

## Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pardinho, estado do Espírito Santo

### RESUMO

**Caio Henrique Ungarato Fiorese**  
[caiofiorese@hotmail.com](mailto:caiofiorese@hotmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-6866-0361](https://orcid.org/0000-0001-6866-0361)  
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, Espírito Santo, Brasil.

O objetivo deste trabalho foi determinar alguns parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Pardinho (BHRP), a fim de avaliar sua vulnerabilidade à ocorrência de problemas ambientais e subsidiar melhorias em sua qualidade ambiental. Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®. Após ser delimitada a BHRP, os seguintes parâmetros morfométricos foram determinados: área, perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, extensão do percurso superficial, extensão média do escoamento superficial, coeficiente de manutenção, comprimento total e número dos cursos d'água, comprimento do rio principal, relação de relevo, índice de sinuosidade e rugosidade, altitude e declividade. Os parâmetros, quando possível, foram classificados. A BHRP possui tendência baixíssima a enchentes. Todavia, apresenta alta densidade de densidade e requer 368,053 m<sup>2</sup> para manter cada metro de canal hídrico. Os valores de extensão do percurso superficial e do escoamento superficial foram baixos e indicam tendência ao escoamento superficial. A declividade permite classificar o relevo como forte ondulado e, associada a elevadas amplitudes altimétrica e clinométrica, indicam tendência à erosão e aumentam a probabilidade de enchentes. O desenvolvimento de medidas favoráveis à infiltração de água no solo é de extrema relevância e necessidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Ambiental. Geoprocessamento. Gestão de Recursos Hídricos. Hidrologia. Qualidade Ambiental.

## INTRODUÇÃO

Quando se refere ao planejamento ambiental, há um vasto campo de estudos sobre as mais diferentes abordagens. Um desses estudos se constitui em análises feitas em bacias hidrográficas, enquanto células de planejamento ambiental (ALBUQUERQUE, 2012).

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade física de captação natural da água oriunda de precipitações pluviométricas determinada pela rede de drenagem composta pelo seu rio principal e por seus afluentes. Ainda, é um espaço limitado por divisores de águas, que distribuem a água por toda a bacia, desde os divisores até o exutório (OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015).

As bacias hidrográficas são consideradas no contexto do planejamento territorial como a unidade básica de estudos para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais, a fim de integrar a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (CARVALHO, 2020). No Brasil, este recorte territorial foi estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, sendo posteriormente empregado na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). A gestão de bacias hidrográficas vem se aprofundando, pois ela é considerada a melhor unidade para o planejamento e conservação do ambiente natural e urbano (BERNARDI et al., 2012).

A formação de limites entre bacias hidrográficas ocorre por divisores de águas, que são considerados os pontos mais altos, onde existe uma separação da água da precipitação pluvial em diferentes bacias hidrográficas. Assim, há o delineamento de bacias e microbacias hidrográficas (BERNARDI et al., 2012). O planejamento de uma bacia hidrográfica, indicada como unidade territorial de planejamento de recursos hídricos, deve considerar que a água não deve ser gerida sem considerar suas inter-relações com os outros componentes do meio como, por exemplo, os solos, a vegetação, o relevo e a ação antrópica. Esta, por sua vez, modifica as condições de funcionamento dos sistemas naturais, gerando alterações que podem afetar diretamente a dinâmica hídrica em uma bacia (PESSÔA; FAÇANHA, 2016).

Nesse sentido, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas fornece informações relevantes para o planejamento da conservação da água e demonstra, por exemplo, a susceptibilidade à erosão e picos de enchentes, além do comportamento da drenagem (GERBER et al., 2018). A caracterização morfométrica de bacias possui imensa importância para estudos hidrológicos e ambientais, sobretudo quando o ambiente em estudo sofre alterações em partes de seus cursos d'água, pois eles exercem funções importantes dentro do ecossistema (RIBEIRO; PEREIRA, 2013).

As características físicas de uma bacia hidrográfica, como área, perímetro, forma, declividade e densidade da drenagem possuem relevante influência nos processos hidrológicos, influenciando no deflúvio, na infiltração, na evapotranspiração e no escoamento superficial e subterrâneo. O conhecimento destes parâmetros é relevante para o planejamento ambiental e a gestão integrada dos recursos hídricos (SOUSA; PAULA, 2016).

Enquanto ferramentas fundamentais para a gestão do território e análise ambiental, as técnicas de Geoprocessamento vêm sendo utilizadas para diversos

fins, em decorrência da sua abordagem múltipla e a rapidez na geração de resultados precisos. A manipulação das informações espaciais em Sistema de Informação Geográfica (SIG) é considerada vantajosa e viável (FONSECA; SANTOS; HERMANO, 2013). O emprego do SIG possibilita a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, podendo auxiliar a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos. Por isso, tal recurso se mostra uma alternativa prática e viável ao minimizar custos e tempo na execução dos trabalhos (OLIVEIRA et al., 2010). O SIG é capaz de manipular uma grande quantidade de informações de diversas fontes, referenciados espacialmente, em um mesmo ambiente virtual. Neste mesmo ambiente, os dados podem ser relacionados, correlacionados e interpretados, conseguindo, assim, a obtenção de produtos com qualidade e precisão (OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015).

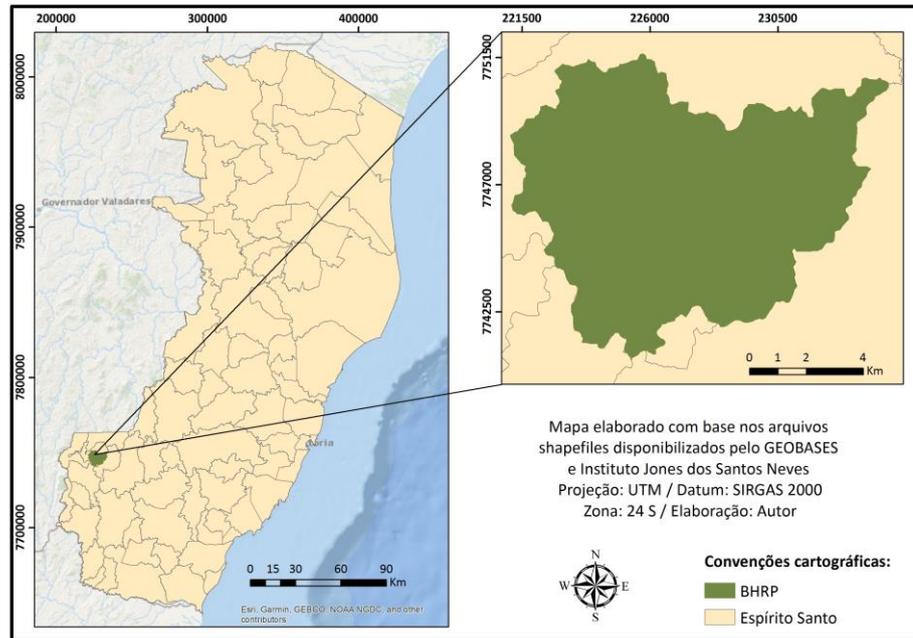
A importância deste trabalho está fundamentada no fato de que, na literatura, não há estudos voltados à caracterização morfométrica considerando a bacia do rio Pardinho. Além disso, essa mesma bacia abriga e abastece, além de atividades rurais, a área urbana do município de Irupi. Pelo fato de desaguar no rio Pardo, à montante da área urbana do município de Lúna, e por este curso hídrico ter seu trajeto na referida área urbana, a bacia hidrográfica do rio Pardinho (BHRP) exerce grande influência no comportamento hídrico e em eventuais ocorrências de fenômenos naturais, como as enchentes, na cidade de Lúna. Por isso, a caracterização morfométrica dessa bacia hidrográfica passa a ser de grande relevância, a fim de melhor conhecer a área em questão.

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar morfometricamente a BHRP, a fim de avaliar sua vulnerabilidade à ocorrência de problemas ambientais e subsidiar melhorias em sua qualidade ambiental. Para alcançar o referido objetivo, foram empregadas técnicas de geoprocessamento, por meio da delimitação da área e partindo de um banco de dados geográficos. Posteriormente, através da literatura, foram estimados parâmetros morfométricos para a área, permitindo a sua caracterização.

## MÉTODOS

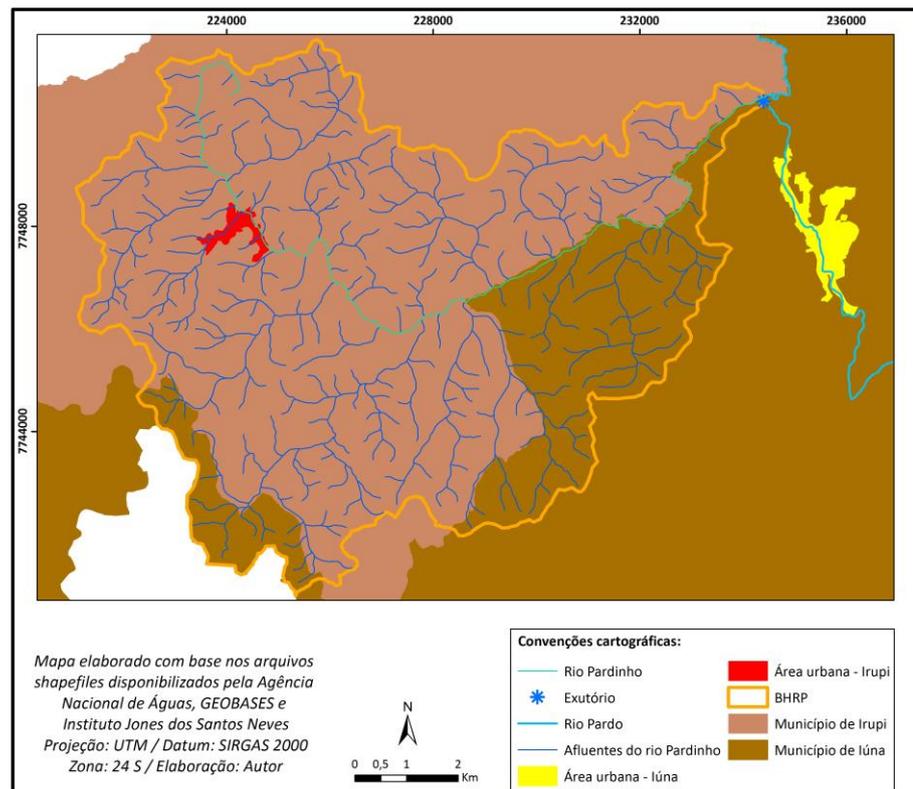
A BHRP está localizada entre os municípios de Irupi e Lúna, na mesorregião Sul Caparaó do estado do Espírito Santo. Com uma área de 86,205 km<sup>2</sup>, tem seu exutório no rio Pardo. A BHRP abrange várias atividades econômicas, como a cafeicultura, pecuária e silvicultura do eucalipto. Possui clima classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm (VENTURA, 1964). As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, a localização da BHRP em nível municipal e estadual, bem como dos seus cursos hídricos, do exutório e das áreas urbanas dos municípios de Irupi e Lúna.

Figura 1 – Localização da BHRP



Fonte: Autoria Própria (2020).

Figura 2 – Localização da BHRP em nível municipal



Fonte: Autoria Própria (2020).

Os procedimentos ocorreram com auxílio do sistema de informações geográficas ArcGIS® (ARCGIS, 2014). Os bancos de dados geográficos foram adquiridos nos portais eletrônicos do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES, 2020), do Instituto Jones dos Santos

Neves (IJSN, 2020) e da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). Inicialmente, a BHRP foi traçada através dos seguintes procedimentos (SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO, 2010): aquisição de feições ou arquivos vetoriais de curvas de nível com equidistância de 5 metros; geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) do tipo Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir de uma Rede Triangulada Irregular (TIN) com resolução espacial de 10 metros; correção do MDE; demarcação dos fluxos de direção (*flow direction*) e acumulação (*flow accumulation*) da drenagem; identificação do curso hídrico principal (nesse caso, o rio Pardinho); demarcação do exutório e; delimitação da BHRP.

Na caracterização morfométrica da BHRP, foram considerados os seguintes parâmetros: área e perímetro de drenagem, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, extensão do percurso superficial, extensão média do escoamento superficial, coeficiente de manutenção, comprimento total dos cursos d'água, número de canais d'água, comprimento do rio principal, índice de sinuosidade, altitudes (máxima, média, mínima e desvio padrão) e declividades (máxima, média, mínima e desvio padrão).

O comprimento e número dos canais d'água foram obtidos a partir da aquisição de uma feição (arquivo vetorial) de cursos d'água presentes na BHRP. Foram gerados os mapas de altitude e declividade da BHRP a partir do MDE. Depois de quantificada (em %), a declividade foi classificada conforme o método da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013). A altitude foi quantificada e agrupada, em percentual de área. Os demais parâmetros, descritos abaixo, foram calculados e, quando possível, classificados segundo a literatura.

Coeficiente de compacidade (Kc): relaciona o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (SANTOS et al., 2012). É estimado através da equação (1):

$$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A}) \quad (1)$$

Bacias hidrográficas cuja forma se aproxima à de um círculo tendem a proporcionar a conversão do escoamento superficial para um trecho pequeno do rio principal. Dessa forma, quanto mais próximo a 1 for Kc, maior é a probabilidade de picos de enchentes na bacia hidrográfica (OLIVEIRA et al., 2010).

Fator de forma (Kf): Relaciona a forma de uma bacia com um retângulo. É resultado da razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, desde sua foz até o ponto mais remoto (SANTOS et al., 2012). Esse valor foi obtido pela equação (2).

$$Kf = A/L^2 \quad (2)$$

Em que: A = área (Km<sup>2</sup>) e; L = comprimento axial da bacia (Km) (SANTOS et al., 2012). Uma bacia com Kf baixo possui menor tendência a enchentes que outra de mesma área, porém, com Kf maior. Isso ocorre pelo fato de que, em uma bacia estreita e longa, com Kf baixo, há menor probabilidade de ocorrência de chuvas intensas abrangendo, simultaneamente, toda a sua área (OLIVEIRA et al., 2010).

Índice de circularidade ( $I_c$ ): Valores superiores a 0,51 indicam bacias alongadas, enquanto valores inferiores a 0,51 indicam bacias mais arredondadas (SOUSA; PAULA, 2016). É obtido pela equação (3), em que:  $A$  = área ( $\text{km}^2$ );  $P$  = perímetro ( $\text{km}$ ).

$$I_c = 12,57 \times (A/P^2) \quad (3)$$

Densidade de drenagem ( $D_d$ ): Dado em  $\text{km}/\text{km}^2$ , permite conhecer o potencial de escoamento superficial. Por consequência, indica a intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais (HIRATA; BURKERT, 2020) e o nível de desenvolvimento e eficiência do sistema de drenagem (OLIVEIRA et al., 2010). É obtido pela equação (4), sendo: LTC = comprimento total dos cursos d'água ( $\text{Km}$ );  $A$  = área ( $\text{Km}^2$ ).

$$D_d = \text{LTC}/A \quad (4)$$

Extensão do Percurso Superficial (EPS): Dado em  $\text{km}$ , representa a distância média gasta pelas enxurradas do interflúvio até um curso hídrico permanente. É um dos parâmetros mais relevantes que influencia nas partes hidrológicas e fisiológicas das bacias hidrográficas (ROMERO; FORMIGA; MARCUZZO, 2017). Considerando a densidade de drenagem ( $D_d$ ) no seu cálculo, a EPS é estimada através da equação (5).

$$\text{EPS} = 1/(2 \times D_d) \quad (5)$$

Extensão média do escoamento superficial ( $L_m$ ): dado em  $\text{km}$ , indica a distância média que a água precipitada teria que escoar sobre uma bacia, se o escoamento ocorresse em linha reta. É medido do local onde ocorreu sua queda até o ponto leito do curso hídrico mais próximo (VILELLA; MATTOS, 1975) e calculado pela equação (6), em que:  $A$  = área da bacia ( $\text{Km}^2$ ); LTC = comprimento total dos cursos d'água ( $\text{Km}$ ).

$$L_m = A/(4 \times \text{LTC}) \quad (6)$$

Coefficiente de manutenção ( $C_m$ ): representa a área necessária para manter perene cada metro de canal hídrico. Considera, no seu cálculo, a densidade de drenagem ( $D_d$ ). É obtido pela equação (7) (SANTOS et al., 2012).

$$C_m = (1/D_d) \times 1000 \quad (7)$$

Índice de sinuosidade ( $S_c$ ): é obtido por meio da relação entre o comprimento do canal principal ( $L_c$ ) e a distância em linha reta entre os extremos do rio principal ( $D_c$ ), expresso na equação (8) (SOUSA; PAULA, 2016).

$$S_c = L_c/D_c \quad (8)$$

Canais com sinuosidade próxima a 1 são retilíneos, ao passo que canais com índice de sinuosidade perto de 2 são sinuosos. O índice de sinuosidade influencia na velocidade do escoamento superficial e, ao mesmo tempo, é influenciado pela quantidade de sedimentos que transporta (SOUSA; PAULA, 2016).

Índice de rugosidade ( $I_r$ ): relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, expresso pela declividade média. É

determinado através da equação (9), com base nos valores de amplitude altimétrica (Hm, em m) e densidade de drenagem (Dd, em km/km<sup>2</sup>). Quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (SILVA et al., 2016).

$$I_r = H_m \times D_d \quad (9)$$

Relação de relevo (Rr): resulta da divisão da amplitude altimétrica (Hm) pelo comprimento do rio principal (L) em m/Km, conforme visto na equação (10) (SOUSA et al., 2016).

$$R_r = H_m / L \quad (10)$$

Através do cálculo da relação de relevo, pode-se comprovar o quanto o relevo é suave ou ondulado (SOUSA; PAULA, 2016). As informações foram estimadas através do software Excel e analisadas conforme a literatura consultada e as observações feitas.

## RESULTADOS

A BHRP conta com uma área de drenagem de 86,205 km<sup>2</sup> e perímetro igual a 54,026 km. A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos considerados e obtidos para a BHRP.

Tabela 1 – Resultados das características morfométricas avaliadas

Parâmetro	Valor
Área de drenagem	86,205 km <sup>2</sup>
Perímetro de drenagem	54,026 km
Coefficiente de compacidade	1,629
Fator de forma	0,219
Índice de circularidade	0,371
Densidade de drenagem	2,717 km/km <sup>2</sup>
Extensão média do escoamento superficial	0,092 km ou 92 m
Índice de sinuosidade	1,919
Índice de rugosidade	1494,350 m/km
Relação de relevo	0,028
Comprimento total dos cursos d'água	234,196 Km
Coefficiente de manutenção	368,053 m <sup>2</sup> /m
Altitude máxima	1195 m
Altitude média	801,530 m
Altitude mínima	645 m
Amplitude altimétrica	550 m
Declividade máxima	336,213%
Declividade média	33,198%
Declividade mínima	0%
Número de canais d'água	520
Comprimento do curso d'água principal	19,857 km

Fonte: Autoria própria (2020).

A altitude na BHRP possui média aritmética de 801,530 m e desvio padrão igual a 73,397 m. Há maior predominância de valores de altitude que compreendem de 737 m a 827 m, com presença de altitudes superiores a 1000 m. Já a declividade apresenta média aritmética igual a 33,198% e desvio padrão de 20,793%. Há maior presença de declividades compreendidas de 20% a 45%, caracterizando o relevo de quase a metade da bacia hidrográfica como “forte ondulado”, seguido da classe de relevo “montanhoso”, com 23,078%.

Quando somadas, as classes de menores declividades, as de relevo “plano” e “suave ondulado”, contabilizam somente 10,826%. As Tabelas 2 e 3 mostram, respectivamente, os valores de altitude e declividade agrupado em classes, bem como a classificação da declividade conforme o modelo proposto pela EMBRAPA (2013).

Tabela 2 – Classes e percentual de área de altitude da BHRP

Altitude (m)	Área (%)	Área acumulada (%)
645 – 737	18,267	18,267
737 – 827	50,394	68,661
827 – 917	22,907	91,568
917 – 1.007	7,787	99,356
1.007 – 1.195	0,644	100,000

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 3 – Classes e percentual de área de declividade da BHRP

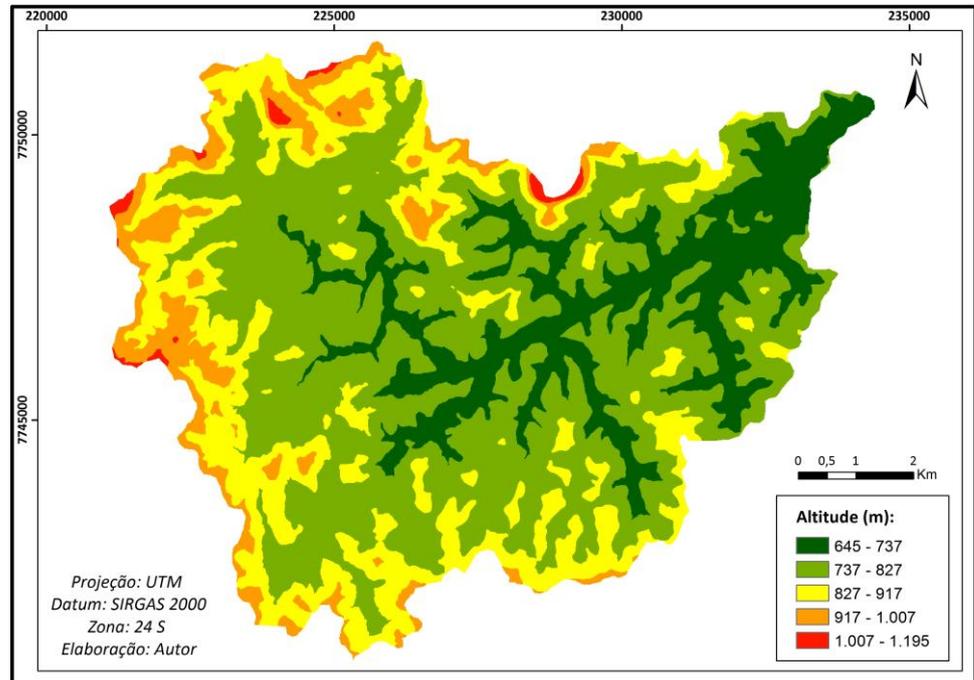
Classes de declividade (%)	Área (%)	Área acumulada (%)
0 - 3 (Plano)	5,862	5,862
3 - 8 (Suave ondulado)	4,964	10,826
8 - 20 (Ondulado)	17,258	28,084
20 - 45 (Forte ondulado)	46,622	74,706
45 - 75 (Montanhoso)	23,078	97,785
> 75 (Escarpado)	2,215	100,000

Fonte: Autoria própria (2020).

Os maiores valores de altitude estão presentes próximos aos divisores topográficos da BHRP e, principalmente, na sua porção norte, com exceção dos locais próximos ao exutório, que apresentam os menores valores altimétricos. Já as maiores declividades são vistas, principalmente, na porção norte da bacia hidrográfica e em locais próximos à área urbana do município de Irupi. E as menores declividades são vistas em poucos locais da bacia hidrográfica, com maior presença na zona urbana de Irupi.

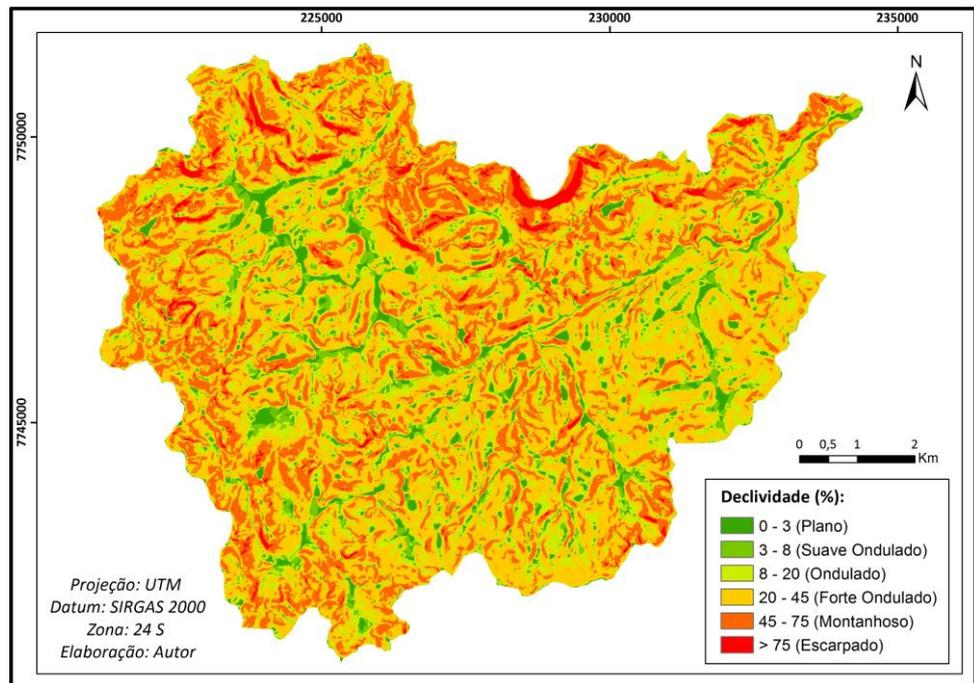
As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, a geoespacialização das classes de altitude e declividade para a BHRP seguindo o modelo de classificação clinométrica adotado pela Embrapa (2013).

Figura 3 – Mapa de altitude da BHRP



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 – Mapa de declividade da BHRP



Fonte: Autoria própria (2020).

## DISCUSSÃO

O coeficiente de compacidade obtido, segundo a classificação de Villela e Mattos (1975), indica que a BHRP possui formato oblongo e baixa tendência a enchentes. Todavia, os valores obtidos para o fator de forma e índice de

circularidade relevam que a BHRP possui baixíssima tendência a enchentes e, assim, tende a conservação, pelo fato da bacia ter formato comprido. Isso ocorre devido ao formato irregular da BHRP, que reduz a probabilidade de uma precipitação pluviométrica abranger toda a sua área, o que representa um fator positivo para a sua qualidade ambiental.

A densidade de drenagem determinada é classificada como “alta”, conforme a classificação de Sousa e Rodrigues (2012). Portanto, a bacia hidrográfica em estudo é bem drenada. Todavia, valores elevados de densidade de drenagem podem indicar maior tendência à erosão. Segundo Venceslau e Miyazaki (2019), bacias com elevada densidade de drenagem podem relevar processos erosivos mais fortes e, assim, precisam ter mais atenção no que concerne às práticas de conservação dos solos e das matas ciliares presentes. Portanto, a BHRP pode apresentar maior vulnerabilidade à erosão, pelo fato das águas não permanecerem em sua extensão por muito tempo, o que requer a adoção de medidas que favoreçam a infiltração de água no solo.

Referente à relação de relevo, o valor obtido é classificado como “baixo”, de acordo com Rossi e Pfeifer (1999). Valores baixos desse parâmetro, conforme visto para a BHRP, indicam pequena relação do relevo com o formato da bacia e baixa amplitude altimétrica (SOUZA et al., 2016). O índice de rugosidade classifica a rugosidade da BHRP como “muito forte”, com predomínio de relevo forte ondulado a montanhoso e escarpado, com declividade média maior que 30%, seguindo a classificação abordada por Sousa e Rodrigues (2012). Ainda segundo os mesmos autores, valores elevados desse parâmetro indicam tendência da bacia hidrográfica ao escoamento superficial, contribuindo para a influência de processos erosivos. Nesse sentido, o índice de rugosidade, assim como a densidade de drenagem, atesta o fato de a BHRP ter elevada tendência à erosão e ser afetada pelas consequências do referido fenômeno.

O valor da extensão do percurso superficial é caracterizado como baixo, indicando que as enxurradas ocasionadas pelas precipitações na BHRP percorrem uma distância de 184 m para atingir um canal hídrico permanente. Já a extensão média do escoamento superficial indica que cada gota d’água oriunda de precipitações pluviométricas percorre, em média, uma distância de 92 m até atingir um canal hídrico mais próximo. Tal valor também é considerado baixo, sendo menor ao de outras bacias hidrográficas de estudos semelhantes, como a bacia hidrográfica do arroio Lajeado Grande (210 m) (KNIERIN; TRENTIN, 2015). A influência do escoamento superficial está relacionada à cobertura vegetal. Tal fato impõe uma influência muito grande na cobertura vegetal, como fator controlador do escoamento superficial (BARBOSA et al., 2020). Na BHRP, há grande necessidade da manutenção da cobertura vegetal, principalmente nativa, no intuito de favorecer o escoamento subterrâneo em detrimento ao superficial, que representa a tendência de comportamento das águas pluviais.

O coeficiente de manutenção indica que a BHRP requer uma área de 368,053 m<sup>2</sup> para abastecer cada metro de canal hídrico. Esse valor é muito baixo quando comparado com bacias hidrográficas de estudos semelhantes, como a bacia do arroio Lajeado Grande, que apresentou valor de Cm igual a 833,33 m<sup>2</sup>/m (KNIERIN; TRENTIN, 2015). Portanto, indica que há maior capacidade de abastecimento dos cursos hídricos em detrimento à infiltração de água no solo. O índice de sinuosidade obtido, como está próximo de 2, indica que há predominância de canais sinuosos na BHRP. As redes de drenagem sinuosas

podem favorecer o acúmulo de sedimentos, o que pode ser agravado com a interferência antrópica (STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010).

A maior parte do relevo da BHRP pode ser classificada como “forte ondulado”. Todavia, há presença de áreas com relevo do tipo “montanhoso” e “escarpado”, indicando elevadas irregularidades topográficas na BHRP. Isso também pode ser justificada pela altitude, em que há predomínio maior de áreas com altitudes compreendidas de 737 m a 827 m, mas com elevada variação altimétrica.

A declividade média de uma bacia hidrográfica possui grande relevância no planejamento, seja no atendimento à legislação ou para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio. Além do mais, esse parâmetro exerce um importante papel, por exemplo, na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo (RIBEIRO; PEREIRA, 2013). Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento superficial e a frequência dos picos de enchentes, resultando em maiores variações de vazões instantâneas (GERBER et al., 2018). Portanto, embora a BHRP não seja vulnerável a enchentes conforme seu formato, a elevada declividade é um fator que pode favorecer a ocorrência de enchentes, principalmente em áreas mais próximas ao exutório e à jusante dessa bacia hidrográfica, como a zona urbana do município de Lúna. Além do mais, pode favorecer a erosão dos solos, caso não haja uma correta e planejada cobertura da terra, e acarretar diversos efeitos negativos, como a contaminação das águas superficiais.

A ausência de cobertura vegetal, a classe de solo e a intensidade de chuvas, dentre outros, juntamente com maiores declives, resultará em maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e, conseqüentemente, em enchentes mais expressivas, tornando a bacia hidrográfica vulnerável à degradação (RIBEIRO; PEREIRA, 2013). Portanto, reitera-se, através das elevadas irregularidades do relevo na BHRP, a necessidade da manutenção e implantação, quando possível, da cobertura vegetal nas áreas mais declivosas, a fim de minimizar os efeitos da erosão e da ocorrência de enchentes na região.

## CONCLUSÃO

A BHRP possui baixíssima tendência a enchentes. Porém, tende ao escoamento superficial das águas pluviais e, por ser bem drenada e ter altas irregularidades no seu relevo, é altamente susceptível à erosão, o que pode acarretar o assoreamento de cursos hídricos, aumentar a probabilidade de enchentes e comprometer a produtividade econômica e a dinâmica hídrica. Assim, o desenvolvimento de medidas favoráveis à infiltração de água no solo, como a manutenção da cobertura vegetal nas áreas mais declivosas, é de extrema relevância e necessidade para a BHRP, a fim de proporcionar boa qualidade ambiental e um melhor gerenciamento dos recursos hídricos locais.

# Morphometric characterization of the hydrographic basin of the Pardino river, state of Espírito Santo

## ABSTRACT

The objective of this work was to determine some morphometric parameters of the hydrographic basin of the Pardino river (BHRP), in order to assess its vulnerability to the occurrence of environmental problems and subsidize improvements in its environmental quality. The procedures took place in the ArcGIS® program. After delimiting the BHRP, the following morphometric parameters were determined: area, perimeter, compactness coefficient, form factor, circularity index, drainage density, length of surface path, average extension of surface runoff, maintenance coefficient, total length and number of water courses, length of the main river, relief ratio, sinuosity and roughness index, altitude and slope. The parameters, when possible, were classified. BHRP has a very low tendency to flooding. However, it has a high density of density and requires 368,053 m<sup>2</sup> to maintain each meter of water channel. The values of the extension of the superficial path and the runoff were low and indicate a tendency for runoff. The slope makes it possible to classify the relief as strong undulating and, associated with high altimetric and clinometric amplitudes, indicate a tendency to erosion and increase the probability of flooding. The development of measures favorable to the infiltration of water into the soil is extremely relevant and necessary.

**KEYWORDS:** Environmental analysis. Geoprocessing. Water Resources Management. Hydrology. Environmental Quality.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. R. da C.. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. **Geonorte**, v. 4, n. 4, p. 201-209, 2012. Disponível em <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1913/1788>>. Acesso em 20 out. 2020.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços**. 2020. Disponível em <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em 28 jul. 2020.

ARCGIS. **ArcGIS: Software**. 2014. Versão 10.2.2. ESRI, Redlands, Califórnia, EUA. Disponível em <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acesso em 18 jun. 2018.

BARBOSA, I. C. SOUZA, A. M. L.; SILVA, E. R. M.; SILVA, H. J. F.; VITORINO, M. I.; COSTA, L. G. S.. Variáveis físico-geográficas e as implicações sobre vulnerabilidade ambiental na sub-bacia do Rio Guamá, Pará, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 264-291, 2020. Disponível em <<https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.003.002/2023>>. Acesso em 19 out. 2020. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.002>

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A.. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012. Disponível em <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1303>>. Acesso em 22 set. 2020. <https://doi.org/10.37779/nt.v13i2.1303>

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

CARVALHO, A. T. F.. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140-161, jan./jun. 2020. Disponível em <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953/5482>>. Acesso em 12 out. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço nacional de levantamento e conservação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 83 p.

FONSECA, S. F. da.; SANTOS, D. C. dos.; HERMANO, V. M.. Geoprocessamento aplicado à análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do

bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 30, n. 3, p. 178-191, 2013. Disponível em <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229008/23410>>. Acesso em 13 out. 2020.

GEOBASES. IEMA – **Mapeamento ES – 2012-2015**. 2020. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em 27 jul. 2020.

GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. de.. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018. Disponível em <<http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/446/526>>. Acesso em 26 out. 2020. <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v5i1.446>

HIRATA, A. A.; BURKERT, D.. Morfometria da bacia do ribeirão Lajeado-SP. **Revista Formação**, v. 27, n. 50, p. 175-199, jan./abr. 2020. Disponível em <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/6449/5606>>. Acesso em 12 out. 2020. <https://doi.org/10.33081/formacao.v27i50.6449>

IJSN. INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES.. **Shapefiles**. Vitória: IJSN, 2020. Disponível em <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em 28 jul. 2020.

KNIERIN, I. da S.; TRENTIN, R.. Análise de parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do arroio Lajeado Grande (RS). **Geonorte**, v. 37 n. 4 p. 405-421, set./dez. 2015. Disponível em <<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1661/1553>>. Acesso em 10 out. 2020.

OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; 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, n. 8, p. 819-825, 2010. Disponível em <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000800005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000800005&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em 26 out. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800005>

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B.. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 761-782, set./dez. 2015. Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18933/pdf>>. Acesso em 10 out. 2020. <https://doi.org/10.5902/2236117018933>

PESSÔA, F. S.; FAÇANHA, A. C.. A bacia hidrográfica como unidade geossistêmica e territorial: em questão a Bacia do Parnaíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 735-744, 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10522>>. Acesso em 12 out. 2020.

RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y.. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. **Terrae**, v. 10, p. 15-20, 2013. Disponível em <<https://www.ige.unicamp.br/terrae/V10/PDFv10/TD-10-2-Glaucielen.pdf>>. Acesso em 20 out. 2020.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N.. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017. Disponível em <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467551029011>>. Acesso em 12 out. 2020. <https://doi.org/10.5902/2179460X26411>

ROSSI, M.; PFEIFER, R. M.. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 141-156, 1999. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/brag/a/tdhnPVLdJrzH8m4NhYkGgpP/?lang=pt>>. Acesso em 26 jun. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051999000100014>

SANTOS, A. R. dos.; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C.. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. 2.ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p. Disponível em <[http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro\\_ArcGIS%209.3\\_Aplicacoes\\_Para\\_Dados\\_Espaciais/Livro\\_ArcGIS93\\_Total.pdf](http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_ArcGIS%209.3_Aplicacoes_Para_Dados_Espaciais/Livro_ArcGIS93_Total.pdf)>. Acesso em 26 jul. 2020.

SANTOS, A. M. dos.; TARGA, M. dos S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a16/>>. Acesso em 20 out. 2020. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>

SILVA, R. F. da.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G.. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos da sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016. Disponível em <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n47p966>>. Acesso em 25 jun. 2021. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n47p966>

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. de.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará-Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564, 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10499>>. Acesso em 13 out. 2020.

SOUSA, F. A. de.; RODRIGUES, S. C.. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012. Disponível em <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/588>>. Acesso em 20 out. 2020. <http://dx.doi.org/10.4215/RM2012.1125.0011>

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H.. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/8929/7451>>. Acesso em 12 out. 2020.

VENCESLAU, F. R.; MIYAZAKI, L. C. P.. Processos, análises e gestão de bacias hidrográficas em ambientes urbanos: o caso do Córrego São José – Ituiutaba/MG. **Geografia em Atos**, v. 2, n. 9, p. 71-92, mar. 2019. Disponível em <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6342>>. Acesso em 22 out. 2020. <https://doi.org/10.35416/geoatos.v2i9.6342>

VENTURA, A.. Problemas técnicos da silvicultura paulista. **Silvicultura**, v. 3, n. 3, p. 61-80, 1964.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.

**Recebido:** 10 nov. 2020

**Aprovado:** 12 ago. 2021

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v9n3.13417

**Como citar:** FIORESE, C. H. U. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pardinho, estado do Espírito Santo. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 235-250, jul./set. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Caio Henrique Ungarato Fiorese

Alto Universitário, s/n, CEP 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

