

Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas na Paraíba, Brasil

The morphometric parameters of the Piranhas River watershed in Paraíba, Brazil

Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica del río Piranhas en Paraíba, Brasil

Resumo

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) auxiliam nas análises ambientais e nos estudos hidrológicos com precisão e rapidez. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos o levantamento e a análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Piranhas, localizada no estado da Paraíba. Primeiramente, foram realizadas a delimitação e a extração dos dados da bacia e sua rede de drenagem, em seguida, os cálculos morfométricos. A bacia drena uma área de 24244,37 km², perfazendo cerca de 1.070,0 km de perímetro e apresenta 8990 cursos de água, cujo comprimento total dos canais são de 18064,15 km, com o curso de água principal medindo cerca de 291 km e classificado em rio de 6^ª ordem. Conclui-se que a bacia apresenta um formato alongado, o que implica num elevado tempo de concentração, que resulta em uma baixa propensão a enchentes e cheias, quando as precipitações forem dentro da média pluviométrica da região. As características da rede de drenagem indicam uma bacia com drenagem regular e bem ramificada, que contribuem para diminuir o risco de enchentes; e uma densidade hidrográfica baixa, que contribui para a ocorrência de enchentes. A maior parte do relevo da bacia é suavemente ondulado e ondulado, que favorece uma maior capacidade de infiltração da água no solo e a consequente redução do escoamento superficial. Por fim, podemos concluir que as características estudadas, com exceção da densidade hidrográfica, indicam que a bacia não é propensa à ocorrência de vazões extremas, em precipitações normais da região.

Palavras-chave: recursos hídricos; sertão da Paraíba; estudo ambiental.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) assist in environmental analyses and hydrological studies with precision and speed. Given the above, the present work aims to survey and analyze the morphometric characteristics of the Piranhas River basin, located in Paraíba State. First, the delimitation and extraction of data from the basin and its drainage network were carried out, followed by morphometric calculations. The basin drains an area of 24244.37 km², making up around 1,070.0 km in perimeter, and has 8990 watercourses, the total length of the channels being 18064.15 km, with the main watercourse measuring about 291 km and classified as a 6th order river. It is concluded that the basin has an elongated shape, which implies a high concentration time, which results in a low propensity for floods and floods when precipitation is within the region's average rainfall. The characteristics of the drainage network indicate a basin with regular and well-branched drainage, which contributes to reducing the risk of flooding, and a low hydrographic density, which contributes to the occurrence of floods. Most of the basin's relief is gently wavy and wavy, which favors a greater capacity for water infiltration into the soil and the consequent reduction in surface runoff. Finally, we can conclude that the characteristics studied, except for hydrographic density, indicate that the basin is not prone to extreme flow occurrence in the usual rainfall in the region.

Keywords: water resources; Paraíba hinterland; environmental study.

Maria de Fátima Araújo Alves  

Instituição: UFRPE
Email: mariaufcg2013@gmail.com

Sara Alves de Carvalho Araújo Guimarães  

Instituição: Universidade de Brasília, UnB,
Email: saraalves238@gmail.com

Raniele Adame Gomes  

Instituição: UFRPE
Email: ranieleadame@gmail.com

Zacarias Caetano Vieira  

Instituição: Instituto Federal de Sergipe
Email: zacariascaetano@yahoo.com.br

Silvana Nóbrega de Andrade  

Instituição: UFCG
Email: silvananobreri@gmail.com

Resumen

Los Sistemas de Informaciones Geográficas (SIGs) ayudan en los análisis ambientales y en los estudios hidrológicos con precisión y rapidez. Ante el expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo la recopilación y el análisis de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del río Piranhas, ubicada en el estado de Paraíba. Primeramente, fueron realizadas la delimitación y la extracción de los datos de la cuenca y su red de drenaje, en seguida, los cálculos morfométricos. La cuenca drena un área de 24244,37km², haciendo cerca de 1.070,0km de perímetro y presenta 8990 cursos de agua, cuya longitud total de los canales son de 18064,15km, con el principal curso de agua midiendo cerca de 291km y clasificado en río de 6^a orden. Se concluye que la cuenca presenta un formato ancho, lo que lleva a un elevado tiempo de concentración, que resulta en una baja propensión a inundaciones, cuando las precipitaciones estén dentro de la média pluviométrica de la región. Las características de la red de drenaje indican una cuenca con drenaje regular y bien ramificado, que contribuyen para disminuir el riesgo de inundaciones; y una densidad hidrográfica baja, que contribuye para la ocurrencia de inundaciones. La mayor parte de la cuenca es suavemente ondulada y ondulada, que favorece una mayor capacidad de infiltración del agua en el suelo y la consecuente reducción del escurrimiento superficial. Por fin, podemos concluir que las características estudiadas, con excepción de la densidad hidrográfica, indican que la cuenca no es propensa a la ocurrencia de caudales extremos, en precipitaciones normales de la región.

Palabras clave: recursos hídricos; sertón de Paraíba; estudio ambiental.

1 Introdução

A alteração no regime dos rios tem como causa diversos fatores antrópicos. O principal deles é o desmatamento, o qual provoca um desequilíbrio ambiental de grande magnitude quando ocorre em Áreas de Preservação Permanente (APP) e põe em risco os recursos naturais da área de entorno (Couto, 2009).

O zoneamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é visto como uma ferramenta importante para se visualizar áreas de comportamento semelhante do ponto de vista do aproveitamento de água de superfície, de forma a contribuir para um planejamento e gestão dos recursos hídricos superficiais (Rocha; Santos, 2018).

Silva et al., (2018) salientam que a bacia hidrográfica é a parte da terra em que ocorre a circulação do ciclo hidrológico. Tal área é formada de redes de drenagem composta por diversos cursos de água interligados, que termina desaguando em um único ponto (exutório). Para tanto, diversos fatores interferem nesse ciclo hidrológico, tais como, os solos, o relevo e a sua cobertura vegetal. As matas que cobrem as margens dos rios favorecem a melhoria na qualidade da água e fluxo gênico da fauna, além de favorecer o equilíbrio ambiental do ecossistema.

Partindo desse pressuposto, justifica-se a necessidade de monitoramento em bacias hidrográficas para motivar que toda alteração a ser realizada, como por exemplo, a retirada de água de corpo hídrico para abastecimento humano, seja realizada de forma sustentável, ou seja, com controle ambiental e com a finalidade de preservar os recursos naturais e ambientais para as futuras gerações (Fernandes et al., 2018).

No Brasil, a Região Nordeste é a que possui a menor disponibilidade hídrica, além de suas águas apresentarem qualidade deteriorada ocasionada pelo desenvolvimento industrial e agropecuário, o que torna necessário o monitoramento de bacias hidrográficas na região (Nascimento; Fernandes, 2017). Para isso, têm sido utilizadas ferramentas da área de geoprocessamento, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que auxiliam nas análises ambientais e nos estudos morfométricos com precisão e rapidez, fornecendo agilidade aos processos de tomada de decisão (Costa et al. 2018).

Assim sendo, o desenvolvimento do presente estudo é de fundamental importância no contexto ambiental da região da bacia do rio Piranhas, pois permite, de acordo com Mutti (2018), através do sensoriamento remoto, diversas informações para a identificação, qualificação, quantificação e monitoramento dos recursos naturais, favorecendo análises de maneira mais rápida e precisa. A bacia hidrográfica situa-se integralmente na região semiárida, a qual apresenta algumas características específicas como temperaturas altas, precipitações escassas

e déficit hídrico, sendo uma região que apresenta alguns problemas tais como, a remoção da vegetação sem critério de manejo, o que intensifica o assoreamento dos rios e a poluição (Moreira, 2017).

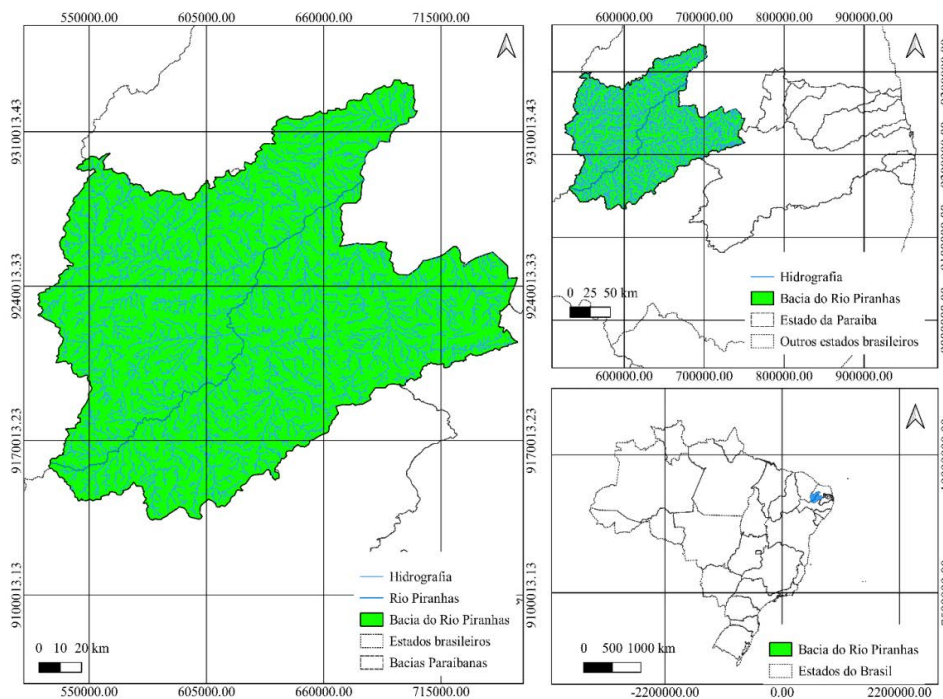
Desta maneira, faz-se necessário que estudos sejam desenvolvidos nessa área, uma vez que a utilização das tecnologias disponíveis e o conhecimento da realidade local facilita a mitigação dos problemas na região e contribuem para identificar as ocupações geomórficas relacionadas às ações humanas que coexistem no âmbito de uso da bacia, e verificar o nível da degradação de forma a investigar o risco ao alcance do lençol freático (Albuquerque; Sakamoto, 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos o levantamento e a análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Piranhas, localizada no estado da Paraíba.

2 Material e métodos

A bacia do rio Piranhas está localizada no estado da Paraíba (Figura 1) mas ainda percorre parte do estado do Rio Grande do Norte. Quando ainda está no território paraibano é chamada de Piranhas e banha cerca de 147 municípios, ao adentrar no Rio Grande do Norte adquire o nome de Piranhas-Açu e banha cerca de 45 municípios.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Piranhas no sertão da Paraíba.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na delimitação da bacia hidrográfica e na extração de dados da bacia e de sua rede de drenagem e, posteriormente, no cálculo dos parâmetros morfométricos.

Foram utilizados Modelos Digitais de Elevações (MDE) obtidos gratuitamente no *site* do Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE, 2019) com resolução espacial de 30 m e do *software* QGIS na versão 2.18. Foi realizado o tratamento das imagens para eliminar erros atmosféricos que iriam interferir nos resultados, obtendo dessa forma o MDE consistido, sendo elaborado por meio da ferramenta *r.fill.dir* que filtra e faz esse tipo de correção. A delimitação e a extração dos dados foram realizadas através da ferramenta *r.watershed* do GRASS do *software*. Após ter delimitado a bacia e extraído a rede de drenagem, converteu-se os rasters limite da bacia e em seguida a hidrografia em shape para que os cálculos morfométricos pudessem ser realizados. A opção utilizada nessa etapa foi *r.to.vect*. Com os rasters convertidos, executou-se os cálculos morfométricos em planilhas do excel.

2.1 Caracterização Morfométrica

Após a delimitação da bacia hidrográfica do rio Piranhas, foram extraídos os seguintes dados: perímetro (km), área (km²), comprimento axial (comprimento do eixo) da bacia (km), declividade (%), comprimento total dos cursos de água (km) e número total de rios (-). A bacia foi caracterizada morfometricamente com base nos seguintes fatores: índice de circularidade (IC), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F); tempo de concentração (Tc); índice de alongamento (Ia), coeficiente de manutenção (Cc), densidade de drenagem (Dd) e densidade hidrográfica (Dh).

O coeficiente de compacidade relaciona a bacia a um círculo e por meio dele as observações podem ser efetuadas. Quanto às enchentes, se o resultado do cálculo estiver entre 1 e 1,25 é dito ter tendência a altas enchentes; entre 1,25 a 1,50 é tido como tendência média e se estiver acima de 1,50 a tendência é baixa (Cardoso et al. 2006), como apresentado na Eq. (1)

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

Em que: P – perímetro da bacia (km); A – área da bacia (km²)

Assim como o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende à unidade de 1 à medida que sua forma se torna circular. No entanto, quando a bacia possui forma mais alongada, o índice de circularidade diminui, o que ocorre de forma contrária no coeficiente de compacidade, que tem seu valor aumentado à medida que a bacia se torna irregular (Santos et al., 2012). O índice de circularidade é definido pela Equação (2), descrito por Cardoso et al. (2006).

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (2)$$

Em que: IC – índice de circularidade (-); A – área de drenagem (km²); P – perímetro da bacia hidrográfica (km).

Conforme relata Souza et al. (2017) quanto mais próximo do valor 1 maior a circularidade da bacia, e estará mais sujeita a inundações. Essa tendência a enchente diminui à medida que a forma se torna comprida, de acordo com a Tab. (1).

Tabela 1 – Valores e interpretação do índice de circularidade para caracterização morfométrica de bacias hidrográficas

Índice de circularidade	Coefficiente de Compacidade	Formato	Interpretação Ambiental da Bacia
1,00 - 0,80	1,00 - 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,80 - 0,60	1,25 - 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,60 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
<0,40	>1,70	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Villela & Mattos (1975).

O fator de forma relaciona o formato da bacia a um retângulo. É dada pela razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Santos et al., 2012). Segundo Cardoso et al. (2006), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a inundações (Eq. (3)):

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Em que: F – fator de forma (-); A – área de drenagem (km²); L – comprimento do eixo da bacia (km).

O tempo de concentração é definido como o tempo necessário para que a água que caiu no ponto mais distante chegue até o exutório da bacia (Targa et al., 2012). De acordo com esses autores, pode ser calculado pela equação de Kirpich (Eq. (4)):

$$Tc = 57(L^2 / I)^{0,385} \quad (4)$$

Em que: T_c – tempo de concentração (min); L – comprimento do axial da bacia (km); I – declividade (m/m)

O índice de alongamento relaciona o risco de cheias com a forma da bacia. De acordo com *Ataíde et al., (2017)* quanto menor este índice menor o risco de cheias na bacia hidrográfica, sendo o mesmo obtido através da Eq. (5).

$$I_a = 2 \cdot \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (5)$$

Em que: I_a – índice de alongamento (-); A – área da bacia (km²); L – comprimento da bacia (km).

O coeficiente de manutenção trata da área mínima necessária para a manutenção de um metro de escoamento, evidenciando áreas de recarga e podendo ser associada ao índice de impermeabilização do solo e ao tipo de substrato rochoso, permitindo assim avaliar o risco de disponibilidade hídrica (Eq. (6)) (*Ataíde et al., 2017*).

$$C_c = \frac{1}{D_d} \quad (6)$$

Em que: C_c – coeficiente de manutenção (m². m⁻¹); D_d – densidade de drenagem (m m⁻²).

A determinação da densidade de drenagem se deu através da relação do comprimento total de todos os cursos d'água (perenes, intermitentes e efêmeros) e a sua área de drenagem (*Santos et al., 2012*), apresentada na Eq. (7).

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (7)$$

Em que: D_d – densidade de drenagem (km km⁻²); L_t – comprimento total dos cursos d'água (km); A – Área de drenagem da bacia hidrográfica (km²).

Segundo *Strahler (1957)*, a densidade de drenagem pode ser pensada como uma expressão da proximidade dos canais. *Villela e Mattos (1975)* admitem que ela varie de 0,5 km/km² para bacias de drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas, conforme Tab. (2), abaixo:

Tabela 2 – Densidade de drenagem (D_d) e classificação das bacias hidrográficas

Valor (km/km ²)	Classificação das bacias hidrográficas
$D_d < 0,5$	Bacia com drenagem pobre
$0,5 \leq D_d < 1,5$	Bacia com drenagem regular
$1,5 \leq D_d < 2,5$	Bacia com drenagem boa
$2,5 \leq D_d < 3,5$	Bacia com drenagem muito boa
$D_d \geq 3,5$	Bacia excepcionalmente bem drenada

Fonte: Adaptado de *Villela e Mattos (1975)*.

A densidade hidrográfica é definida por *Silva, Schulz e Camargo (2003)* como a relação entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica, sendo expressa pela Eq. (8).

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (8)$$

Em que: D_h – densidade hidrográfica (rios/km²); N – número total de rios; A – área da bacia considerada (km²).

Christofolletti (1969) sugere a utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de *Strahler (1952)*, com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia. *Lollo (1995)* cita uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores, que pode ser visualizada na Tab. (3).

Tabela 3 – Classificação da densidade hidrográfica de bacias

Dh (*N1/km ²)	Denominação
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

*N1 = Comprimento dos rios de primeira ordem conforme Strahler (1952).

Fonte: Lollo (1995).

Utilizou-se para determinação da ordem do curso d'água principal a classificação, apresentada por Strahler (1952) e descrita por Cardoso et al. (2006), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem, os de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem, e os de terceira ordem se originam da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente. Esses mesmos autores indicam que a junção de um canal de dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

A classificação da declividade da bacia foi feita segundo a classificação da Embrapa (1979) que divide as classes de declividade em seis intervalos distintos (Tab. (4)).

Tabela 4 – Classificação da declividade do terreno de bacias hidrográficas

Declividade	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 -75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1979).

3 Resultados e Discussão

Quanto às características da bacia hidrográfica e sua rede de drenagem, a Tabela 5 apresenta os dados referentes à bacia do rio Piranhas, a qual possui área de drenagem de 24244,37 km² e perímetro de 1070 km, classificando-se como uma bacia hidrográfica grande, segundo a classificação de Christofolletti (1999). A partir desses dados, podemos inferir boas possibilidades de controle dos fatores hidrológicos que ali interferem.

Tabela 5 - Dados da bacia hidrográfica do rio Piranhas, obtidos com QGIS2.18

Parâmetros	Resultados
Área da bacia (km ²)	24244,37
Perímetro (km)	1070,00
Número total de rios (adimensional)	8990
Comprimento do canal principal (km)	291
Comprimento total dos cursos d'água (km)	18064,15
Ordem do curso de água principal (-)	6 ^a
Declividade média (%)	9,54

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A tabela acima, ainda apresenta os parâmetros comprimento do canal principal com 291 km, comprimento total dos cursos d'água que quantificam 18064,15 km, e um total de 8990 cursos de água na bacia. Esses parâmetros são necessários para caracterização da rede de drenagem, e um maior entendimento da resposta

hidrológica da bacia, frente aos eventos de precipitação. Quanto maior a extensão do rio principal, maior tende a ser a quantidade de rios ligados a ele, e, conseqüentemente, maior será a extensão total da rede de drenagem.

O sistema de drenagem da referida bacia, apresentou grau de ramificação de sexta ordem, de acordo com a hierarquia de Strahler (1957). A maioria dos cursos de água são de primeira ordem e intermitentes e isso é uma característica que indica a necessidade de manter conservadas as suas nascentes e a criação de projetos de proteção ambiental para uso eficiente dos recursos naturais e da conscientização ambiental, isto devido à fragilidade desses cursos. Quanto maior a ordem do curso de água principal, maior tende a ser o número de afluentes, e maior ramificada será a bacia.

Outro parâmetro que também é importante ser destacado é a declividade da bacia, que se caracteriza como ondulada de acordo com a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1979), a declividade indica tendência de baixa velocidade no escoamento superficial, aumentando a possibilidade da infiltração de água no solo (Rodrigues et al., 2016).

3.1 Características morfométricas

Utilizando os dados da Tabela 5, e aplicando as equações descritas anteriormente, calcularam-se as características morfométricas da bacia, apresentadas na Tabela 6, que servem como base para análise do comportamento hidrológico da bacia. De acordo com Nardini et al., (2013) o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é fundamental para a preservação dos recursos hídricos; e a caracterização morfométrica é de importância fundamental para realização desse planejamento, com a finalidade de preservação ambiental e manutenção de produção de água em quantidade e qualidade.

Tabela 6 – Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Piranhas

Parâmetros	Resultados
Coeficiente de compacidade – Kc (adimensional)	1,92
Índice de circularidade – Ic (adimensional)	0,27
Fator de forma – F (adimensional)	0,29
Tempo de concentração – Tc (minutos)	1887,76
Índice de alongamento – Ia (adimensional)	0,34
Coeficiente de manutenção – Cc (m ² m ⁻¹)	1342,2
Densidade de drenagem – Dd (km, km ⁻²)	0,745
Densidade hidrográfica – Dh (rios/km ²)	0,37

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que a bacia do rio Piranhas tem baixa suscetibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas, em condições normais de precipitação, devido ao seu formato irregular (alongado), indicado pelo valor do coeficiente de compacidade (Kc = 1,92) acima da unidade. Bacias com esse formato possuem menor concentração do deflúvio (Villela e Mattos, 1975).

De forma semelhante ao índice de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que apresenta uma forma alongada. O baixo índice de circularidade calculado (Ic = 0,27) ratifica que a bacia em tela possui um formato alongado, amenizando a ocorrência de chuvas mais intensas, o que não favorece a ocorrência de enchentes.

O baixo valor encontrado para o fator de forma (F = 0,29) reitera as análises realizadas com os índices citados anteriormente, ou seja, tem baixo risco de ocorrência de enchentes, pois conforme Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (Villela e Mattos, 1975). Foi encontrado um elevado tempo de concentração (Tc = 1887,76 minutos), que está diretamente relacionado ao formato alongado da bacia, fazendo que, conforme relatou Villela e Mattos (1975),

os afluentes atinjam o curso d'água principal em vários e distantes pontos ao longo do mesmo, ao contrário das bacias circulares, na qual os efluentes convergem para um só ponto diminuindo.

O índice de alongamento permite verificar a tendência a enchentes de uma bacia hidrográfica, tendo em vista que quanto mais retangular for a bacia, mais comprido e estreito será seu formato e, com isso, diminui significativamente a possibilidade de a chuva cobrir toda a extensão da bacia simultaneamente, ou seja, quanto menor esse índice, menor o risco de cheias (Ataíde et al., 2017). O baixo valor calculado ($I_a = 0,34$) indica que a bacia tem um formato mais comprido, e, assim, apresenta um baixo risco de ocorrência de enchentes.

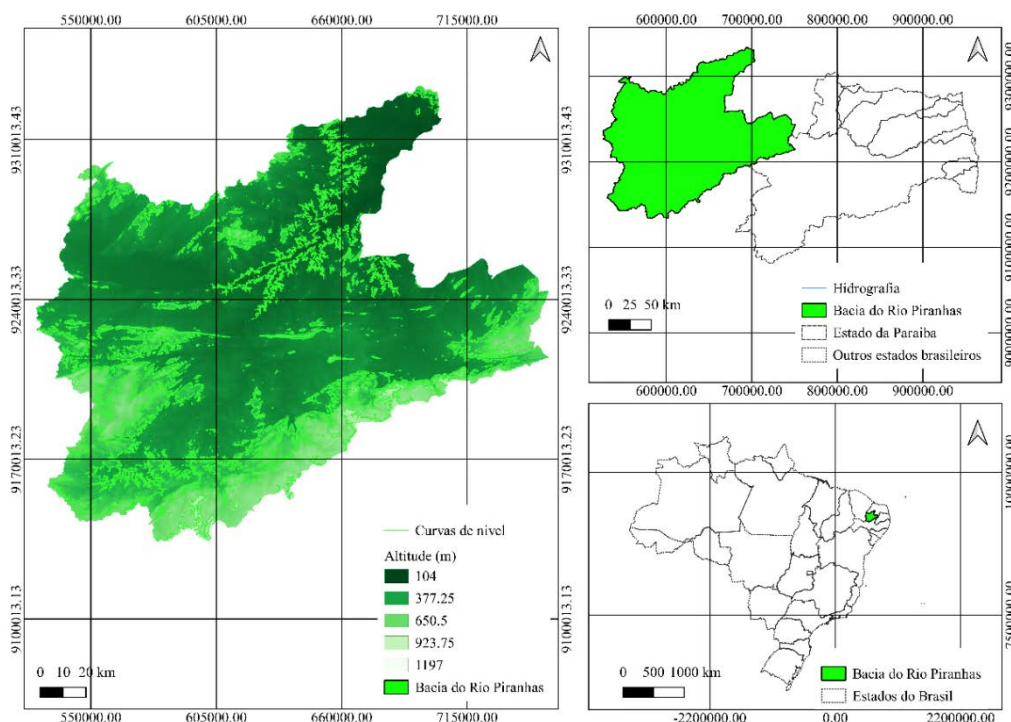
Conforme relata Santos et al. (2012), o coeficiente de manutenção permite representar qual seria a área necessária para a manutenção de um metro de curso fluvial perene. Assim, o resultado obtido indica que são necessários 1342,2 m² de área para manter perene cada metro de canal na bacia.

A densidade de drenagem obtida foi de 0,745 km/km². Esse valor indica, de acordo Villela e Mattos (1975), que a bacia possui uma drenagem regular. Para Antoneli e Thomaz (2007), a densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem de uma bacia, independente dos canais serem perenes, intermitentes ou temporários. De acordo com Tonello et al. (2006), valores baixos e médios de drenagem, como a bacia do rio Piranhas, geralmente estão relacionados a regiões de rochas impermeáveis e pluviométrico, caracterizado por precipitações de baixa intensidade e pouca concentração.

A densidade hidrográfica é um índice de grande relevância, pois indica se a bacia é bem servida de rede de canais ou não, também representando o comportamento hidrográfico da bacia (Pereira et al., 2015). A densidade calculada foi de 0,37, ou seja, menos de um canal por km² de área da bacia. De acordo com a classificação de Lollo (1995), a bacia do rio Piranhas possui densidade hidrográfica baixa, e pode ser considerada não bem drenada, pois segundo Barbosa e Carvalho (2009), uma bacia é considerada bem drenada quando tem um canal por km².

Em relação ao relevo, nota-se que a hipsometria (altitude) do local varia de 108,68 a 1186,99 m, sendo que a maior área da bacia possui relevo em torno de 100m, conforme pode ser visto na Figura 2, apresentando uma altitude média de 370,09 m. De acordo com Gerber et al. (2018), esta variável se relaciona com a temperatura e precipitação da região da bacia hidrográfica. Diferenças na temperatura média, evapotranspiração e precipitação anual em diferentes pontos da bacia têm origem dessas diferenças altimétricas conforme relata Santos et al. (2012).

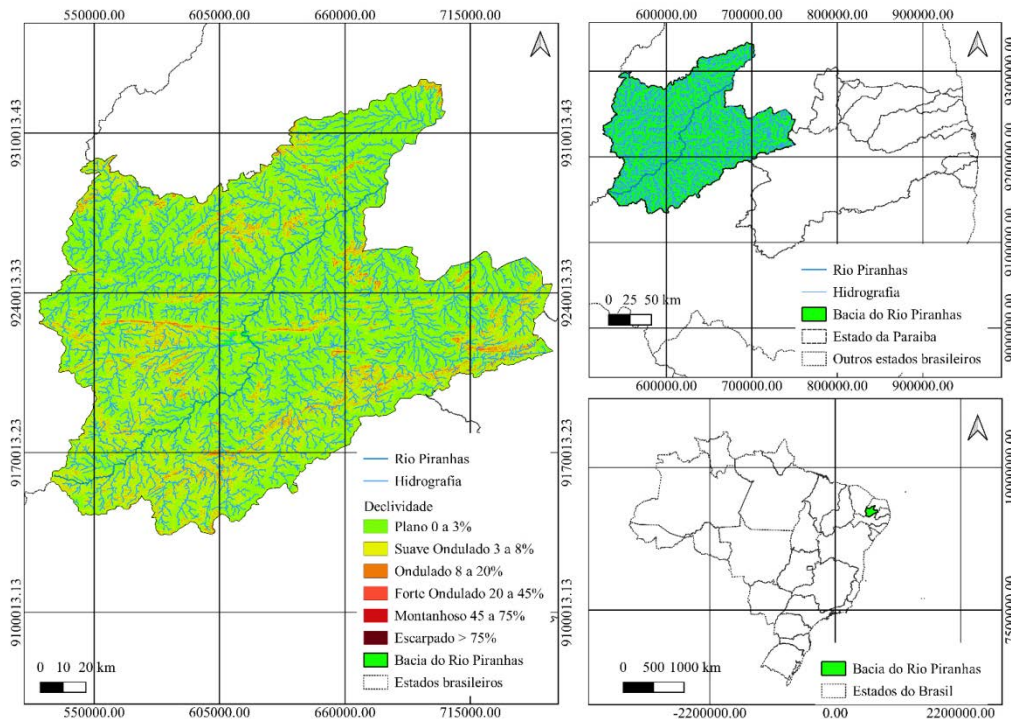
Figura 2 – Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Piranhas, no estado da Paraíba.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A avaliação da declividade do terreno da bacia indicou a predominância das classes de relevo ondulado e suavemente ondulado (Figura 3). Os terrenos da bacia apresentam declividades que favorecem a redução da velocidade do escoamento da água das chuvas, o que propicia, aliado com a presença de uma cobertura vegetal, uma maior infiltração e redução do escoamento superficial. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo (Tonello et al., 2006).

Figura 3 – Declividade da bacia hidrográfica do rio Piranhas, Paraíba



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4 Conclusões

A bacia hidrográfica do rio Piranhas apresenta um formato alongado, o que implica num elevado tempo de concentração, resultando em uma baixa propensão a enchentes e cheias, quando houver precipitações dentro da média pluviométrica da região. As características da rede de drenagem indicam uma bacia com drenagem regular, um rio principal de sexta ordem, apontando que o sistema de drenagem da bacia é bem ramificado, o que contribui para diminuir o risco de ocorrência de enchentes; e uma densidade hidrográfica, que é um fator preponderante para ocorrência de enchentes. A maior parte do relevo da bacia é suavemente ondulado e ondulado, favorecendo uma maior capacidade de infiltração da água no solo e a consequente redução do escoamento superficial. Por fim, podemos concluir que as características morfométricas estudadas, com exceção da densidade hidrográfica, indicam que a bacia não é propensa à ocorrência de vazões extremas, em precipitações normais da região.

Referências

- ALBUQUERQUE, L. B.; SAKAMOTO, A.Y. Análise ambiental e o sistema hidrográfico do córrego do Porto, Três Lagoas (MS) para fins de planejamento ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 5-18, 2015.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio BoaVista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun.2007.

- ATAÍDE, L. C. P. de; RODRIGUES, R. S. S.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.130-138, 2017.
- BARBOSA, Y. B.; CARVALHO, S. M. Análise morfométrica da bacia do Arroio do Padre, Ponta Grossa – PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 30, p. 160-173, 2009. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossam, Rio de Janeiro, **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- COSTA, G. B. R. *et al.* Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do riacho do Machado em Várzea Alegre, Ceará. **Revista Geonorte**, [s. l.], v. 9, n. 32, p. 80-92, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2018.v.9.n.32.80.92>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- COUTO, B. J. E. do. **Usos do solo e impactos socioambientais nas bacias hidrográficas dos rios Camanducaia e Jaguarý**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 83p. (SNLCS. Miscelânea, 1). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/327212/sumula>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- FERNANDES, F.; OLIVEIRA, M.; ROCHA, F. A. Análise das Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas, BA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 3, ed. 2, v. 2, p. 55-71, fev. 2018.
- FIGUEIREDO, C.; LEITE, V. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela no município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Agrarian Academy**, [s. l.], v. 5, n. 10, p. 52-65, 25 dez. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/agrarian_academy_2018b6
- GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, L. D. da. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí - Vacacaí Mirim – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria-RS, v. 19, n. 2, p.1357-1364, 2015.
- GERBER, D. *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v5i1.446>
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, **TOPODATA**, São José dos Campos - SP, 2019. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- LOLLO, J. A. de. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995.
- MOREIRA, J. F. **Direito ao acesso à água: conflitos socioambientais na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

- MUTTI, P. R. **Estimativa da evapotranspiração sobre a bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu utilizando dados de sensoriamento remoto**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- NARDINI, R. C. *et al.* Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma bacia hidrográfica. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.
- NASCIMENTO, T. V. do; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 39, n. 1, p.170-178, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X21737>
- OLSZEWSKI, N. *et al.* Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 485-492, 2011.
- PEREIRA, B. W. de F *et al.* Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-boi, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 1351-1372, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- RODRIGUES, R. S. S. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 143-150, 2016.
- ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. dos. Análise Hidrológica em Bacias Hidrográficas. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 17, n. e17025, p. 1-18, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17025>
- SANTOS, A. M. *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.
- SILVA, G. C. da *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel–Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 15, n. 28, p. 244-258, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2018b22
- SOUZA, C. F. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí - Paraná. **Geoambiente**, [s. l.], v. 1, n. 29, p. 93-110, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i29.50602>
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, [s. l.], v. 63, n. 11, p.1117-1142, 1952. DOI: <http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- STRAHLER, A. N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, [s. l.], v. 38, n. 66, p. 913-920, 1957. DOI: <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- TARGA, M. dos S. *et al.* Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 120-142, 31 ago. 2012. . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/7FPNPZDdgymnVKJ9Jc4gWf/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- TONELLO, K. C. *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1975.

Sobre os Autores:

Maria de Fátima Araújo Alves

Doutoranda em Eng. Agrícola pela UFRPE. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFRPE. Graduada em engenharia ambiental pela UFCG.

Sara Alves de Carvalho Araújo Guimarães

Doutoranda em ciências ambientais pela UNB. Mestre em engenharia ambiental pela UFRPE. Graduada em engenharia ambiental pela UFCG.

Raniele Adame Gomes

Mestranda em Engenharia Ambiental pela UFRPE. Graduada em engenharia ambiental pela UFCG.

Zacarias Caetano Vieira

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFGC). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS).

Silvana Nobrega de Andrade

Mestranda em Sistemas Agroindustriais (modalidade acadêmica) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Especialista em Geoprocessamento e Georreferenciamento pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Avaliado em: 08.10.2023

Aceito em: 14.11.2023