



ANÁLISE ESTATÍSTICA DA MORFOMÉTRIA DAS BACIAS DOS RIOS DA VERTENTE SÃO FRANCISCANA NO ESTADO DE ALAGOAS

Vânia Priscila dos Santos Vieira

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil
vaniaprisilasv80@gmail.com

Flávia Silva Almeida

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil
faw18almeida@yahoo.com.br

José Vicente Ferreira Neto

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil
jvferreiraneto@igdema.ufal.br

RESUMO – A regionalização na Geografia geralmente está ligada diretamente a dados econômicos e de saúde, onde são determinados conglomerados para uma melhor implementação de políticas públicas direcionadas. O agrupamento de bacias hidrográficas é uma prática aplicada no Brasil para um melhor gerenciamento e gestão dos recursos hídricos, baseada apenas no aspecto de vizinhança. Considerando que as bacias hidrográficas, normalmente, são fontes de renda para vários municípios e que os parâmetros morfométricos extraídos de imagens de satélites para a caracterização de bacias hidrográficas são geralmente utilizados para a determinação de suas capacidades hídricas, faz-se necessário um estudo detalhado sobre a morfometria das bacias com o objetivo de regionalizá-las. Nesse sentido, esse estudo apresenta uma regionalização para as bacias hidrográficas da vertente São Franciscana do estado de Alagoas com base em suas similaridades morfométricas, fazendo-se uso das geotecnologias para a determinação dos parâmetros físicos em imagens de satélites. Utilizou-se da ferramenta *skater*, disponibilizada no software TerraView, para definir agrupamentos de bacias. Os resultados indicam uma agregação de bacias com similaridades, apresentando uma nova proposta para a regionalização das bacias dessa região, permitindo uma divisão mais eficaz e servindo como ferramenta para um planejamento físico-territorial adequado com aplicação inclusive de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Geotecnologias; Geoestatística; Regionalização.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE MORPHOMETRY OF THE RIVER BASIN SAN FRANCISCAN BASIN IN THE ALAGOAS STATE

ABSTRACT – Regionalization in Geography is generally directly linked to economic and health data, where conglomerates are determined for a better implementation of targeted public policies. The grouping of hydrographic basins is a practice applied in Brazil for better management and managing of water resources, based only on the neighborhood aspect. Considering that hydrographic basins are usually sources of income for several municipalities and that morphometric parameters extracted from satellite images for the characterization of hydrographic basins are generally used to determine their water capacities, a detailed study on the morphometry of the basins is necessary in order to regionalize them. In this sense, this study presents a regionalization for the hydrographic basins of the São Franciscan strand of the state of Alagoas based on their morphometric similarities, using geotechnologies to determine physical parameters in satellite images. The *skater* tool, available in *terraview* software, was used to define groupings

of basins. The results indicate an aggregation of basins with similarities, presenting a new proposal for the regionalization of the region basins, allowing a more effective division and serving as a tool for an adequate physical-territorial planning with even application of conservation practices.

Keywords: Regionalization; Geotechnologies; Hydrographic basin.

INTRODUÇÃO

Os agrupamentos de bacias em regiões hidrográficas é uma prática muito utilizada em diversos países visando um melhor acompanhamento e implementação de políticas públicas. No entanto, esses agrupamentos geralmente têm unicamente uma finalidade política em suas definições, não considerando as características físicas das bacias.

Os agrupamentos das bacias são baseados apenas no aspecto de vizinhança, ou seja: uma bacia de maior porte é selecionada e outras circunvizinhas, que deveriam apresentar alguma característica semelhante, complementam o agrupamento dessas regiões hidrográficas. Na prática, o que se faz é definir uma bacia de maior extensão territorial e aglomerar as vizinhas à mesma, visando a implementação de políticas de desenvolvimento dessas regiões.

Nesse trabalho foram consideradas as características morfométricas das bacias: forma, sistema de drenagem e relevo. A forma das bacias é caracterizada pelos índices coeficiente de compacidade e fator de forma. As grandes bacias hidrográficas, em geral, apresentam forma de leque ou de pera. As pequenas bacias apresentam formas bem diversificadas. Bacias mais arredondadas são mais sujeitas às enchentes, desconsiderando-se as demais características, tais como: geologia, geomorfologia, tipo de solo, uso e ocupação do solo, etc.

A caracterização da drenagem das bacias é feita através dos parâmetros extensão média do escoamento superficial e densidade de drenagem. Esses parâmetros permitem identificar a capacidade de escoamento de cada bacia.

O relevo das bacias é caracterizado pelos parâmetros hipsométricos elevação média e elevação mediana, além da declividade média da bacia. Esses parâmetros estão relacionados com o fluxo ou escoamento d'água na bacia, associado à velocidade de escoamento e aos processos erosivos e de deposição.

Trata-se de uma pesquisa empírica, onde são combinados os parâmetros de cada característica fisiográfica (forma, drenagem e relevo), para aplicação de um método geostatístico de agrupamento. Esse trabalho propõe uma regionalização das bacias da vertente São Franciscana do Estado de Alagoas considerando o agrupamento de suas bacias hidrográficas por meio de técnicas geostatísticas, partindo-se do pressuposto que as bacias têm características físicas semelhantes para serem aglomeradas e/ou agrupadas em regiões hidrográficas homogêneas.

METODOLOGIA

A bacia hidrográfica compõe-se de divisores de água, de um conjunto de superfícies vertentes que definem sua área de drenagem e de um sistema, padrão ou rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um único leito no exutório, (GUERRA e CUNHA, 1994, p.97).

O engenheiro hidráulico Robert E. Horton foi quem introduziu a metodologia quantitativa para os estudos de bacias de drenagem, estabelecendo leis para o desenvolvimento dos rios e de suas bacias, sugerindo índices e parâmetros analíticos para estudos mais detalhados, (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.106).

Por meio da caracterização fisiográfica, pode-se avaliar a dinâmica fluvial da bacia, definindo ações mais eficazes contra possíveis cheias além de ter um controle sobre a

dinâmica de rios. A fisiografia da bacia consiste, portanto, na caracterização da sua forma, do sistema ou rede de drenagem e do relevo.

Extensão média do escoamento superficial

Pode-se também caracterizar o sistema de drenagem de uma bacia pela extensão média do escoamento superficial, definida como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu, até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia, (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.115). A extensão média do escoamento superficial é igual a $\frac{1}{4}$ do inverso da densidade de drenagem:

$$\bar{l} = \frac{1}{4D_d}$$

Relevo da bacia

Segundo Vilela e Mattos (1975, p.16), o relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto a temperatura, a precipitação, a evaporação, etc., são funções da altitude da bacia. É de grande importância, portanto, a determinação de parâmetros característicos do relevo de uma bacia hidrográfica.

Elevação média da bacia

A elevação média, segundo Vilela e Mattos (1975, p.17), pode ser obtida a partir do gráfico da curva hipsométrica, determinada pelo retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados. A altura do retângulo é a elevação média, o que equivale à equação:

$$\bar{E} = \frac{\sum e_i \cdot a_i}{A}$$

Elevação Mediana

É obtida na curva hipsométrica como o valor da elevação que corresponde a 50% de área acumulada da bacia.

Declividade da bacia

A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade do escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias.

Geralmente é determinada a partir de uma amostra de declividades em pontos definidos pelos nós de uma malha quadrada traçada sobre a bacia. As declividades são medidas ao longo das linhas normais às curvas de nível e os valores obtidos são submetidos a um estudo de frequências permitindo a estimativa das declividades média e mediana dos terrenos da bacia.

A declividade média dos terrenos da bacia também pode ser determinada pela relação entre o produto do comprimento total das curvas de nível ($\sum L_{CN}$) pela equidistância entre elas (DN) e a área total da bacia (A):

$$S = \frac{\sum L_{CN} \cdot DN}{A}$$

Método de Regionalização

Foi utilizada a ferramenta *skater* do software TerraView para realizar a regionalização com base nos limites das bacias (divisores topográficos) que devem ser contíguas e em possíveis semelhanças nos parâmetros de forma (índice de compacidade e fator de forma); de drenagem (densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial); e de relevo (elevação média, elevação mediana e declividade média dos terrenos da bacia).

A ferramenta *skater* é uma metodologia de análise espacial de dados geográficos incorporada como um instrumento de análise do aplicativo TerraView, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, distribuída na internet com código fonte aberto e livre de licença ou restrição de uso. O software “Trata-se de uma situação em que temos um mapa particionado em áreas, cada uma delas com uma posição geográfica determinada, e desejamos que áreas com características semelhantes pertençam ao mesmo conglomerado espacial”. (INPE, 2018, p. 8.42)

As regionalizações são feitas levando em conta critérios de homogeneidade e restrições de contiguidade, através de métodos estatísticos baseados em árvore de regressão e em árvores geradoras mínimas.

Regressão é uma técnica estatística que permite explorar e inferir a relação de uma variável dependente com variáveis independentes específicas. É uma das técnicas estatísticas mais utilizadas na análise de dados com o objetivo de estimar variáveis ou parâmetros desconhecidos e verificar quais covariáveis contribuem significativamente para a variável resposta.

O método de árvore de classificação e regressão (Classification and Regression Tree – CART) tem por objetivo a explicação de uma variável categórica (classificação) ou numérica (regressão) com base em um conjunto de covariáveis e das eventuais interações entre elas.

O TerraView apresenta, juntamente com o mapa de regionalização para cada atributo ou grupo de atributos definidos, o gráfico denominado “Diminuição da Variância”, que permite analisar e definir o melhor número de agrupamentos (regiões) a serem considerados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resumo estatístico dos parâmetros fisiográficos das bacias hidrográficas da vertente São Franciscana. A bacia hidrográfica do riacho Batinga foi excluída desta análise por não se dispor de dados na imagem necessários para determinar os parâmetros fisiográficos. A bacia do Rio Moxotó também foi excluída da análise devido a falta de dados na área pertencente ao Estado de Pernambuco, pela inexistência, na imagem, da rede de drenagem dessa área do delta do São Francisco.

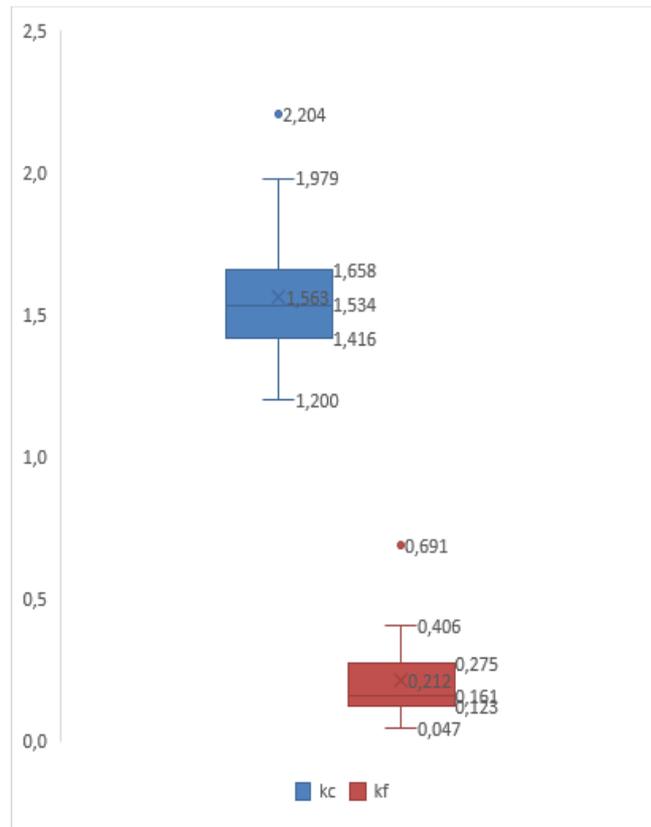
Tabela 1. Estatísticas dos parâmetros morfométricos das Bacias Hidrográficas da vertente São Franciscana

Estatística	K_c	K_f	Densidade de Drenagem (km/km ²)	Extensão Média (km)	Elevação Média (m)	Elevação Mediana (m)	Declividade Média (%)
Média	1.563	0.212	1.008	0.292	201.372	200.393	12,70
Mediana	1.534	0.161	0.851	0.295	202.410	203.498	12,26
D. Padrão	0.242	0.146	0.470	0.108	89.254	85.826	2,77
Coef. de Variação	0,155	0,686	0,466	0,370	0,443	0,428	0,218
Curtose	1.287	4.564	0.602	-0.983	0.050	-0.162	-0,402
Assimetria	0.934	1.896	1.242	-0.025	0.742	0.534	0,505

Fonte: VIEIRA, 2019.

Em relação à forma das bacias dessa vertente, caracterizada pelo parâmetro Índice de Compacidade, o gráfico de caixa da Figura 1 destaca as bacias dos rios Piauí ($K_c = 1,979$) e Perucaba ($K_c = 2,204$), este último considerado um valor atípico máximo. Quanto ao Fator de Forma, o Rio Perucaba também é destacado no gráfico quanto ao valor mínimo desse parâmetro ($K_f = 0,047$), enquanto o rio do Cedro apresenta-se com valor atípico máximo ($K_f = 0,691$). Em ambos os gráficos de caixa, a mediana e a média são próximas, com a média ligeiramente superior à mediana, mostrando que apenas pouco mais da metade das bacias dessa vertente apresentam os valores dos parâmetros (K_c e K_f) abaixo da média.

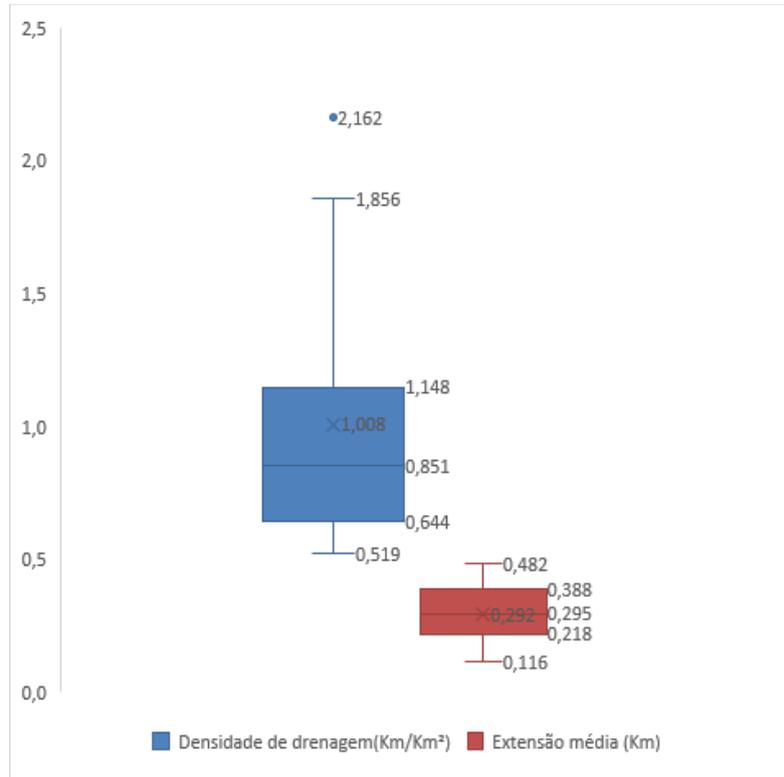
Figura 1. Gráfico Boxplot dos parâmetros de forma das bacias da vertente São Franciscana



Fonte: VIEIRA, 2019.

Com relação ao sistema de drenagem das bacias, a bacia do rio Jacaré apresenta valor atípico máximo da densidade de drenagem em relação às demais bacias da vertente São Franciscana ($D_d = 2,162 \text{ km/km}^2$). O gráfico de caixa mostrado na Figura 2 destaca valor da média desse parâmetro superior à mediana, correspondendo à maioria das bacias com densidade de drenagem abaixo da média. Já para o parâmetro de Extensão Média do Escoamento Superficial não apresenta valores atípicos e a média e mediana são praticamente iguais.

Figura 2. Gráfico Boxplot dos parâmetros de drenagem das bacias da vertente São Franciscana



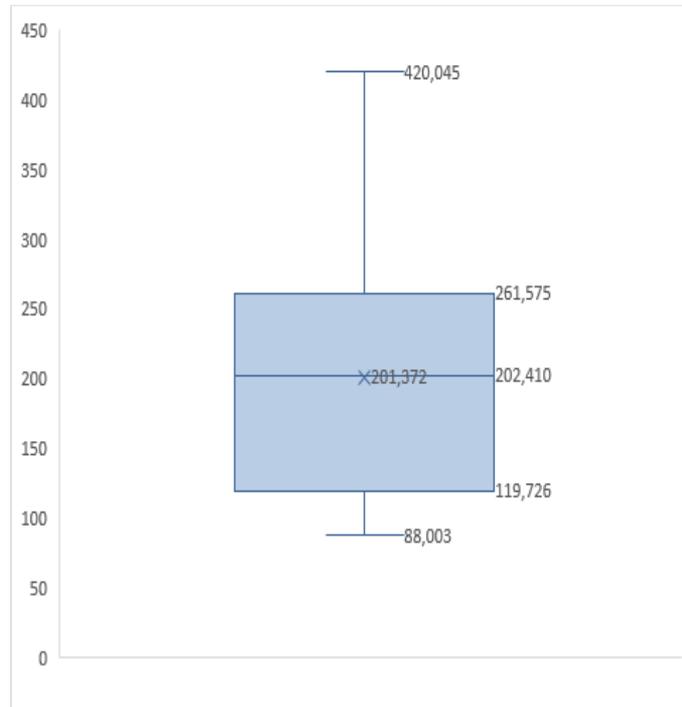
Fonte: VIEIRA, 2019.

Na análise estatística do relevo das bacias hidrográficas foram considerados três parâmetros: Elevação média; Elevação mediana e Declividade média da bacia. O gráfico de caixa da Figura 3 resume as estatísticas referentes à elevação média dos terrenos da bacia, mostrando valores da média e da mediana bem próximos. Não há valores atípicos.

A Figura 4 apresenta o gráfico de caixa do parâmetro Elevação mediana, ressaltando igualmente valores próximos das estatísticas média e mediana. Também não foram detectados valores atípicos para esse parâmetro.

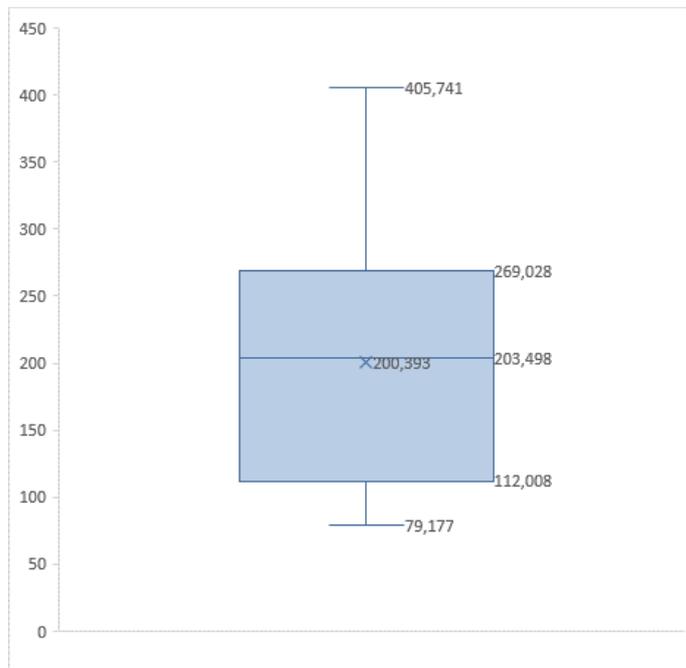
Por fim, a Figura 5 apresenta o boxplot das declividades médias das bacias estudadas ressaltado a média ligeiramente superior à mediana, 12,70% e 12,26%, respectivamente. Não foram registrados valores atípicos de declividade média das bacias estudadas.

Figura 3. Gráfico Boxplot das elevações médias das bacias da vertente São Franciscana



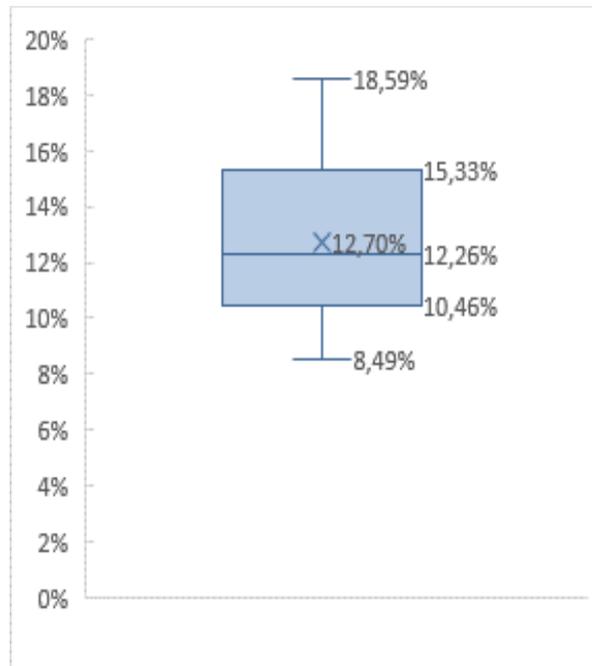
Fonte: VIEIRA, 2019.

Figura 4. Gráfico Boxplot das elevações medianas das bacias da vertente São Franciscana



Fonte: VIEIRA, 2019.

Figura 5. Gráfico Boxplot das declividades médias das bacias da vertente São Franciscana



Fonte: VIEIRA, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à forma das bacias da vertente São Franciscana, o parâmetro índice de compacidade (K_c) apresentou menor variabilidade (Coeficiente de variação – $CV = 0,155$), enquanto o fator de forma (K_f) apresentou maior variabilidade ($CV = 0,686$). Os gráficos de caixa correspondentes mostraram que pouco mais da metade das bacias dessa vertente apresentam os valores desses parâmetros abaixo da média, fato comprovado pelos gráficos de caixa (boxplot).

Com relação ao sistema de drenagem das bacias, a densidade de drenagem apresenta variabilidade ligeiramente superior à extensão média do escoamento superficial. A média dos valores de densidade de drenagem é superior à mediana, correspondendo a uma assimetria positiva. Para a extensão média do escoamento superficial as estatísticas média e mediana são praticamente iguais, correspondendo, nesse caso, a uma simetria.

Os parâmetros elevação média e mediana, característicos do relevo das bacias, embora apresentem valores muito similares e com as médias ligeiramente inferiores às medianas, resultaram em curtoses bem distintas: a elevação média é mesocúrtica e a mediana é platicúrtica (histograma achatado). As demais estatísticas não se diferenciaram significativamente. O parâmetro declividade média, também característico do relevo da bacia apresenta pouca variabilidade, com histograma platicúrtico.

Por fim, observa-se que, de todos os parâmetros calculados, os que podem conter pouca variabilidade, principalmente para dos dados de drenagem. Além disso, os dados de relevo com a apresentação de picos, pode apresentar-se como um parâmetro primordial para uma futura regionalização desses dados.

AGRADECIMENTOS

Obrigada ao Laboratório de Quantificação e Geoestatística pelo espaço cedido a pesquisa. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, ANTONIO. **Geomorfologia**. 2º ed. Ed. Edgard Blucher. São Paulo. 1980.
- GUERRA, Antônio T.; CUNHA, Sandra B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Ed. Bertrand Brasil. São Paulo. 1994.
- GUERRA, Antônio Teixeira; VITTE, Antônio Carlos (org.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 2004.
- TerraView 4.1.0. São José dos Campos, SP: **INPE**, 2018.
Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso em: 11/09/2017.
- TUCCI, Carlos E. M.(org). **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 4ªed. Porto Alegre. Ed. UFRGS/ABRH. 2009.
- VILELA, Suani Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. Ed. McGRAW-Hill do Brasil. São Paulo. 1975.