de 22 de setembro de 2024, que proibiram a pesca nos rios Ivaí e em outros rios do estado. Deste modo, é essencial promover a retenção da água na bacia hidrográfica, contribuindo assim para a manutenção de vazões mínimas durante períodos críticos de escassez hídrica na bacia.

2 ÁREA EM ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Alonzo (Figura 1), localizada no estado do Paraná, está inserida no sistema hidrográfico do rio Ivaí. Essa bacia hidrográfica drena uma área de aproximadamente 2.824 km², abrangendo os seguintes municípios: Faxinal, Rosário do Ivaí, Grandes Rios, Ortigueira, Cruzmaltina, Rio Branco e Reserva. O rio Alonzo, também conhecido como rio do Peixe, possui uma extensão de 219 km, desde sua nascente, localizada no município de Reserva, até a sua foz, situada no limite entre os municípios de Grandes Rios e Cruzmaltina.

A bacia hidrográfica do rio Alonzo está situada numa área de transição do Segundo para o Terceiro Planalto Paranaense, o que faz com que apresente formas de relevo bastante dissecadas (Couto, 2011). A região possui rochas da Era Mesozóica, predominantemente no baixo curso da bacia hidrográfica, como as Formações Pitanga, Chapecó e Botucatu. Além disso, as rochas da Era Paleozóica, presente em todo o interior da bacia hidrográfica, desde o alto curso até parte do baixo curso, como as Formações Rio do Rasto, Teresina, Serra Alta, Irati, Palermo e rio Bonito – Membro Paraguaçu (Bresser; Brumatti e Spisila, 2021).

O rio Alonzo percorre um longo trecho encaixado em zona de falhas. Esta região apresenta lineamentos mais contínuos, com altas concentrações de diques, alinhamentos que são facilmente perceptíveis em dados topográficos, agrupando-se em zonas de falha com orientação NW-SE. As falhas correspondentes são estruturas marcantes que ocorrem em rochas sedimentares das formações Paleozóicas, com alinhamentos que podem 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).

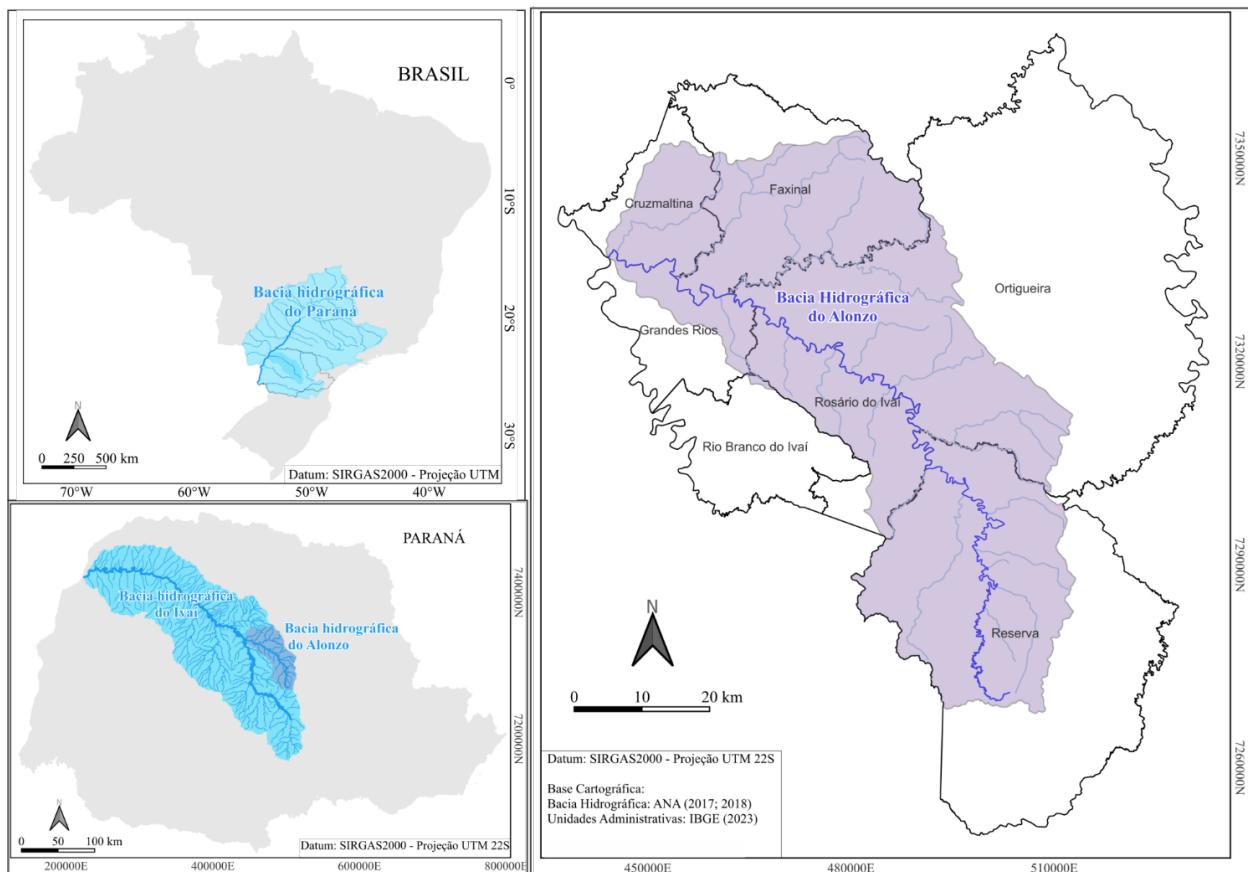


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Alonzo

Elaboração: Os autores, 2025.

A região se localiza em duas zonas climáticas: Cfa tropical e Cfb subtropical, que abrangem o curso inferior e médio, e o curso superior, respectivamente (IAP, 1994). A área representada pelo clima Cfb possui características de ambientes temperados, com precipitação média anual de 1.000mm, sendo que apresenta menos 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 bem distribuídas o ano todo (Couto, 2011). Os aspectos fitogeográficos da área correspondem principalmente à Floresta Ombrófila Mista e uma pequena área de Floresta Estacional Semidecidual, no baixo curso (Couto, 2011).

Segundo a Embrapa (2008), as classes pedológicas dispostas na área de estudo são: Argissolo, Cambissolo, Latossolo, Neossolo e Nitossolo. 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).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste trabalho foi dividida em duas etapas: a primeira consiste na identificação de locais inicialmente inadequados à instalação de bacias de infiltração, devido a questões relacionadas a legislação brasileira e a limitações físicas do ambiente, que restringem a implantação dessas estruturas; a segunda etapa envolve a aplicação da álgebra de mapas utilizando a metodologia Processo Analítico Hierárquico (AHP), proposta por Saaty (1977), para avaliar a aptidão das áreas restantes para a instalação das bacias de infiltração.

A técnica de Processo Analítico Hierárquico – AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP), é uma ferramenta de análise multicritério que permite algumas melhorias em aplicações desenvolvidas em SIG, como o planejamento ambiental e urbano (Meirelles *et al.*, 2007; Peinado *et al.*, 2016). Esse método é amplamente utilizado para tomada de decisões, inclusive na área ambiental (Oliveira; Martins, 2015).

A técnica multicritério permite avaliar e comparar diferentes variáveis com base em múltiplos critérios. O método organiza o problema em uma estrutura hierárquica: primeiramente, o problema central, que nesse caso é a determinação das AAIBI, seguido pelos critérios que orientam a decisão e, por fim, as variáveis a serem aplicadas.

Cada variável é comparada, par a par, com as demais variáveis envolvidas no processo, tornando-se comparações relativas em termos de sua preponderância, atribuindo valor de importância para cada uma das variáveis comparadas par a par. Esses valores de importância são então usados para calcular um peso para cada variável, facilitando a escolha da melhor solução. Por fim, é calculado o índice de consistência entre os pesos dados para se verificar a coerência dos julgamentos determinados em cada comparação (Saaty; Vargas, 2012).

Os locais inapropriados que foram subtraídos são as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Reservas Legais (CAR, 2023) e áreas em que existem rochas calcárias nas formações litológicas (Bresser; Brumatti e Spisila, 2021). Segundo Barros e Ribeiro (2009), as bacias de infiltração não devem ser construídas em locais de APPs e em cursos de águas perenes. Além disso, elas não são adequadas para regiões de relevo cárstico (especialmente de rochas carbonáticas), devido ao risco de formação de dolinas e contaminação de águas subterrâneas (EPA, 2021).

Em relação à utilização dos dados do CAR, observou-se que nem todos os rios possuem APPs delimitadas de acordo com o atual Código Florestal Brasileiro. Portanto, optou-se por utilizar um buffer de 50 metros ao redor das drenagens, para garantir as áreas de APP ao redor de canais e nascentes, locais em que as bacias de infiltração não devem ser instaladas.

Considerando que a bacia hidrográfica do rio Alonzo drena uma área de aproximadamente 2.824,364 km², 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, as etapas metodológicas empregadas foram executadas somente nos 995 km² (35,21%) restantes, considerados esse montante como a área total (100%) que foi trabalhada nessa segunda etapa de análise da pesquisa.

Para definir as áreas aptas para as bacias de infiltração, foram consideradas três variáveis: fluxo acumulado, declividade e classes de solos. Os atributos das respectivas variáveis foram reclassificados com valores de 0 (menos apto) a 1 (mais apto) como mostrado na Tabela 01. Assim, foram analisadas todas as variáveis propostas.

O fluxo acumulado demonstra os locais em que há maior acúmulo de água na superfície durante uma precipitação, ou seja, os locais com maiores valores de fluxo acumulado são relevantes porque as bacias de infiltração precisam armazenar essa água. Portanto, os pixels com maiores fluxos acumulados (50-300) receberam valor igual a 1 porque são mais prioritários. Além disso, as bacias de infiltração não devem ser construídas em locais com declividade superior a 12% (Barros e Ribeiro, 2009), por isso, o maior valor foi direcionado para os pixels de declividade entre 5% e 12%.

A reclassificação das classes de solos foi baseada na Tabela de Classificação Hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Sartori, 2004; Sartori *et al.*, 2005). Segundo os autores, o grupo A representa solos com alta taxa de infiltração, o grupo B, infiltração moderada, grupo C,

baixa taxa de infiltração, e o grupo D, infiltração muito baixa. Destaca-se que as bacias de infiltração necessitam de uma classe de solo em que a infiltração aconteça de maneira moderada, permitindo que a água da chuva fique armazenada ali por alguns dias e possa infiltrar lentamente (Barros e Ribeiro, 2009). Por isso, os solos que se enquadram no grupo B receberam os maiores valores.

Observa-se que o Argissolo (Tabela 01) recebeu dois valores diferentes. De acordo com a classificação utilizada (Sartori, 2004; Sartori *et al.*, 2005), aqueles que apresentam mudança textural abrupta se enquadram no grupo C, enquanto as demais variações de Argissolo, (cambissólico/úmbrico e úmbrico) foram incluídas no grupo B. Além disso, o Neossolo regolítico, presente na área em estudo, não foi representado no trabalho utilizado como referência e, por possuir características de um solo raso, pouco desenvolvido e bastante impermeável, recebeu um valor baixo.

Tabela 01 - Reclassificação das variáveis

Variável	Peso (AHP)	Mínimo	Máximo	Valor
Fluxo Acumulado (pixel de contribuição)	0,63	1	10	0
		10	20	0,5
		20	50	0,9
		50	300	1
Declividade (%)	0,26	0	5	0,3
		5	12	1
		> 12		0
Classes de Solos	0,11	Classe de Solo	Grupo Hidrológico (Sartori <i>et al.</i> , 2005)	Valor
		Argissolo Abruptico	C	0,5
		Argissolo	B	1
		Cambissolo	D	0,3
		Latossolo	A	0,7
		Neossolo Regolítico	-	0,2
		Nitossolo	B	1

Fonte: Os autores, 2024.

Após o preparo dos dados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) aplicou-se a metodologia AHP para a determinação dos pesos das variáveis, representados na segunda coluna da Tabela 01. O fluxo acumulado é a variável mais importante nessa ponderação, devido à necessidade das bacias de infiltração se localizarem em locais onde ocorre maior acúmulo de água durante as precipitações. O grau de importância de cada variável foi determinado com base nas características da área em estudo, e também considerando como referência às pesquisas desenvolvidas por Pacheco *et al.* (2018) e Souza *et al.* (2021).

Foi inserida na calculadora *raster* do QGIS a equação (1), onde FA é o fluxo acumulado, D é a declividade e CS são as classes de solo, com os dados de entrada reclassificados e em formato matricial, conforme apresentado a seguir:

$$\text{AAIBI} = (\text{FA} * 0.63) + (\text{D} * 0.26) + (\text{CS} * 0.11) \quad (1)$$

Na elaboração dos produtos cartográficos de fluxo acumulado e declividade, utilizou-se como dado de entrada o FABDEM (Forest And Buildings Removed Copernicus DEM) que é um mapa de elevação global que remove a altura de edifícios e árvores do Copernicus GLO 30 Digital Elevation Model – DEM (Paz, 2024). Além disso, o raster passou por um processo de correção dos pixels, para torná-lo hidrologicamente consistente, por meio da ferramenta Priority First Search (PFS), do plugin TerraHidro. O fluxo acumulado foi elaborado no software QGIS, a partir do plugin Whitebox Tools, com o método D-Infinity. O produto cartográfico de solos foi gerado com dados de entrada da Embrapa (2008).

O processo metodológico realizado ao longo da geração do produto final deste trabalho resume-se na Figura 2. Posteriormente, os resultados da álgebra de mapas foram divididos em quatro classes: inapta (0-0,1), baixa (0,1-0,3), média (0,3-0,7) e alta (0,7-1).

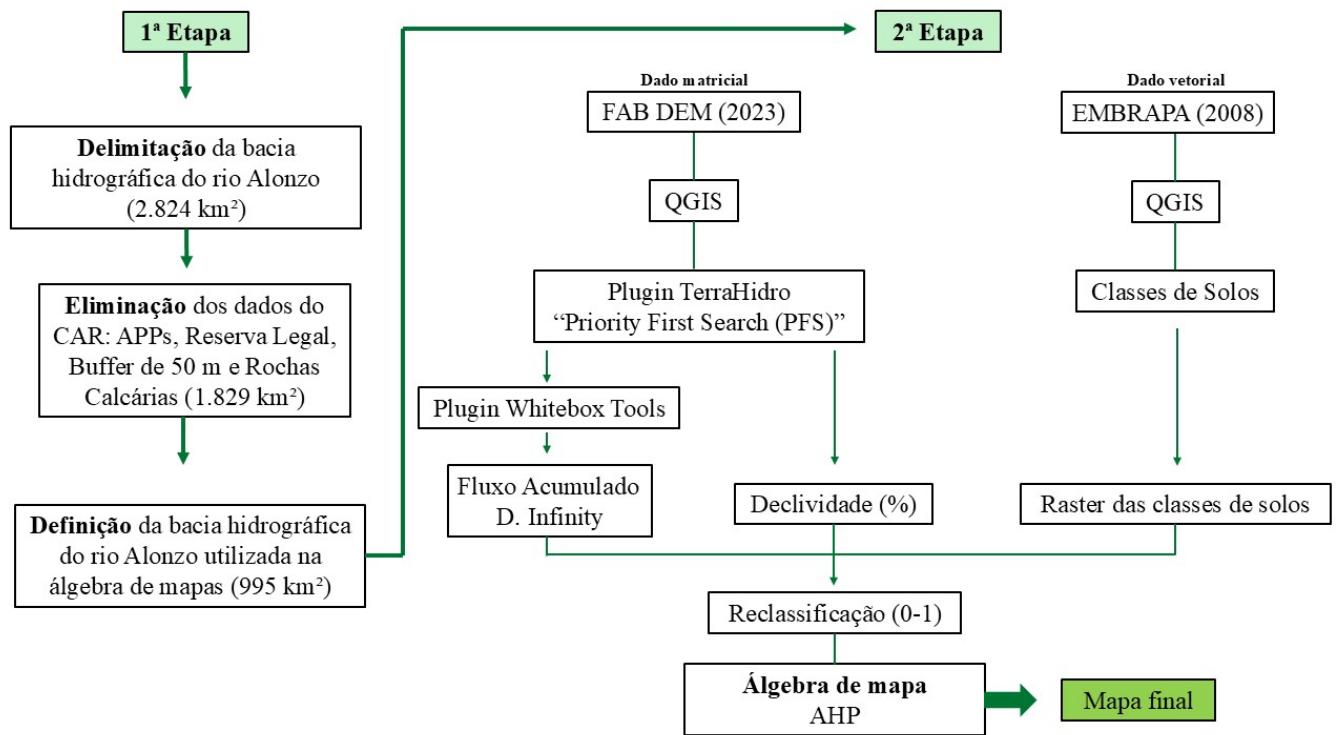


Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos

Fonte: Os autores, 2024.

4 RESULTADOS

Para a interpretação dos dados, analisou-se a distribuição do fluxo acumulado, da declividade e das classes de solos na bacia hidrográfica do rio Alonzo (Figura. 3). O fluxo acumulado (Figura. 3.A), apresenta-se relativamente homogêneo na bacia hidrográfica, com maior concentração ao longo do rio Alonzo. A declividade (Figura. 3.B) possui os maiores valores no alto curso da bacia hidrográfica, enquanto no baixo curso, próximo ao exutório, predominam baixas declividades. A classe de solo (Figura. 3.C) predominante na bacia hidrográfica do rio Alonzo é o Neossolo, seguido em menores proporções pelo Argissolo e o Latossolo, principalmente no baixo curso.

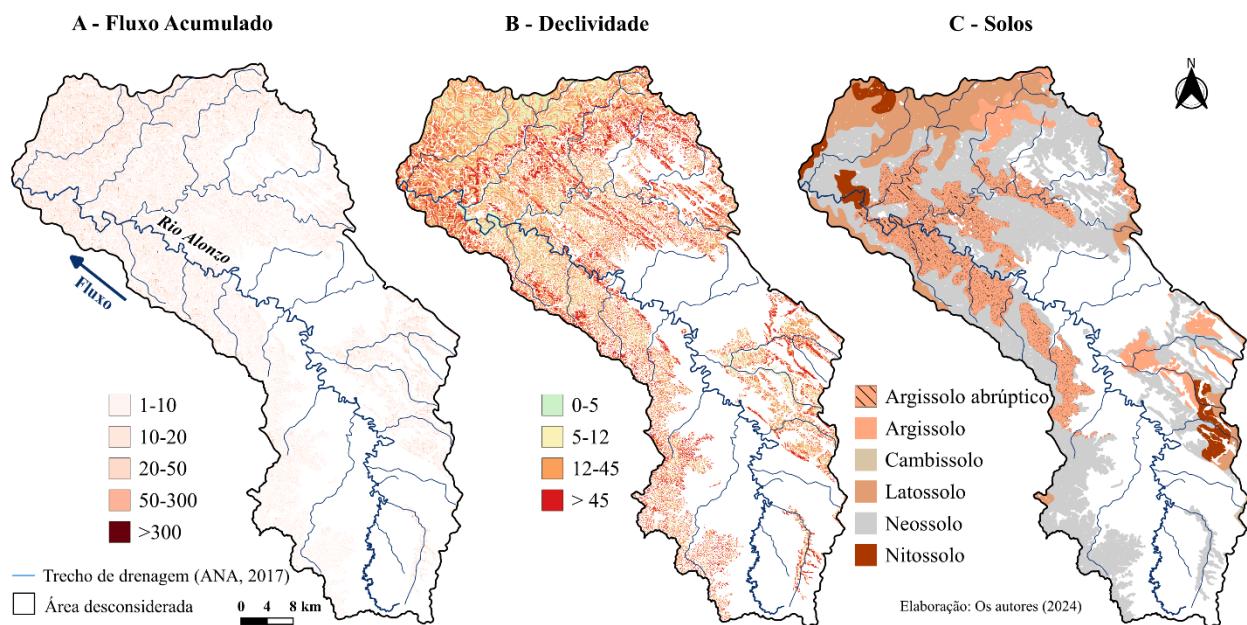


Figura 3 – Representação cartográfica das variáveis utilizadas na álgebra de mapas, sem dados referente às APPs, Reservas Legais e rochas calcárias

Fonte: FABDEM, 2023; Embrapa, 2008.

A álgebra de mapas, aplicada com o método AHP (Figura. 4), possibilitou a identificação de AAIBI, classificadas em alta (3,72%), média (6,98%) e baixa (58,30) aptidão. Além disso, foram identificadas áreas como classe inapta (31,01%), que apresentam valores iguais a 0 ou muito próximas disso, devido à ausência de atributos suficientes para serem consideradas como AAIBI. Destaca-se que os pesos atribuídos as variáveis (segunda coluna da Tabela 01) obteve uma razão de consistência igual a 0,03, ou seja, o valor é menor que 0,10, portanto, os fatores de ponderação calculados são consistentes (Saaty; Vargas, 2012).

Para observação em detalhes da Figura 4 foram adicionados recortes (1–8) que explicitam a variação da AAIBI. Os recortes 1 e 2, município de Cruzmaltina, e 3 no município de Faxinal, localizados no baixo curso da bacia hidrográfica, estão em área de maior abrangência da classe de alta aptidão. O recorte 4, no município de Rosário do Ivaí, e 5, no município de Ortigueira, em direção ao médio curso da bacia, destacam-se em razão da predominância da classe de média aptidão. Os recortes 6, no município de Ortigueira, e 7, no município de Reserva, estão próximos a zona de falhas do rio Alonzo, também se destacam em relação à classe de alta aptidão. Por fim, o recorte 8, município de Reserva, está em área de pouca abrangência de locais aptos às bacias de infiltração.

Nota-se que as classes baixa e inapta, que representam quase 90% dos dados distribuídos na área analisada, destacam-se por apresentar maior quantidade em relação às classes média e alta. Entretanto, essa quantidade é justificável, devido à seletividade dos dados atribuídos à classe alta, que desempenha maior importância para esta pesquisa. A classe baixa está distribuída em toda a área analisada, enquanto as classes média e alta concentram-se no baixo curso, e no alto curso especialmente na margem direita, nos municípios de Reserva e Ortigueira. No baixo curso, próximo ao exutório, destaca-se a presença marcante da classe alta entre as AAIBI, o que está relacionado, principalmente, aos menores valores de declividade e à predominância de Latossolos e Argissolos na região.

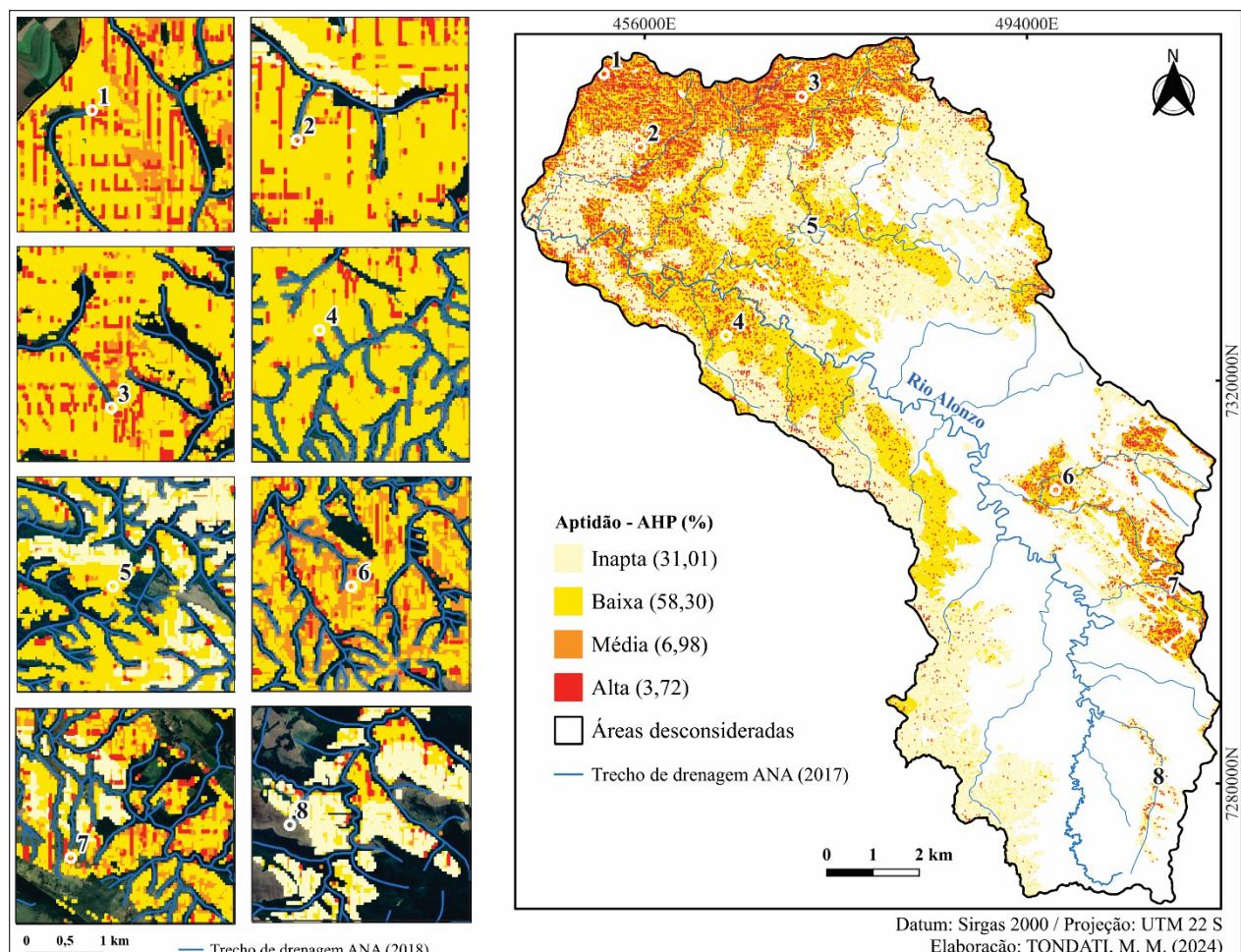


Figura 4 – Representação cartográfica de AAIBI na bacia hidrográfica do rio Alonzo
Elaboração: Os autores, 2024.

A bacia hidrográfica do rio Alonzo abrange sete municípios: Cruzmaltina, Faxinal, Grandes Rios, Ortigueira, Reserva, Rio Branco do Ivaí e Rosário do Ivaí (Tabela 02). Os resultados indicam

que os municípios de Ortigueira e Reserva (Tabela 02), situados no alto e médio curso, possuem poucas áreas classificadas como AAIBI, em razão de estarem recobertos por rochas calcárias.

O município de Faxinal, mesmo tendo uma parcela significativa de seu território drenado pela bacia, teve mais de 200 km² descartados como AAIBI devido à presença de extensas áreas de Reserva Legal e APPs. Cruzmaltina, localizado no baixo curso, é o município que, proporcionalmente à área drenada pela bacia hidrográfica do rio Alonzo, possui maior participação na AAIBI.

Além disso, Grandes Rios e Rosário do Ivaí ocupam áreas extensas consideradas no cálculo de AAIBI. No caso de Rio Branco do Ivaí, localizado na margem esquerda do rio Alonzo, apesar de possuir uma pequena área drenada pela bacia hidrográfica, a maior parte dessa área foi considerada apta aos critérios estabelecidos antes da álgebra de mapas.

Tabela 02 - Território dos municípios utilizados na álgebra de mapas

Município	Área do município drenada pela bacia hidrográfica do rio Alonzo (km ²)	Área do município disponível para AAIBI (km ²)	Valor de AAIBI em relação à área drenada do município (%)
Cruzmaltina	217,93	163,64	75,09
Faxinal	532,54	301,20	56,56
Grandes Rios	119,72	78,52	65,59
Ortigueira	753,19	199,74	26,52
Reserva	869,88	122,26	14,05
Rio Branco do Ivaí	3,62	2,07	57,21
Rosário do Ivaí	327,50	127,16	38,83
Total	2.824	995	-

Fonte: Os autores, 2024.

A Tabela 03 apresenta a distribuição das classes Alta, Média, Baixa e Inapta por municípios da bacia hidrográfica do rio Alonzo. Nota-se que o município de Faxinal apresenta o maior percentual das classes Alta e Média da AAIBI (3,54%), devido à predominância, em sua área localizada no baixo curso, Norte da bacia hidrográfica, de declividades menores que 12%, solos bem drenados como o Latossolo, Argissolo e Nitossolo, além de concentrações significativas de fluxo acumulado.

Cruzmaltina, embora seja o município que mais contribui com áreas selecionadas para a aplicação da álgebra de mapas, apresenta o segundo maior percentual (0,97%) de áreas classificadas como Alta para AAIBI. O município de Ortigueira, também situado no baixo curso, próximo a Faxinal e Cruzmaltina, ocupa o terceiro lugar em relação ao percentual de áreas de classe Alta das AAIBI.

O município de Grandes Rios, destaca-se como um dos municípios com menor percentual áreas inaptas, local de características como o relevo mais plano e os solos bem drenados, os quais favorecem a instalação das bacias de infiltração. Por outro lado, Rosário do Ivaí apresenta-se como pouco apropriado a instalação das bacias de infiltração, devido a sua localização, predominantemente no médio e alto curso, onde sobressaem declividades mais acentuadas e uma grande proporção do território é recoberto por Neossolo. De maneira similar, Rio Branco do Ivaí, que possui uma abrangência mínima nos locais de alta aptidão, apresenta um envolvimento reduzido na área de drenagem da bacia hidrográfica do rio Alonso.

Tabela 03 - Distribuição de classes AAIBI por municípios da bacia hidrográfica do rio Alonso.

Municípios	Alta		Média		Baixa		Inapta	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
Faxinal	14,42	1,45	20,83	2,09	192,27	19,32	73,67	7,40
Cruzmaltina	9,69	0,97	15,20	1,53	101,20	10,17	37,55	3,77
Ortigueira	4,99	0,50	15,65	1,57	101,80	10,23	77,28	7,77
Grandes Rios	2,86	0,29	5,35	0,54	53,74	5,40	16,58	1,67
Reserva	2,77	0,28	7,46	0,75	48,89	4,91	63,14	6,35
Rosário do Ivaí	2,18	0,22	4,82	0,48	80,55	8,10	39,60	3,98
Rio Branco do Ivaí	0,05	0,00	0,09	0,01	1,35	0,14	0,61	0,06
Total	36,96	3,71	69,40	6,98	579,79	58,27	308,42	31,00

Fonte: Os autores, 2024.

Analisou-se a distribuição de cada classe de solo na composição das classes de AAIBI. O Latossolo corresponde a 40% das áreas de alta aptidão da AAIBI, sendo, portanto, o solo mais influente na identificação das melhores áreas para a instalação das bacias de infiltração. Em relação ao Argissolo, este representa 12% da classe de alta aptidão e 28% da classe de média aptidão. Já o Argissolo abrupto participa com apenas 14% na classe Alta e 16% na classe Média.

O Neossolo, predominante na bacia hidrográfica do rio Alonzo, destacou-se como o solo mais representativo na classe inapta à AAIBI, abrangendo 99% dessas áreas. Entretanto, esse mesmo solo compõe 22% da classe de alta aptidão. Isso ocorre devido ao processo realizado pelo método AHP.

O método AHP, na ponderação das variáveis, considera todas as variáveis envolvidas (Fluxo Acumulado, Declividade e Solos). Sendo assim, mesmo que o Neossolo tenha recebido uma pontuação muito baixa (Tabela 01), outros fatores relevantes contribuíram para que algumas áreas fossem classificadas como de alta aptidão. O mesmo ocorre com o Argissolo Abrúptico, que, apesar de não ser amplamente valorizado na álgebra de mapas, corresponde a 14,20% das classes altas da AAIBI, superando outros Argissolos mais recomendados, que representam 11,95%. Por outro lado, o solo mais predominante na classe alta é o Latossolo, que abrange 40,21% das áreas, enquanto o Cambissolo se apresenta como o menos associado à classe alta, com menos de 1% dos dados.

5 DISCUSSÃO

A análise de AAIBI permitiu identificar a distribuição espacial de áreas aptas, com diferentes graus de aptidão (Alta, Média e Baixa), além de áreas inaptas, na bacia hidrográfica do rio Alonzo. Observa-se que há poucos trabalhos que realizam uma análise espacial das bacias de infiltração (Pacheco *et al.*, 2018; Aragão *et al.*, 2019; Souza *et al.* (2021). Os estudos sobre essa técnica geralmente estão associados ao controle de águas pluviais urbanas, com o objetivo de avaliar, ao longo do tempo, a sua eficácia ecológica (Natarajan e Davis, 2016), estudar os solos e o entupimento das bacias de infiltração (Dechesne *et al.*, 2005), promover a recepção e infiltração de águas pluviais (Bedell *et al.*, 2021), analisar a sua eficácia na recarga de aquíferos (Lippera *et al.*, 2023), bem como na mitigação do risco de inundação e na recarga artificial de aquíferos (Lebon *et al.*, 2023). Nota-se que esses estudos se concentram na análise do desempenho e funcionamento das bacias de infiltração, diferentemente do propósito da presente pesquisa, que visa contribuir com a identificação de áreas mais favoráveis à implementação dessa técnica no âmbito da bacia hidrográfica. Entretanto, o que todos eles têm em comum com este estudo é a compreensão do conceito de bacias de infiltração como uma técnica de captação e drenagem de águas pluviais.

A distribuição espacial de AAIBI, baseada em variáveis da paisagem, apresenta similaridade com outras aplicações que buscam identificar áreas mais adequadas utilizando técnicas de geoprocessamento, como no caso de empreendimentos hidrelétricos fundamentados no modelo geomorfológico de potência fluvial (Alves *et al.*, 2023), na construção de *Check Dams* (Pourghasemi *et al.*, 2020) e na produção de energia renovável a partir da cana-de-açúcar (Pina *et al.*, 2024).

No trabalho desenvolvido por Pina *et al.* (2024), foram consideradas variáveis como a distância dos locais potencialmente aptos para a instalação de usinas de cana-de-açúcar em relação a áreas produtivas, áreas urbanas, plantações de cana-de-açúcar, rodovias e ferrovias, entre outros fatores. De forma similar, a presente pesquisa também considerou a distância dos locais com aptidão para a instalação de bacias de infiltração em relação às margens de nascentes e rios. Contudo, foi utilizado um buffer de 50 metros para delimitar as áreas desejadas, enquanto os autores mencionados realizaram uma vetorização em pontos que representavam a localização dessas variáveis, posteriormente transformados em formato raster. Além disso, os autores empregaram diferentes algoritmos para selecionar os locais mais adequados, enquanto este estudo adotou o método AHP, que permite a análise hierárquica de múltiplos critérios.

Apesar das bacias de infiltração e as *Check Dams* serem diferentes estruturas, pois a primeira tem objetivo de reter água enquanto a segunda o objetivo é reter sedimentos, os autores Pourghasemi *et al.*, 2020 consideram que um dos fatores mais significativos para mapear os locais adequados para a construção das *Check Dams* são relacionados a distância do rio, pois os locais muito próximos a canais fluviais são inapropriados às *Check Dams*. Similarmente as bacias de infiltração também são inapropriadas em áreas próximas a drenagem em detrimento da proteção prevista pela legislação ambiental brasileira. Assim foram adotados os dados de APPs do CAR e um buffer de 50 m para inibir tais áreas como aptas para instalação das bacias de infiltração.

Os municípios localizados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Alonzo apresentam maior predominância da classe alta de AAIBI. Essas áreas são caracterizadas por relevo com menores declividades e solos das classes Latossolo e Argissolo. Pacheco *et al.* (2018) desenvolveram um mapa de aptidão, com o uso do AHP, para bacias de infiltração em uma APA no município de Visconde do Rio Branco-MG. Diferentemente, esses autores classificaram os resultados em cinco categorias de suscetibilidade: baixíssima (42%), baixa (15%), média (20%), alta (19%) e altíssima (4%). O percentual das áreas mais suscetíveis também representou a menor

parte dos dados, semelhante ao resultado deste estudo, que identificou 4% das áreas na classe de alta aptidão.

Os resultados destes autores demonstraram que as áreas mais aptas para implantação das chamadas barraginhas estão predominantemente associadas a locais de declividade médias (8-20%) e maiores valores de fluxo acumulado. Diferentemente, no presente trabalho, priorizaram-se as declividades menores, situadas principalmente no baixo curso da bacia hidrográfica (5-12%), uma vez que declividades acima de 12% não são recomendadas para a construção de barraginhas (Barros e Ribeiro, 2009). Outra diferença é que os autores analisados consideraram o uso e ocupação do solo na álgebra de mapas, enquanto este estudo utilizou as classes de solo.

Aragão *et al.* (2019) incluíram a cobertura vegetal e a proteção do solo na análise espacial de aptidão para bacias de infiltração na bacia hidrográfica do rio São Lamberto, com o uso do AHP. As áreas de alta e altíssima aptidão, segundo esses autores, concentraram-se predominantemente no alto curso, associadas à presença de Cambissolo e declividades médias (8-20%). Diferentemente, neste estudo, as áreas de alta aptidão são caracterizadas predominantemente pela presença de Latossolo, declividades entre 5-12% e localizam-se no baixo curso da bacia hidrográfica. Por sua vez, as áreas aptas identificadas por Pacheco *et al.* (2018) em uma APA não apresentam a representação da rede hidrográfica, o que dificulta a realização de comparações diretas.

Souza *et al.* (2021) utilizaram o método AHP com os fatores de declividade, fluxo acumulado e uso da terra para identificar os locais aptos as barraginhas no município de Visconde do Rio Branco – MG. Além disso, foram associadas ferramentas de Machine Learning Algorithm, como o Random Forest (RF). Similarmente a presente pesquisa, o fluxo acumulado é a variável mais relevante, seguido da declividade e uso da terra, respectivamente. Observou-se que quando o mapa de potencial de barraginhas elaborado pelo método AHP foi associado ao RF, gerou melhores resultados espaciais, reduzindo o efeito que subestima áreas para sua alocação em locais restritos quando aplicados os métodos isoladamente, visto que, o mapa gerado somente pelo AHP associou muitas áreas de alto potencial às barraginhas com áreas de declives acentuados. Neste trabalho, o método AHP foi utilizado isoladamente, porém, em futuras pesquisas, diante desse contexto, torna-se interessante utilizar outra técnica para estabelecer uma comparação.

A escolha do método AHP para realizar a álgebra de mapas nesta pesquisa mostrou-se eficiente na geração de dados para a definição de AAIBI. A preferência por modelos como o AHP

tem se mostrado particularmente útil no planejamento do uso da terra, como, por exemplo, na identificação de áreas com probabilidade de deslizamento de terras (Alamrew *et al.*, 2024), assim como na avaliação da vulnerabilidade em áreas costeiras (Sethuraman *et al.*, 2024).

Segundo Pradhan *et al.* (2024), os resultados obtidos com o modelo AHP frequentemente se alinham às descobertas experimentais, embora os autores enfatizem a importância de compará-lo com outras metodologias, para avaliar a ponderação dos coeficientes em termos de critérios de seleção, classificação e preferência. Dessa forma, Pacheco *et al.* (2018), ao realizarem uma avaliação eficiente do método AHP aplicado em ambiente SIG, também destacaram algumas limitações, como a correta definição dos pesos estatísticos, a necessidade de validação em campo e a escassez de estudos relacionados à construção de barragens. Assim, este trabalho contribui ao demonstrar a aplicabilidade dessa técnica para identificar áreas potenciais à instalação de bacias de infiltração no contexto da bacia hidrográfica.

6 CONCLUSÕES

A pesquisa contribui para a identificação de locais aptos à implantação de bacias de infiltração, com potencial para aumentar o fluxo de base dos rios durante períodos de vazões mínimas na bacia hidrográfica. O trabalho foi desenvolvido com aplicação do método AHP. Concluiu-se que a bacia hidrográfica do rio Alonzo apresenta as seguintes classes de AAIBI: alta (3,72 %), média (6,98 %), baixa (58,30 %) e inapta (31,01 %). O município de Faxinal destacou-se como aquele com o maior percentual de classe Alta de AAIBI, seguido por Cruzmaltina. Por outro lado, os municípios de Rosário do Ivaí e Rio Branco do Ivaí registraram os menores percentuais de classe Alta. Entre as classes de solo, o Latossolo foi o mais predominante na classe Alta de AAIBI, enquanto o Cambissolo foi o menos representado. Já o Neossolo predominou-se nas áreas consideradas inaptas, representando 99 % dessas regiões.

O método AHP mostrou-se eficiente na obtenção dos resultados das AAIBI. No entanto, algumas etapas no seu processo exigem grande atenção e experiência, como na ponderação das variáveis. Neste trabalho, os dados das variáveis foram reclassificados entre 0 e 10. Entretanto, no processo AHP, os locais que indicam alta aptidão nem sempre receberam valores simultaneamente altos em todas as variáveis utilizadas. Por exemplo, em alguns locais, mesmo que a classe de solo

seja o Nitossolo, que recebeu valor 2 no processo de reclassificação, e a declividade seja maior que 12%, que recebeu valor 0, esses locais foram classificados com alta aptidão a AAIBI devido ao maior peso do fluxo acumulado no processo hierárquico. Sendo assim, essa ponderação das variáveis e as classificações relacionadas a elas devem ser consideradas no desenvolvimento de futuras aplicações. Além disso, destaca-se a importância de se comparar a eficácia do modelo AHP com outras metodologias, como por exemplo, a ponderação dos dados a partir técnica AND FUZZY.

A contribuição desta pesquisa viabiliza a identificação de áreas estratégicas para a preservação dos recursos hídricos, especialmente no contexto de eventos extremos e mudanças climáticas. Os resultados são úteis para gestores e proprietários rurais, orientando a instalação 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.

7 AGRADECIMENTOS

A 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). Agradecemos aos pareceristas pelas valiosas observações e sugestões, que contribuíram para o aprimoramento do artigo, bem como à equipe editorial da revista pelo suporte prestado durante o processo de avaliação.

8 REFERÊNCIAS

ALAMREW, B. T.; KASSAWMAR, T.; MENGSTIE, L.; JOTHIMANI, M. Combined GIS, FR and AHP approaches to landslide susceptibility and risk zonation in the Baso Liben district, Northwestern Ethiopia. **Quaternary Science Advances**, v. 16, p. 1-16, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666033424000881?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ALVES, A. X.; CREMOM, E. H.; ALVES, S. C.; RABELO, M. W. de O. Identification of suitable areas for the installation of hydroelectric projects based on the stream-power model. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 58, p. 3-19, 2023. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/93382>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ARAGÃO, V. R.; SOUZA, A. C. S. de; PAOLIELLO, T.; SILVA, T. G.; LIMA, F. A. Identificação de áreas aptas a barraginhas na Bacia do Rio São Lamberto. **Holos Environment**, v. 19, n. 2, p. 304–319, 2019. DOI: 10.14295/holos. v19i2.12328. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/12328>>. Acesso em: abr. 2023.

BARROS, L. C. de. Projeto piloto de barragens de contenção de águas superficiais de chuvas: um projeto social para colheita de enxurradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**. Rio de Janeiro: Sober, 2000. p. 1-13. Disponível em: <https://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**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 56 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/256599>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BEDELL, J. P.; HECHELSKI M.; SAULAISS M.; LASSABATERE L. Are acts of selective planting and maintenance drivers for vegetation change in stormwater systems? A case study of two infiltration basins. **Ecological Engineering**, v. 172, p. 1-6, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585742100255X>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BOTELHO, R. G. M. de.; SILVA, S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2012. p.153-188.

BRESSER, M. L., BRUMATTI, M., SPISILA, A. L. (2021). Mapageológico e de recursos minerais do estado do Paraná. Escala 1:600.000. Curitiba: SGB-CPRM.

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

COUTO, E. V. do. **Influência morfotectônica e morfoestrutural na evolução das drenagens nas bordas planálticas do alto Ivaí – rio alonzo – Sul do Brasil**. 2011. 108 f. 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 ANÁLISE MORFOESTRUTURAL DA ZONA DE FALHA DO RIO ALONZO – PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 287-297, 2013. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/323>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

DAVIS, A. P.; HUNT, W. F.; TRAVER, R. G. Infiltration Trenches and Infiltration Basins. In: DAVIS, A. P.; HUNT, W. F.; TRAVER, R. G. **Green Stormwater Infrastructure Fundamentals and Design**. Hoboken, NJ: Wiley, 2022. p. 319-330.

DECHEZNE, M.; SYLVIE B.; BARDIN, J.-P. Experimental Assessment of Stormwater Infiltration Basin Evolution. **Journal of Environmental Engineering**, v. 131, ed.7, p. 1090-1098, 2005. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9372%282005%29131%3A7%281090%29>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

EBRAHIM, G. Y.; VILLHOLTH, K. G. Estimating shallow groundwater availability in small catchments using streamflow recession and instream flow requirements of rivers in South Africa. **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 754–765, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169416304620>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Paraná - Solos**: Metadados. GeoInfo. Embrapa, 2008. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/datasets/geoinfo_data:geonode:parana_solos_20201105/metadata_detail>. Acesso em: 13 jul. 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/2024-09/port.3482024_17981.6530_proibicaopesca.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

LEBON, Y.; FRANÇOIS, C.; NAVEL, S.; VALLIER, F.; GUILLARD, L.; PINASSEAU, L.; OXARANGO, L.; VOLATIER, L.; MERMILLOD-BLONDIN, F. Aquifer recharge by stormwater infiltration basins: Hydrological and vadose zone characteristics control the impacts of basins on groundwater chemistry and microbiology. **Science of the Total Environment**, v. 865, p. 1-12, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722082183?via%3Dihub>>. Acesso em: 20 fev. 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. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/10373>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

LIPPERA, M. C.; WERBAN, U.; ROSSETTO, R.; VIENKEN, T. Understanding and predicting physical clogging at managed aquifer recharge systems: A field-based modeling approach. **Advances in Water Resources**, v. 177, p. 1-12, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309170823000970?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MEIRELLES, M. S. P.; MOREIRA, F. R.; CAMARA, G. Técnicas de Inferência Espacial. 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. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá. 2017.

NATARAJAN, P.; DAVIS, A. P. Ecological assessment of a transitioned stormwater infiltration basin. **Ecological Engineering**, v. 90, p. 261–267, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416300295?via%3Dihub>>. Acesso em: 5 jun. 2024.

OLIVEIRA, V. H. M. de; MARTINS, C. H. AHP: **Ferramenta Multicritério para tomada de decisão: Shopping Centers-**. Curitiba: Appris, 2015. 125 p.

PACHECO, F.; SOUZA, J. J. L. L. de.; FARIA, A. L. L. de. Análise multicritério aplicada na seleção de áreas aptas a construção de barraginhas em relevo forte ondulado. In: III SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul, 2018, Juiz de Fora – MG. **Anais** [...]. Juiz de Fora – MG: UFJF, 2018. p. 1-10. Disponível: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=3821>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PARANÁ. **Portaria IAP nº 157, de 26 de maio de 2020**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=396214>>. Acesso em: 10 de jul. de 2024.

PAZ, A. R. **Modelos Digitais de Elevação para Estudos Ambientais**. Porto Alegre: ABRHidro, 2024, 422 p.

PEINADO, H. S.; PEINADO, E. S.; MIOTTO, J. L.; MORI, L. M. de.; VANDERLEI, R. D. **Método AHP para Tomada de Decisão Multicritério**. Maringá: Eduem, 2016. 34 p.

PINA, M. D.; CREMON, É. H.; PEREIRA, A. C.; ALVES, G. S.; GOMES, R. A. Inteligência Artificial na Predição de Locais Favoráveis para a Produção de Energia Renovável a Partir de Resíduos a Cana-de-Açúcar. In: MARUYAMA, Ú.; FAXINA, F.; LOPES, C.L. J.; TEDESCO, G. M. I.. (Org.). **Ações de sustentabilidade na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica**. 1ed. São Luís: EDIFMA, 2024, v., p. 181-184.

POURGHASEMI, H. R; YOUSEFI, S.; SADHASIVAM, N.; ESKANDARI, S. Assessing, mapping, and optimizing the locations of sediment control check dams construction. **Science of Total Environment**, v. 739, p. 1-14, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720334744?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 ago. 2023

PRADHAN, S.; LAHLOU, F. Z.; GHIAT, I.; BILAL, H.; McKAY, G.; AL-ANSARI, T. A comprehensive decision-making approach for the application of biochar in agriculture to enhance water security: A GIS-AHP based approach. **Environmental Technology and Innovation**, v. 36, p. 1-13, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186424002773>>. Acesso em: 3 jan. 2025.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>>. Acesso em: 4 nov. 2024.

RIO IVAÍ SOFRE COM A PIOR ESTIAGEM DOS ÚLTIMOS 23 ANOS NO PARANÁ. **G1 Norte Noroeste – RPC**, Maringá, 27 abr. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2020/04/27/rio-ivai-sofre-com-a-pior-estiagem-dos-ultimos-23-anos-no-parana.ghtml>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SETHURAMAN, S.; ALSAHRANI, H. M.; TAMIZHSELVI, A.; SUJAATHA, A. Assessment of coastal vulnerability using AHP and machine learning techniques. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 147, p. 1-13, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981124003298?via%3Dihub>>. Acesso em: 5 jan. 2024.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, vol. 15, p. 234-281, 1977. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022249677900335?via%3Dihub>>. Acesso em: 5 mai. 2024.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. 2. ed. New York: Springer, 2012, 34 p.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. 161 f. 2004. Dissertação (Mestrado apresentada em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2004.

SARTORI, A.; NETO, F. L.; MAIA GENOVEZ, A. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n.4, p. 5-18, 2005. Disponível em:
<<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=26&SUMARIO=440>>. Acesso em: 12 set. 2024.

SOUZA, C. M. P.; VELOSO, G. V.; FARIA, A. L. L.; LEITE, Ma. E.; FERNANDES FILHO, E. I. MULTICRITERIA ANALYSIS AND MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR DEFINITION OF AREAS FOR MICRO-DAM, SOUTHEASTERN BRAZIL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 84, p. 01–13, 2021. DOI: 10.14393/RCG228455309. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55309>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

START. **TerraHidro**, 2024. Disponível em:
<<https://www.dpi.inpe.br/terrahidro/doku.php?id=start&rev=1717435439>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

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, 3, 2023, Corumbá – MS. **Anais do III Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Corumbá - MS: UFMS, 2023, p. 1-7. Disponível em:
<<https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/3/539-433.html>>. Acesso em: 10 out. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Infiltration Basin**. Washington, D.C.: EPA, 2021. Disponível em:
<<https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-infiltration-basin.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

ZHANG, Y. K.; SCHILLING, K. Temporal scaling of hydraulic head and river base flow and its implication for groundwater recharge. **Water Resources Research**, v. 40, n. 3, p. 1-9, 2004. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2003WR002094>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

Data de recebimento: 03 de fevereiro de 2025.

Data de aceite: 20 de agosto de 2025.