

A RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DAS CABECEIRAS DE DRENAJEM DO PARNASO E A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO NA BACIA DO RIO PAQUEQUER: SUBSÍDIOS A GESTÃO DOS RISCO HIDROLÓGICOS EM TERESÓPOLIS (RJ)

Lucas Santos Daniel^{1,2}, Hugo dos Santos Pinto Matos¹, Victória das Chagas Clemente¹, Gabriela Garcia Santana Lopes¹ & Otávio Miguez da Rocha-Leão¹
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua Francisco Portela - 1470, Patronato, São Gonçalo, Rio de Janeiro, 24435-005, Brasil; ²Autor de correspondência: geo.lucasdaniel@gmail.com)

RESUMO

Este estudo analisa a relação entre os parâmetros morfométricos do relevo e a ocorrência de enxurradas, deslizamentos e inundações na bacia do Rio Paquequer, em Teresópolis (RJ), com foco nas sub-bacias localizadas nas cabeceiras de drenagem do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. A pesquisa teve como objetivo compreender a influência das características geohidrológicas sobre as enchentes urbanas, contribuindo para a gestão dos recursos hídricos e dos riscos geohidrológicos. Adotou-se abordagem quali-quantitativa baseada em técnicas de geoprocessamento e análise morfométrica, utilizando dados do Modelo Digital de Elevação ALOS/PRISM (AW3D30), processados no QGIS. Os resultados indicam que o alto curso do Rio Paquequer apresenta elevada amplitude altimétrica, alta densidade de drenagem e baixo tempo de concentração, favorecendo respostas hidrológicas rápidas e intenso escoamento superficial. O evento pluviométrico de 5 de abril de 2025 evidenciou que a interação entre fatores naturais e ocupação urbana intensifica as inundações e impactos socioambientais no município.

Palavras-chave: Análise morfométrica; Riscos hidrológicos; Inundações; Recursos hídricos; Rio Paquequer.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais e os riscos geohidrológicos, frequentemente associados aos chamados desastres naturais, desempenham papel significativo na transformação da paisagem, produzindo efeitos tanto sobre os elementos físico-naturais quanto sobre as dinâmicas de uso e ocupação do território. Nesse contexto, Tominaga *et al.* (2009) destacam que, em razão da magnitude e da recorrência desses eventos, os meios de comunicação têm divulgado amplamente seus efeitos na dinâmica socioambiental, evidenciando de que maneira eles afetam o cotidiano das populações.

Dentre os variados tipos de desastres, destaca-se entre eles as enchentes e inundações, as quais, segundo Botelho (2004), tem ganhado grande propagação nacional, uma vez que, quando ocorrem, sempre provocam danos, sendo de cunho material ou até ceifando vidas. Complementando a questão, estudos técnicos da Confederação Nacional dos Municípios (2023), enfatizam que alagamentos, enchentes e enxurradas são processos característicos da região sudeste, fruto da falta de infraestrutura, ocupação em áreas ambientalmente impróprias e da impermeabilização do solo.

Diante disso, cabe destacar que a região serrana do estado do Rio de Janeiro, integrante da região sudeste, apresenta recorrência de problemas relacionados a movimentos de massa nas encostas e as enchentes e inundações nos fundos de vale. Destaca-se, como exemplo, a

ocorrência das enchentes no dia 05 de abril de 2025, a qual, fruto das intensidades pluviométricas, casou significativos transtornos para a população que reside próximo ao local das ocorrências (O Globo, 2025)

A problemática supracitada, contribui para a compreensão de que se torna cada vez mais urgente a análise e levantamento de dados relacionados a recursos hídricos e aos riscos geohidrológicos, sobretudo quando estes são transformados em ferramentas para gestão ambiental e melhoria de áreas ambientalmente instáveis. Nesse cenário, adota-se neste artigo a análise morfométrica como uma ferramenta de análise e levantamento de dados como ferramenta para compreensão da geração dos fluxos hidrológicos responsáveis por enchentes e inundações urbanas na área central do município, localizada nas planícies de inundação do rio Paquequer, em Teresópolis (RJ).

Segundo Seabra e Rocha-Leão (2019), esses parâmetros são fundamentais para compreender a suscetibilidade a inundação de bacias hidrográficas, visto que revelam valores morfoestruturais, hidrológicos e geomorfológicos de uma determinada bacia hidrográfica. Bortolini (2021), de modo a complementar, refere-se a análise morfométrica como uma da ferramenta que devem ser prioridade na caracterização ambiental de uma bacia hidrográfica, sobretudo quando se trata de análise hidrológica. Sendo assim, compreende-se que, para analisar e compreender enchentes, inundações e alagamentos, a caracterização dos parâmetros morfométricos devem exercer significativa importância e destaque nos estudos.

Dessa maneira, o presente estudo tem o objetivo de contribuir para a discussão das relações entre os parâmetros morfométricos do relevo das subbacias do alto curso do rio Paquequer com as inundações registradas nos bairros da Várzea (centro), Agriões, Bom Retiro, Ermitage, Ilha de Caxangá, dentre outros, todos localizados próximos a área central. Pretende ainda, direcionar a perspectiva para a análise das características do relevo frente às entradas de água nas subbacias durante os eventos pluviométricos no alto curso do Rio Paquequer, bem como de seus efeitos nos bairros do centro. Busca-se também entender a relação entre as áreas de nascentes e cabeceiras do rio, que estão no contexto do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, como a dinâmica hidrogeomorfológica e os com os riscos geohidrológicos que promovem impactos na área urbana no bairro.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo possui abordagem quali-quantitativa e caráter descritivo-analítico, fundamentado na análise morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Paquequer (Teresópolis–RJ), integrando dados geomorfológicos, hidrológicos e cartográficos. Para a caracterização morfométrica, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do sensor ALOS/PRISM (produto AW3D30), com resolução espacial de 30 metros.

Nesse contexto, o processamento para a delimitação da bacia e extração da rede de drenagem foi executado em ambiente SIG, sendo executado no software QGIS 3.44.2, com apoio das ferramentas GRASS GIS 2.12.99 e SAGA NextGen 9.2, os quais permitiram a correção do MDE, a geração de direção e acumulação de fluxo, a extração da rede de drenagem e a delimitação automática da área de contribuição da bacia (Tabela 1). A partir desses procedimentos, foram elaborados os produtos cartográficos utilizados na análise morfométrica, incluindo os mapas temáticos de (A) hipsometria; (B) curvatura das vertentes; (C) declividade; (D) direção de vertentes; e (E) área de contribuição.

Característica	Código	Id	Valor	Unidade
Perímetro	\$perimeter	P	15,13	km
Área da Bacia	\$area	A	7,99	km ²

Número de cursos d'água	--	N	82	-
Comprimento total dos cursos d'água	Sum()	Lt	36,50	km
Comprimento axial	\$length	La	5,61	km
Comprimento do curso d'água principal	Sum()	L	6,50	km
Ordem de cursos d'água	--	Rb	4	-
Altitude mínima	--	e _{min}	897	m
Altitude máxima	--	e _{max}	2153	m

Tabela 1. Dados primários da bacia do Alto Paquequer. Fonte: autores (2026).

Os parâmetros morfométricos foram calculados com base na literatura clássica da geomorfologia, incluindo variáveis como área, perímetro, comprimento do canal principal, declividade, hipsometria e características da rede de drenagem (Tabela 1). A partir desses dados, foram aplicados índices como coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), índice de sinuosidade (Is), relação de relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir) e tempo de concentração (Tc).

Por fim, os parâmetros morfométricos foram correlacionados com dados pluviométricos do evento extremo ocorrido em 05 de abril de 2025, obtidos junto ao INMET, considerando precipitação acumulada diária e antecedente. Essa integração permitiu avaliar a resposta hidrológica da bacia e sua relação com a ocorrência de inundações no rio Paquequer.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área investigada neste estudo, denominada Alto Paquequer, localiza-se na região serrana do estado do Rio de Janeiro, inserida no interior do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), abrangendo a porção correspondente ao município de Teresópolis (Figura 1). Do ponto de vista morfoestrutural, a área integra o domínio da Serra do Mar, sistema montanhoso com aproximadamente 1.500 km de extensão ao longo da costa leste brasileira, desde o estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina.

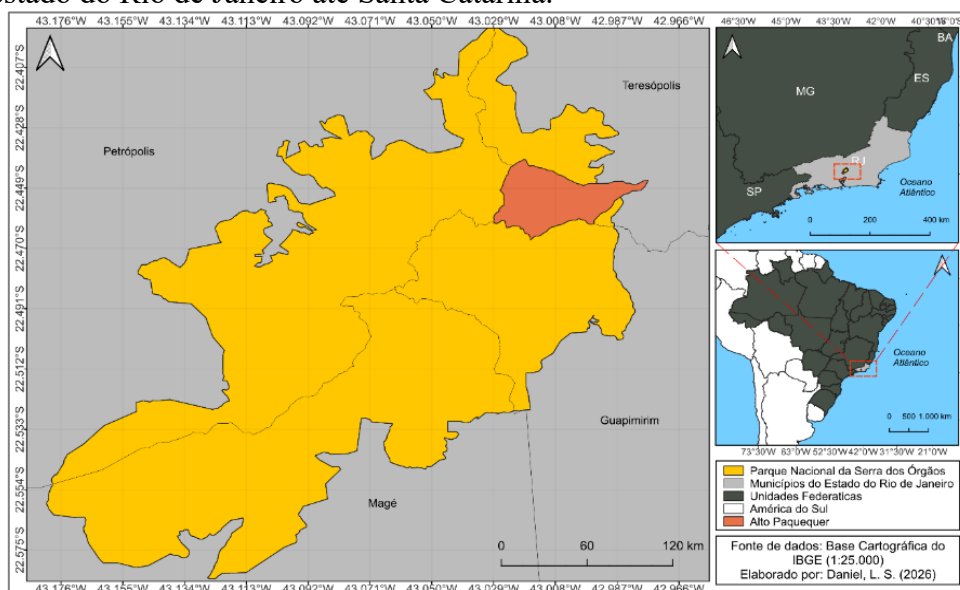


Figura 1. Localização do Alto Paquequer, Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ). Fonte: IBGE (2022), elaborado pelos autores (2026).

A bacia hidrográfica do Alto Paquequer é composta predominantemente por litologias cristalinas vinculadas ao embasamento geológico da Serra do Mar, com destaque para as

unidades Serra dos Órgãos, Andorinha e Rio Negro (Heilbron et al., 2016). Tais unidades são formadas majoritariamente por rochas metamórficas e ígneas de alta resistência, condicionando a presença de escarpas acentuadas, cristas alongadas e vales encaixados, elementos que exercem forte influência sobre a dinâmica geomorfológica regional.

Sob o ponto de vista geomorfológico, a área caracteriza-se pelo predomínio do domínio serrano, marcado por relevo montanhoso e pela ocorrência de compartimentos de escarpas, vertentes recobertas e altos platôs. Essas feições refletem a atuação conjunta de processos tectônicos, intempéricos e erosivos ao longo da evolução geológica regional (Heilbron et al., 2016). Em consequência, o relevo apresenta elevada energia, intensa dinâmica hidrogeomorfológica e maior suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa.

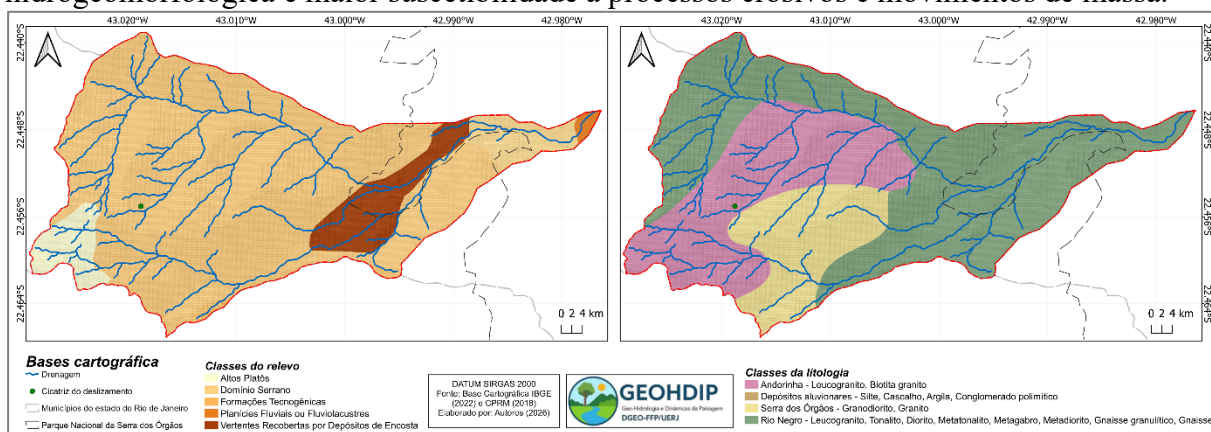


Figura 2. Geomorfologia e Litologia do Alto Paquequer, Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ). Fonte: CPRM (2022), elaborado pelos autores (2026).

O clima predominante na região do PARNASO é caracterizado por elevados índices de umidade e expressiva variabilidade pluviométrica anual, condições típicas da Serra do Mar fluminense. Os registros climáticos de 2025 apontam maior concentração das chuvas nos meses de abril, outubro e dezembro, com destaque para abril, que apresentou precipitação acumulada de 689,4 mm (Gráfico 1).

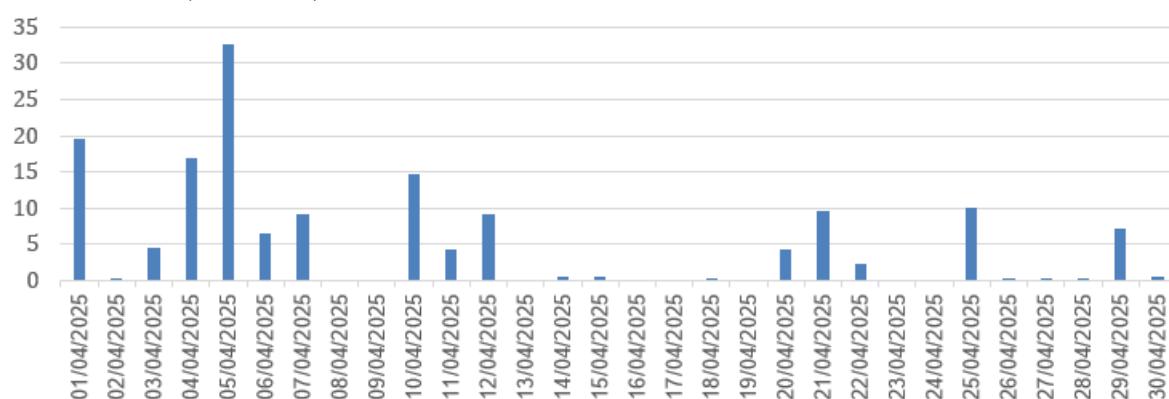


Gráfico 1. Precipitação no mês de abril de 2025 no PARNASO. Fonte: INMET (2025), elaborado pelos autores (2026).

No dia 05 de abril de 2025, data de ocorrência da inundação analisada neste trabalho, a estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no interior da unidade de conservação, registrou acumulado pluviométrico de 279,4 mm. Somado a isso, entre os dias 01 e 04 de abril foram contabilizados 94,6 mm de precipitação antecedente, levando nos

compreender que, possivelmente, o rio já estava com elevado fluxo hídrico (Gráfico 1). Nesse contexto, o expressivo volume de chuva registrado em 05 de abril pode ter favorecido a saturação do solo e contribuído diretamente para o desencadeamento do movimento de massa.

Os solos do Alto Paquequer mantêm estreita relação com o relevo montanhoso e com as litologias cristalinas predominantes da região. Conforme Carvalho Filho et al. (2000), predominam na área os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos associados aos Neossolos Litólicos Distróficos. Essas classes pedológicas representam condições geoambientais típicas de relevos acidentados, marcados por elevada fragilidade natural e forte influência sobre a dinâmica hidrogeomorfológica local.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Paquequer permitiu compreender os condicionantes geomorfológicos e hidrológicos associados à ocorrência de inundações e enxurradas no município de Teresópolis (RJ). Os parâmetros obtidos evidenciam uma bacia com elevada energia do relevo, forte dissecação topográfica e resposta hidrológica rápida aos eventos pluviométricos intensos, características típicas dos ambientes montanhosos inseridos na Serra do Mar fluminense (Tabela 2).

Característica	Equação	Resultados	Referência
Amplitude altimétrica	$Hm = e_{max} - e_{min}$	1256 m	Strahler (1952)
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	1,50	Villela e Mattos (1975)
Coefficiente de manutenção	$Cm = 1000 \times \frac{1}{Dd}$	218,82	Schumm (1956)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	4,57 km/km ²	Horton (1945)
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{N}{A}$	10,26 canais/km ²	Christofolletti (1980)
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{La^2}$	0,25	Villela e Mattos (1975)
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$	0,44	Schumm (1956)
Índice de rugosidade	$Ir = \frac{Hm \times Dd}{1000}$	5,74	Silva <i>et al.</i> (2018)
Índice de sinuosidade	$Is = \frac{L}{La}$	1,16	Schumm (1963)
Relação de relevo	$Rr = \frac{Hm}{La}$	223,89 m/km	Schumm (1956)
Tempo de concentração	$Tc = 240 \times \sqrt{\frac{A \times L}{Hm}}$	48,80 min	Mata-Lima <i>et al.</i> (2007)

Tabela 2. Parâmetros morfométricos da bacia do Alto Paquequer. Fonte: autores (2026).

Os índices geométricos demonstram que a bacia apresenta configuração alongada, em que, segundo Villela e Mattos (1975), baixos valores de fator de forma indicam menor tendência à concentração simultânea dos fluxos superficiais, uma vez que bacias menos circulares distribuem o escoamento ao longo do tempo. De maneira semelhante, Schumm (1956) destaca que baixos índices de circularidade estão associados a bacias alongadas e menos eficientes na

concentração instantânea das vazões, questão que é reforçada pelo coeficiente de compacidade ao indicar que a bacia se distancia do formato circular ideal, apresentando geometria irregular.

Nesse contexto, destaca-se que em condições naturais, tais características tenderiam a reduzir a ocorrência de cheias simultâneas, mas, se tratando de ambientes montanhosos tropicais, a influência da forma da bacia pode ser relativizada pela ação de fatores como declividade, amplitude altimétrica e densidade de drenagem, os quais controlam diretamente a velocidade do escoamento superficial e o tempo de resposta hidrológica (Tabela 2). Diante disso, Kobiyama *et al.* (2020) enfatiza que a intensa dinâmica dos materiais sedimentares (rochas e resíduos lenhosos) e da água na zona ripária aumenta a incidência enchentes repentinas.

A elevada amplitude altimétrica evidencia forte gradiente topográfico entre as cabeceiras e os setores jusantes da bacia, em que, conforme coloca Strahler (1952), grandes variações altimétricas refletem elevada energia potencial do relevo, favorecendo maior velocidade do escoamento superficial e intensificação dos processos erosivos. Em sistemas hidrogeomorfológicos montanhosos, essas condições potencializam a transferência rápida de água e sedimentos para os canais fluviais, contribuindo para respostas hidrológicas rápidas durante eventos pluviométricos intensos (Tabela 2).

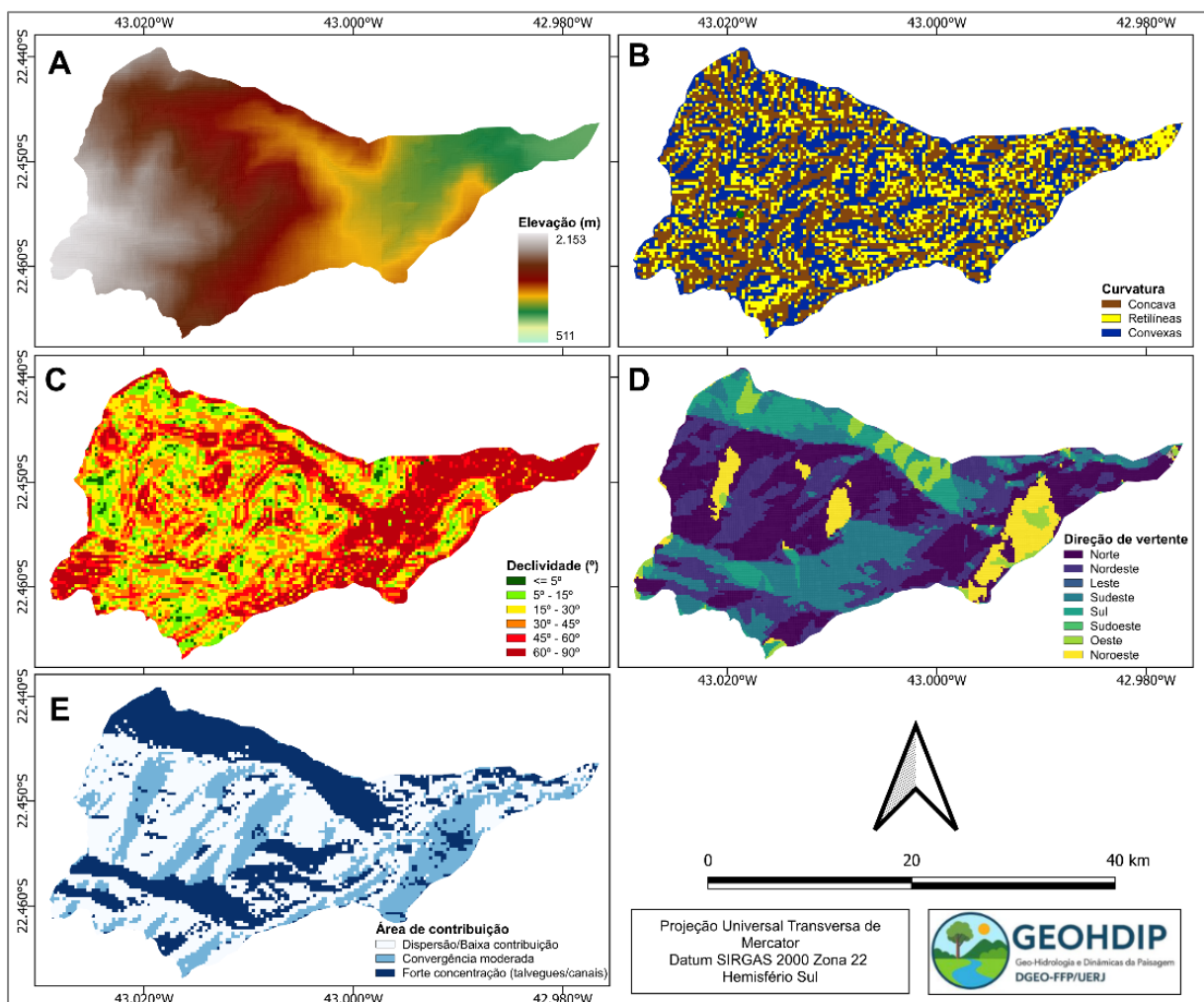


Figura 3. Características morfométricas e hidrogeomorfológica da bacia do Alto Paquequer: (A) hipsometria; (B) curvatura; (C) declividade; (D) direção de vertentes; (E) área de contribuição. Fonte: autores

A distribuição espacial das declividades evidencia predomínio de vertentes fortemente inclinadas, especialmente nas porções centrais e ocidentais da bacia. Segundo Ross (1994), elevadas declividades correspondem a ambientes de forte fragilidade ambiental, nos quais predominam processos erosivos acelerados, elevada geração de escoamento superficial e maior suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Estudos desenvolvidos por Vieira e Cunha (2008) evidenciam que, em bacias inseridas na Serra do Mar, vertentes íngremes reduzem o tempo de infiltração das águas pluviais e favorecem a rápida concentração dos fluxos superficiais, condição frequentemente associada à ocorrência de enxurradas e elevação abrupta das vazões fluviais durante eventos extremos de precipitação (Figura 3).

A análise da curvatura das vertentes demonstra alternância entre formas convexas, retilíneas e côncavas, refletindo diferentes comportamentos hidrológicos ao longo da paisagem. As vertentes convexas atuam predominantemente na dispersão dos fluxos superficiais, enquanto as formas côncavas favorecem a convergência hídrica e o acúmulo de água nas encostas. Conforme Coelho Netto (1995), áreas côncavas representam setores preferenciais para concentração do escoamento, saturação hídrica e desenvolvimento de processos erosivos lineares, favorecendo o direcionamento rápido das águas para os canais fluviais, ampliando os picos de vazão em curto intervalo temporal (Figura 3).

A análise da direção de vertentes revela predominância de encostas orientadas para os quadrantes sudeste, sul e leste, refletindo o controle estrutural exercido pela Serra dos Órgãos sobre a compartimentação do relevo regional. De acordo com Hein (2000), a orientação das vertentes influencia diretamente processos hidrológicos e microclimáticos, condicionando diferenças de insolação, evapotranspiração, armazenamento hídrico e dinâmica de infiltração. Essas variáveis interferem na geração do escoamento superficial e no comportamento hidrológico da bacia (Figura 3).

No que tange a área de contribuição, torna-se notável a forte concentração de fluxo nos fundos de vale e nos canais principais, indicando elevada conectividade hidrológica entre as encostas e a rede de drenagem (Figura 3). Tal comportamento favorece a rápida transferência da água precipitada para os canais fluviais, intensificando a concentração das vazões durante eventos pluviométricos extremos, os quais, associados aos parâmetros hidrográficos, demonstram elevado grau de dissecação da bacia hidrográfica. Para Horton (1945), altas densidades de drenagem indicam redes hidrográficas fortemente desenvolvidas e elevada eficiência na coleta e transporte das águas superficiais.

Segundo Christofolletti (1980), bacias com elevada densidade de drenagem apresentam menor capacidade de infiltração e resposta hidrológica mais rápida aos eventos pluviométricos, favorecendo a concentração acelerada das vazões fluviais (Tabela 2). Essa questão, além de ser notória neste estudo, é destacada também por pesquisas anteriores, como as de Vieira e Cunha (2009), na qual as autoras enfatizam que a bacia hidrográfica possui uma elevada velocidade de fluxo hídrico e, conseqüentemente, de transportes de sedimentos. Ademais, tempo de concentração, estimado conforme Mata-Lima *et al.* (2007), intensifica a afirmação, visto que que é um indicador da vulnerabilidade hidrológica da bacia, demonstrando que a resposta hidrológica ocorre de maneira extremamente rápida após eventos de precipitação intensa.

O coeficiente de manutenção evidencia elevada eficiência da rede de drenagem da bacia, que, segundo Schumm (1956), os baixos valores desse parâmetro indicam menor área necessária para manutenção dos canais fluviais, refletindo intensa dissecação geomorfológica e elevada capacidade de geração de escoamento superficial. Além disso, o índice de rugosidade demonstra forte irregularidade topográfica e elevado grau de dissecação do relevo, em que, conforme Silva *et al.* (2018), ambientes com alta rugosidade apresentam maior variabilidade

altimétrica, favorecendo o aumento da energia hidráulica do escoamento superficial e intensificando processos erosivos.

Nesse âmbito, o perfil longitudinal do rio Paquequer demonstra redução gradual da declividade em direção aos setores jusantes (Figura 4). As cabeceiras apresentam elevada inclinação e forte energia erosiva, enquanto os trechos inferiores apresentam declividades mais suaves, favorecendo a deposição sedimentar e o acúmulo das vazões provenientes dos setores montanhosos. Essa transição geomorfológica favorece a ocorrência de inundações nas áreas urbanizadas localizadas nos fundos de vale.

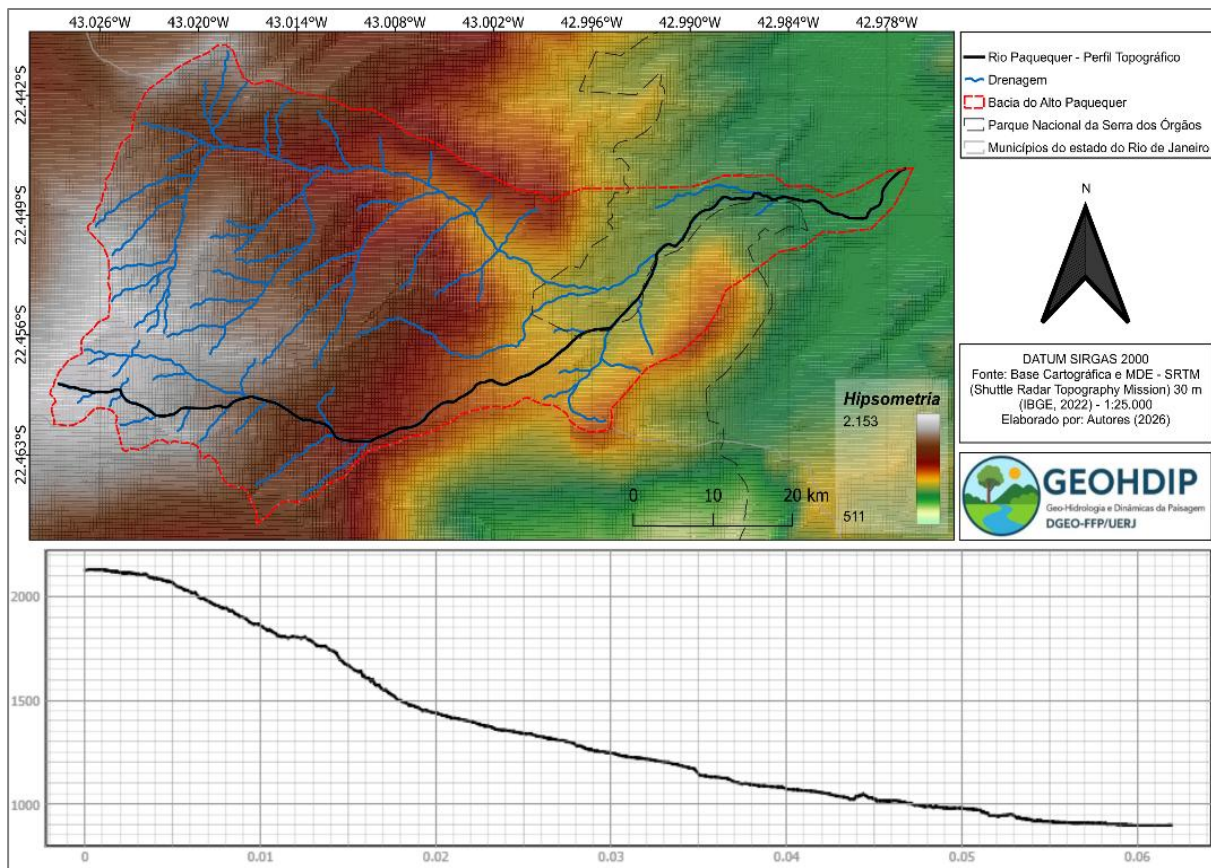


Figura 4. Rede de drenagem, perfil topográfico longitudinal e hipsometria da bacia hidrográfica do Alto Paquequer.

Sendo assim, a combinação entre elevada amplitude altimétrica, forte declividade, alta densidade de drenagem, elevada rugosidade do relevo, baixa sinuosidade dos canais e reduzido tempo de concentração favorece uma resposta hidrológica rápida e intensa. Esses resultados ajudam a explicar a recorrência histórica de eventos hidrológicos extremos em Teresópolis, sobretudo aqueles associados às chuvas intensas da Região Serrana do Rio de Janeiro e ao Rio Paquequer, mas, além dos condicionantes naturais, a expansão urbana nos fundos de vale e áreas de planície fluvial intensifica os impactos hidrológicos.

Nesse contexto, a impermeabilização do solo reduz a infiltração, aumenta o volume do escoamento superficial e eleva ainda mais a velocidade de concentração das águas nos canais fluviais. Como já demonstravam Silva *et al.* (2007), a bacia do Rio Paquequer, em relação a preservação da vegetação, destaca que áreas vegetacionais, sobretudo próximo a áreas periurbanas, sofrem maior pressão e alteração. Esse fator é um condicionante primordial que

atua na modificação e comportamento do canal fluvial, uma vez que a vegetação preservada, sobretudo a mata ciliar, evita o transbordamento dos rios reduzindo a velocidade do fluxo.

CONCLUSÃO

A análise dos parâmetros morfométricos da bacia do Alto Paquequer evidenciou uma configuração geomorfológica fortemente condicionada por relevo montanhoso, elevada amplitude altimétrica, alta densidade de drenagem e reduzido tempo de concentração, fatores que contribuem para uma resposta hidrológica rápida e intensificação dos picos de vazão durante eventos pluviométricos extremos. Embora a forma alongada da bacia, em condições naturais, pudesse indicar menor tendência à concentração simultânea de fluxos, esse efeito é superado pela forte declividade, elevada rugosidade do relevo e intensa conectividade hidrológica entre vertentes e canais fluviais.

Os resultados demonstram que a ocorrência de inundações no baixo curso do Rio Paquequer está diretamente associada à interação entre condicionantes naturais e de uso e ocupação do território, especialmente a impermeabilização do solo e a ocupação de fundos de vale, que ampliam o escoamento superficial e aceleram a concentração das águas. Dessa forma, a análise morfométrica se mostra uma ferramenta essencial para subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em Teresópolis (RJ), contribuindo para a identificação de áreas de maior vulnerabilidade e para a formulação de estratégias de prevenção e mitigação de eventos hidrológicos extremos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CETREINA/UERJ e ao CAPES pela concessão das bolsas de pesquisa, fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Agradecem também ao Grupo de Pesquisa Geohidrologia e Dinâmicas da Paisagem (GEOHDIP) pelo apoio técnico, científico e institucional ao longo da investigação. Expresso reconhecimento ao Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) pela autorização para a realização das atividades de campo e levantamento de dados em seu interior, contribuindo de forma essencial para a viabilização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Bortolini J, Silva ACG, Mercante, E & Gomes BM (2021) Identificação do grau de perigo a enchentes e inundações com base na análise morfométrica e uso do sig aplicado na bacia hidrográfica do Rio Marrecas, Francisco Beltrão–PR. Raega , 51 , 17-40.
- Botelho RGM & SILVA AS (2004) Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In: Vitte AC, Guerra AJT (orgs.). Reflexões sobre Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Christofolletti A (1980) Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 188 p.
- Coelho-Netto AL (1995) Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia. In: Guerra AJT & Cunha SB (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Hein M (2000). Espacialização de duas microbacias hidrográficas do Rio Piracicaba para modelagem hidrológica (Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas).

Horton RE (1945) Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370.

Kobiyama M, Campagnolo K, Menezes DD & Paixão MA (2020). Manejo da zona ripária para redução de risco de desastres no ambiente montanhoso. Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. p. 764-794.

Mata-Lima H, Vargas H, Carvalho J, Gonçalves M, Caetano H, Marques A & Raminhos C (2007) Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 3.

O GLOBO (2025). Temporal causa interdição de trecho da Serra de Teresópolis: Ainda não há previsão de reabertura. Rio de Janeiro: O Globo. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/noticia/2025/04/05/temporal-causa-interdicao-de-trecho-da-serra-de-teresopolis-ainda-nao-ha-previsao-de-reabertura.ghtml>. Acesso em: 18 de mai. 2025.

Ross JLS (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. Revista do departamento de geografia , 8 , 63-74.

Schumm SA (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. Geological Society of America Bulletin, v. 67, n. 5, p. 597-646.

Schumm SA (1963) Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Geological Society of America Bulletin, 74, p. 1089-1100.

Seabra VS & Rocha-Leão OM (2019). Razões para as enchentes e inundações no residencial Carlos Marighela: uma análise multitemática da bacia do rio do vigário, em Maricá-RJ. Revista da ANPEGE, 15(26), 114-137.

Silva GC, Almeida FP, Almeida RT S, Mesquita M, Alves Junior J (2018). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel – Piauí, Brasil. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 15, n. 28, p. 244.

Silva VV, Schumm L & Ferreira AMM (2007) Dinâmica da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Paquequer, Teresópolis, RJ. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 7(2).

Strahler AN (1952) Hypsometric Area-altitude: analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v. 63, n. 10, p. 1117-1142.

Tominaga LK, Santoro J & Amaral R (2009) Desastres naturais. São Paulo: Editora Instituto Geológico.

Vieira VT & Cunha SB (2008) Mudanças na Morfologia dos Canais Urbanos: Alto Curso do Rio Paquequer, Teresópolis –RJ (1997/98 – 2001). Revista Brasileira de Geomorfologia, 9(1).

Villela SM & Mattos A (1975) Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.