

## Análise morfométrica da sub-bacia do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil

Narely Almeida Ferreira<sup>1</sup>  
Paulo de Tarso Ferro Oliveira Fortes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Geologia - UFES/DGEL  
Caixa Postal 21 – 29500-000 – Alegre – ES, Brasil  
narelyalmeida@hotmail.com  
paulo.fortes@ufes.br

### ABSTRACT

This paper aims to analyze the morphometric characteristics of São Mateus watershed, located in Espírito Santo state, Brazil, in order to improve the use of the water resources in the area. In this context, determining the watershed area, the hydrographic and the topographic network consist on important steps. In this study, the first analysis was primarily done through the altimetry data acquired from Topodata Project. Through this data the boundary basin was obtained, showing the drainage network according to different areas of contribution. Based on the automated watershed delimitation, morphometric parameters were calculated. As a result, the basin has an area of 1953,9km<sup>2</sup> and a perimeter of 354,8km. Furthermore, the boundary basin created was compared with the ANA watershed level 5, available on < <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp> > in the same region, showing the similarities/differences between both basin areas. In addition, according to the altimetry extent of the basin, 5 altimetry ranges were created, ranging from 1m to 112m related to the sea level. Also, slope ranges were obtained, following the slope classification from Embrapa's website. The result shows that mostly, the basin is plain to low undulated implying high susceptibility to flooding. The watershed delimitation was accomplished using the software TerraView 4.2.2/TerraHidro 0.4.2 while the hypsometric and the slope maps were created through the Qgis 2.14.7 Essen software.

**Palavras-chave:** watershed, water resources, morphometric characteristics, geomorfologia fluvial.

### 1. Introdução

Com foco ao estudo geomorfológico de bacias hidrográficas, Christofletti (1981) destaca que a geomorfologia fluvial estuda a dinâmica e as formas topográficas que resultam da ação fluvial, sendo um dos setores mais dinâmicos no ramo da geomorfologia. Nesse ramo as bacias hidrográficas compõem uma unidade de análise fundamental, sendo responsáveis pelo condicionamento do regime hidrológico.

No estudo do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, as características físicas da mesma possibilitam o conhecimento da distribuição espacial desses elementos na área. Nesse ponto, Veiga (2011) aponta que o conhecimento dos atributos da bacia é importante para o aproveitamento dos recursos hídricos e Botelho e Silva (2004) valorizam a análise dos parâmetros quantitativos das bacias como ferramenta útil ao planejamento territorial de uma região. Acerca disso Guerra e Guerra (2008) definem o estudo dos parâmetros quantitativos das formas de relevo como Morfometria.

Ainda, Guerra e Cunha (2015) apontam para a aplicabilidade da geomorfologia quando em conjunto aos Sistemas Geográficos de Informação, tornando-se uma ferramenta usada na organização de conhecimento ambiental como por exemplo em análises de redes de drenagem.

Assim, o presente artigo tem por objetivo a análise morfométrica da sub-bacia do Rio São Mateus, ES, a partir de dados de altimetria adquiridos através do projeto Topodata elaborados a partir de dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A sub-bacia hidrográfica localiza-se no município de São Mateus, no norte do Espírito Santo, Brasil, Figura 1.

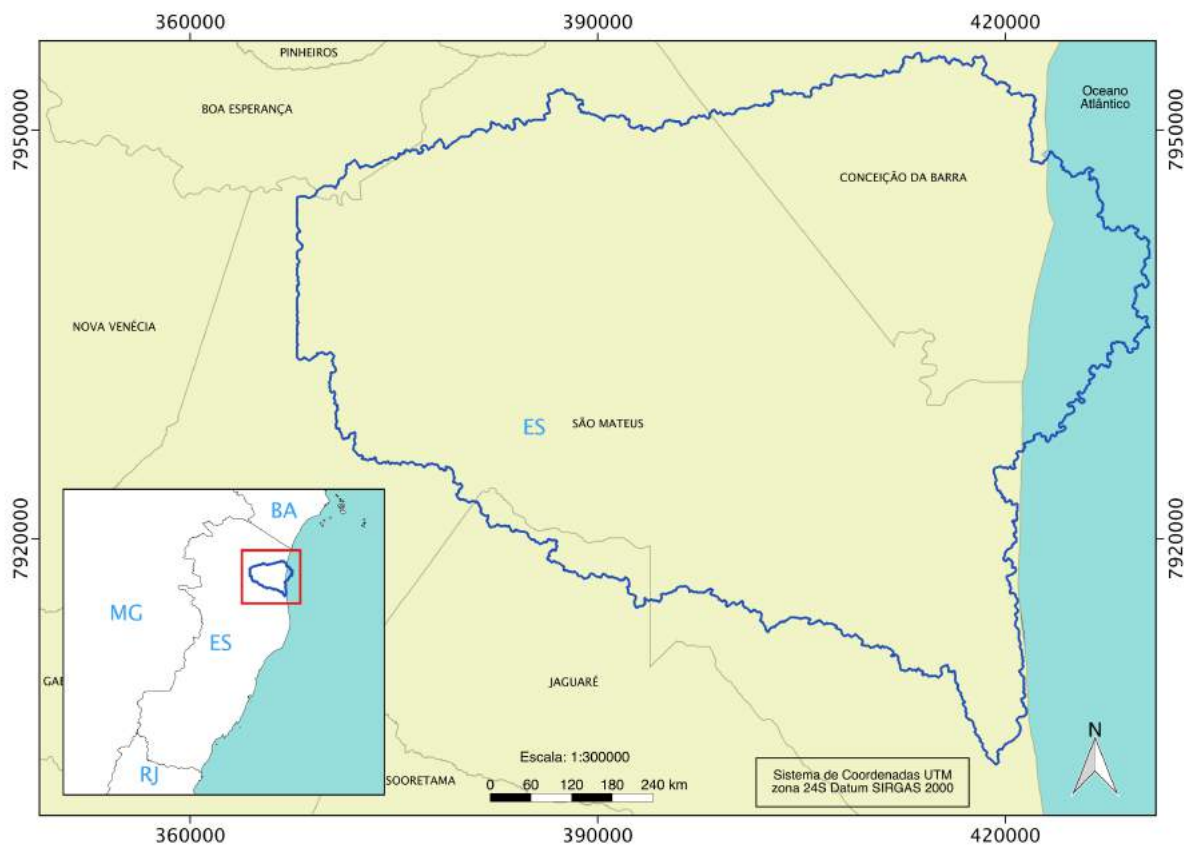


Figura1. Mapa de localização da sub-bacia do Rio São Mateus

## 2. Metodologia de Trabalho

A metodologia do presente artigo pode ser dividida em 4 partes: Tratamento da imagem SRTM-Topodata; Delimitação automática da sub-bacia e extração de drenagem; Cálculos de parâmetros e índices morfométricos.

### 2.1 Tratamento da imagem SRTM - Topodata

A etapa de pré-processamento foi composta pelo tratamento da imagem de altimetria da cena 18S405 proveniente da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) aprimorada pelo Projeto Topodata. O raster utilizado apresenta resolução espacial de 30 m disponível pelo INPE no site <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Através do software Qgis 2.14.7 Essen, a imagem de altimetria adquirida foi projetada para o sistema de coordenadas UTM, zona 24S, Datum SIRGAS 2000 e posteriormente recortada pelo método de retângulo envolvente, de forma que o polígono formado recobrisse toda a sub-bacia de interesse.

### 2.2 Delimitação automática da sub-bacia e extração de drenagem

Nessa etapa, o raster recortado foi importado para o TerraHydro 0.4.2, extensão do software TerraView 4.2.2 e a partir da ferramenta *Hydrology* a sub-bacia foi delimitada. Primeiramente, foi empregado a extração da direção do fluxo local para cada célula, através do parâmetro *Flow Extraction*, resultando na observação da direção do escoamento de água.

O cálculo da área de contribuição foi executado posteriormente, a partir do parâmetro *Contributing Area*, utilizando a grade de fluxo local obtida no passo anterior, gerando uma nova grade em que cada célula representa a quantidade de células na direção do fluxo da água.

Em seguida, a rede de drenagem foi delimitada. Para tal processamento, a partir do parâmetro *Drainage Extraction* fez-se uso da área de contribuição obtida no passo acima,

além de um valor limiar de 22000, indicado pelo programa. O resultado foi uma nova grade em que as células da grade da área de contribuição com valor igual ou maior ao limiar foram marcadas como células de drenagem, gerando assim, a rede de drenagem.

Posteriormente, segmentos de drenagem foram gerados e vetorizados a partir dos parâmetros *Segments* e *Vector Segments*, respectivamente. Esses segmentos consistem em partes da drenagem localizadas entre uma junção e a foz da drenagem, uma nascente e uma junção ou ainda, duas junções.

Após isso, a delimitação da bacia foi elaborada. Dois métodos de obtenção de bacias com o uso da ferramenta *Hydrology* foram executados. O primeiro consiste na delimitação da bacia empregando o parâmetro *MiniBasins* onde cada segmento da rede de drenagem, resultou na delimitação de uma minibacia. O segundo método, baseia-se na delimitação por pontos isolados, com o uso do parâmetro *Watershed Delineation*, onde foi decidido o ponto almejado que foi utilizado como base para a delimitação da bacia. A escolha desse ponto foi realizada de acordo com a análise da rede de drenagem, escolhendo-se o ponto exutório desta, correspondendo ao ponto em que ocorre o escoamento superficial da água. Posteriormente, a área de contribuição do ponto mencionado acima, foi delimitada. Por fim, a bacia delimitada foi vetorizada através do parâmetro *Vector Watersheds*.

Ademais, foi adquirido um *shape* das ottobacias ANA Nível 5, disponibilizado no site da Agência Nacional das Águas a fim de comparação desta com a sub-bacia delimitada pelo método 2, no passo anterior. Para isso, foi feito o recorte da ottobacia almejada além da reprojeção do Sistema de Coordenadas resultando em coordenadas UTM, zona 24S e Datum SIRGAS 2000. A seguir, efetuou-se a superposição de ambos os *shapes* obtidos, além da rede de drenagem extraída.

### 2.3 Cálculos de parâmetros e índices morfométricos;

A partir da rede de drenagem e da delimitação da bacia, foi efetuado cálculos para definição das características morfométricas da bacia. As variáveis obtidas foram: Área (A), Perímetro (P), Índice de Circularidade (Ic), Coeficiente de Compacidade (Kc), Índice de Rugosidade (Ir), Comprimento do Rio Principal (C), Total de canais de drenagem, Comprimento Total dos Canais(Lt), Densidade de rios (Dh), Densidade de Drenagem (Dd), Altitude Máxima (Hmáx) e Altitude mínima (Hmin), Amplitude Hipsométrica ( $\Delta H$ ), e Declividade (D).

### Resultados

A sub-bacia do Rio São Mateus apresenta área de 1953,9 km<sup>2</sup> e perímetro de 354,8 km. O cálculo do coeficiente de compacidade foi executado com base na classificação proposta por Villela e Mattos (1975). O resultado obtido corresponde a 2,247 portanto, maior que 1, indicando que a bacia apresenta baixo escoamento superficial, e conseqüentemente, alta susceptibilidade à inundações. O valor do índice de rugosidade detectado, equivalente à 0,029895977, apresenta valor baixo, o que sugere que a sub-bacia em questão apresenta baixo risco a degradação.

O comprimento do rio principal, parâmetro da rede de drenagem da sub-bacia em questão, é de 87,407 km. Foi calculado um total de 55 canais de drenagem ao longo de toda a hidrografia, e o comprimento total dos canais é de cerca de 526,25 km. O valor de 0,0281488305 canais/km<sup>2</sup> correspondente à frequência de rios, é pouco representativo, indicando que a bacia apresenta poucos canais por área. A densidade de drenagem, calculada em 0,269333128 quilômetros de cursos d' água por quilômetro quadrado de área, aponta que o sistema de drenagem tem baixo grau de desenvolvimento (Villela e Mattos, 1975).

Em relação as características do relevo, Villela e Matos (1975) destacam a importância da bacia sobre fatores meteorológicos e hidrológicos. De acordo com os autores acima, a

altimetria influencia índices de temperatura, precipitação e evaporação. Ademais, a declividade é tem influencia no escoamento superficial da drenagem, determinando a velocidade do mesmo (Vilella e Matos, 1975).

O mapa hipsométrico (Figura 2) representa a elevação da bacia em relação ao nível médio do mar a partir de classes de altimetria obtidas com base nas altitudes máxima e mínima. A altitude máxima detectada foi de 112 m e a altitude mínima equivale à 1 m indicando que a bacia em análise apresenta um baixo amplitude altimétrica, correspondente à 111 m.

A declividade da bacia (Figura 3) consiste em um parâmetro relacionado a velocidade de escoamento superficial. Assim, Villella e Matos (1975) afirmam que a declividade influencia o tempo de transporte da água nos cursos d água até concentrar-se nos leitos fluviais da bacia. Com base na classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979), é possível inferir que a maior parte da bacia apresenta relevo plano (0 à 2% de declividade) à suavemente ondulado (2-5%), além de ondulado (5-10% de declividade) em porções próximas à rede de drenagem.

A delimitação da sub-bacia em questão, realizada pela ferramenta *Hydrology* no TerraHidro 0.4.2, mostra-se, em geral, similar à delimitação de Ottobacia Agencia Nacional das Águas (ANA) Nível 5 na mesma área considerada (Figura 4). O limiar de 22000 indicado pelo programa, índice calculado com base na área de contribuição acumulada, resultou em uma delimitação próxima ao esperado. No entanto, a delimitação automática levou em consideração toda à área composta por cursos d agua, não excluindo as porções que constituem o mar. Esse fato foi responsável pela diferença geométrica resultante entre à bacia delimitada no presente trabalho comparada à delimitação da Ottobacia ANA Nível 5 para a mesma região e provavelmente foi causado por um erro presente no raster adquirido.

Tabela 1. Características morfométricas da bacia

<b>Parâmetros Geométricos</b>	<b>Resultados</b>
Área	1953,9 (km <sup>2</sup> )
Perímetro	354,8 (km)
Índice de circularidade	0,195105893
Coefficiente de compacidade	2,247452264
Índice de rugosidade	0,029895977
<b>Parâmetros da Rede de Drenagem</b>	<b>Resultados</b>
Comprimento do rio principal	87,407 (km)
Total de canais de drenagem	55
Comprimento total da drenagem	526,25 (km)
Densidade de rios	0,0281488305 (canais/km <sup>2</sup> )
Densidade de drenagem	0,269333128 (km/km <sup>2</sup> )
<b>Parâmetros do Relevo</b>	<b>Resultados</b>
Altitude máxima	112 (m)
Altitude mínima	1 (m)
Amplitude Hipsométrica	111(m)

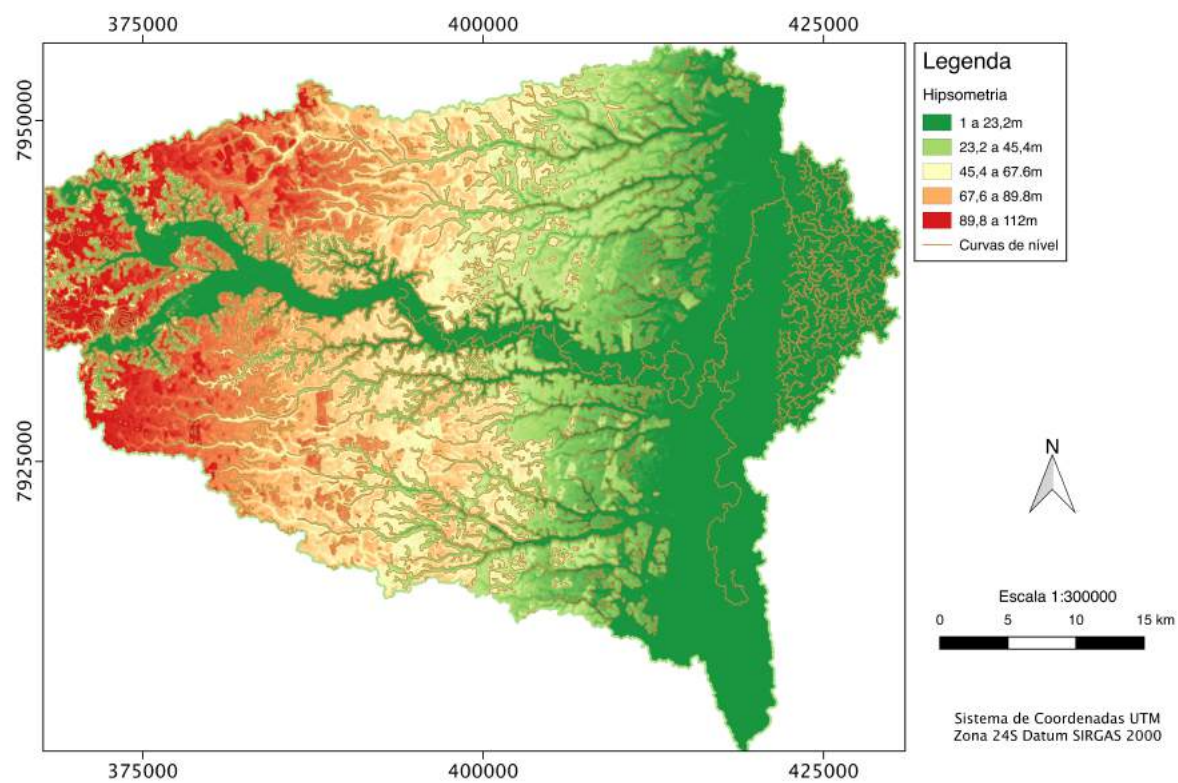


Figura 2. Hipsometria da sub-bacia do Rio São Mateus

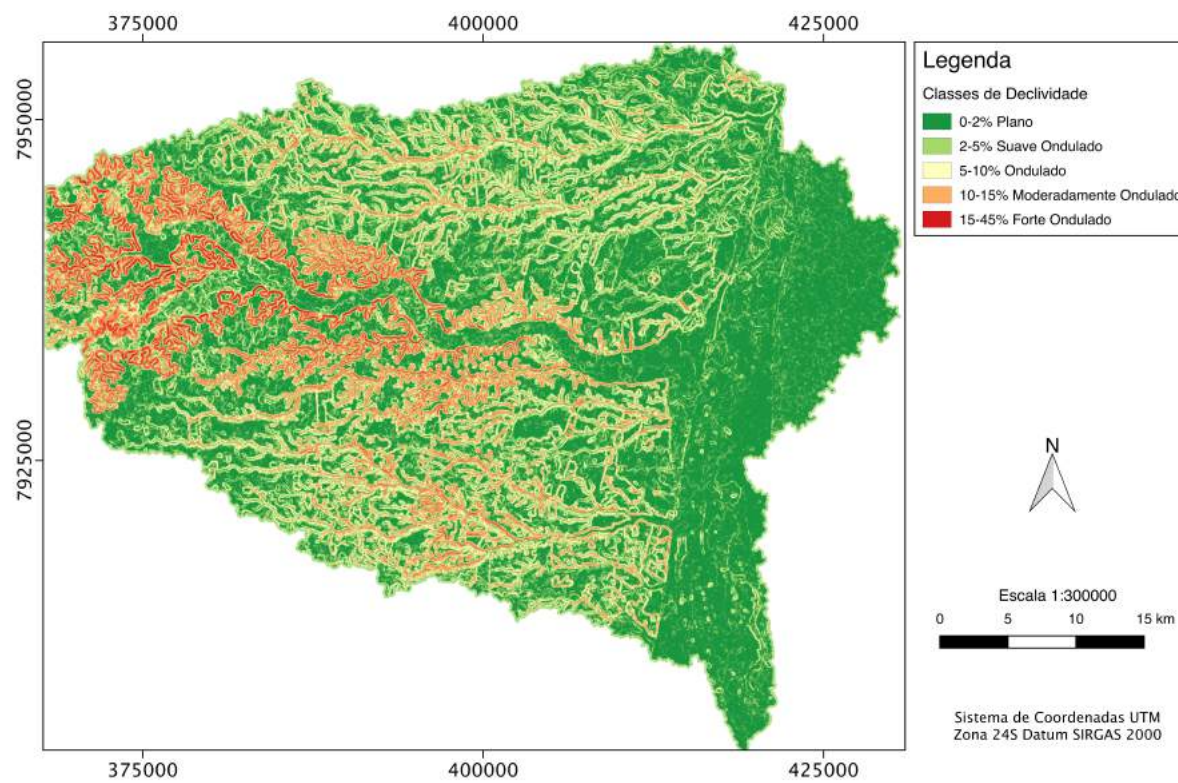


Figura 3. Declividade da sub-bacia do Rio São Mateus

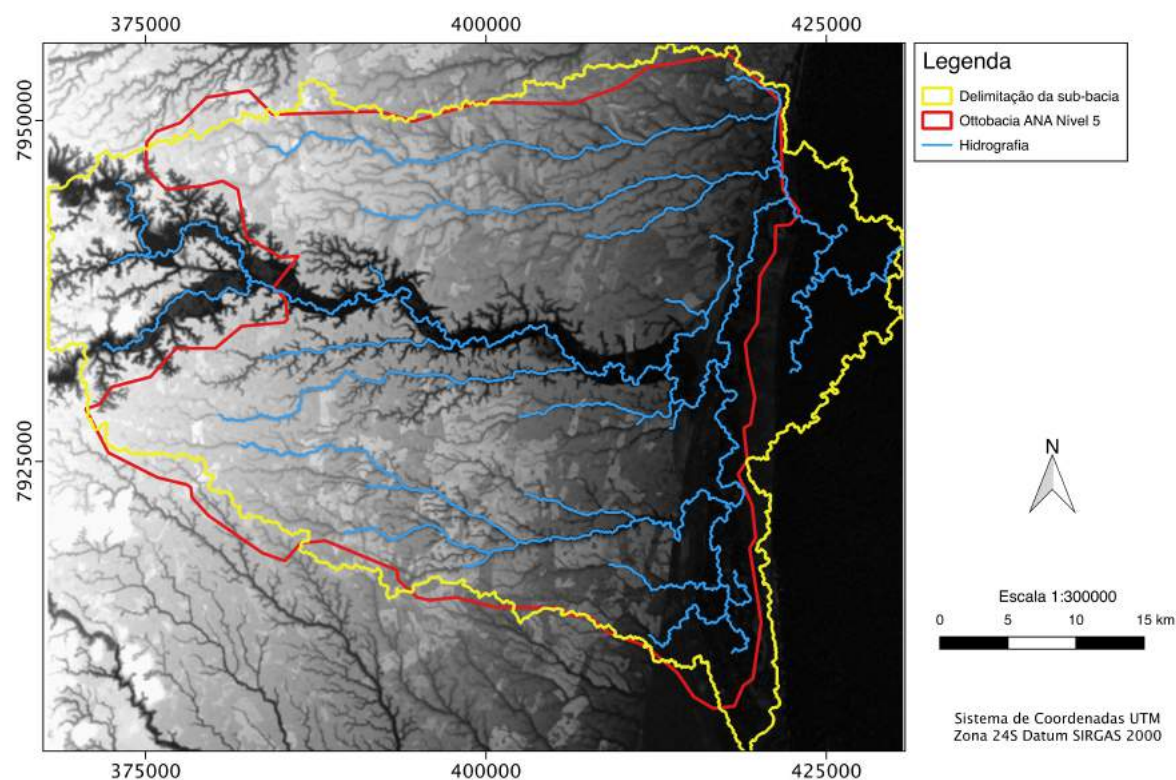


Figura 4. Mapa comparativo de delimitação da sub-bacia do Rio São Mateus

### 3. Conclusão

A análise morfométrica constitui uma ferramenta chave no reconhecimento dos atributos espaciais de uma bacia, ou seja, suas características físicas. Os atributos físicos de uma bacia são resultantes de processos dinâmicos, especialmente por ação fluvial, estudados em um segmento da geomorfologia conhecido como geomorfologia fluvial.

A compreensão das características espaciais de uma bacia é de fundamental importância ao planejamento territorial de uma área, assim como ao aproveitamento dos recursos hídricos.

De acordo com a análise realizada a sub-bacia do Rio São Mateus apresenta baixo gradiente altimétrico, sendo situada relativamente próxima ao mar. Os dados topográficos obtidos indicam que a maior parte da bacia apresenta baixa declividade, com relevo majoritariamente plano à ondulado, caracterizando baixo escoamento superficial. Assim, pode-se inferir que a bacia em pesquisa apresenta alta susceptibilidade à inundações.

O dado de altimetria adquirido no projeto Topodata combinados à processamentos que delimitam a rede de drenagem mostra-se eficaz na análise morfométrica de bacias, possibilitando a execução de cálculos dos demais atributos morfométricos da mesma.

### 4. Referências

Agência Nacional De Águas (ANA). Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp>>. Acesso em: 13.out.2016.

Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 13.out.2016.

Botelho, R. G. M.; Silva, A. S. D.; (Vitte, A. C.; Guerra, A. J. T.; org). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 153-192 p.

Christofolletti, A. **Geomorfologia**. 1980. 111-117 p.

Christofoletti, A. **Geomorfologia fluvial**. Vol IO canal fluvial. 1981.

da Silva, J. X.; (Guerra, A. J. T.; da Cunha, S. B.; org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 394 p.

de Lima, S. F. **Análise morfométrica da bacia do rio Suaçuí Grande: uso da ferramenta SIG no apoio à gestão territorial e de recursos hídricos**. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental- Instituto Federal de Minas Gerais, Governador Valadares. Disponível em: <[http://www.ifmg.edu.br/site\\_campi/g/images/arquivos\\_governador\\_valadares/TCCSimone.pdf](http://www.ifmg.edu.br/site_campi/g/images/arquivos_governador_valadares/TCCSimone.pdf)>. Acesso em: 07.out.2016.

dos Santos Souza, A.; Furrier, M. F.; Nóbrega, W. R.; Valadares, D. N.; & dos Santos, A. D. G. A GEOMORFOLOGIA: UMA REFLEXÃO CONCEITUAL (The Geomorphology: a reflection conceptual). **Cadernos do Logepa**, v. 8, n. 1-2, p. 37-53, 2013.

Guerra, A. T.; & Guerra, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 440 p.

Nicolete, D. A. P.; de Carvalho, T. M.; Polonio, V. D.; Leda, V. C.; Zimback, C. R. L.; Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu – SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-29., 2015, João Pessoa. **Anais XVII** INPE, 2015. Artigos, p. 3988-3994. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0791.pdf>>. Acesso em: 05.out.2016.

Rocha, A. M.; Morais, G. R.; Leite, M. E. Análise Morfométrica da Bacia do Rio Vieira, Montes Claros – MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-29., 2015, João Pessoa. **Anais XVII** INPE, 2015. Artigos, p. 6595-6601. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1430.pdf>>. Acesso em: 05.out.2016.

Trajano, S. R. R. S.; Spadotto, C. A.; Holler, W. A.; Daltio, J.; Martinho, P. R. R.; Fois, N. S.; Santos, B. B. O.; Toschi, H. H.; Lisboa, F. S. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape**. Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2012. 15-22 p.

Veiga, A. M.; Cardoso, M. R. D.; Lino, N. C. Caracterização Hidromorfológica da Bacia do Rio Meia Ponte. **Caminhos de Geografia** v. 14, n. 46, p. 126-138, 2013.

Villela, S.M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975. 245p.