



## Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas (Paraíba, Brasil) através de dados SRTM

Fernando Antonio Lima Gomes<sup>1\*</sup>, Ernandes Fernandes da Silva<sup>2</sup>, Guilherme Veloso da Silva<sup>3</sup>, Yuri Batista Oliveira Gomes<sup>4</sup>, Izaias Romário Soares do Nascimento<sup>5</sup>, Ricardo de Aragão<sup>6</sup>, Guttemberg da Silva Silvino<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. (\*Autor correspondente: nandoagro13@gmail.com)

<sup>2</sup>Mestre em Ciência do solo, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

<sup>3</sup>Doutorando em Proteção de Plantas, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.

<sup>4</sup>Graduado em Geografia, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

<sup>5</sup>Mestrando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

<sup>6</sup>Doutor em Engenharia, Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

<sup>7</sup>Doutor em Recursos Naturais, Professor da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 28/05/2020 – Revisado em: 13/06/2020 – Aceito em: 04/07/2020

### RESUMO

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica dos recursos naturais e das atividades antrópicas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até a segunda metade do século passado, as técnicas de levantamento de dados eram limitadas e os procedimentos de coleta de informações eram feitos utilizando apenas documentos e mapas em papel. Isto dificultava uma análise que combinasse diversas informações sobre a superfície terrestre. A partir do desenvolvimento das tecnologias de informática tornou-se possível armazenar e representar informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aperfeiçoamento do geoprocessamento. Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas, utilizando imagens SRTM, e a partir dos dados gerados efetuar uma análise de comparação com os dados da carta topográfica do governo do estado da Paraíba. A área obtida da bacia hidrográfica foi de 743,76 km<sup>2</sup>, índice de circularidade de 0,24 e declividade média do rio de 0,0047% m/m. Observou-se que as utilizações das ferramentas de Geoprocessamento permitem gerar resultados que poderão auxiliar a gestão de recursos hídricos da região, bem como se mostrou uma ferramenta prática e viável na geração dos resultados.

**Palavras-Chaves:** Recursos Naturais, Sistema de Informação Geográfica, Carta topográfica.

## Morphometric characterization of the Farinhas River watershed (Paraíba, Brazil) using SRTM data

### ABSTRACT

The collection of information on the geographic distribution of natural resources and human activities has always been an important part of the activities of organized societies. Until the second half of the last century, data collection techniques were limited and information collection procedures were carried out using only paper documents and maps. This hindered an analysis that combined several pieces of information about the Earth's surface. From the development of computer technologies, it became possible to store and represent information in a computational environment, opening space for the improvement of geoprocessing. In this context, the objective of this work was to carry out the morphometric characterization of the hydrographic basin of the Farinhas river, using SRTM images, and from the generated data to carry out an analysis of comparison with the data of the topographic map of the state government of Paraíba. The area obtained from the hydrographic basin was 743.76 km<sup>2</sup>, a circularity index of 0.24 and an average slope of the river of 0.0047% m/m. It was observed that the use of Geoprocessing tools allows to generate results that can help the management of water resources in the region, as well as being a practical and viable tool in the generation of results.

**Keywords:** Natural Resources, Geographic Information System, Topographical Charter.

Gomes, F.A.L., Silva, E.F., Silva, G.V., Gomes, Y.B.O., Nascimento, I.R.S., Aragão, R., Silvino, G.S.S. (2020). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas (Paraíba, Brasil) através de dados SRTM. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.3, p.02-14.



## 1. Introdução

Na sociedade atual, a conscientização ambiental tem gerado na população um índice de valorização do meio ambiente. Nesse sentido, o planejamento ambiental surge como uma ferramenta para políticas públicas que são interligadas para a conscientização ambiental, objetivando a realização de um diagnóstico e a obtenção de resultados de forma efetiva para a eficiência da gestão ambiental (Lisboa, 2016).

A escassez de recursos hídricos é uma realidade em algumas regiões do Brasil e do mundo, o que leva a necessidade da realização de um planejamento adequado, rumo a solução desse problema e a manutenção da qualidade da água, que por vezes é usada de forma indevida nessas áreas (Bndes, 2006). Na realização de análises ambientais, torna-se necessária a caracterização de bacias hidrográficas, o que é realizado através da determinação de suas características morfométricas (Teodoro, et al., 2007; Oliveira, et al., 2010). Essas características, de ordem física e biótica, são fundamentais para a análise do ciclo hidrológico e da influência de fatores como a infiltração, quantidade de água de produção do deflúvio, escoamento superficial e subsuperficial e evapotranspiração (Tonello et al., 2006).

A área de captação de uma bacia é caracterizada pelo conjunto de superfícies de forma vertente da rede de drenagem, considerando uma forma exutória de modo composto e definindo assim a área de contribuição dessa bacia hidrográfica (Silveira, 2001). No atual cenário de expressivo desenvolvimento tecnológico, a geotecnologia se apresenta como uma representação de conjunto para soluções entre hardware, software e processamento de dados (Rizzi, 2004). As técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento da informação geográfica e as ferramentas computacionais de geoprocessamento, levam ao desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), que são complexos interligados a integração de dados de diversas fontes, gerando bancos de dados georreferenciados e a produção de documentos cartográficos (Câmara et al., 2001).

O uso do modelo digital de elevação (MDE), constitui-se como uma importante ferramenta em estudos relacionados a recursos hídricos. Esse modelo, relaciona o delineamento de redes de drenagem, limites de bacias hidrográficas, cálculo de declividade, altitude e direção de fluxo do escoamento superficial como parte integrante de modelos hidrológicos (Ribeiro et al., 2008). Pauta-se na interpolação de curvas de nível que são extraídas por uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos (Oliveira, et al., 2010).

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas, através de imagens SRTM, bem como efetuar a análise comparativa com a carta topográfica do governo do estado da Paraíba, permitindo a elaboração de sugestões que possam mitigar os impactos ambientais e dessa maneira garantir a utilização sustentável de recursos naturais.

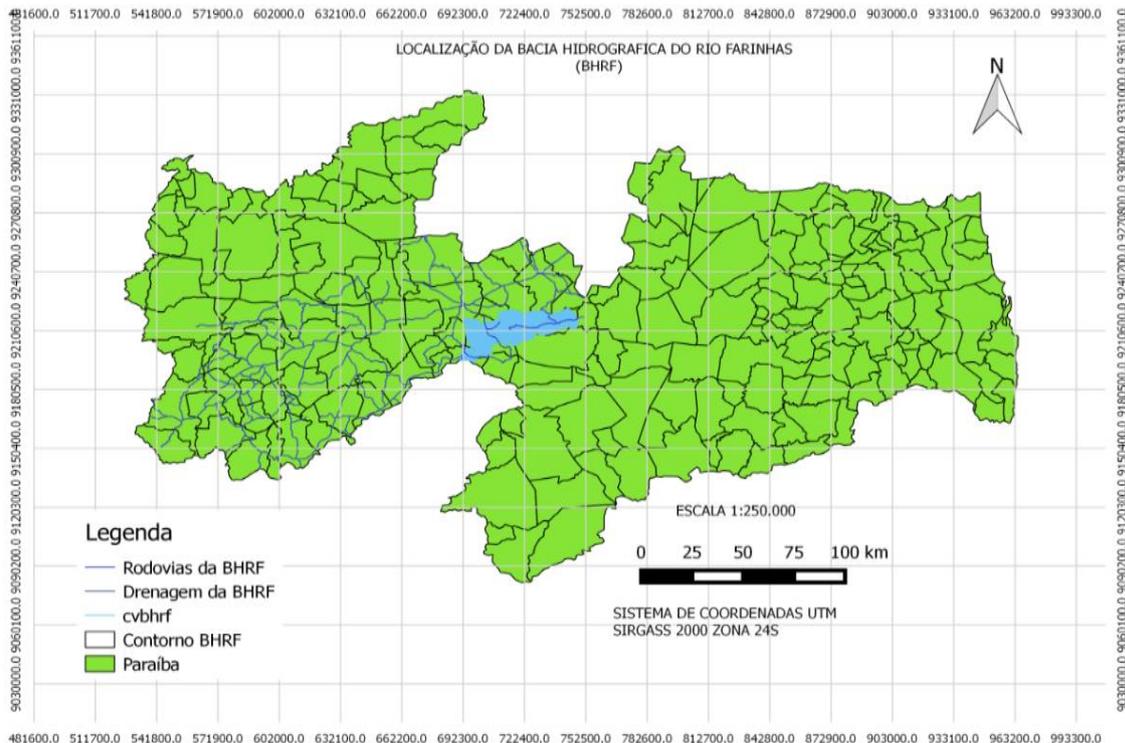
## 2. Material e Métodos

A bacia hidrográfica do rio Farinhas está circunscrita às coordenadas geográficas 07°01'39" a 07°16'50" de Latitude Sul e 36°43'41" a 37°16'28" de Longitude Oeste de Greenwich. Localiza-se na região centro-oeste do estado da Paraíba (Figura 1), englobando totalmente o município de Passagem e, parcialmente, os municípios de Assunção, Salgadinho, Junco do Seridó, Santa Luzia, São Mamede, Quixaba, Patos, Teixeira, Cacimbas, Taperoá e Areia de Baraúnas (Araújo, 2010).

A topografia apresenta cotas situadas entre 300 a 981 m, com altitudes elevadas, apresenta relevo que varia de suavemente ondulado a fortemente ondulado, com declividade elevada, estando à calha do rio principal situada entre serras. A vegetação é do tipo Caatinga Hiperxerófila (Cprm, 2005), com forte presença de caatinga arbustiva arbórea aberta, havendo pequenas áreas de caatinga arbórea fechada em localidade de difícil acesso pelas condições do relevo e a classificação de Koppen apresenta que a bacia do rio Farinha possui clima predominante do tipo semiárido quente, classificado como Bsh, com chuvas no verão de distribuição

irregular, concentrando-se entre os primeiros meses do ano e uma precipitação média anual 698,9 mm (Aesa, 2008).

**Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Farinhas**



Para a delimitação da bacia hidrográfica foi necessária uma sucessão de passos automatizados, baseados nas características das extensões aplicadas. Foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) elaborado pelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*); a extração da drenagem a partir do MDE foi realizada através da ferramenta *Spatial Analyst Tools* incluída no aplicativo *ArcMap* do Sistema de Informação Geográfica *ArcGis* 9.3.1<sup>®</sup>. Neste processo foram gerados mapas de direção de fluxo acumulado e drenagem, por fim realizou-se a delimitação da bacia a partir da escolha de um ponto de exutório na rede de drenagem gerada. Os valores dimensionais de bacias hidrográficas são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização (Oliveira et al., 2010). E por fim foi utilizado o software de geoprocessamento o *Q Gis* 2.12.3, no qual foi utilizado para confecções dos mapas de estudo.

O mapa de solos foi obtido a partir do mapa pedológico desenvolvido pela associação técnico científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior (Atecel), no ano de 2009, para o estado da Paraíba. As classes de solos foram definidas fazendo correlação com a reclassificação desenvolvidas pela Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária (Embrapa), no ano de 1999.

Foram calculadas as seguintes características morfométricas associadas a características geométricas:

- Coeficiente de Compacidade (KC)
- Fator de Forma (Kf)
- Razão de Elongação (Re)

- Índice de Circularidade (Ic)
- Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)

A classificação do rio foi realizada segundo a metodologia de Stahler (1957), sendo calculados:

- Densidade de drenagem (Dd)
- Coeficiente de torrencialidade (Ct)
- Sinuosidade do curso d' água (SIN)
- Índice de Sinuosidade (Is)

A Partir do dados SRTM obtiveram-se os valores de altitude maxima e minima da bacia hidrografica. Para as características morfométricas associadas ao relevo, foram calculados:

- Lado maior do retangulo equivalente (L)
- Lado menor do retangulo equivalente (lr)
- Coeficiente de rugosidade (CR)

### 3. Resultados e Discussão

Dentre os dados apresentados da bacia hidrográfica do rio Farinhas, considera-se que há evidencia de não haver surgimento de enchentes no curso da bacia em condições normais de precipitação, uma vez que seu coeficiente de compacidade (Kc) apresenta valor acima da unidade, assim como o seu fator de forma (Kf). No entanto, pode-se afirmar que a bacia em estudo não possui forma circular e sim alongada.

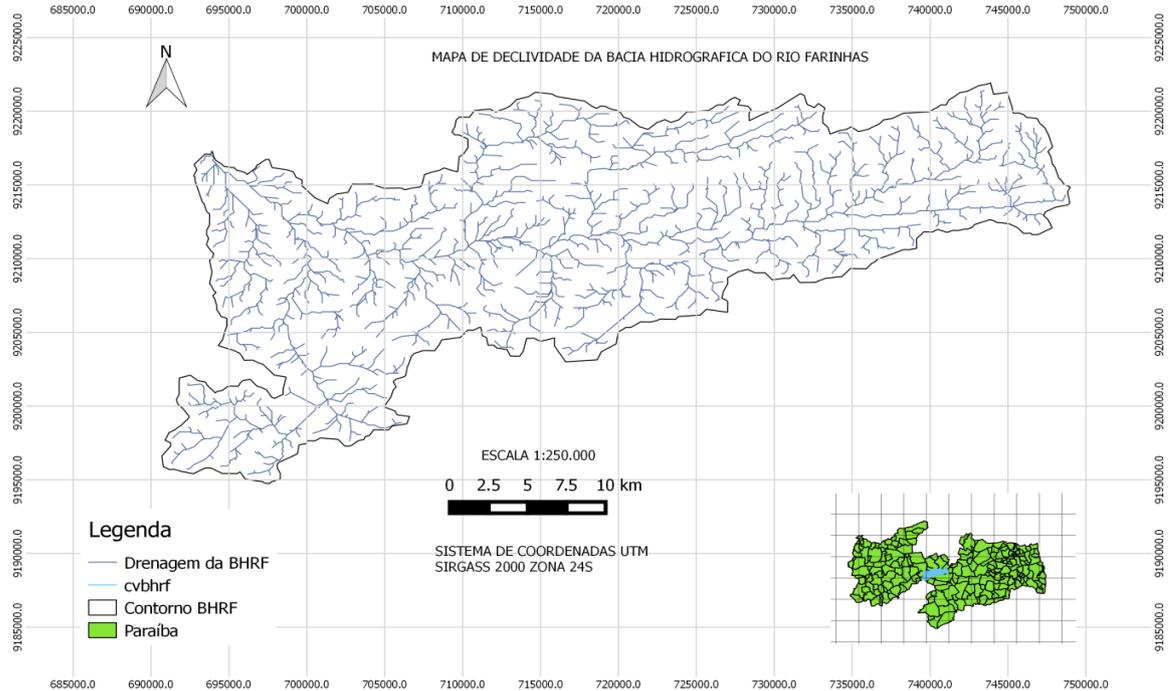
**Tabela 1-** Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

<b>Características Geométricas</b>	<b>Dimensões</b>
Kc- Coeficiente de compacidade	2,03
Kf - Fator de Forma	0,24
Re - Razão de Elongação	0,46
IC - Índice de Circularidade	0,24
ICO - Índice entre o comprimento e a área da bacia	1,12

Outra informação da bacia, está relacionada com sua forma é o índice de circularidade (IC), pois valores maiores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada contribuindo para o processo de escoamento, na bacia em estudo este índice foi 0,24.

A razão de Elongação encontrada foi 0,46, sendo esse valor considerado baixo, o que representa característica de uma bacia menos circular assumindo que a mesma é mais alongada e menos susceptível a cheias. O índice entre o comprimento e área da bacia (ICO) determina uma forma de processo como alargamento ou alongamento da bacia. No caso estudado o resultado encontrado foi de 1,12 sendo considerada uma bacia de forma mais alongada em todo seu percurso.

A base hidrográfica da região constitui-se por aproximadamente cinco cursos d'água, sendo o rio farinhas como o rio principal. A rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Farinhas pode ser observada na Figura 2.

**Figura 2 - Drenagem da Bacia hidrográfica do rio Farinhas.**

Dentro da classificação, a hidrografia foi considerada como de ordem cinco, de acordo com o método de Strahler (1957). Ordem inferior ou igual a cinco é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia (Tabela 2). Assim, este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede; sejam eles perenes intermitentes ou temporários; e a área total da bacia (Antoneli; Thomaz, 2007).

A densidade de drenagem encontrada na bacia em estudo é considerada baixa, pois o valor encontrado foi menor que 5 Km/km<sup>2</sup> indicando que esta bacia apresenta drenagem regular com certa tendência em relação à ocorrência de inundações, fato este observado pelo valor baixo do coeficiente de torrencialidade

A sinuosidade do curso d'água principal foi considerada como retilínea pela classificação de Christofletti (1981), pois o valor de  $I_s$  é  $< 20\%$ , fator este observado também pelo valor de SIN que está próximo da unidade, em que Alves & Castro (2003) indicam que o canal é muito retilíneo e, segundo Antoneli & Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimento.

**Tabela 2** - Características da Hidrografias da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

<b>Características da Hidrografia</b>	
Dd - Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )	1,25
Ct - Coeficiente de torrencialidade	1,07
SIN - Sinuosidade do Curso d'água	1,21
I - Extensão média do escoamento	3,35
Ib - índice de bifurcação	5,02

A Tabela 3 apresenta os dados das características do relevo da bacia em estudo. Observa-se que a bacia em estudo possui altitude máxima de 540 m e mínima de 240 m, com elevação média de 565 m. As maiores altitudes são encontradas a oeste e sudoeste da bacia.

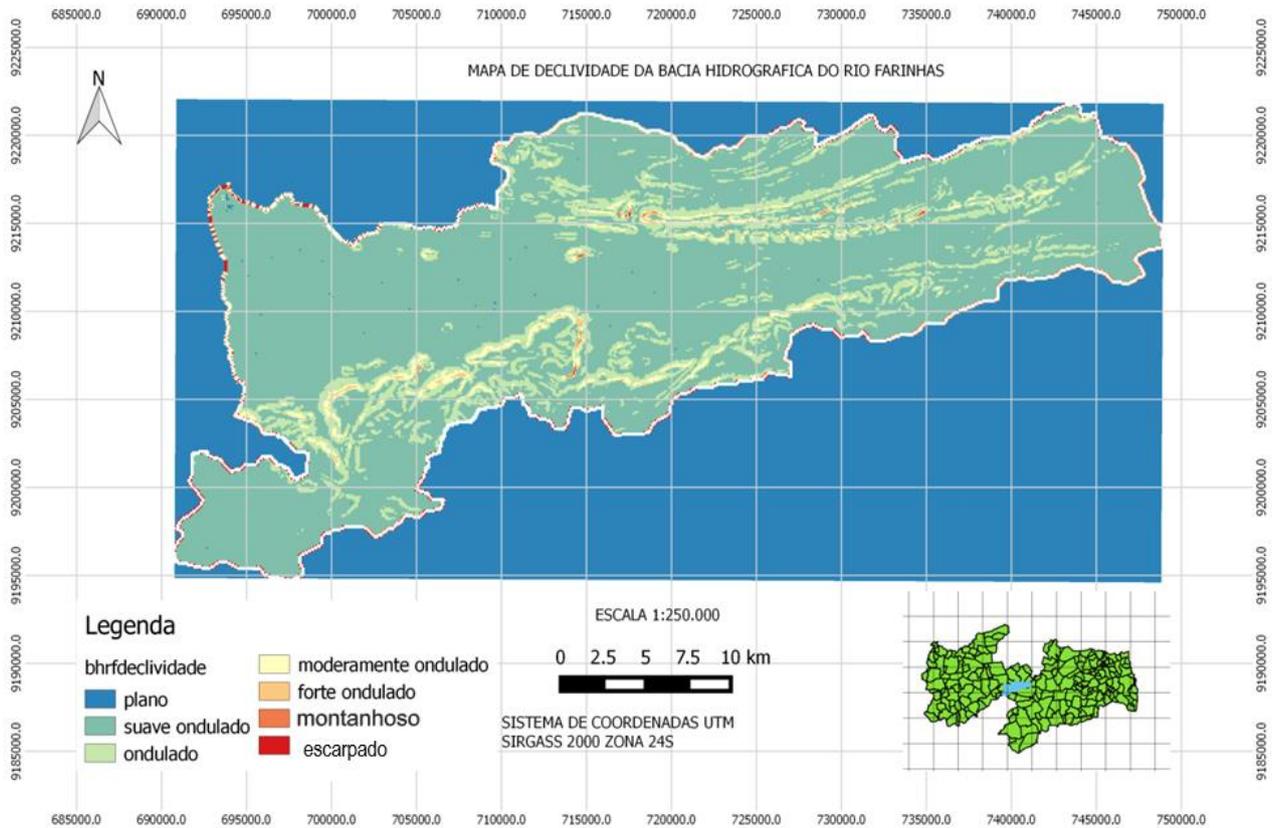
**Tabela 3** - Características do relevo da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

<b>Características do Relevo</b>	<b>Dimensões</b>
L (km) - Lado maior do retângulo equivalente	90,37
lr (km) - Lado menor do retângulo equivalente	8,22
HD - Índice de rugosidade	928,47
Declividade média do rio (m/m)	0,0047

De acordo com Castro & Lopes (2001), a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e 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.

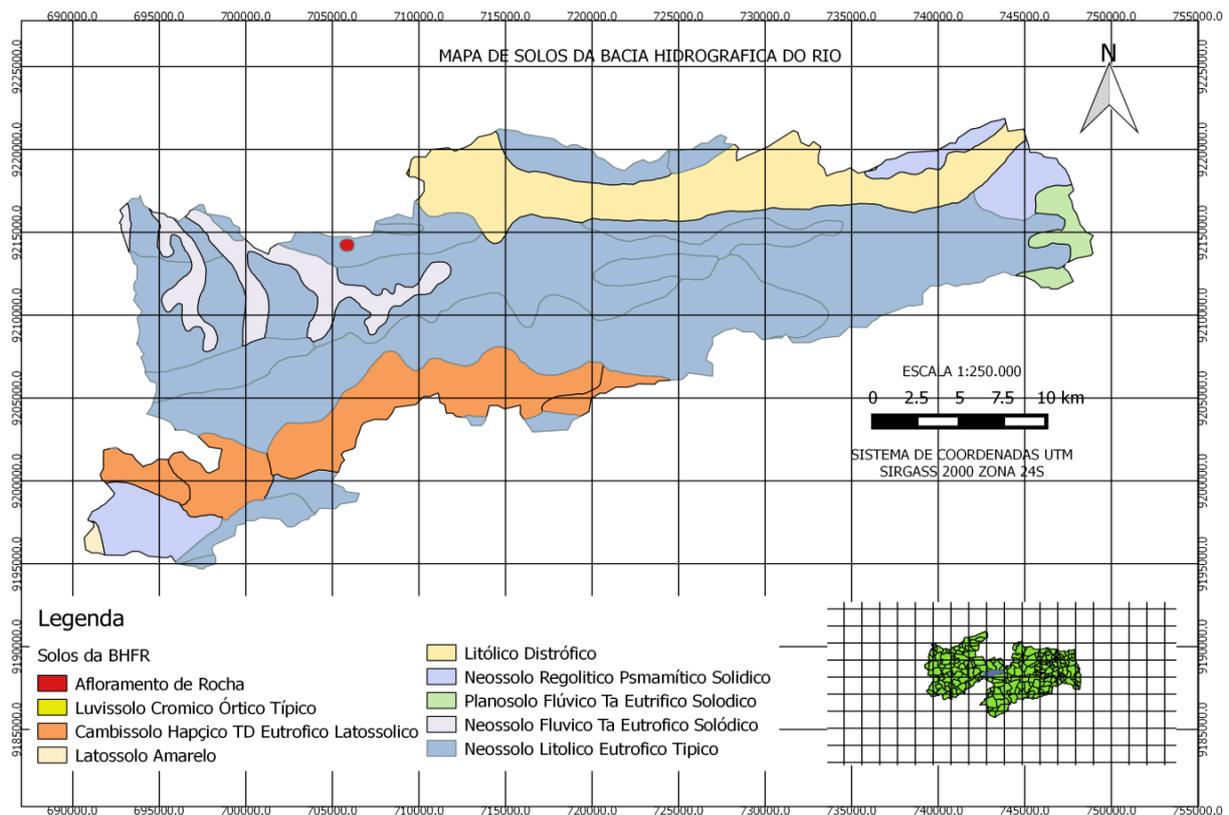
A análise do relevo é um dos principais fundamentos nos estudos de bacia hidrográfica, pois esse elemento influencia diretamente no comportamento hidrológico, como fatores meteorológicos e hidrológicos. Assim, a declividade do relevo está relacionada com os processos hidrológicos, como por exemplo, a velocidade de escoamento de canais de uma bacia hidrográfica e altitude do relevo determinam variáveis como à temperatura, à precipitação e à transpiração em sua área de abrangência.

A declividade média da área de estudo (Figura 3) apresenta resultado de 0,0047 m/m, o que em porcentagem representa 0,47%. Os dados de declividade têm relação direta com os processos erosivos na bacia, portanto há um maior acúmulo de sedimento na bacia, por este motivo, é preciso estar atento a áreas que apresentam as menores declividades.

**Figura 3** – Declividade da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

A bacia hidrográfica do rio Farinhas apresenta oito classes de solos, sendo o Neossolo Litólico Eutrófico Típico, sendo distribuído em maior parte na bacia. Os solos classificados estão atualizados segundo a nova classificação da Embrapa realizada em 1999 (Figura 4).

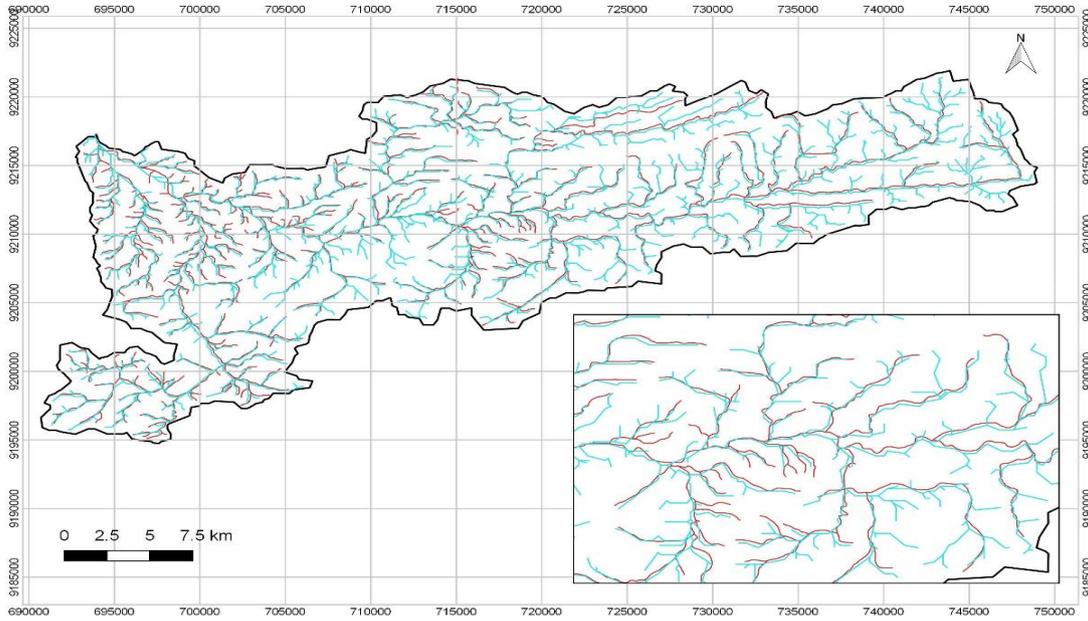
Os Neossolo Litólico Eutrófico Típico compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão (Ageitec, 2015).

**Figura 4 -** Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

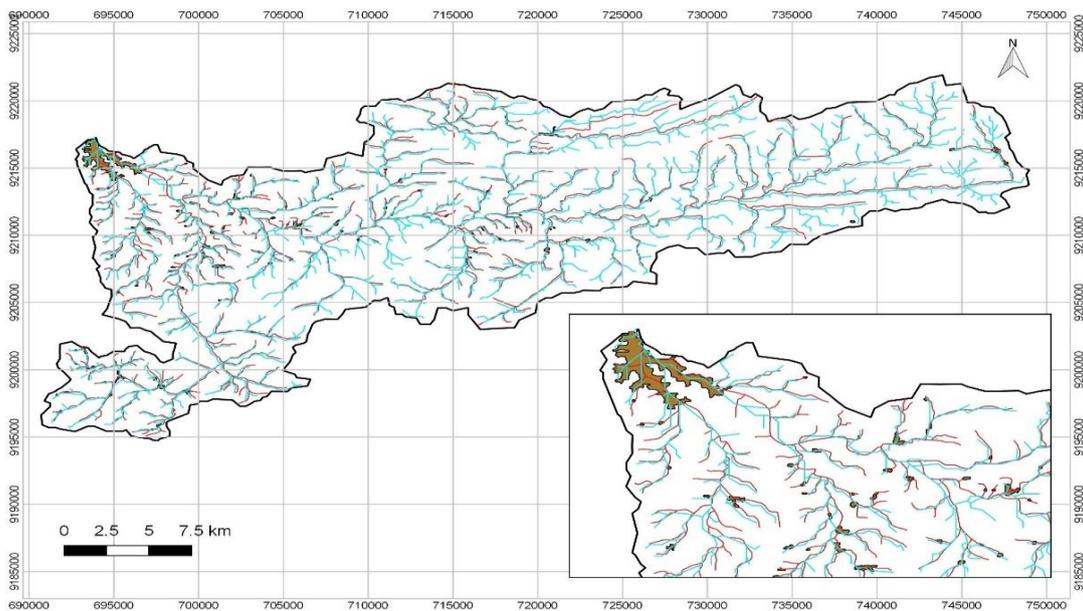
Para avaliar a viabilidade dos dados, fez-se um estudo comparativo entre os produtos provenientes do processamento de imagens SRTM e os dados oficiais do Estado.

De acordo com a Figura 5, percebe-se que os rios principais obtidos pela imagem SRTM são semelhantes aos oficiais da carta topográfica do Estado, no entanto existem algumas disparidades entre as duas drenagens em relação aos afluentes de ambas. A drenagem estadual (linhas vermelhas) apresenta maiores bifurcações em relação à drenagem obtida através de dados SRTM (linhas azuis) e as regiões onde encontra-se maior densidade de ramificações há a ocorrência de linhas paralelas. Isto ocorre devido aos diferentes períodos de coleta de dados, podendo ser comprovado, a partir da sobreposição dos arquivos da bacia. A bacia hidrográfica do rio Farinhas apresenta a presença de linhas paralelas, uma vez que nos dados SRTM, comprova a relação entre linhas paralelas e espelhos d'água da carta do Estado. No entanto, locais em que acontecem essa situação, representam a mudança do nível do rio, caracterizando a acumulação de água nessas localidades em meses mais chuvosos.

**Figura 5 - Sobreposição da drenagem SRTM e da drenagem oficial do Estado da Paraíba.**



**Figura 6 - Ocorrência de linhas paralelas na drenagem SRTM na mesma localização da bacia.**



A Tabela 4 mostra os resultados da Caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas, obtidos a partir dos dados SRTM e a Carta do Estado.

**Tabela 4** – Dados SRTM e Carta do Estado da Paraíba

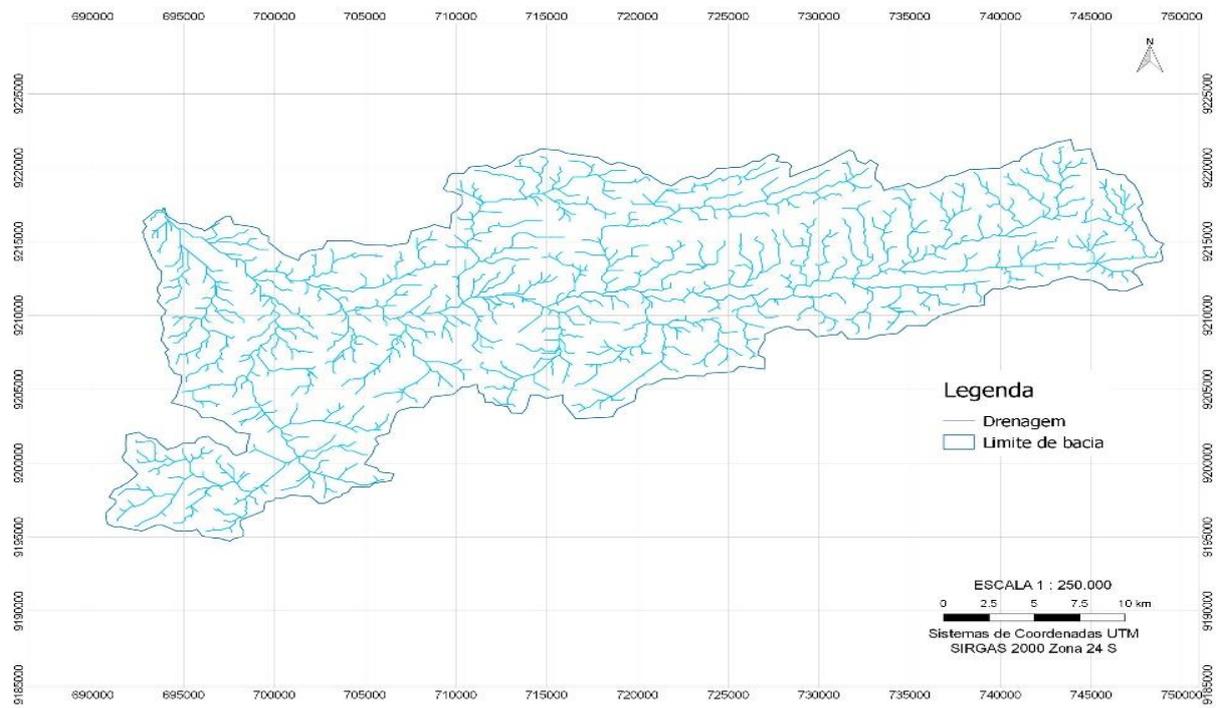
<b>Característica Física</b>	<b>SRTM</b>	<b>CARTA</b>
Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	743,76	783,65
Perímetro (Km)	197,18	196,96
Lt (Km)	929,7	711,41
L (Km)	64,18	65,08
Kc	2,03	1,97
Kf	0,24	0,19
IC	0,24	0,25
Declividade média (%)	0,47	0,42
Ordem da Bacia	5	5
Dd (Km/Km <sup>2</sup> )	1,25	0,91

Os resultados obtidos na delimitação da bacia hidrográfica com dados SRTM (Figura 7), mostram-se compatíveis com os obtidos por meio da delimitação manual a partir de cartas topográficas (Figura 8). Assim, a utilização dos dados SRTM na delimitação de bacias hidrográficas pode ser considerado como uma boa fonte de dados no desenvolvimento de estudos de recursos hídricos. Além disso, a realização de métodos de delimitação de bacias de modo automático apresenta menor subjetividade; deste modo, mesmo se realizando trabalhos em softwares SIG diferentes, os resultados serão mais próximos da realidade se comparados com os métodos manuais que variam com a percepção humana, conforme detalhado nos trabalhos de Jenson & Domingues (1988) e Merkel et al. (2008).

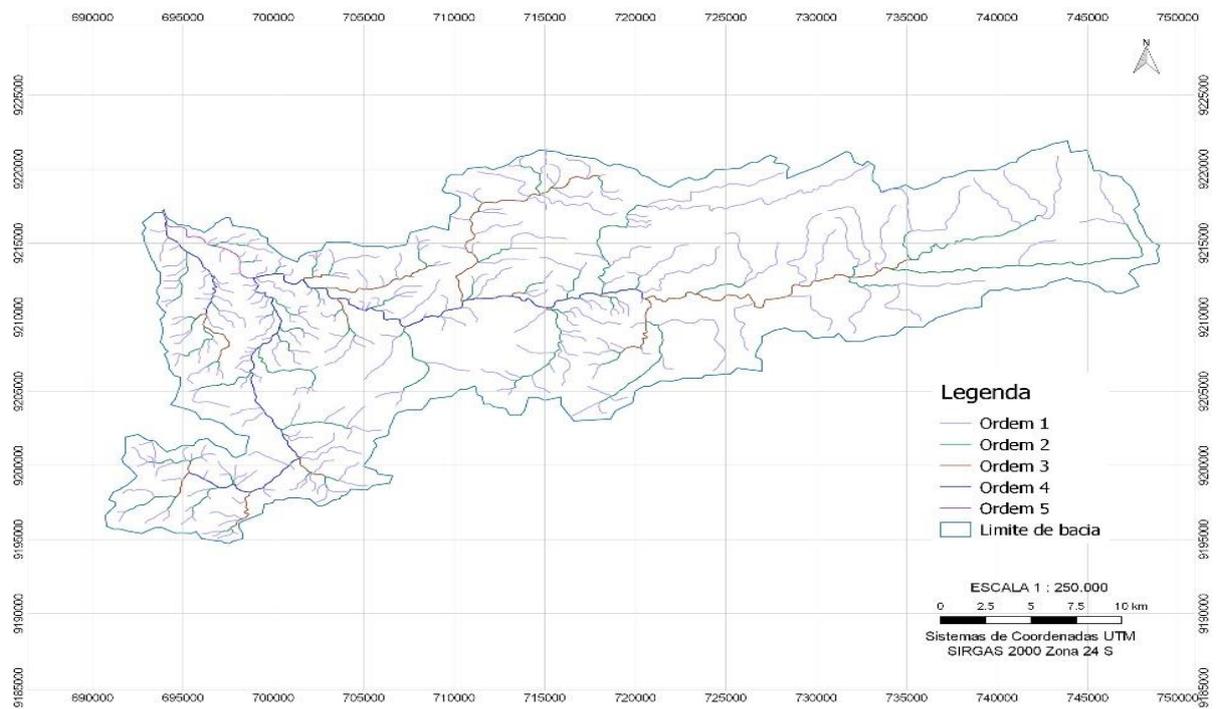
Observa-se na tabela 4 que os dados SRTM, de modo geral, apresentam maiores valores de dados encontrados em comparação aos dados das cartas do Estado. Por exemplo, a área de drenagem das cartas foi avaliada em 783,65 Km e a dos dados SRTM em 743,76 Km; no qual se pode concluir que a imagem de maior valor obteve um maior pixel de resolução, no qual observa-se mais bifurcações e detalhes na imagem. O valor de perímetro encontrados nas duas imagens são bem próximos dos valores resultados. Para os valores de comprimentos de todos os canais (Lt), no qual o valor SRTM tem se um valor bem mais elevado, pode estar atrelado ao fato de que a grade de 90m SRTM focaliza bem mais o valor desses canais.

Nota-se um grau de detalhamento maior nos dados SRTM do que os obtidos de cartas topográficas. Fornelos & Neves (2007) obtiveram resultados semelhantes quando compararam produtos oriundos de SRTM e cartas topográficas, concluindo que esta diferença se deve ao maior detalhamento em áreas planas.

**Figura 7 – Rede de drenagem obtida pelos dados de SRTM**



**Figura 8 – Rede de drenagem oficial do Estado da Paraíba**



#### 4. Conclusões

As ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento deste trabalho mostraram-se eficazes na manipulação dos dados e na caracterização física da bacia hidrográfica do rio Farinhas, com o uso da metodologia de geoprocessamento proposta, gerando dados confiáveis, os quais foram validados fazendo uma comparação com os dados da carta topográfica do governo do estado da Paraíba.

Observou-se que é significativamente importante, para este tipo de estudo, uma verificação em campo, confrontando os valores teóricos obtidos nas imagens com os dados práticos, validando desta maneira os resultados, o que dá consistência e veracidade ao trabalho, aproximando o estudo teórico ao que acontece na realidade.

A partir dos dados encontrados neste trabalho pode-se observar que a bacia hidrográfica do rio farinhas apresenta formato de evidência de não haver enchentes ao seu curso, pois sua forma é considerada irregular. Também se observa que a bacia tem uma forma menos circular, formando assim uma distribuição menos uniforme de córrego de água, pois o valor de Kc (Coeficiente de Compacidade) encontrado foi 2,03.

A densidade de drenagem da referida bacia foi 1,25 km/km<sup>2</sup>, o que indica uma drenagem regular com certa tendência à ocorrência de inundações. Com relação aos solos da área de estudo, a mesma apresenta oito classes de solos, sendo o Neossolo Litólico Eutrófico Típico, o mais predominante e com maior distribuição na maior parte na bacia. Os resultados gerados nessa pesquisa podem proporcionar novos trabalhos, orientar a gestão, bem como subsidiar estudos ambientais no que diz respeito à utilização dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

#### 5. Referências

Aesa – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. (2008). **Mapas do Plano Estadual de Recursos Hídricos**. João Pessoa-PB, Brasil. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>> Acesso: 25 de maio de 2019.

Ageitec – Agência Embrapa de informação tecnológica. (2015). **Arvore do Conhecimento-Solos Tropicais**. Brasília-DF, Brasil. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html). Acesso: 25 de maio de 2019.

Alves, J. M. P., Castro, P. de T. A. (2003). Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do tanque (mg) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, 33 (2), 117-124.

Antoneli, V., Thomaz, E.L. (2007). Caracterização Do Meio Físico Da Bacia Do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, 8(21), 46-58.

Araújo, I. P de. (2010). **Uso e degradação dos recursos naturais no semiárido brasileiro: estudo na microbacia hidrográfica do Rio Farinha, Paraíba**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil.

Bndes – Banco Nacional de Desenvolvimento (1996). **Gestão de recursos hídricos**. Informes de Infra-Estrutura, n.º 5.

Câmara, G., Davis, C., Monteiro, A. M. V. (2001). **Introdução à Ciência Da Geoinformação**. INPE, 2001.

- Castro, P., Lopes, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.
- Cprm – Serviço Geológico do Brasil. (2002). **Programa de Água Subterrânea Para o Semiárido Brasileiro**. Recife-PE, Brasil. Disponível em: < [http://proasne.net/ PA\\_RSNEFinal. pdf](http://proasne.net/PA_RSNEFinal.pdf) > .Acesso: 25 de maio 2020.
- Fornelos, L. F., Neves, S. M. A. S. (2007). Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia**, 59 (1), 25-33.
- Jenson, S. K., Domingue, J. O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54(11), 1593-1600, 1988.
- Lima, W. P. (1986). **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ.
- Lisboa, F.D.S.(2016). **Uso de geotecnologias na caracterização físico-ambientais da bacia hidrográfica do rio Farinha-PB**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil.
- Merkel, W. H., Kaushika, R. M., Gorman, E. (2008). NRCS GeoHydro – A GIS interface for hydrologic modeling. **Computers & Geosciences**, 34 (1), 918-930.
- Oliveira, P.T.S., Alves Sobrinho, T., Steffen, J.L.; Rodrigues, D.B.B. (2010). Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14 (8), 819–825.
- Ribeiro, C. A. A. S., Soares, V. P., Santos, R. M., Soares, C. P. B. (2008). Estruturação topológica de grandes bases de dados de bacias hidrográficas. **Revista Árvore**, 32 (4), 687-696.
- Rizzi, R. (2004). **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Brasil.
- Silva, B. T. (2012). **Uso de Geotecnologias na Determinação das Condições Ambientais e do Assoreamento do Açude Vaca Brava**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil.
- Silveira, A.L.L. (2001). **Ciclo) hidrológico e bacia hidrográfica**. São Paulo: EDUSP.
- Strahler, A.N. (1957). **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Halen: Transactions: American Geophysical Union, v.38. p. 913-920
- Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L., Fuller, B. B. (2007). O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v. 20 (1), 137-157.
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L., Alvares, C. A., Ribeiro, S., Leite, F. P. (2006). Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, 30 (5), 849-857.