

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E AS INUNDAÇÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS POMBA E MURIAÉ (BHRPM)

Thiago Alves de Oliveira¹
Paulo Miguel de Bodas Terassi²
Emerson Galvani³

INTRODUÇÃO

Os episódios de inundação representam 10% dos das perdas financeiras associadas a desastres naturais no Brasil, representando, em média, 1,3 bilhão de reais/ano (CEPED/UFSC, 2020). Além disso, o estado de Minas Gerais figura na primeira posição do ranking daqueles com mais registros de inundações e maiores perdas financeiras associadas a estes episódios (CEPED/UFSC, 2020).

Uma das formas de avaliar e entender os episódios de inundação passa pelo estudo e a análise das bacias hidrográficas, seja a partir de suas características naturais, bem como pelas intervenções humanas processadas. A bacia hidrográfica de acordo com Tucci (2002, p. 40) “é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”.

De acordo com Porto e Porto (2008, p. 45) “a bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório”. Ainda de acordo com os autores, é importante destacar que é sobre este território que serão desenvolvidas as atividades humanas, sejam elas agrícolas/rurais e urbanas. Por este motivo, Landim Neto et al. (2017) defendem que a bacia hidrográfica seja considerada uma unidade de planejamento, sobretudo quando a questão em discussão esteja associada à água.

Dessa forma, um dos aspectos necessários para o entendimento das bacias hidrográficas passa pela avaliação dos parâmetros morfométricos, que podem indicar, com vistas ao planejamento, aspectos importantes para o gerenciamento dos riscos. Desenvolvida desde 1945, a partir dos trabalhos de Robert E. Horton e Arthur N Strahler, a análise morfométrica de bacias hidrográficas fornece diversos subsídios ao planejamento e a gestão da bacia hidrográfica (Christofolletti, 1980; Machado e Torres, 2013).

¹ Doutorando em Geografia (Geografia Física) da Universidade de São Paulo- USP, thiago.a.oliveira@usp.br;

² Doutor em Geografia (Geografia Física), Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA;

³ Professor orientador: Doutor em Agronomia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas- USP.

Fahran et al (2015) destacam que a morfometria é a medição e a avaliação matemática de parâmetros da superfície da Terra”. Deve-se destacar que a análise de parâmetros morfométricos foi facilitada pelos instrumentos tecnológicos e de geoprocessamento em ambiente SIG (Oliveira et al. 2010). Franco e Dal Santo (2015); Shekar e Mathew (2023) destacam a importância da análise morfométrica para o entendimento das características dos fluxos de água dentro de uma bacia de drenagem. Além disso, é importante destacar que o entendimento destes parâmetros é fundamental para uma efetiva gestão dos recursos hídricos.

Portanto, o objetivo desta pesquisa consiste em avaliar os parâmetros morfométricos a fim de discutir a suscetibilidade a inundações nas bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé, localizadas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

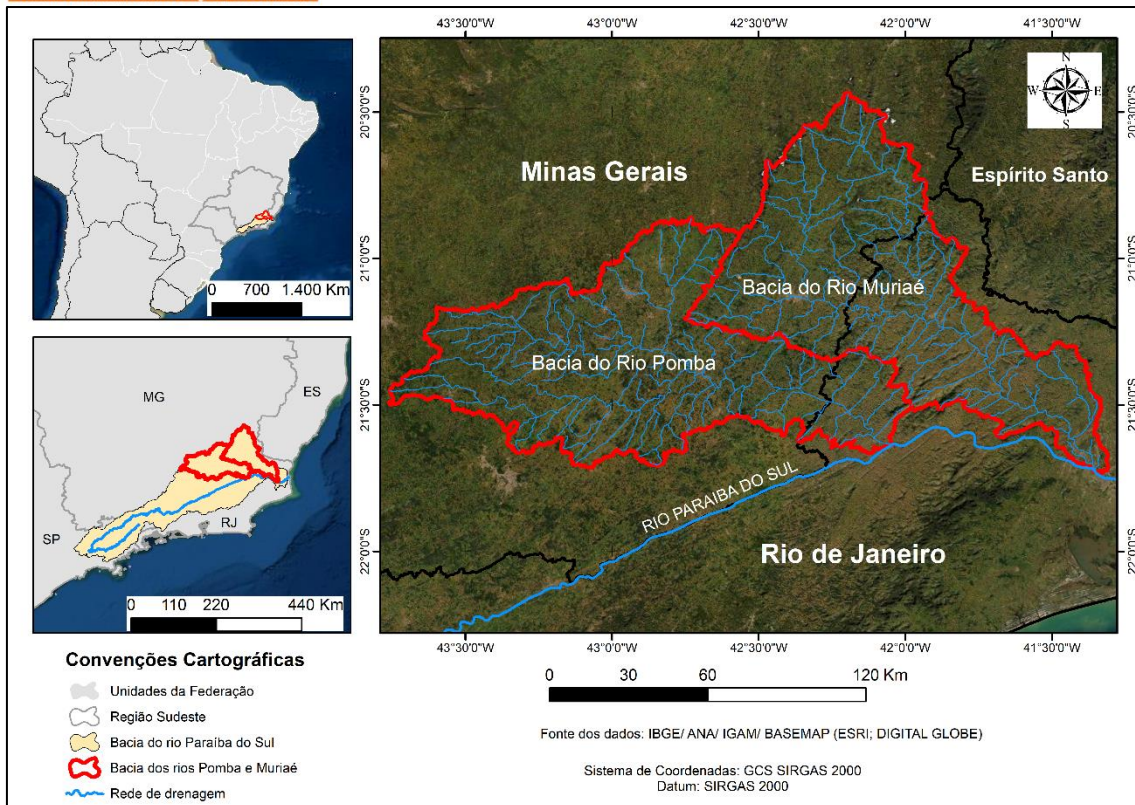
METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo corresponde às bacias hidrográficas dos rios Pomba (BHRP) (figura 1) e Muriaé (BHRM). É tributária do rio Paraíba do Sul, drenando trechos da zona da Mata Mineira e noroeste fluminense. A bacia hidrográfica (BH) do rio Pomba (BHRP) abrange uma área de 8.589,7 km², enquanto a BH do rio Muriaé (BHRM) ocupa uma área de 8206,4 Km².

O relevo regional na BHRP é marcado por altimetrias que variam entre os 100 metros e superam os 2000 metros nas cabeceiras, em grande parte o relevo na bacia é marcado pela depressão do rio Paraíba do Sul. Os divisores de água estão localizados no domínio da Serra da Mantiqueira, alojados em contato com importantes bacias hidrográficas do sudeste do Brasil, como as bacias hidrográficas dos Rios Doce e Paraná.

Figura 01: Localização da área de estudo.



Fonte: Organizado pelos autores.

Dados

Os dados vetoriais dos canais fluviais bem como as bacias de drenagem foram acessados junto ao portal da Agência Nacional de Águas (ANA)⁴. Os dados do modelo digital de elevação foram acessados junto ao portal TOPODATA (Valeriano, 2011). Os registros de inundação foram acessados junto ao atlas de desastres no Brasil, através do portal < <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>>. Os procedimentos cartográficos e de cálculo foram realizados através do software QGis 3.16.8, através da ferramenta calculadora de campo.

A metodologia foi separada em três etapas.

Na primeira etapa foram preparadas as bases de dados com relação à projeção cartográfica, recortes e ajustes. Na segunda etapa, foram coletados os valores fisiográficos, como: área e perímetro da bacia, número de canais fluviais, extensão total dos canais fluviais, eixo axial, comprimento do eixo axial, comprimento do canal principal, altitude máxima, mínima e média da bacia de drenagem, amplitude altimétrica.

Na terceira etapa, foram calculados os parâmetros morfométricos dispostos no quadro 01.

⁴ <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/>

Quadro 01: Parâmetros morfométricos aplicados e suas respectivas equação e fonte de referência.

Indicador	Equação
Índice de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$
Fator forma (Ff)	$Ff = A/L^2$
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 * \left(\frac{A}{P^2}\right)$
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = Ltot/A$

Onde: A=área; P= Perímetro; L= comprimento do eixo axial; Ltot= comprimento total dos canais da BH; Nt= Número total de rios; H= Amplitude altimétrica da bacia. Fonte: Adaptado de Christofoletti (1980); Machado e Torres (2013).

A hierarquia de drenagem seguiu a metodologia de Strahler (1951). Segundo Machado e Torres (2013) nesta classificação da drenagem os canais de primeira ordem ligam as nascentes até à primeira confluência. Os rios de segunda ordem surgem do encontro de dois canais de primeira ordem e estes só recebem canais de primeira ordem. Os canais de terceira ordem surgem do encontro de dois canais de segunda ordem, e assim sucessivamente. Dessa forma, quanto maior a hierarquia de drenagem, mais desenvolvida será a bacia de drenagem.

Os dados sobre os registros de inundação foram acessados junto ao Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (<https://atlasdigital.mdr.gov.br/>), no qual constam as informações sobre as situações de desastres comunicadas pelas Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil e pela Defesa Civil Nacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores areais índice de circularidade (IC), coeficiente de compacidade (Kc) e fator forma (Ff) expressam como fatores geomorfológicos podem influenciar para uma maior ou menor suscetibilidade a ocorrência de inundações e estão associados à própria forma da bacia hidrográfica (Tabela 01). A interpretação dos dados destes indicadores para as bacias hidrográficas dos rios Pomba (BHRP) e Muriaé (BHRM) mostram que estas teriam uma baixa suscetibilidade a inundações.

Tabela 01: Valores do índice de circularidade (Ic); Coeficiente de compacidade (Kc) e Fator forma (Ff) para as bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé.

Bacia hidrográfica	Ic	Kc	Ff	Suscetibilidade a inundação
--------------------	----	----	----	-----------------------------

BHRM	0,21	2,18	0,26	Baixa
BHRP	0,15	2,60	0,25	Baixa

Fonte: Organizados pelos autores.

O índice de compacidade avalia a forma da bacia hidrográfica, sendo que quanto mais próximo de 1, mais arredondada será a forma da bacia, logo menor será o tempo de concentração e consequentemente maior a propensão a inundações. Porém como os dados levantados superam 1,5 entende-se que estas são bacias radiais ou ramificadas.

Do mesmo modo, o Fator de forma (Ff) indica que se o valor calculado for inferior a 0,50 a bacia pode ser considerada alongada e consequentemente será um tempo de concentração menor.

A densidade de drenagem (Dd) permite avaliar a capacidade de escoamento de uma bacia hidrográfica. Machado e Torres (2013) indicam que é possível encontrar valores de densidade de drenagem inferiores a 0,5 Km/Km² que indicam uma drenagem pobre a 3,5 Km/Km² representando uma Dd extremamente alta.

Tabela 02: Valores de densidade de drenagem (Dd) para as BHRP e BHRM.

Bacia hidrográfica	Dd	Classe
BHRM	2,49	Alta
BHRP	2,35	Alta

Fonte: Organizado pelos autores.

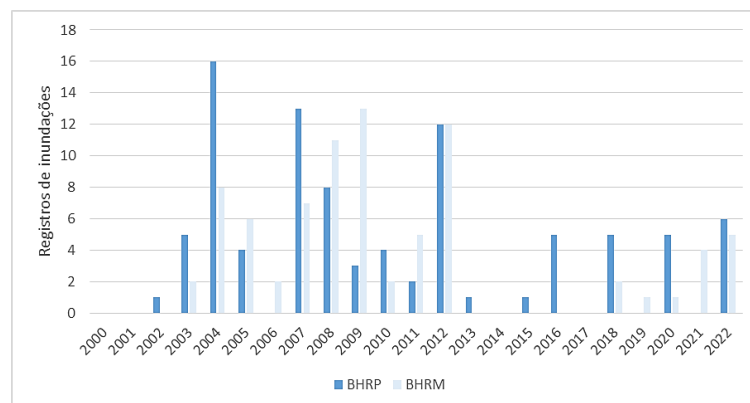
Torres et al. (2012) explicam que a densidade de drenagem “reflete de forma objetiva a permeabilidade e a porosidade do terreno, podendo-se inferir características do solo e da litologia” (Torres et al., 2012, p. 169). De acordo com a classificação proposta por Beltrame (1994) as duas bacias possuem alta densidade de drenagem (Tabela 02).

As bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé (BHRPM) atingem a 8^o ordem na hierarquia de Strahler, sendo que na bacia hidrográfica do rio Pomba (BHRP) três rios atingem a sétima ordem: rio Novo, rio Xopotó e rio Pomba. Na bacia hidrográfica do rio Muriaé (BHRM) a sétima ordem é atingida pelos rios Muriaé, Carangola (Figura 03).

De acordo com Machado e Torres (2013), a hierarquia aumenta na medida em que a declividade e as velocidades de fluxo diminuem. Dessa forma, ainda que os parâmetros morfométricos discutidos anteriormente indiquem para uma baixa suscetibilidade a inundações, estas ocorrem e provocam danos principalmente nos municípios alojados em setores nos quais a hierarquia da drenagem é mais elevada (Figura 03).

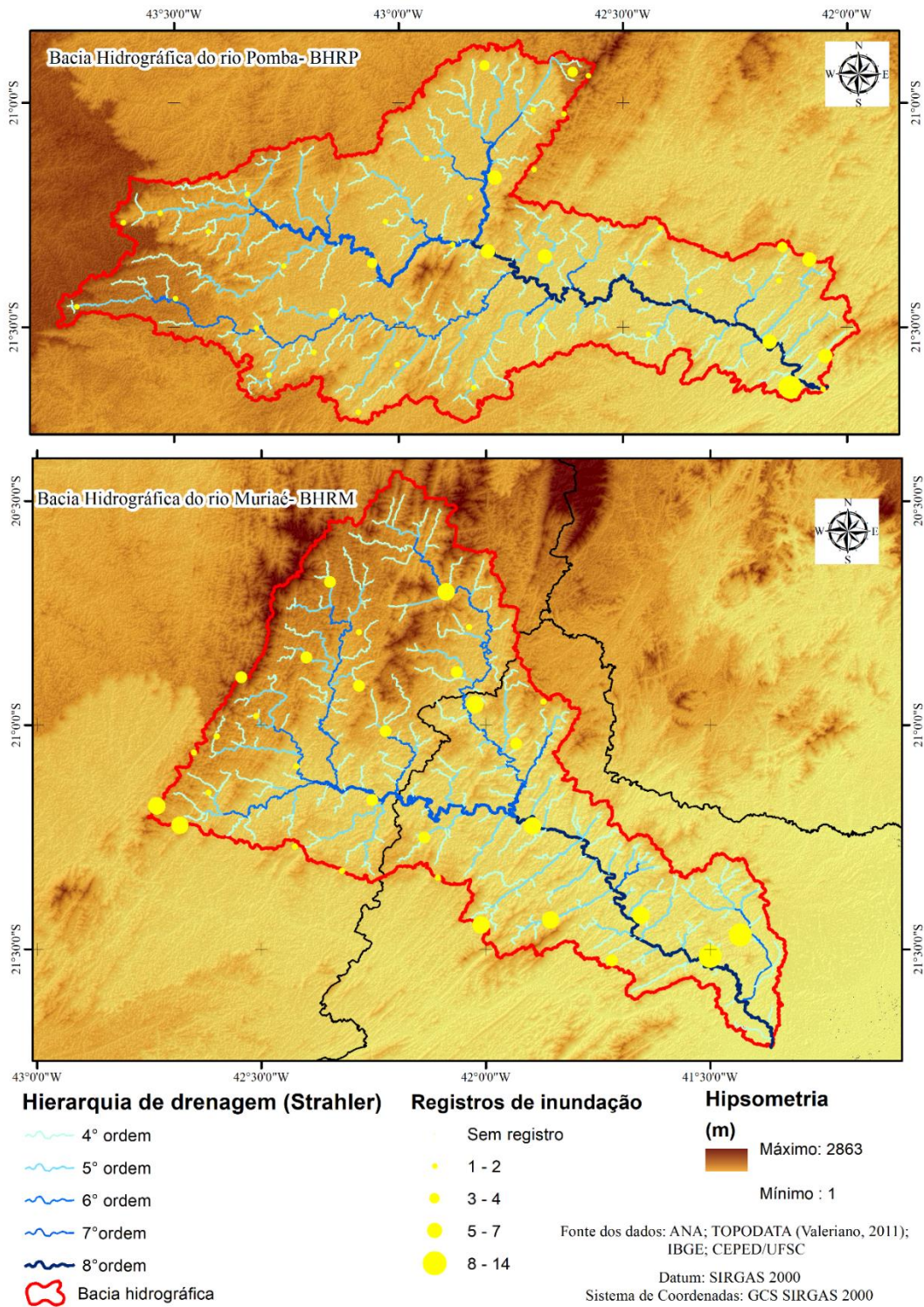
O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais computou os episódios de inundação, com base nas informações disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Ao recortar estes dados para as bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé entre os anos de 2000-2022, observa-se a ocorrência de 172 registros, distribuídos entre os 74 municípios. Com destaque para os anos de 2004, 2007, 2008, 2009 e 2012, como aqueles que tiveram um maior número de informações sobre os municípios das BHRPM (Figura 02).

Figura 02: Registros inundação nos municípios das bacias hidrográficas dos rios Pomba (BHRP) e Muriaé (BHRM).



Fonte dos dados: CEPED/UFSC. Organizado pelos autores.

Figura 03: Hierarquia de drenagem, segundo o método de Strahler, e ocorrência de inundações no período de (2000-2022), nas BH dos rios Pomba e Muriaé.

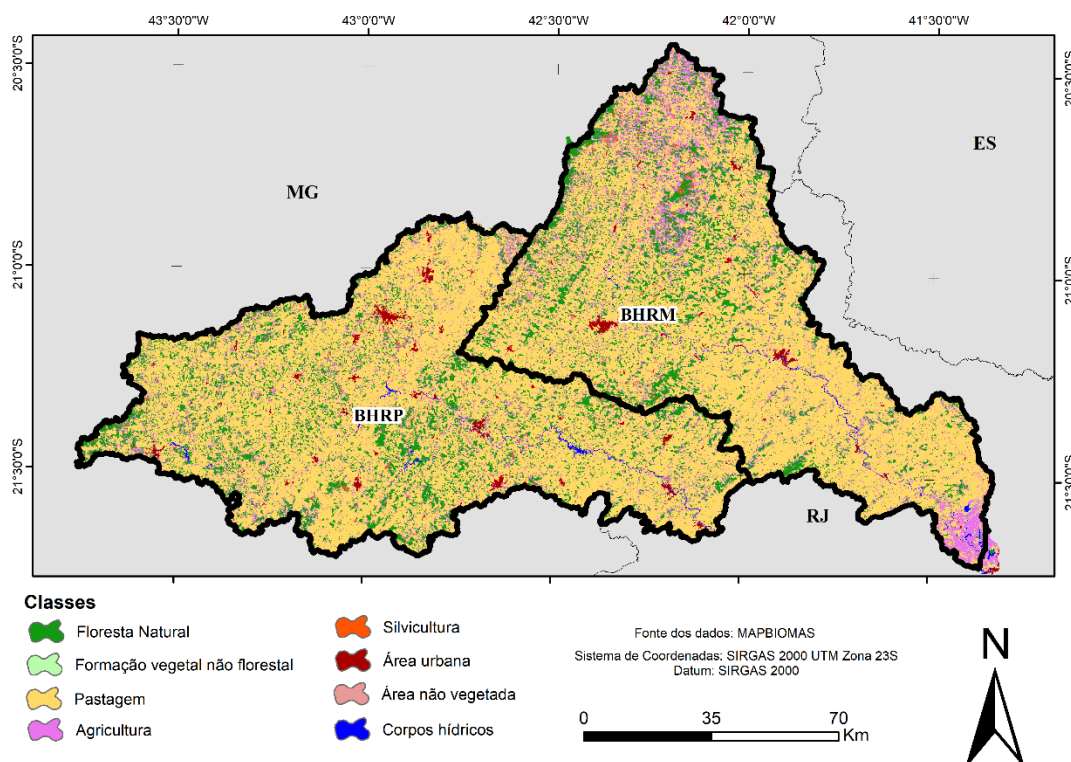


Fonte: Organizado pelos autores.

Apesar de os parâmetros morfométricos indicarem para uma baixa suscetibilidade a inundações, Brum et al. (2020) destacam que condições de declividade, associadas ao uso e cobertura da terra podem influenciar para a ocorrência de episódios de inundações que acometem principalmente a ocupação marginal aos canais fluviais.

Na BHRPM predomina o uso pastagem, com 69,5% da área total e depois as classes de floresta natural e agricultura com 16,6% e 11,6%, respectivamente (Figura 04), ou seja, os usos de pastagem e agricultura totalizam 81,1% da área (Tabela 03). De acordo com Machado e Torres (2013), em áreas de cultivo o percentual de água da chuva que esco superficialmente pode ser de até 40% maior que em área florestais. E ainda que a área urbanizada represente apenas 1% da área total, a maior parte está nas margens dos canais fluviais (Figura 04).

Figura 04: % do uso e cobertura da terra no ano de 2020, nas BHRPM.



Fonte dos dados: MAPBIOMAS, 2020. Organizado pelos autores.

Tabela 03: Área total ocupada pelos tipos de uso e cobertura da terra na BHRPM.

	Floresta Natural	Formação vegetal não florestal	Pastagem	Agricultura	Silvicultura	Área não vegetada	Área urbana	Corpos hídricos
Área da classe (Km ²)	2797,3	17,0	11678,2	1950,1	85,6	14,8	168,4	101,1
Área da classe (%)	16,6	0,1	69,5	11,6	0,5	0,1	1,0	0,6

Fonte dos dados: MAPBIOMAS, 2020. Organizado pelos autores.

Dessa forma, ainda que naturalmente as bacias não possuam características que indiquem uma alta suscetibilidade a inundação, é fato que a supressão da vegetação arbórea em grande medida afete os processos de infiltração x escoamento superficial, isto associado a eventos extremos de precipitação, podem justificar a ocorrência de

inundações danosas aos municípios, que, em grande maioria, estão alojados às margens dos rios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do cálculo dos parâmetros morfométricos areais para as bacias hidrográficas dos rios Pomba (BHRP) e do rio Muriaé (BHRM) observou-se que os indicadores índice de compacidade (K_c), Fator forma (F_f) e o Índice de circularidade (I_c) revelam uma baixa suscetibilidade a inundações.

Entretanto, destaca-se que no médio/baixo curso das bacias hidrográficas são comuns os episódios de inundação. Indicando que outros parâmetros devem ser visualizados como importantes para a ocorrência das inundações. Destaca-se que para trabalhos futuros pretende-se discutir outros aspectos que potencializam e amplificam a suscetibilidade a inundações na região, tais como uso da terra, declividade, geologia e pedologia.

Palavras-chave: Índices morfométricos; sudeste do Brasil; uso da terra; episódios extremos

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à CAPES pela bolsa de Doutorado. O terceiro autor agradece ao CNPQ por meio da bolsa de Pesquisa e Produtividade (1D).

REFERÊNCIAS

- BRUM, M. L.; BERNARDI, E. C. S.; MORETI, G. B.; PANZIEIRA, A. G.; SWAROVSKY, A. Relação de Inundações e a Caracterização Morfológica da Microbacia Hidrográfica do Lajeado do Moinho na Cidade de São Sepé-RS. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 3, p. 436-443, 2020.
- CEPED/UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES - UFSC. **Atlas de Desastres no Brasil**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- FARHAN, Y; ALI, A.; ENABA, O.; AL-SHAIKH, N. Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, using remote sensing and GIS. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 7, n. 6, p. 456-475, 2015.
- LANDIM NETO, F. O.; LEAL, C.; SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Considerações sobre planejamento urbano de bacias hidrográficas. In: VIEIRA, T. F.; LANDIM NETO, F. O.; LEAL, A. C.; SILVA, E. V. (Orgs). **Gestão integrada de bacias hidrográficas**. Mossoró-RN:EDUERN, 2017.
- MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, p. 10-35, 2013.
- OLIVEIRA, P. T.S.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 819-825, 2010.FRANCO E DAL SANTO 2015

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 43-60, 2008.

SHEKAR, P. R.; MATHEW, A. Morphometric analysis of watersheds: a comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. **Watershed Ecology and the Environment**, 2023.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2.ed.; 2.reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2002.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography (Sevenoaks)**, v. 32, p. 300-309, 2011.