

## RECURSOS HÍDRICOS

### USO DE DADOS SRTM E PLATAFORMA SIG PARA ESTUDO HIDROLÓGICO DE CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA - BA

**Lídia Raíza Sousa Lima Chaves Trindade** – lidiaraiza@hotmail.com  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

**Romário Oliveira de Santana** – engenheiro.romario@hotmail.com  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

**Alison Silva dos Santos** – alisonss@outlook.com  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

**Nátalia Andrade Silvão** – naty\_andrade18@hotmail.com  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

**Flávia Mariani Barros** – mariamariani@yahoo.com.br  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

**Larissa Dias Rebouças** – larii.reboucas@gmail.com  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

**Resumo:** O presente estudo teve como objetivo avaliar as características morfológicas da bacia hidrográfica do Rio Piabanha, utilizando dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE), em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Foram obtidos diferentes parâmetros para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem encontrada foi de 207,31 km<sup>2</sup> e o perímetro igual a 80,89 km. A bacia hidrográfica do Rio Piabanha apresentou altitude média de 423,36 m, declividade média de 24,38%, coeficiente de compactidade de 1,57, fator de forma de 0,39 e índice de circularidade de 0,40. A densidade de drenagem obtida foi de 1 km km<sup>-2</sup>. Após a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a bacia possui formato irregular, baixa densidade de drenagem e baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação.

**KEYWORDS:** Geoprocessamento, Morfometria, Recursos hídricos

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área definida topograficamente, drenada por curso de água ou sistema conectado de cursos de água, tal que toda vazão

efluente seja descarregada por única saída (TUCCI, 2009). Entretanto, o fato é que bacia hidrográfica deve ser vista não só como área captadora de água da chuva, mas também como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental, em que interação entre fluxos de matéria e energia e resistência topográfica são resultados da modernização do conceito e das variáveis que exercem influência sobre uma bacia de drenagem (CARVALHO *et al.*, 2010).

Segundo Ferreira *et al.*, (2012), o conhecimento das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é imprescindível para conservação de seus recursos hídricos, pois torna possível a compreensão do comportamento hidrológico que as mesmas apresentam e que futuramente poderão vir a apresentar, o que denota a possibilidade de acompanhamento das interferências nos processos do ciclo hidrológico e as respectivas respostas da natureza. Desta forma, o conhecimento das características morfométricas pode garantir maior eficiência das intervenções que venham a ser realizadas na bacia, facilitando o seu planejamento, de modo a minimizar impactos ambientais e desastres naturais (CARELLI & LOPES, 2011).

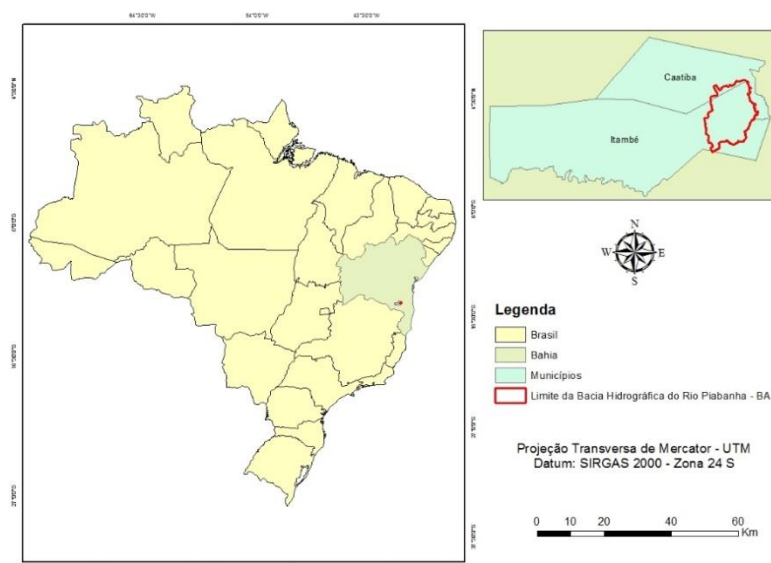
O avanço tecnológico na área do geoprocessamento e o surgimento do Modelo Digital de Elevação (MDE) têm contribuição importante na execução de estudos abrangendo delimitação automática de bacia hidrográfica, aumentando a agilidade e confiabilidade na obtenção dos resultados (FRAGA *et al.*, 2014). De acordo com Tribe (1992) a derivação automática da bacia hidrográfica a partir de um MDE é rápida e menos subjetiva, pois oferece maior quantidade de informações que as técnicas manuais aplicadas aos mapas analógicos. Esses modelos são obtidos, hoje, por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo determinar as características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha (BHRP), servindo de base para uma melhor gestão de seus recursos hídricos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A área contemplada no presente estudo refere-se à bacia hidrográfica do Rio Piabanha, localizada no município de Itambé, região sudoeste do Estado da Bahia. Totalizando uma área de 207,31 km<sup>2</sup> e perímetro de 80,89 km, a bacia abrange os municípios de Itambé e Caatiba.



**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do Rio Piabanha - BA.

Considerando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), a BHRP está contida na zona 24S, entre os paralelos 8340597-8319031 m e meridianos 363288-378808 m.

## 2.2 Obtenção do MDEHC e delimitação da Bacia

Para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE), a carta de articulação utilizada a fim de abranger a área delimitada pela bacia foi s16-w041-1arc-v3, determinada a partir de uma base cartográfica SRTM (Shuttler Radar Topography Mission), com resolução de 30 x 30 m, em ambiente de sistema de informação geográfica, por meio do software ArcGis 10/ArcMap do ESRI.

Para a obtenção das características morfométricas da bacia foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), seguido da obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Para gerar o MDEHC, primeiramente foram eliminadas as depressões espúrias do MDE, ou seja, células cercadas por outras com valores maiores de elevação originadas durante o processo de imposição da rede de drenagem. Para gerar o MDEHC é importante condicionar o MDE à hidrografia, que é imprescindível para a delimitação das características morfométricas da bacia em questão.

A etapa inicial é caracterizada por afinar a hidrografia obtida anteriormente, caracterizando o caminho preferencial do escoamento superficial, que se deve à suavização da rede de drenagem, o que orienta a hidrografia no sentido nascente-foz, segundo Marques *et al.*, (2009). A próxima etapa consiste no aprofundamento da hidrografia, seguido do preenchimento de depressões espúrias, o que leva a formação de uma nova direção de escoamento e um novo fluxo acumulado, feito isto, pode-se considerar que o MDE está hidrograficamente condicionado. Após gerar MDEHC, todos os processos hidrológicos superficiais foram recriados, possibilitando a extração dos parâmetros morfométricos da bacia.

O processo de delimitação da bacia foi realizado de forma automática a partir da aplicação do software, considerando o MDEHC e um arquivo contendo a localização da foz.

## 2.3 Determinação dos parâmetros morfométricos

Após a delimitação da bacia foram obtidas diversas características morfométricas: área da bacia (A), perímetro da bacia (P), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), declividade, altitude, densidade de drenagem (Dd) e ordem dos cursos d'água.

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona forma da bacia a um círculo, constituindo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia. Seu valor é superior a 1, quanto mais próximo o Kc for de 1, mais suscetível a enchentes será a bacia. A determinação de Kc é baseada na equação 1.

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

Sendo: Kc= coeficiente de compacidade, adimensional; A= área da bacia (m<sup>2</sup>); P= perímetro da bacia, (m).

O fator de forma relaciona o formato da bacia com a de um retângulo, relacionando à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Quanto menor for o fator de forma, menos sujeita a enchentes que a outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior, segundo Villela & Mattos (1975). O fator de forma é determinado utilizando a equação 2:

$$F = A/L^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo: F= fator de forma, adimensional; A = área de drenagem, (m<sup>2</sup>); L= comprimento do eixo da bacia, (m).

Quanto ao índice de circularidade, pode-se considerar outra característica em que se relaciona a forma da bacia a de um círculo. O índice de circularidade tende para 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui quando a bacia se torna alongada. Para efetuar o cálculo utiliza-se a equação 3, em que IC é o índice de circularidade, A a área de drenagem (m<sup>2</sup>) e P o perímetro (m).

$$IC = (12,57 \times A) / P^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Quanto às altitudes e declividades médias, máximas e mínimas foram obtidas automaticamente através do MDEHC, utilizando a classificação da EMBRAPA (2009) para classificar as classes de declividade da bacia.

Já a densidade de drenagem apresenta a relação entre o somatório dos comprimentos de todos os rios e a área total da bacia. Foi utilizada a equação 4, em que Dd é a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>), Lt seria o comprimento de todos os rios (km).

$$Dd = Lt/A \quad (\text{Eq. 4})$$

Por fim, a ordem dos cursos d'água foi realizada utilizando a metodologia estabelecida por Strahler (1957), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do Rio Piabanha pode ser classificada como pequena unidade de área, pois de acordo com os estudos realizados, a bacia apresentou área de drenagem e perímetro de 207,31 km<sup>2</sup> e 80,89 km, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Piabanha.

Características Morfométricas	
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	207,31
Perímetro (km)	80,89
Coefficiente de compacidade	1,57
Fator de forma	0,39
Índice de circularidade	0,40
Declividade máxima (%)	167,72
Declividade média (%)	24,38
Declividade mínima (%)	0,00
Altitude máxima (m)	853

Altitude média (m)	423,36
Altitude mínima (m)	266
Comprimento total de todos os canais (km)	204,22
Densidade de drenagem (km km <sup>-2</sup> )	1
Hierarquia fluvial	5

Por meio do resultado obtido para fator de forma (0,39), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (1,57), pode-se inferir que a bacia hidrográfica do Rio Piabanha é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, tal fato pode ainda ser comprovado pelo índice de circularidade, possuindo um valor de (0,40), onde valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, menores possibilidades de enchentes, favorecendo o processo de escoamento (MILLER, 1953; SCHUMM, 1956).

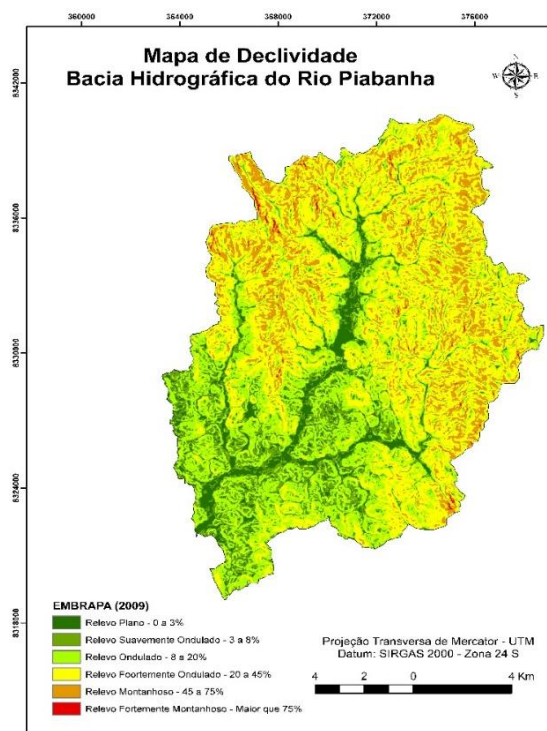
Em relação à declividade, observa-se que os relevos variam de plano a fortemente montanhoso (Figura 1). A bacia do Rio Piabanha apresentou uma declividade média de 24,38%, que segundo a classificação da EMBRAPA (2009), caracteriza-se como relevo fortemente ondulado. Segundo Tonello (2006), a declividade de uma bacia hidrográfica é relevante no seu planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio; possui ainda importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos.

Na Tabela 2, a distribuição das classes de declividade na área da bacia hidrográfica do Rio Piabanha, permite concluir que a maior representatividade foi dada pela classe (de 20 a 45%), sendo o relevo caracterizado como forte e ondulado, apresentando distribuição de 40,04% e área de 85,53 km<sup>2</sup>. A de menor representatividade foi a classe do tipo de (> 75%), com relevo caracterizado por forte e montanhoso, apresentando distribuição de 2,95% e área de 6,31 km<sup>2</sup>.

**Tabela 2.** Distribuição das classes de declividade na Bacia hidrográfica do Rio Piabanha.

<b>Declividade (%)</b>	<b>Discriminação</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
0 – 3	Relevo Plano	13,74	6,43
3 – 8	Relevo Suave Ondulado	25,34	11,86
8 – 20	Relevo Ondulado	55,77	26,11
20 – 45	Relevo Forte Ondulado	85,53	40,04
45 – 75	Relevo Montanhoso	26,92	12,60
>75	Relevo Forte Montanhoso	6,31	2,95
<b>Total</b>		<b>213,61</b>	<b>100</b>

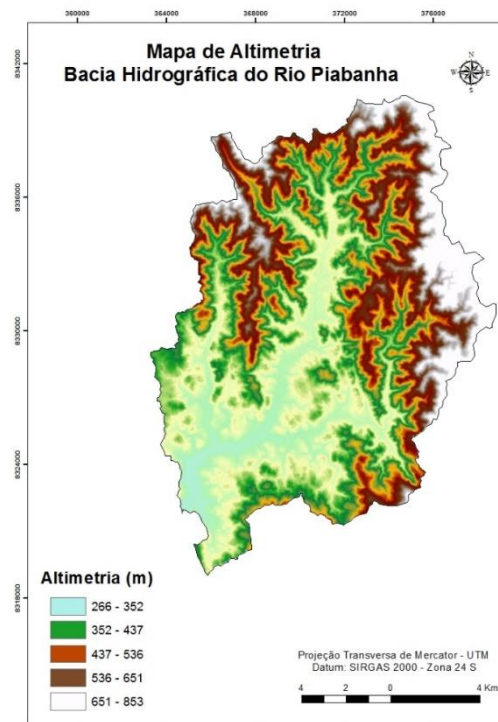




**Figura 2.** Distribuição espacial da declividade na bacia hidrográfica do Rio Piabanha.

O MDEHC demonstra grande variação de altitude, com mínima de 266 m e máxima de 853 m, apresentando altitude média de 423,36m (Figura 2). A altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, a temperatura e a precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude, grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração (TONELLO, 2006). Desse modo, a altitude da bacia do Rio Piabanha se apresenta significativa, tendendo a ocasionar precipitações bem distribuídas e regulares por sua extensão, contribuindo assim na manutenção da disponibilidade hídrica da região.

A densidade de drenagem foi considerada baixa, pois o valor encontrado foi de 1 km km<sup>-2</sup>, menor que a classificação segundo Christofolletti (1974), que é de 5 km km<sup>-2</sup>, indicando que a bacia apresenta baixa relação entre o comprimento de rios e a área da bacia, o que denota um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático, isto é, uma menor propensão a inundações. Segundo o método de Strahler (1964), a drenagem da bacia é considerada de 5ª ordem. De acordo com Calil *et al.*, (2012), o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.



**Figura 3.** Altimetria da bacia hidrográfica do Rio Piabanha.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto, conclui-se que a bacia hidrográfica do Rio Piabanha possui formato alongado e pouca susceptibilidade a enchentes, fato comprovado pelo coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade. A bacia apresentou uma baixa densidade de drenagem  $1 \text{ km km}^{-2}$  e uma rede de drenagem de 5º ordem, indicando que seu sistema de drenagem é pouco ramificado, entretanto possui pequena área. O relevo apresentou uma declividade média igual a 24,38% e a altitude média da bacia foi de 423,36 m.

**Agradecimentos:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo apoio financeiro concedido para realização desta pesquisa. À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pela estrutura e bolsas concedidas.

#### 5. REFERÊNCIAS

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C. de; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. de. Caracterização geomorfológica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2012.

CARELLI, L.; LOPES, P. P. Caracterização fisiográfica da bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, 2011.

CARVALHO, P. R. S.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Análise comparativa de métodos para delimitação automática das sub-Bacias do alto curso do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 227-307, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Rio de Janeiro: Embrapa, p. 412, 2009.

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. Caracterização morfométrica da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2247-2256, 2012.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 114-118, 2014.

MILLER, V.C.A. **Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area**. Virginia and Tennessee Technical Report 3, Office of Naval Research, Department of Geology, Columbia University, New York, 1953.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, p. 35-51, 2001.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. American Geophysical Union, Washington DC, v.38, n.6, p.913-920, dez.1957.

STRAHLER, A.N. **Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks**. In: Chow VT (ed) **Handbook of applied hydrology**. McGraw Hill, New York, pp.4-76, 1964.

TONELLO K.C.et al. Morfometria da bacia Hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943p.

TRIBE, A. **Automated recognition of valley heads from digital elevation models**. *Earth Surface Processes & Landforms*, 16:33-49, 1992.

OLIVEIRA, P.T.S.et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.8, p.819-825, 2010.

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