

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO SUL DO COMPLEXO PORONGOS, RS, BRASIL

GUILHERME PAZZAGLIA<sup>1</sup>; GUSTAVO SCHMIDT CABRAL<sup>2</sup>; JULIANA PERTILLE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – pazzagfx@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – gsc.geologia@gmail.com

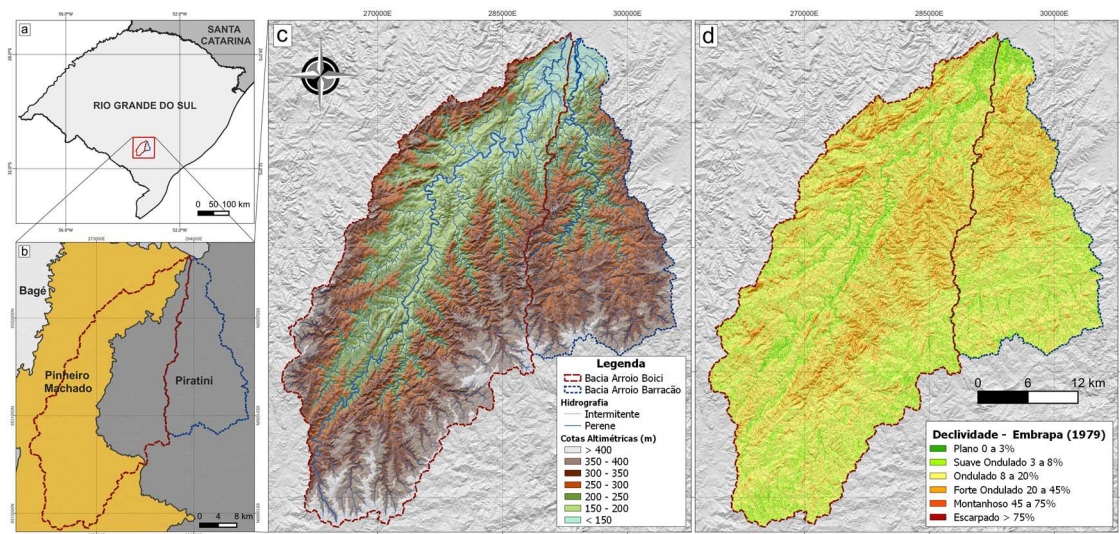
<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas - juliana.pertill@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo de bacias hidrográficas permite compreender a evolução e dinâmica de aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e agroecológicos. A análise morfométrica de bacias é uma ferramenta essencial para estudos de diagnóstico, uso e manejo ambiental. A utilização desta técnica, também desempenha um papel importante na interpretação da evolução geológica e geomorfológica da área de estudo, auxiliando na interpretação de fenômenos tectono-estruturais, padrões litológicos e hidrogeológicos. Esta abordagem, através da obtenção de produtos cartográficos, dados qualitativos e quantitativos, permite revelar as características básicas de uma bacia (*e.g.* Área, Perímetro, Forma da Bacia), bem como aspectos de relevo (*e.g.* Anomalias topográficas) e nos padrões da rede drenagens (*e.g.* Anomalias de drenagem), podendo ser uma ferramenta para estudos relacionados a evolução tectônica e neotectônica (MARTINS, 2024), e na prospecção e gestão de recursos hídricos (TRAJANO, 2012).

A área de estudo está localizada na região sul do estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Pinheiro Machado e Piratini. As sub-bacias de hidrográficas Arroio Boici (BHBO) e Arroio Barracão (BHBA), com área de 1083km<sup>2</sup> e 412Km<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 1), estão associadas a evolução tectônica colisional-transpressiva do Ciclo Brasileiro-Pan-Africano, inseridas na porção sul do contexto lito-estratigráfico do Terreno Tijucas. Nessa área ocorre a exposição de rochas do Complexo Encantadas (~2,2Ga), metassedimentares e metavulcânicas do Complexo Porongos (~800-600Ma), granitóides sin-tectônicos (*e.g.* Suite Cordilheira), sedimentares da Bacia pós-orogênica do Camaquã (~600Ma), e sedimentares da Bacia do Paraná (~250Ma) (*e.g.*, JELINEK & SOMMER, 2021).

A evolução tectônica da região permitiu o desenvolvimento de uma variedade de feições geomorfológicas, como cristas alongadas, escarpas, *cuestas*, *hogbacks* (SANTOS, 2021), assim como uma variedade de padrões de drenagem, associado a estruturas geológicas (zonas de cisalhamento, dobras, falhas e fraturas). Portanto, a análise morfométrica de bacias hidrográficas e geomorfologia fluvial através da utilização de imagens de satélite, contribui para o entendimento da evolução geomorfológica e geotectônica da área, além de fornecer parâmetros para estudos ambientais. Sendo assim, o objetivo deste estudo é descrever e comparar os dados obtidos das bacias, com intuito de promover um estudo integrado de características geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.



**Figura 1** – a) e b) Mapa de Localização, c) Mapa Hipsométrico e d) Mapa de Declividade. Base de dados: BDGEX e IBGE; Datum: SIRGAS 2000

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido para as sub-bacias hidrográficas Arroio Boici e Arroio Barracão, com a utilização de modelo digital de elevação SRTM (30m), através do software QGIS 3.26.3. Os processamentos realizados incluíram a aquisição de imagens de satélite e produtos vetoriais (BDGEX, CPRM, ANA, IBGE), reprojeção, delimitação das bacias, processamento e obtenção dos produtos cartográficos, dados fisiográficos, e índices morfométricos.

As características geométricas obtidas para as bacias, foram: Área (Km<sup>2</sup>); Perímetro (Km); Comprimento Axial (Km); Coeficiente de Compacidade (Kc); Fator de forma (Ff); índice de circularidade (Ic). Os parâmetros Kc, Ff e Ic relaciona a circularidade da bacia, indicando o potencial para enchente. Valores de Kc (VILLELA & MATTOS, 1975), indicam: alto potencial (1.0 a 1.25), médio (1.26 a 1.50), baixo (>1.50). Para Ff (SCHUMM, 1956), valores de: alto potencial (> 0.75) e baixo potencial (< 0.50). Para Ic, valores abaixo de 0.51 indicam baixo potencial para enchentes (HORTON, 1945).

As características do relevo obtidas foram: Mapa de Declividade utilizando a classificação de EMBRAPA (1979); Mapa Hipsométrico; Razão de relevo (Rr); Índice de rugosidade (Ir). A Rr relaciona a amplitude altimétrica da bacia com o comprimento do canal principal, sendo baixo (<10), médios (10 a 30) e altos (>30). (SCHUMM, 1958). O Ir relaciona o potencial erosivo da bacia, em função do escoamento superficial, e altos valores (>550) marcam risco de degradação e dissecação da bacia (TRAJANO, 2012; REIS, 2023).

As características da rede de drenagem obtidas foram: Contagem de drenagem; Comprimento total dos canais e do canal principal; Densidade hidrográfica (Dh); Densidade de drenagem (Dd); Índice de sinuosidade (Is em %). O Dh e Dd relacionam, respectivamente o número de canais e o comprimento dos canais com a área, e estes parâmetros indicam o grau de desenvolvimento no sistema de drenagem (HORTON, 1945). Indica-se baixos valores para Dh (< 3) e altos (> 7). Valores de Dd baixos são (< 1.5) e altos (> 2.5). O Is relaciona o comprimento do canal principal com o eixo axial em classes em, muito retilíneo (< 20), retilíneo (20-29,9%), sinuoso (40-49%) muito sinuoso (>50%), onde é possível relacionar a velocidade do escoamento dos canais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise foi possível obter dados fisiográficos básicos para as bacias hidrográficas Arroio Boici e Arroio Barracão como área (1083 e 412Km<sup>2</sup>), perímetro (211 a 160,6Km<sup>2</sup>), comprimento dos canais principais (113km e 48,6Km), contagem de canais (1998 e 1472), valores altimétricos médios (274 e 282m), amplitude altimétrica (381 e 373m) e de declividade (Tabela 1). A área distinta das bacias permite uma avaliação em diferentes escalas. Os aspectos morfológicos e de comprimento dos canais principais Arroio Boici e Arroio Barracão exibem características distintas, relacionado as litologias e estruturas condicionantes (Figura 1c).

<b>Classe de Declividade</b> (EMBRAPA, 1979)	<b>Bacia Arroio Boici</b> (%)	<b>Bacia Arroio Barracão</b> (%)
<b>Plano</b>	4,23	3,95
<b>Suave Ondulado</b>	23,12	23,78
<b>Ondulado</b>	53,89	53,75
<b>Forte Ondulado</b>	18,22	18,06
<b>Montanhoso</b>	0,53	0,46
<b>Escarpado</b>	0,004	0,003

**Tabela 1** – Classificação de Declividade para as bacias Arroio Boici e Arroio Barracão.

A declividade também é expressa através do mapa da Figura 1d, através da qual é possível observar a compartimentação litológica da área de estudo, marcado por regiões com declividade forte ondulado, montanhoso e escarpado, relacionadas ao CP. As declividades montanhosas a escarpadas estão relacionadas a formação de cristas alongadas de quartzitos e rochas miloníticas. O relevo forte ondulado está em forte associação com as unidades pelítico-carbonáticas do CP, dominada por xistos pelíticos. Em contraste, a região com predomínio de declividade ondulado a plano, marcam as rochas da Camaquã, estruturalmente controladas, sob estruturas retilíneas, e rochas da Bacia do Paraná, na região mais próxima ao exutório da bacia. Para os granitóides, o relevo é caracterizado por classes de declividade predominantemente, suave-ondulada a ondulada, localizadas na porção sul-sudeste das bacias estudadas.

Os parâmetros morfométricos obtidos foram separados pelas seguintes classes: (I) Relevo: Razão de relevo (Rr), índice de rugosidade geral (Ir); (II) Drenagem: Densidade Hidrográfica (Dh), densidade de drenagem (Dd) e índice de sinuosidade (Is); (III) Geometria: Coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic) e fator de forma (Ff).

Os índices de relevo (Rr e Ir) correlacionam a amplitude altimétrica com o comprimento e densidade das drenagens, indicando o potencial erosivo das bacias. A Rr apresentou valores de 3,36 e 6,64m/Km, indicando razões baixas (<10), enquanto para o Ir apresenta valores de 250,8 e 191,5, considerado como valores médios de potencial erosivo.

Os parâmetros de drenagem indicam a relação da geomorfologia fluvial com a bacia. A densidade de drenagem é representada pela razão dos canais pela área da bacia. Os valores obtidos para Dh, são de 1,84 e 3,57, indicando baixa densidade (< 3) para a BHBO, e valores médios (3 a 7) para a BHBA. Os valores médios de Dh estão relacionados a maior área de influência dos xistos do CP na BHBA. O parâmetro de densidade drenagem está relacionado a soma do comprimento de todos os canais (Km) com a área da bacia (Km<sup>2</sup>). Os valores para Dd são de 1,52 e 1,95, apresentando razões médias (1,5 a 2,5) para bacias. O percentual de sinuosidade é de 29,31% e 34,68%, o qual a BHBO apresenta canal



principal retilíneo (20.0 – 29.9%), evidenciado por estruturas retilíneas obtidas através do mapa de declividade, associado a estruturação das rochas da Bacia do Camaquã (Fig 1b). O canal principal da BHBA é classificado como meandreante (30-39%), associado ao encaixe das drenagens na foliação dos xistos pelíticos (NE-SW).

Os parâmetros geométricos da bacia podem verificar a forma da bacia e tendência a enchentes. O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) indica valores de 1,8 e 2,21, respectivamente, atribuído a forma alongada e baixo risco de enchentes ( $> 1,5$ ). Para o índice de circularidade ( $I_c$ ), foram obtidos valores de 0,305 e 0,20, também indicando baixo risco a enchentes ( $< 0,51$ ). O fator de forma ( $F_f$ ) demonstra valores de 0,17 e 0,41, representando formato alongado e risco baixos para enchentes.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base na análise integrada dos resultados obtidos para as metodologias aplicadas é possível concluir que: (1) Os índices morfométricos obtidos para as Bacias Hidrográficas Arroio Boici e Arroio Barracão permitem a avaliação de aspectos básicos das bacias hidrográficas, fornecendo informações para a gestão de recursos hídricos. (2) A partir dos dados quantitativos, conclui-se que as bacias estudadas possuem baixa suscetibilidade a enchentes, devido ao seu formato alongado, e à distribuição da rede de drenagens, e baixo a médio potencial erosivo.

Associado a geração do mapa de declividade foi possível correlacionar os índices obtidos com os aspectos litológicos e estruturais condicionantes das bacias estudadas. Portanto, a geração de índices morfométricos associado a produtos cartográficos, permite, auxiliar a caracterização morfoestrutural e morfotectônica, sendo um subsídio para estudos evolução relacionados a evolução tectônica, além da aplicação na gestão de recursos hídricos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- JELINEK A.R.; SOMMER C.A. (org.) **Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**, 2021, Sociedade Brasileira de Geologia, Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, p 504
- MARTINS, S. P. "**Análise morfométrica como subsídio à avaliação da influência tectônica no rejuvenescimento topográfico na bacia do Rio Prata, borda ocidental norte da Bacia Sedimentar do Paraná.**" (2024). Tese de Doutorado – PPGMA - UNESP.
- REIS, I. L. et al. Morphometric parameters of the relief and drainage network of the Formiga River subbasin, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 2, 2023.
- SANTOS, G.M.N.K. "**Análise tectono-estratigráfica dos fragmentos Apati e Boici da Bacia do Camaquã, RS.**" (2021). Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Pelotas.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geol. Soc. America**, v. 67, p. 597-646, 1956.
- TRAJANO, S. D. S. et al. Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica: Subsídio à Gestão Territorial Estudo de Caso no Alto e Médio Mamanguape. **Embrapa (INFOTECA-E)**, 2012
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.