ANÁLISE COMPARATIVA DA MORFOMETRIA DA BACIA DO RIO PARDO USANDO GEE vs MÉTODOS CONVENCIONAIS

Maile Caroline Novaes[1]; Cristiano Tagliaferre[2]; Caique do Santos Aguiar[3]; Manoela Lima Macêdo[4]; Rosilene Gomes de Souza Pinheiro[5]; Janaina Lisboa Pereira[6]

[1] Engenheira Ambiental, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: mailenovaes@gmail.com

[2] Engenheiro Agrônomo, Docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia e Ciências Florestais, Vitória da Conquista, BA. E-mail: tagliaferre@uesb.edu.br

[3]Biólogo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: caique1704@gmail.com

[4] Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: manoelalimamacedo@gmail.com

[5] Engenheira Agrônoma, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail:rosilenepinheiro07@outlook.com

[6] Engenheira Agrônoma, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail:janainalisboapereira@gmail.com

RESUMO

A análise morfométrica de bacias hidrográficas é vital para entender processos hidrológicos e a evolução do relevo, mas o processamento em softwares desktop demanda poder computacional e horas de trabalho. O Google Earth Engine (GEE) surge como opção ao processamento em nuvem, eliminando a necessidade de downloads de dados e processamento local. Este trabalho visou analisar a morfometria da Bacia do Rio Pardo (BA) utilizando o GEE, frente a estudos prévios realizados em QGIS/SAGA. Utilizou-se o modelo digital de elevação SRTM (30 m) processado no GEE Code Editor, com extração da rede de drenagem pelo Topographic Position Index (TPI). Calcularam-se 27 parâmetros, incluindo forma, drenagem, relevo e hipsometria. A bacia exibiu forma alongada (Ff = 0,16; Re = 0,45), declividade média de 7,4° (13%) e amplitude altimétrica de 1.770 m. A integral hipsométrica (HI = 0,38) classificou a bacia em estágio maduro de equilíbrio dinâmico. Os valores de área (32.720 km²) e altitudes (Zmax = 1.771 m; Zmean = 670 m) diferiram em menos de 0,5% dos obtidos por Soares (2024) no QGIS, evidenciando boa concordância para esses parâmetros. Por outro lado, os parâmetros derivados da rede de drenagem e da geometria apresentaram divergências expressivas, devidas aos métodos. O processamento foi concluído com agilidade, demonstrando a vantagem do processamento em nuvem, embora a validação hidrológica da rede extraída por TPI exija análises complementares.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Geoprocessamento em nuvem; Morfometria; Sensoriamento remoto; SRTM.

1. INTRODUÇÃO

Para superar as limitações da geomorfologia descritiva clássica em aplicações hidrológicas, desenvolveram-se métodos quantitativos baseados em números descritivos. Esses parâmetros dividem-se em medidas de escala linear (como perímetro e relevo) e números adimensionais (que descrevem a forma da bacia independente da escala) (CHOI et al., 2025; KARMOKAR, 2025; STRAHLER, 1957). Assim, a análise morfométrica tornou-se essencial para compreender o comportamento hidrológico. Embora hoje seja automatizada em SIG, essa análise demanda elevado aporte computacional (MINIELLO et al., 2021). O Google Earth Engine (GEE) surge como uma alternativa em nuvem, eliminando a necessidade de processamento local ao disponibilizar uma extensa biblioteca de funções espaciais (GORELICK et al., 2017). Este trabalho analisa a morfometria da Bacia do Rio Pardo usando apenas o GEE, para comparar os resultados com métodos tradicionais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Bacia do Rio Pardo (32.720 km²) abrange 37 municípios entre MG e BA. Utilizou-se o limite oficial da bacia obtido pela Agência Nacional de Águas (SIRGAS 2000, UTM zona 24S) e o SRTM (30 m) processado no Code Editor; área, perímetro e comprimentos foram obtidos de forma geodésica (elipsoide WGS84). A rede de drenagem foi extraída pelo Índice de Posição Topográfica (TPI = altitude − média focal de 500 m; TPI < −1,0 m e declividade < 5°), alternativa às funções de fluxo. Os 27 parâmetros (geométricos, de forma, drenagem, relevo e hipsometria) foram calculados por equações clássicas da morfometria (ex.: Ff = A/Lb²; Dd = ΣL/A; HI = (Zmean − Zmin)/H), comparando-os aos resultados de Soares (2024) em QGIS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área calculada pelo GEE foi de 32.720 km², diferindo apenas 0,3% dos 32.615 km² obtidos por Soares (2024) em QGIS. As altitudes também apresentaram diferenças inferiores a 0,5% (TABELA 1).

TABELA 1: Parâmetros morfométricos extraídos para a Bacia do Rio Pardo. * Diferenças nas características geométricas atribuídas aos métodos de cálculo distintos entre plataformas.

Parâmetro	Símbolo	Soares(2024)	Presente Estudo	Diferença/Observação
Área	A	32.614,99 km2	32.720,16 km2	+0,3%

Perímetro	P	2.243,02 km	1.699,61 km	−24,2%*
Comp. axial	Lb / La	514,30 km	448,80 km	−12,7%*
Coef. compacidade	Kc / Cc	3,48	2,65	−23,9%*
Fator de forma	Kf / Ff	0,12	0,16	+33,3%
Índice circularidade	Ic / Rc	0,08	0,14	+75,0%
Razão elongação	Re	0,4	0,45	+12,5%
F. forma Horton	Bs	-	6,16	
Comp. rio principal	L	725,33 km	–	–
Comp. talvegue	–	398,57 km	–	–
Ordem da bacia	–	5ª ordem (SAGA-GIS)	3 (proxy TPI)	Ordem não hierárquica
Nº total de canais	∑Nu	883	56.855	Variação devido ao método TPI
Comp. total rede	∑L	7.725,36 km	1.132.951 km	Variação devido ao método TPI
Densidade de drenagem	Dd	<0,50 km/km2	34,63 km/km2	Variação devido ao método TPI
Densidade hidrográfica	Dh	~0,027 canais/km2	1,74 canais/km2	Variação devido ao método TPI
Sinuosidade	Sn	1,82 (transição)	–	–
Altitude máxima	Zmax	1.765 m	1.771 m	+0,3%
Altitude mínima	Zmin	0 m	1 m	–
Altitude média	Zmean	670 m	670 m	0%
Altitude mediana	Zmedian	802 m	804 m	+0,2%
Amplitude	H	1.765 m	1.770 m	+0,3%
Rugosidade	Rn / Ir	777,5	61,29	Métodos distintos
Razão de relevo	Rr	0,004	3,94 m/km	Métodos distintos
Integral hipsom	HI	-	0,38	

As maiores divergências entre as plataformas ocorreram no perímetro (−24,2%), compacidade (−23,9%) e fator de forma (+33,3%), devido aos algoritmos de cálculo utilizados (geodésico no GEE vs. projetado no QGIS). Em contrapartida, área e altitudes apresentaram diferenças inferiores a 0,5%. A expressiva variação de canais (883 no SAGA vs. 56.855 no TPI) decorre do método de extração: o TPI identifica vales morfológicos sem critério hidrológico de área contribuinte, superestimando o nº de segmentos, que não correspondem a canais efetivos.

Os valores de ΣL (1.132.951 km) e Dd (34,63 km/km²) derivam do mesmo proxy morfológico (TPI) e não são comparáveis aos obtidos por acúmulo de fluxo. A bacia apresenta forma alongada (Ff = 0,16; Re = 0,45; Rc = 0,14), o que tende a reduzir o risco de picos de cheia (SCHUMM, 1956), e foi classificada como madura em equilíbrio dinâmico (HI = 0,38) (PIKE & WILSON, 1971). A curva hipsométrica concentra-se nas cotas de 750 a 1.000 m, com poucos trechos acima de 1.025 m (6,6%), corroborando Soares (2024). O relevo é predominantemente ondulado (declividade de 7,4°),

possuindo expressiva amplitude (1.770 m) e variabilidade topográfica (σ = 294 m). Os parâmetros derivados dessa rede (Rt = 33,45; C = 0,03; Lg = 0,01) refletem a superestimativa morfológica do TPI, não devendo ser interpretados como dissecação hidrográfica efetiva (FIGURA 1).

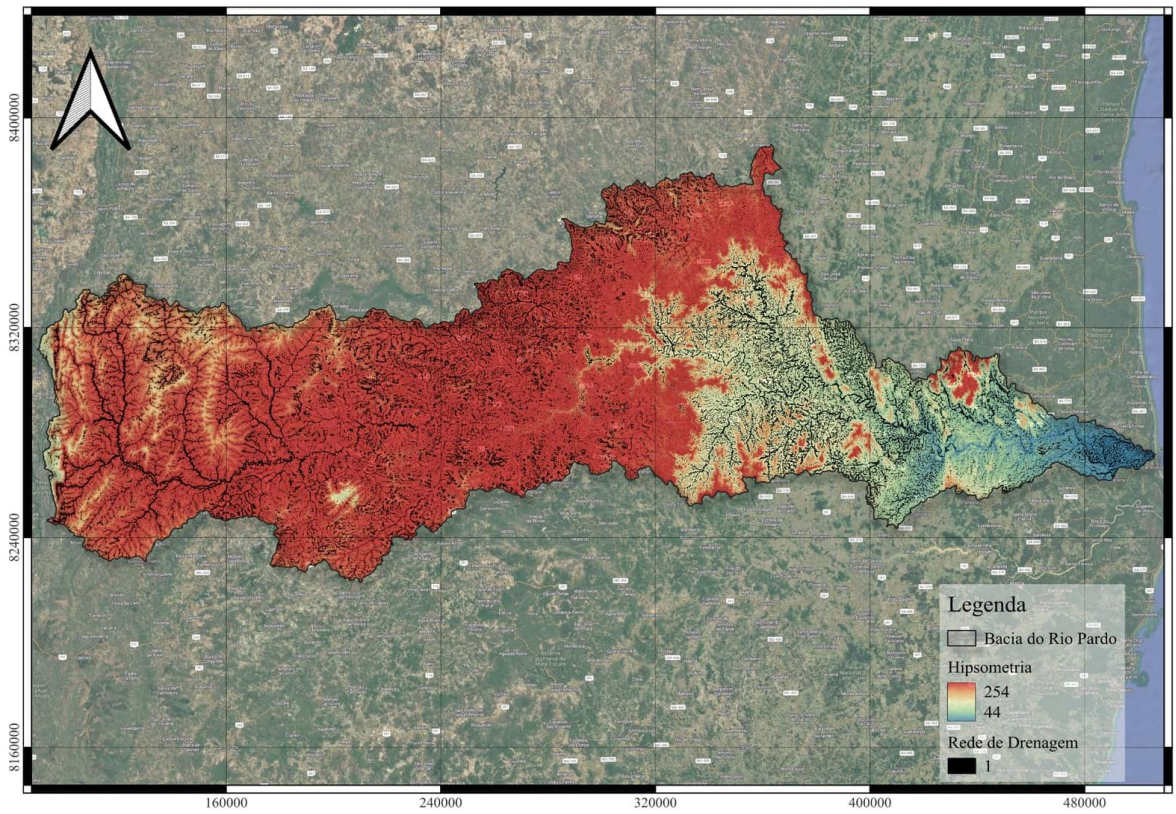


FIGURA 1 - Mapa de Hipsometria e Rede de Drenagem

O GEE demonstrou alta eficiência computacional, limitando-se apenas pela ausência de funções de acúmulo de fluxo na API, o que demandou o uso do TPI. Conclui-se que, apesar da agilidade do processamento em nuvem, o grande desafio metodológico permanece na conciliação de inconsistências geradas por diferentes bases de dados e algoritmos (CUEVAS, 2025; SOARES, 2024).

4. CONCLUSÃO

A análise via GEE concordou bem com o método convencional para área e altitudes (< 0,5%), caracterizando uma bacia alongada, de relevo ondulado e madura. Na drenagem, porém, as divergências foram expressivas e dependentes do método de extração, devendo o TPI ser usado apenas como indicador morfológico complementar, sujeito a validação hidrológica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOI, S. Y.; JO, C. D.; KWON, H. G. Management watershed identification of sub-watersheds using spatial pattern analysis of watershed morphometric variables. Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 62, p. 102807, 2025.

CUEVAS, J. Avaliação morfométrica e do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Tamanduateí (PR) via Google Earth Engine. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), UNILA, Foz do Iguaçu, 2025. Disponível em: https://dspace.unila.edu.br/items/e5c78b73-e36a-49d1-82a7-c133fa57740d

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, v. 202, p. 18–27, 2017.

KARMOKAR, S. Do morphometry and unit hydrograph consistently reflect the flood generation potential? Insights from the analysis of the himalayan watersheds. Journal of Hydrology, v. 664, p. 134532, 2025.

MINIELLO, G.; LA SALANDRA, M. High resolution image processing and land cover classification for hydro-geomorphological high-risk area monitoring. In: 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE "DISTRIBUTED COMPUTING AND GRID TECHNOLOGIES IN SCIENCE AND EDUCATION", 3041, 2021, Dubna, Russia. Anais... Russia: Joint Institute for Nuclear Research, 2021. p. 304–309.

PIKE, R. J.; WILSON, S. E. Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. Geological Society of America Bulletin, v. 82, n. 4, p. 1079–1084, 1971.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, v. 67, n. 5, p. 597–646, 1956.

SOARES, U. C. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na caracterização da bacia hidrográfica do Rio Pardo (MG/BA). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica), UFBA, Salvador, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/handle/ri/40447

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions, American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957. DOI: https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913