

Eixo Temático ET-05-014 - Recursos Hídricos

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEIXE – PARAÍBA

Cindy Deina Farto e Samara Teixeira Pereira

Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Paraíba.

RESUMO

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é uma ferramenta de suma importância para gestão dos recursos hídricos, pois permite prever o grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos extremos como enchentes e inundações. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar morfométricamente a bacia hidrográfica do rio Peixe na Paraíba, de maneira a compreender a dinâmica das suas principais características. Para isso, foram calculados através do software ArcGis 10.1, os seguintes parâmetros morfométricos: área de drenagem, perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, ordem, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial, sinuosidade, declividade da bacia, curva hipsométrica e amplitude altimétrica máxima da bacia. A análise dos dados e a interpretação dos resultados permitiram concluir que a bacia hidrográfica do rio Peixe, apresenta, no geral, área de 3418,53 km², não sujeita às enchentes, altitude média de 539 m e 653 m de amplitude altimétrica, declividade média de 4,5%, padrão de drenagem dentrítico com baixa densidade de drenagem (0,47 km/km²), hierarquia fluvial de 7º ordem, comprimento do curso d'água principal de 134 km, índice de sinuosidade da rede de drenagem (52,5%), classificado como canal muito sinuoso. Portanto, diante do exposto, é evidente que a caracterização de bacias hidrográficas é um importante subsídio para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Morfometria; Sistemas de Informação Geográfica.

INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais de maior importância é a água, sendo esta, indispensável para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento social e econômico da população, além de ser componente da paisagem e do meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2015).

Nas últimas décadas, conforme afirma Nascimento e Villaça (2008), a crescente demanda pelo uso dos recursos naturais foi acompanhada pela preocupação com a quantidade e qualidade desses recursos. Assim, com a finalidade de solucionar as questões relativas à escassez e à qualidade dos recursos hídricos, é que a gestão da água vem sendo desenvolvida em todo o mundo, desde 1960 (ANDRADE et al. 2008).

No Brasil, o gerenciamento dos recursos hídricos é previsto na Lei Federal 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, identificando a bacia hidrográfica como unidade de implementação de gestão dos recursos hídricos. Para Silveira (2001), o termo bacia hidrográfica refere-se a uma área de captação natural da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, sendo composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma

rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica, consiste na caracterização de parâmetros fisiográficos, que são indicadores físicos da bacia. Essa caracterização tem enorme aplicação como indicadores para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia e fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade, ou seja, esse conjunto de informações servirá de base para a tomada de decisões e propostas (VILELLA e MATTOS, 1975; CARDOSO et al. 2006; PRADO, 2010).

Nesse sentido, o presente trabalho torna-se uma ferramenta preliminar para a gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba, onde se caracterizou morfométricamente a bacia do rio Peixe, a partir de alguns parâmetros, tais como: área de drenagem, forma da bacia, coeficiente de compactidade, fator de forma, ordem da bacia, densidade de drenagem, sinuosidade dos cursos d'água, declividade e curva hipsométrica.

OBJETIVO

Caracterizar morfométricamente a bacia hidrográfica do rio Peixe na Paraíba, de maneira a compreender a dinâmica das suas principais características.

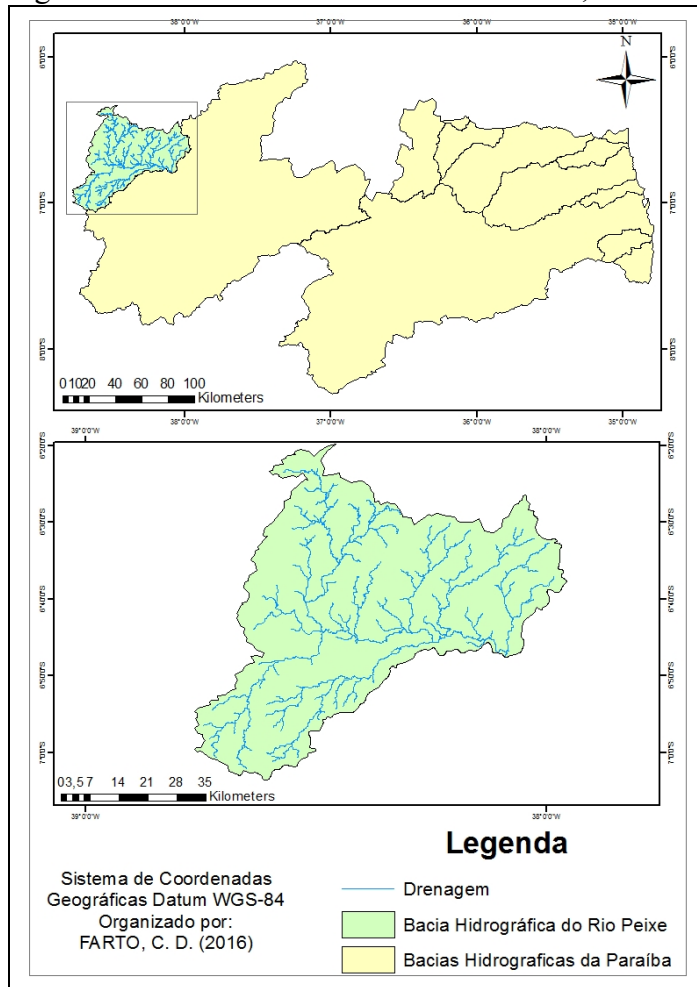
METODOLOGIA

Área de Estudo

A bacia do rio do Peixe está localizada no extremo oeste do Estado da Paraíba, mais precisamente entre os meridianos 37° 57' 52'' e 38° 46' 48'' de longitude oeste e entre os paralelos 6° 20' 47'' e 7° 03' 53'' de latitude sul, abrangendo uma área de aproximadamente 3.420 km² (GALVÃO et al. 2007). Vale ressaltar que a bacia do rio do Peixe é uma sub-bacia da bacia rio Piranhas que possui uma área de aproximadamente 26.000 km². A Figura 1 mostra as limitações geográficas da bacia em estudo.

O rio Peixe apresenta regime intermitente e banha as cidades de São João do Rio do Peixe e Sousa, ambas no sertão paraibano (ROCHA e AMARAL, 2006). Toda a região da bacia fez parte do território dos índios Icós, que começou a ser colonizada a partir do século 16. A região de estudo possui clima semiárido e geologia predominantemente constituída de rochas cristalinas (GALVÃO et al. 2007). Segundo os mesmos autores, a bacia do rio Peixe, por sua origem sedimentar, apresenta, em princípio, melhores condições de aproveitamento de água subterrânea na região, do que o sistema cristalino circundante. Ela está distribuída pelos municípios de Pombal, Aparecida, Sousa, São João do Rio do Peixe, Poço José de Moura, Umarí, Triunfo, Uiraúna e Santa Helena.

Figura 1 - Área de estudo: bacia do rio Peixe, PB



Fonte: Elaborado pelos autores

Sistemas de Informação Geográfica

Para o presente trabalho foram utilizadas ferramentas do software de sistema de informações geográfica (SIG) ArcGis versão 10.1 produzido pela ESRI – Environmental Systems Research Institute, para o desenvolvimento de alguns mapas de relevante importância, tais como: mapa de localização da bacia hidrográfica, de declividade, hipsometria e mapa do rio principal.

A base cartográfica utilizada para compilação dos dados e elaboração dos mapas foi retirada de banco de dados da AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba e da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

A seguir, é apresentada a metodologia utilizada para a elaboração dos mapas temáticos:

- Limite da bacia: foi elaborado seguindo a delimitação mais usual que é a de topos de curvas de nível ou divisores de água. A partir disso, estabeleceu-se o limite da área de estudo.
- Hidrografia: a partir do limite já existente foi sobreposta a hidrografia de todo o estado da Paraíba junto ao limite. Após, foi feita a clipagem das cartas, para trabalhar somente com a hidrografia dentro da área de estudo.

- **Curvas de nível:** as curvas de nível foram obtidas a partir de dados de uma imagem em formato SRTM disponibilizadas pela EMBRAPA. A partir das curvas foi possível obter dados importantes sobre a altitude do terreno.

Logo após à delimitação da área, do perímetro e de dados planialtimétricos da bacia, obtidos a partir do SIG, foi possível determinar diferentes características físicas, descritas a seguir.

Aspectos Fisiográficos Estudados

Área de Drenagem (A) e Perímetro (P). A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é um elemento de suma importância a ser analisado em estudos hidrológicos. Segundo Vilella e Matos (1975) a área corresponde à medida em projeção horizontal, considerando toda a área localizada entre os divisores de água.

O Perímetro da bacia constitui o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas.

Forma da Bacia. A forma da bacia influencia diretamente o tempo de concentração, isto é, o tempo necessário para que toda bacia contribua para sua saída após uma precipitação (ROMANOVSKI, 2001). Os índices utilizados para caracterizar a forma da bacia são o coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de forma (Kf).

Coeficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius (Kc). Este coeficiente relaciona a forma da bacia com a de um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia e foi determinado conforme mostra a Equação 1.

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

Em que:

P = perímetro da bacia em Km

A = área da bacia em Km²

Fator de Forma (Kf). É a relação entre a largura média e comprimento axial da bacia. Para sua obtenção, o comprimento mais longo é medido desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia, conforme mostra a Equação. 2.

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

Em que:

A = área da bacia em Km²

L = comprimento axial da bacia em Km

O fator de forma é um índice que indica a maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma.

Índice de circularidade (Ic). Simultaneamente ao coeficiente 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 a forma se torna alongada. De acordo com Muller (1953), o índice de circularidade representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Assim, para a determinação do Ic, utilizou-se a Equação 3.

$$Ic = \frac{12,57 A}{P^2} \quad (3)$$

Em que:

A = área de drenagem em Km

P = perímetro em Km

Ordem dos cursos d'água. A ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia (TUCCI, 2001). A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). Neste estudo utilizou-se a classificação apresentada por Strahler (1957), no qual, para cursos d'água sem tributários é adotada a ordem "1", ou primeira ordem. Cursos d'água denominados de segunda ordem são aqueles que recebem somente tributários de primeira ordem, independentemente do número de tributários. De terceira ordem são aqueles que recebem dois ou mais tributários de segunda ordem, podendo também receber tributários de primeira ordem, e assim sucessivamente (SILVA et al. 2004).

Densidade de Drenagem (Dd). De acordo com Lima (1986), este índice reflete a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. Horton (1932) definiu densidade de drenagem como sendo a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica e a área ocupada pela mesma. Para o cálculo da densidade de drenagem foi utilizada a Equação 4 (COSTA e LANÇA, 2001).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Em que:

L = comprimento total dos cursos d'água

A = área da bacia em Km²

Extensão média do escoamento superficial (ℓ). A extensão média do escoamento superficial é a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde onde caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia (VILELA; MATOS, 1975). Esse parâmetro foi determinado conforme mostra a Equação 5.

$$\ell = \frac{A}{4L} \quad (5)$$

Em que:

A = área da bacia em Km²

L = comprimento dos cursos d'água

É importante ressaltar que este índice estabelece uma indicação da distância média do escoamento superficial, entretanto, a extensão do escoamento superficial que efetivamente ocorre sobre os terrenos da bacia pode ser diferente dos valores apontados por este índice.

Sinuosidade do rio principal (Sin). É a relação entre o comprimento do rio principal (L) e seu comprimento vetorial medido em linha reta (Lt). A sinuosidade é um fator controlador da velocidade do escoamento e foi determinada conforme mostra a Equação 6.

$$Sin = \frac{100(L-L_v)}{L} \quad (6)$$

Em que:

L = comprimento real do rio principal

L_v = comprimento em linha reta do rio principal

Quanto menor o índice, maior será a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, maior a influência nas enchentes a jusante da sub-bacia, ou seja, menor retenção de água no interior da sub-bacia.

Declividade. De acordo com Tonello et al. (2006), a declividade da bacia é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa, sendo um dos principais elementos que caracterizam o relevo de uma determinada área.

A declividade da área de estudo foi adquirida por meio de procedimentos realizados em Sistema de Informação Geográfica – SIG (ArcGIS 10.1.), utilizando duas imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponibilizadas pela Embrapa, com resolução espacial de 90m, carta de articulação SB-24-Z-A e SB-24-Z-C.

Curva Hipsométrica. A curva hipsométrica representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar, ou seja, é a representação gráfica do relevo médio de uma bacia (Villela e Matos, 1975).

Essa variação pode ser indicada por meio de um gráfico que mostra a percentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações.

Para determinação da curva hipsométrica na bacia de estudo foi utilizado um SIG (ArcGIS 10.1.), empregando duas imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponibilizadas pela Embrapa, com resolução espacial de 90m, carta de articulação SB-24-Z-A e SB-24-Z-C.

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm). Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude do exutório e a altitude do ponto mais alto situado em

qualquer lugar da linha divisória topográfica. A amplitude altimétrica, em metros, foi calculada através da Equação 7.

$$Hm = P1 - P2$$

(7)

Em que:

P1 = ponto mais alto

P2 = ponto mais baixo da bacia hidrográfica

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para as variáveis morfométricas analisadas na sub-bacia do rio Peixe estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características morfométricas da bacia do rio Peixe

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	3418,52
Perímetro (km)	372,53
Comprimento do rio principal (km)	134
Comprimento total dos corpos d'água (km)	1612,63
Padrão de drenagem	Dentrítico
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,78
Fator de forma (Kf)	0,82
Índice de circularidade (Ic)	0,31
Ordem da Bacia	7 °
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,47
Extensão média do escoamento (km)	0,53
Sinuosidade do rio principal (%)	52,5
Amplitude altimétrica máxima (km)	0,640
Declividade da bacia (m/m)	0,045

Fonte: Elaborado pelos autores

Verifica-se que a área de drenagem encontrada na bacia foi de 3418,52 km² e seu perímetro de 371,53 km.

De acordo com os resultados morfométricos, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio Peixe/PB se mostra pouco suscetível a inundações em condições normais de precipitação, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar um valor afastado da unidade (1,78). Porém, em relação ao eu fator de forma, o valor encontrado foi de 0,82. Quanto mais próximo da unidade for esse valor, maior susceptibilidade a enchentes é a bacia hidrográfica.

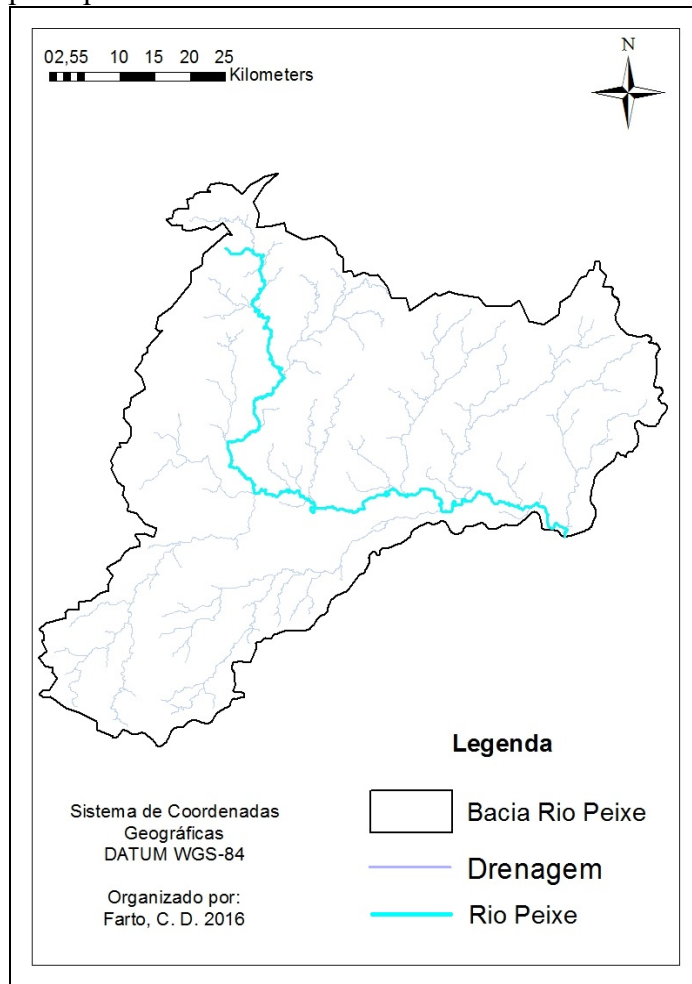
Contudo, quando analisado os valores do índice de circularidade, que apresentou um valor de 0.31 (adimensional), verificou-se que a bacia apresenta uma forma mais alongada, que tende a favorecer o escoamento da água e uma baixa capacidade à ocorrência de inundações. Conforme, Muller (1953) & Schumm (1956), bacias que possuem índices de circularidade igual a 0.51 representam um nível moderado de escoamento, não contribuindo para a concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0.51 indicam que a bacia tende a ser mais circular,

favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas) e valores menores que 0.51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento.

O comprimento total dos cursos d'água é de 1612,63 km, distribuídos por 18 canais que apresentam uma densidade de drenagem total de 0,47 km/km². Segundo Cardoso et al. (2006), este índice pode variar de 0,5 km/km², em bacias com drenagem pobre, à 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas, ou seja, pode-se afirmar que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem. Carvalho et al. (2009) destacam ainda que valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação. Vale destacar que os valores de densidade de drenagem ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica.

O canal principal da bacia em estudo (FIGURA 2), de acordo com a hierarquia de Strahler, possui ramificação de sétima ordem e apresenta uma extensão de 134 km, que representa 8,3% do total da extensão dos canais.

Figura 2 – Representação da bacia hidrográfica do rio Peixe com destaque para o rio principal



Fonte: Elaborado pelos autores

A extensão média do escoamento superficial foi de 0,53 km, ou seja, em média, a cada distância de 0,53 km na vertente, haverá um canal para escoamento das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Peixe.

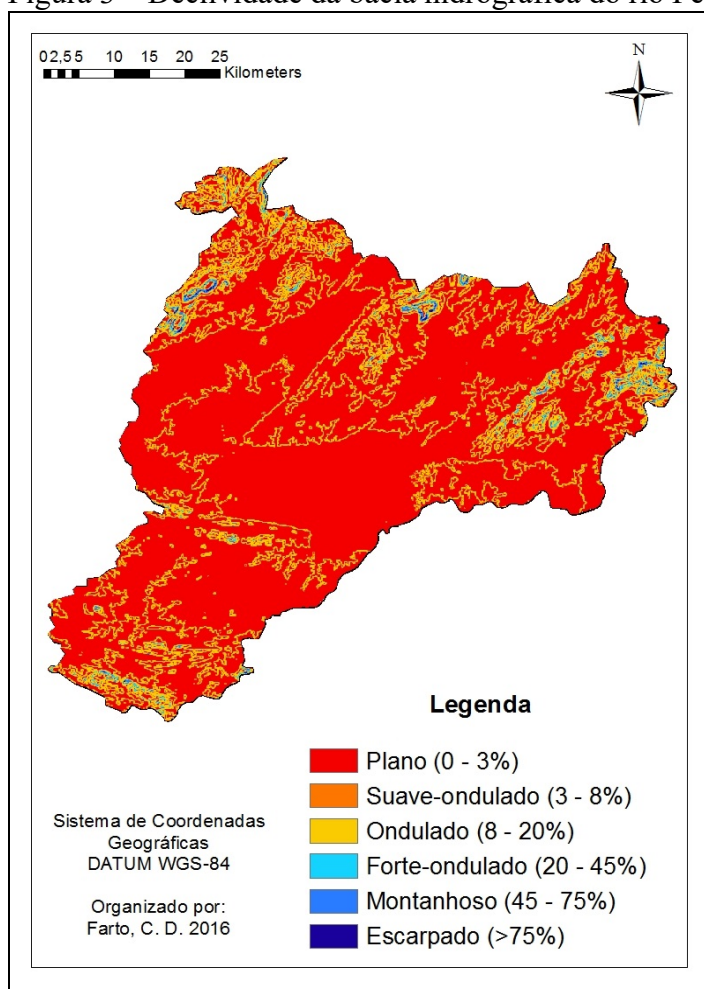
A sinuosidade do rio principal indica a geometria do canal, se este apresenta elevada sinuosidade ou não. O rio Peixe apresentou o valor de 52,5% de sinuosidade sendo enquadrado segundo Christofolletti (1980), na categoria “muito sinuoso”, indicando que esta área tende a ser irregular e possuir canais ondulados.

Em relação à amplitude altimétrica máxima, a bacia apresentou um valor de 640 m, sendo o ponto culminante com 856 m próximo a nascente do rio Peixe e o ponto mais baixo com 216 m no exutório.

De acordo com Villela e Matos (1975), o relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores hidrológicos e meteorológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, ao passo que, a precipitação, temperatura e evaporação, por exemplo, são em função da altitude da bacia. Assim, a determinação de curvas características do relevo são de extrema importância.

As características de declividade e altitude da bacia do rio Peixe estão representadas nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Declividade da bacia hidrográfica do rio Peixe



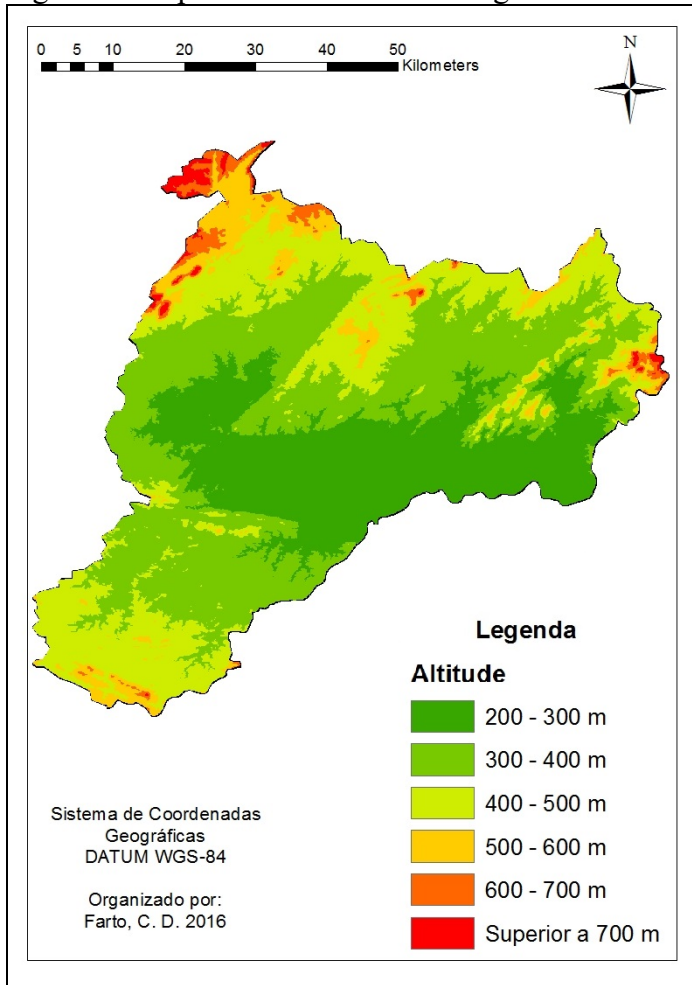
Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode-se observar na Figura 3, a declividade da bacia varia de Plano (0 a 3%) a Escarpado (> 75%), com predomínio de áreas com baixa declividade, pertencentes a classe de declividade Plano a Suave Ondulado, na maior parte da bacia. A declividade média obtida foi de 4,5% ou 0,045 m/m, mostrando, portanto, que a bacia

possui baixa declividade, o que resulta numa redução dos picos de enchentes devido à baixa velocidade de escoamento. As áreas com declividade acima de 20% se localizam próximas à nascente do rio Peixe, onde se encontram também os pontos de maiores altitudes da bacia.

De acordo com o mapa hipsométrico do rio Peixe (FIGURA 4) a área de estudo apresenta valores de altitudes que variam de 200 m a aproximadamente 850 m, sendo predominante a ocorrência de altitudes entre 200 e 400 m.

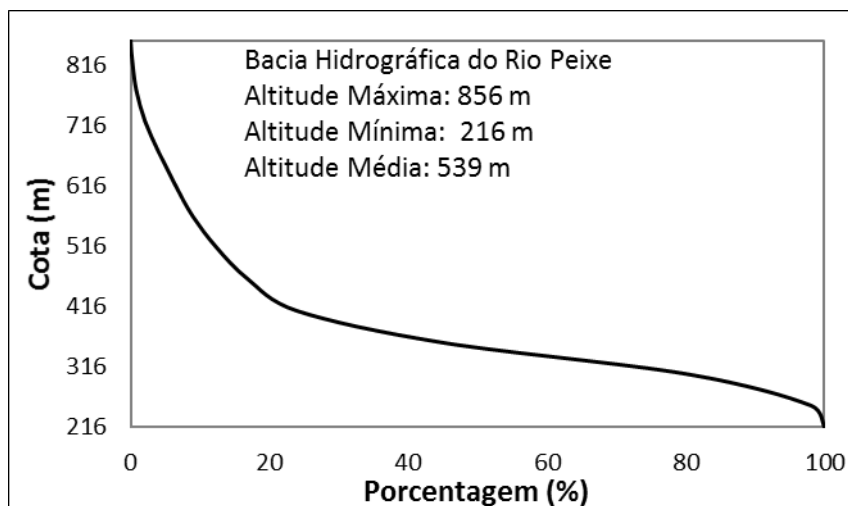
Figura 4 – Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Peixe



Fonte: Elaborado pelos autores

Essas informações puderam ainda ser observadas no gráfico da curva hipsométrica da bacia do rio Peixe (FIGURA 5) em que 100% dos valores de altitude encontrados, são valores acima de 216 m e sua altitude média corresponde a 539 m. Através das Figuras 4 e 5, também se observa que, altitudes superiores a 700 m correspondem a aproximadamente 5% do total da bacia.

Figura 5 - Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Peixe



Fonte: Elaborado pelos autores

CONCLUSÕES

As variáveis morfométricas são extremamente importantes para o esclarecimento, compreensão e planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos da área de estudo. A análise dos dados e a interpretação dos resultados permitiram concluir que a bacia hidrográfica do rio Peixe, apresenta, no geral, área de 3 418.53 km², não sujeita às enchentes (comprovado pelo fator de forma e pelo índice de circularidade), altitude média de 539 m e 653 m de amplitude altimétrica, declividade média de 4.5%, padrão de drenagem dentrítico com baixa densidade de drenagem (0.47 km/km²), hierarquia fluvial de 7^o ordem, comprimento do curso d'água principal de 134 km, índice de sinuosidade da rede de drenagem (52.5%), classificado como canal muito sinuoso.

Portanto, diante do exposto, espera-se que este estudo sirva como base para futuras pesquisas na área e como auxílio para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica em questão.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. **Revista Geociências**, v. 27, n. 2, p. 237-248. 2008.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CARVALHO, W. M. C.; VIEIRA, E. O.; ROCHA, J. M. J.; PEREIRA, A. K. S.; CARMO, T. V. B. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do córrego do malheiro, no município de Sabará-MG. **Revista Irriga**, v. 14, n. 3, p. 398-412, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

GALVÃO, M. J. T. G.; ROCHA, D. E. G. A.; AMARAL, C. A.; FILHO, W. D. C. **Hidrogeologia da bacia sedimentar do Rio Peixe-PB**. Campina Grande, PB: 2007. Ministério da Ciência e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mananciais**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis>>. Acesso em: 02 maio 2016.

MULLER, C. V. **A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area**. Technical Report, Department of Geology, Columbia University, 1983.

NASCIMENTO, W.M.; VILLAÇA, M.G. Bacias hidrográficas: planejamento e gestão. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, n. 7 p. 1-20, 2008

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.; FERREIRA, C. G. Mapeamento e caracterização dos fatores fisiográficos da bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita-SP. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 36 p. 237-257, 2010.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, n. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, L.; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A. FILHO, J. F. C. Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do açude Soledade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 3, p.112-122, 2010.

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

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. Amer. Geophys. Union**, v. 38, p. 913-920, 1952.

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

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. Viçosa, MG: 2005. Tese Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, BRASIL.