



SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO ESTUDO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA, SERGIPE - BRASIL

REMOTE SENSING AND GEOPROCESSMENT APPLIED TO THE GEOLOGICAL- GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF THE JAPARATUBA RIVER BASIN, SERGIPE – BRAZIL

TELEDETECCIÓN Y GEOPROCESAMIENTO APLICADOS AL ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO JAPARATUBA, SERGIPE – BRASIL

Sanmy Silveira Lima

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da
Universidade Federal de Sergipe
Email: Sanmy_lima@hotmail.com

José Antônio Pacheco de Almeida

Professor do Departamento de Geologia (DEGOL - UFS); Programa de Pós-Graduação em
Geografia; Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da
Universidade Federal de Sergipe
Email: pachecoalmeidaufs@gmail.com

José Batista Siqueira

Professor do Departamento de Geologia (DEGOL - UFS) da
Universidade Federal de Sergipe
Email: oju296@gmail.com

RESUMO:

Este artigo tem como objetivo aplicar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a caracterização das inter-relações geológico-geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba (BHRJ), localizada no nordeste do estado de Sergipe. A metodologia empregada consiste na aquisição de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) para a extração da drenagem de forma automática, como também do relevo sombreado que deram suporte aos métodos automáticos de extração de lineamentos geológicos e representação linear de topos. Os métodos viabilizaram análises semi-quantitativas no mapeamento das estruturas geológico-geomorfológicas, onde os diagramas de roseta mostram que as três variáveis utilizadas na pesquisa, drenagem, estruturas lineares e representação linear de topos, estão agrupadas de forma preferencial na direção NW-SE e um *trend* subordinado na direção NE-SW, devido ao controle estrutural exercido pelas rochas do embasamento. O estudo serve como fonte de informações das formas do relevo presentes na região, bem como apresenta os riscos de erosão, e restrições para o uso e ocupação urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto e geoprocessamento; SRTM; Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba.

ABSTRACT:

This article aims to apply remote sensing and geoprocessing techniques to characterize the geological-geomorphological interrelationships of the Japaratuba River Basin (BHRJ), located in the northeast of the state of Sergipe. The methodology employed is the acquisition of SRTM data (*Shuttle Radar Topographic Mission*) to extract the drainage automatically, as well as the shaded relief that supported the automatic methods of extraction of geological lines and representation of linear tops. The methods enabled semi-quantitative analyzes in the mapping of the geological-geomorphological structures, where the rosette diagrams show that the three variables used in the drainage survey, the linear structures and the linear representation of tops are grouped preferably in the NW-SE direction And a subordinate trend in the NE-SW direction, due to the structural control exerted by the basement rocks. The study serves as a source of information on the relief forms present in the region, as well as presents the risks of erosion, and restrictions for the urban use and occupation of the Japaratuba River Basin

Keywords: Remote sensing and geoprocessing; SRTM; Japaratuba River Basin.

RESUMEN:

Este artículo pretende aplicar técnicas de teledetección y geoprocesamiento para caracterizar las interrelaciones geológico-geomorfológicas de la Cuenca del Río Japaratuba (BHRJ), ubicada en el noreste del estado de Sergipe. La metodología empleada consiste en la adquisición de datos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para extraer automáticamente el drenaje, así como el relieve sombreado que ha dado soporte a los métodos automáticos de extracción de líneas geológicas y representación de tops lineales. Los métodos permitieron análisis semi-cuantitativos en el mapeo de las estructuras geológico-geomorfológicas, donde los diagramas de roseta muestran que las tres variables utilizadas en la investigación, drenaje, estructuras lineales y representación lineal de las cumbres, se agrupan preferentemente en la dirección NW-SE en una tendencia subordinada en la dirección NE-SW, debido al control estructural ejercido por las rocas cristalinas de base. El estudio sirve como fuente de información sobre las formas de relieve presentes en la región, así como presenta los riesgos de erosión y las restricciones para el uso y ocupación urbana de la Cuenca del Río Japaratuba.

Palabras clave: Teledetección y geoprocesamiento; SRTM; Cuenca del Río Japaratuba.

1 INTRODUÇÃO

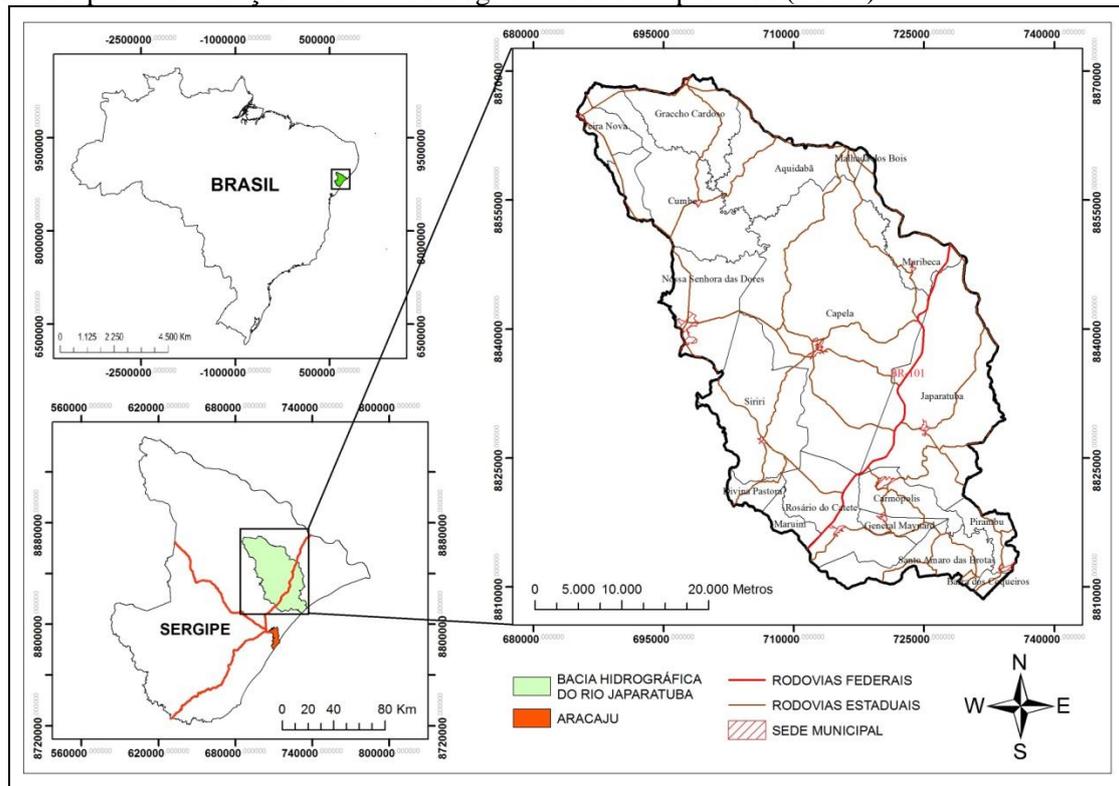
Esta pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba (BHRJ) localizada no nordeste do Estado de Sergipe (Figura 1). O seu acesso principal se faz pela rodovia BR-101. A BHRJ é a única bacia hidrográfica totalmente inserida no Estado, possui uma área de aproximadamente 1.685km², apresenta um perímetro de 247,30 km e seu rio principal, o Japaratuba, tem uma extensão de 135 km. Nasce na Serra da Boa Vista entre os municípios de Feira Nova e Graccho Cardoso e deságua no Oceano Atlântico. Aragão *et al.* (2009) destacam como principais afluentes que compõem a bacia os rios: Siriri, pela margem direita, e o Japaratuba Mirim, pela margem esquerda. Essa bacia hidrográfica abrange total e parcialmente 18 municípios sergipanos.

As geotecnologias têm apresentado um rápido desenvolvimento graças aos avanços tecnológicos das últimas décadas. E são adequadas a diversas aplicações, a exemplo do estudo dos aspectos geológicos, geomorfológicos, ambientais, dentre outros.

Neste trabalho as geotecnologias são empregadas no estudo das inter-relações geológico-geomorfológicas da BHRJ. A utilização dessas tecnologias tem se mostrado eficaz no mapeamento geológico-geomorfológico, uma vez que se pode obter informações sobre a litologia, as estruturas geológicas e o modelado.

O estudo aborda técnicas de tratamento digital de imagens (Landsat 8), análises de imagens multiespectrais e dados interferométricos (Shuttle Radar Topography Mission-SRTM), com o objetivo de melhor compreender as inter-relações geológico/geomorfológicas da BHRJ.

A partir dos dados SRTM são obtidas às imagens sombreadas que permitiram identificar os lineamentos, bem como a extração automática do sistema de drenagem. Como passo seguinte, foram elaboradas a carta de declividade e a hipsometria para subsidiar o estudo geomorfológico da BHRJ.

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba (BHRJ)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A utilização das geotecnologias para a determinação das características da área de estudo é de grande importância. Para isso, são descritas a seguir as etapas realizadas em uma rotina de processamento de imagens e dados, as quais envolvem: modelo numérico do terreno (MNT), relevo sombreado, drenagem automática, lineamento automático, mapa de hipsometria e diagrama de rosetas. Todos os mapas apresentam-se no sistema de coordenadas cartesianas bidimensionais UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum Sirgas 2000, Zona 24S.

Segundo Rabus et al. (2003), para a geração de um MNT, deve-se primeiro efetuar um levantamento de dados disponíveis e procurar caracterizá-los espacialmente. Em seguida, introduz-se os dados no sistema (digitalização/vetorização), estabelecendo os parâmetros de interpolação dos pontos e por fim aplica-se o módulo MNT do *software* Spring para a geração do modelo.

As amostras disponíveis para a elaboração das grades representam o comportamento do relevo da região. Medeiros et al. (2009) afirmam que essa representação não preserva a quantidade e nem a espacialização original dos dados, no entanto permite uma fácil avaliação visual, qualitativa, do modelado. A partir dos dados SRTM foi elaborada a grade retangular utilizada para produzir imagens em níveis de cinza, possibilitando dessa forma, a extração automática da drenagem.



Para a elaboração da imagem sombreada foram utilizados os dados SRTM reamostrados para 30m e manuseados no *Spring*. De acordo com a metodologia proposta por Smith & Clark (2005) se fez necessário duas composições com azimutes e iluminações diferentes. Estas composições por sua vez, devem ser perpendiculares a principal direção das estruturas para formação das zonas sombreadas que identificaram as estruturas lineares.

A drenagem automática foi gerada através do Modelo Numérico do Terreno no *software* ArcGis. A rede de drenagem automatizada foi extraída utilizando a metodologia de Ros & Borga (1997) que consiste na combinação do reconhecimento de pixels côncavos como potenciais pontos de transmissão (*Flow direction*) e na atribuição de um sentido de drenagem para cada célula do MNT e a derivação posterior da rede de drenagem (*Flow Accumulation*).

O trabalho considerou a metodologia desenvolvida por Conceição et al. (2013) os quais utilizaram imagens orbitais e o relevo sombreado para a extração dos lineamentos através de um algoritmo implementado no *software* Geomática. O procedimento desenvolvido por Conceição et al. (2013) consiste em transformar feições lineares contidas nas imagens em um segmento vetorial de forma automática.

A extração de topos foi obtida a partir dos pontos de máximo e mínimo das feições topográficas, no *software* Global Mapper onde o algoritmo calcula o valor de altitude correspondente a dois terços do máximo, e gera isolinhas das altitudes dos topos. Estas isolinhas são armazenadas em um Plano de Informação temático.

O Mapa de declividade ou carta clinográfica, segundo Silva (2009), tem por objetivo "mostrar as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal. Servindo como fonte de informações das formas do relevo, das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana". Tal mapa de aptidões é elaborado com base no MNT a partir da metodologia apresentada por Ross et al. (2000).

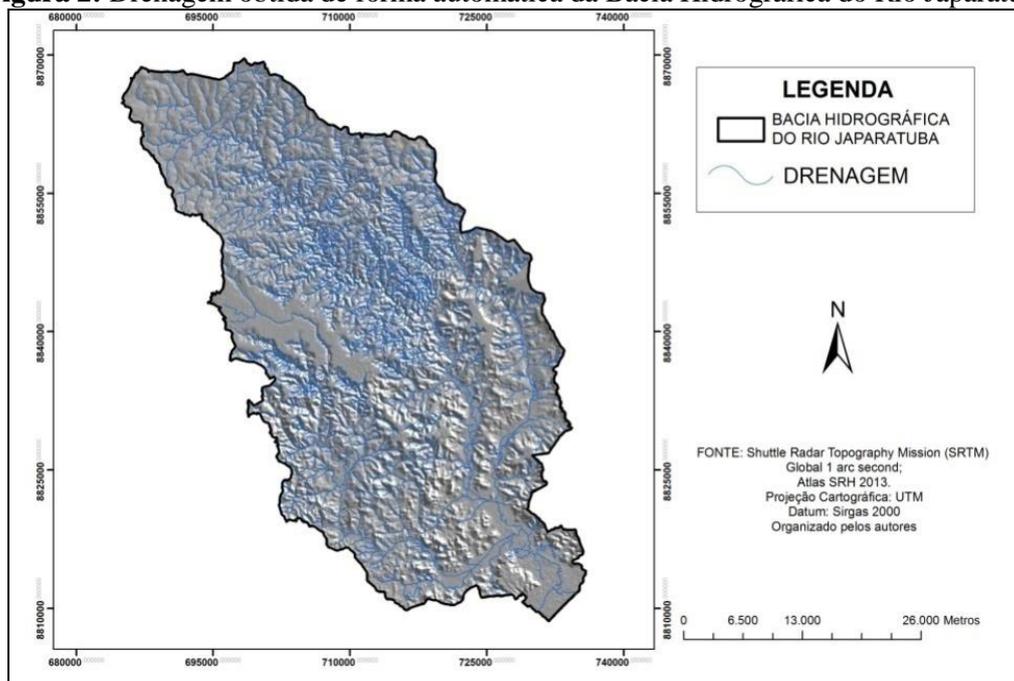
Leonowicz et al. (2009) abordam a hipsometria como uma representação da elevação de um terreno através de cores. As cores utilizadas possuem uma equivalência com a elevação do terreno. Lima et al (2014) afirmam que os estudos hipsométricos possibilitam conhecer o relevo de uma região de forma mais aprofundada e quais são os fenômenos que ocorrem em sua superfície.

Segundo Reeves et al. (1983) e Souza Jr. (1998) os diagramas podem apresentar formas circulares, semicirculares ou em estrela. Os diagramas indicam o número total de estruturas lineares nas direções, a sua frequência ou o seu comprimento acumulado. Este tipo de diagrama é geralmente utilizado para mostrar as direções estruturais dominantes e suas variações. Nesta pesquisa o diagrama de rosetas foi usado para identificação das feições geológicas, como também a direção principal da drenagem e dos topos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação da metodologia na área obteve-se os seguintes resultados: mapa de drenagem obtido de forma automática (Figura 2), o qual apresenta uma rede hídrica diversificada. Segundo o modelo de Strahler (1957) é possível encontrar rios de primeira, segunda e terceira hierarquia. Através da análise da classificação de Strahler (1957) pode-se também compreender o nível de erosão dentro de uma bacia, bem como o grau de transporte de sedimentos e a ação fluvial no relevo, uma vez, que quanto maior a quantidade de drenagens maior será a ação fluvial no relevo. Pode-se verificar na figura 2 uma maior presença de drenagens na zona central da bacia hidrográfica, sendo esta uma zona com alto índice de erosão, e possível baixa permeabilidade do substrato por conta das rochas da Faixa de Dobramentos Sergipana, induzindo ao fluxo superficial.

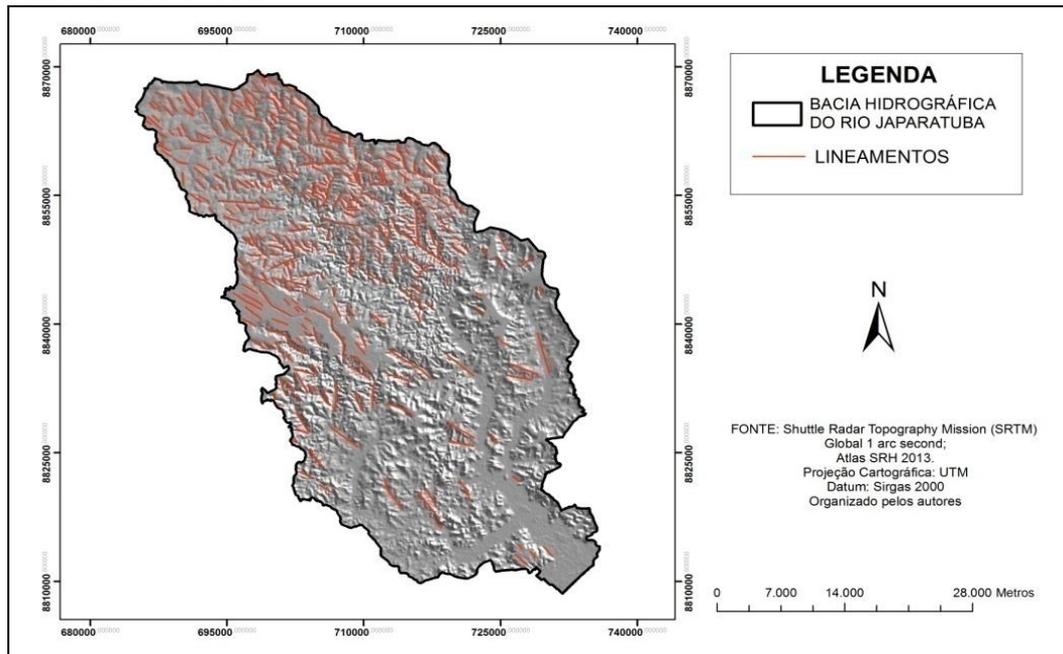
Figura 2: Drenagem obtida de forma automática da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba



Segundo O'Leary et al. (1976) lineamentos são estruturas mapeáveis que apresentam características simples ou compostas de uma superfície, cujas partes são alinhadas apresentando-se de forma retilínea e diferindo dos padrões adjacentes. O mapa de lineamentos (Figura 3) também foi obtido de forma automática de acordo com a metodologia proposta por Conceição et al. (2013), apresentando uma população de 329 lineamentos com tamanhos variando de 342 metros até 7.741 metros. A direção predominante é NW-SE (Figuras 3 e 7).

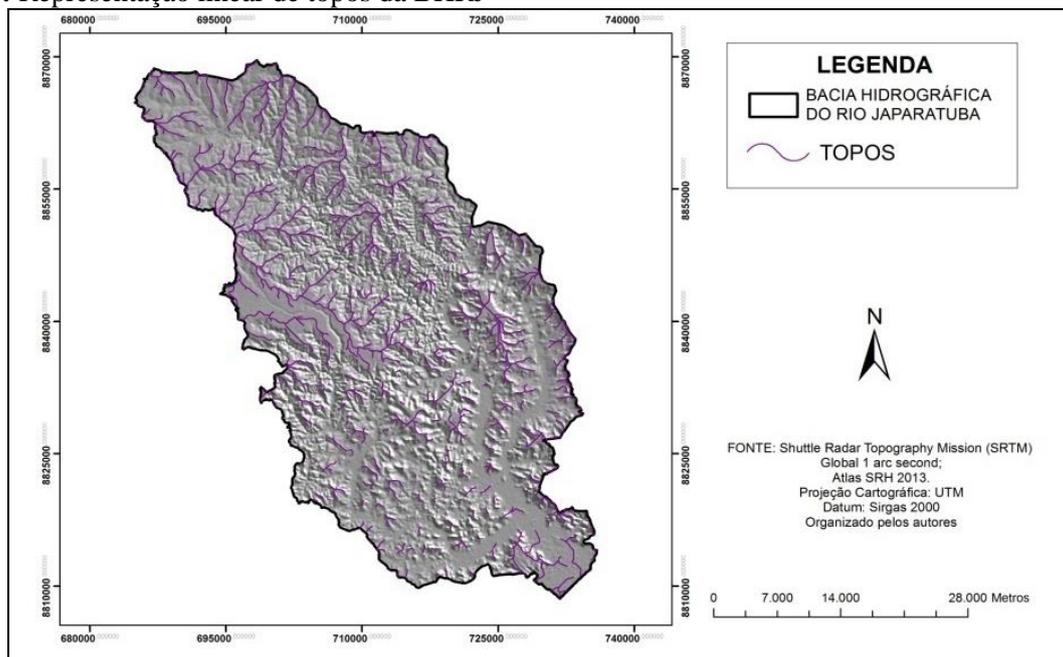


Figura 3: Lineamentos da BHRJ



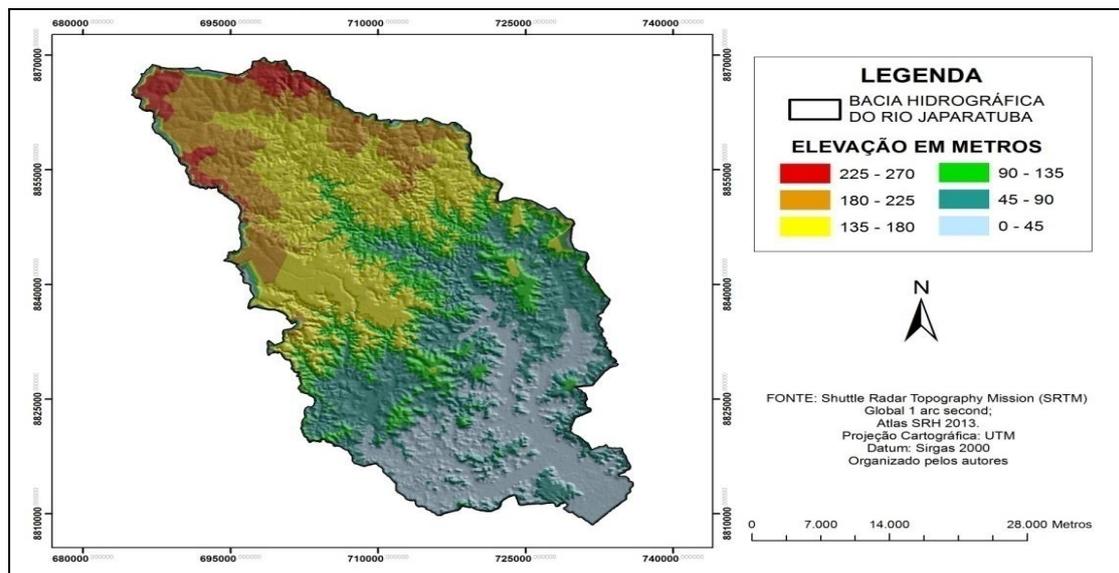
De acordo com a definição de Guerra (2008) topos são as partes mais elevadas de um morro, por vezes pode ser usado como sinônimo de cume. A partir deste conceito básico foi elaborada uma representação linear dos topos (Figura 4), tal representação vetorial foi obtida de forma automática. A Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba tem relevo suave com poucos altos estruturais. É importante salientar que o maior número de representações lineares de topos foi encontrado na borda noroeste da bacia hidrográfica, onde se encontra a Serra da Boa Vista local da nascente do Rio Japarutuba.

Figura 4: Representação linear de topos da BHRJ



Leonowicz *et al.* (2009) afirmam que a hipsometria é um método bastante popular para a representação do relevo e que frequentemente está associado ao relevo sombreado como mostra a Figura 4. Leonowicz *et al.* (2009) ainda ressaltam que as principais formas de relevo positivo ganham destaque no mapa hipsométrico e que as linhas de contorno podem ser deslocadas para a melhor visualização da informação. Tendo estes princípios como base foi gerado o mapa hipsométrico (Figura 5), em um segundo momento foi gerado o mapa de declividade. Braga *et al.* (2005) aborda o cruzamento de tais produtos para a caracterização de forma satisfatória da topografia. Com a sobreposição das informações também foi possível individualizar as unidades que compõe a área. O mapa hipsométrico destaca seis diferentes classes de elevação, com maior representatividade temos a classe de 0-45m e a classe de 135-180m. A classe de 225-270m representa parte da Serra da Boa Vista onde se localiza a nascente do rio principal da bacia hidrográfica estudada.

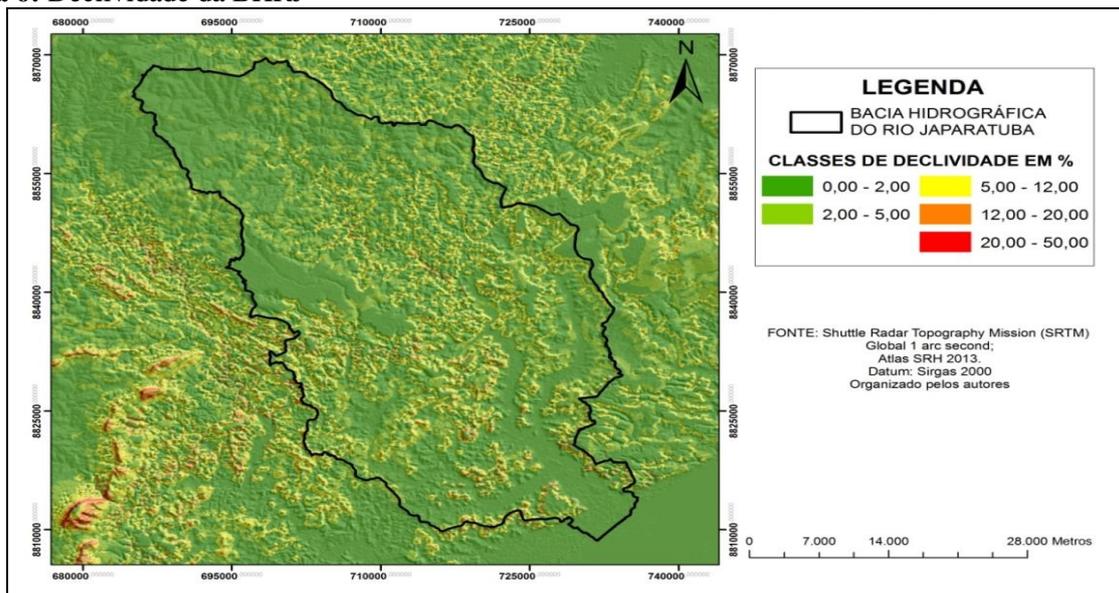
Figura 5: Hipsometria da BHRJ



A declividade da área agrupa-se em cinco classes, definidas a partir da metodologia elaborada por Ross *et al.* (2000), onde tais classes são representadas por porcentagem. A figura 6 destaca como principais classes as que se apresentam no intervalo entre 0-2% e 5-12%. O mapa de declividade (Figura 6) foi apresentado para a área da bacia hidrográfica e seu entorno, uma vez que se realizou o corte somente para a área de estudo ocasionaria prejuízo à qualidade do dado apresentado.



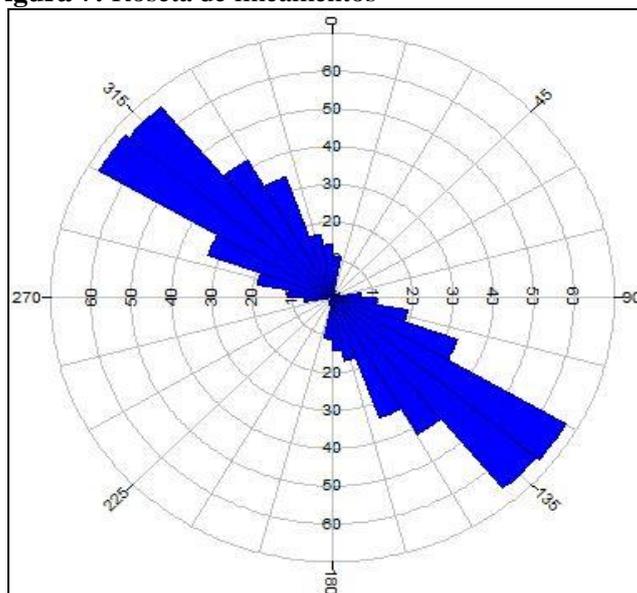
Figura 6: Declividade da BHRJ



Por fim foram utilizados os diagramas de roseta para mostrar a frequência e a principal direção das estruturas geológicas (lineamentos) e geomorfológicas (representação linear de topos). Também foi elaborada uma roseta de drenagem, a qual está relacionada com a geologia e a geomorfologia.

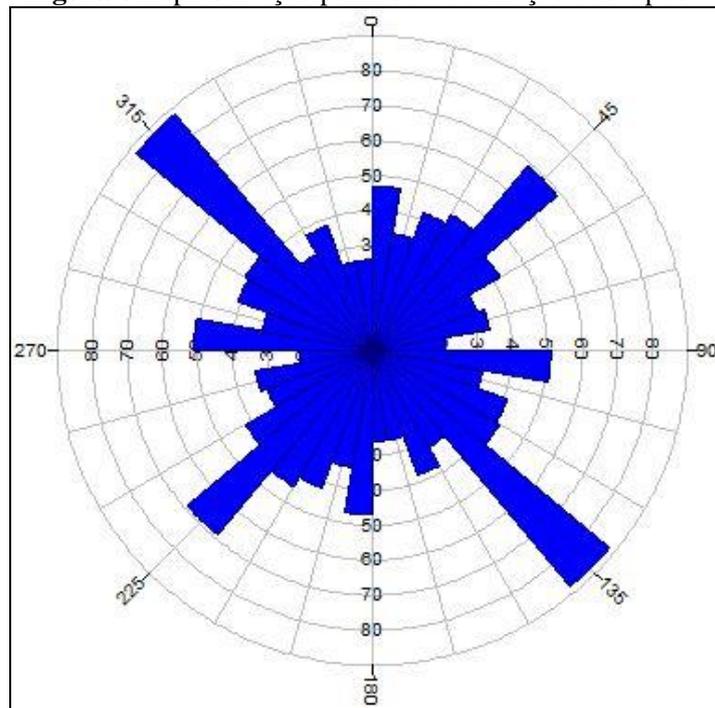
A Figura 7 mostra a frequência e a direção principal dos lineamentos da BHRJ. Onde se verifica que há significativo controle estrutural, e o diagrama de roseta apresenta uma direção NW-SE bem definida.

Figura 7: Roseta de lineamentos



Pode-se verificar que tanto os diagramas de roseta de lineamentos quanto o diagrama de roseta das representações lineares de topos (Figura 8) apresentam a mesma direção principal (NW-SE). Entretanto o diagrama de roseta das representações lineares de topos (Figura 9) também realça um trend NE, os quais devem refletir as foliações, as fraturas e as falhas presentes na área de estudo. Assim pode-se afirmar que na BHRJ a geomorfologia está associada às estruturas geológicas.

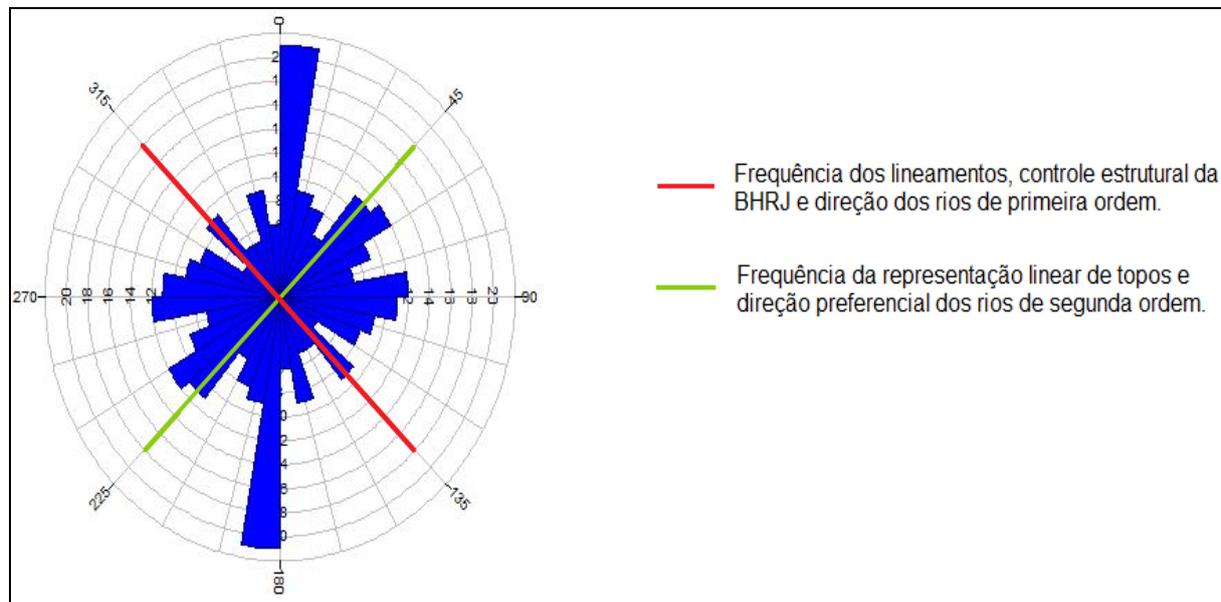
Figura 8 Representação por roseta da direção dos topos



Como abordado na metodologia o diagrama de roseta mostra a frequência e a direção das feições geológicas e geomorfológicas.

A partir dos dados obtidos pelo mapa de drenagem e pelo diagrama de lineamentos verifica-se que o rio principal da BHRJ tem seu curso na mesma direção das feições lineares (lineamentos), porém por ser apenas um rio sua frequência finda sendo menor que a dos demais rios de segunda e terceira ordem (Figura 9). Devido à quantidade de rios de terceira ordem encontrados na região as direções de drenagem não se encontram em total conformidade com os demais diagramas de roseta (lineamentos e representação linear de topo), mesmo assim é possível notar uma frequência na direção NE/SW assim como a mesma direção se encontra presente na roseta de direção de topos de maneira mais destacada, deixando assim evidente as inter-relações entre a drenagem, a geomorfologia e a geologia.

Figura 9 Diagrama de roseta da drenagem



4 CONCLUSÕES

Os métodos viabilizaram análises semi-quantitativas no mapeamento das estruturas geológico-geomorfológicas, onde os diagramas de roseta mostram que as três variáveis utilizadas na pesquisa, drenagem, estruturas lineares e representação linear de topos, estão agrupadas de forma preferencial na direção NW-SE e um *trend* subordinado na direção NE-SW, devido ao controle estrutural exercido pelas rochas do embasamento. Estas observações corroboram com a correlação existente entre a geomorfologia e a geologia, bem como a importância do estudo integrado das mesmas.

É importante ressaltar que os dados obtidos por esta pesquisa podem auxiliar no ordenamento territorial da BHRJ, pois o mapa de declividade ou carta clinográfica mostra as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal. Servindo como fonte de informações das formas do relevo, das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana. Os dados são gerados de forma rápida e podem ser atualizados ao longo do tempo para o aprimoramento dos estudos da bacia hidrográfica, bem como para gestão de uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japarutuba, SE, via SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n 7, p. 731-740, 2011.
- BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 318 p. 2005.
- CONCEIÇÃO, R. A. C.; SILVA, A. Q. Extração automática de lineamentos utilizando imagens SRTM, Landsat ETM+ e ALOS PALSAR na região de Nobres, MT. In: Epiphany J.C. N., Galvão L.S., editores. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**: abril 13-18; Foz do Iguaçu, PR. São José dos Campos (SP): INPE, p. 3688-3695, 2013.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 648 p. 2008.
- LEONOWICZ, A. M.; JENNY, B; HURNI, L. Automatic generation of Hypsometric layers for small-scale maps. **Computers & Geosciences**, v 35, p. 2074-2083, 2009.
- LIMA, S. S; ALMEIDA, J. A. P; SIQUEIRA, J. B.; ALMEIDA, G. M.; ROSA, L. R. J. Aplicação de geoprocessamento e dados SRTM no estudo geomorfológico do município de Malhador-SE. In: **Anais do VII Geonordeste**: novembro 18-21; Aracaju, SE. Aracaju (SE): RESGEO, p. 139-143. 2014.
- MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L.G. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n2, p. 138-151. 2009
- O'LEARY, D.W; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A.; Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. **Geological Society of America Bulletin**, v. 87, n. 10, p. 1463-1469, 1976.
- RABUS, B.; EINEDER, M; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography-a new class of digital elevation models acquired by space borne radar. **ISPRS. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.
- REEVES, R. G.; ANSON, A.; LANDEN, D. **Manual of remote sensing**. Fall Church: American Society of Photogrammetry, 2440 p. 1983.
- ROS, D; BORGA, M. Use of Digital Elevation Model Data for the Derivation of the Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph. **Hydrological processes**, v. 11, p. 13-33, 1997.
- ROSS, J; SANCHES, L. Geomorfologia aplicada aos EIA's RIMA's. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. editores. **Geomorfologia e Meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 335 p. 2000.
- SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C.; Tutorial de cartografia geomorfológica. **Revista geográfica acadêmica**, v. 3, n 2, p. 1-66. 2009.



SMITH, M. J.; CLARK, C. D. Methods for the visualization of digital elevation models for landform mapping. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, p. 885-900, 2005.

SOUZA-JUNIOR, M. A. **Sensoriamento remoto aplicado no estudo de estruturas geológicas com ocorrências de depósitos minerais, na porção centro-norte do estado da Paraíba**. São José dos Campos: INPE. 122 p. 1998.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

Recebido em 21 de dezembro de 2016

Aprovado em 16 de maio de 2017

