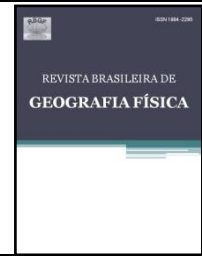




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Extração de Atributos Morfométricos da Serra Mossoró (Mossoró-RN) a Partir do Modelo de Elevação Digital (MDE)

Gutemberg Henrique Dias¹; João Paulo Bezerra Rodrigues²; Francisco Sérgio Coelho³; Robson Fernandes Filgueira⁴; Filipe da Silva Peixoto⁵

¹Mestre em Ciências Naturais, Professor do Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Central, s/n, BR 110, Km 48, CEP 59610-210, Mossoró, Rio Grande do Norte. (84) 3315-2115. gutembergdias@uem.br (autor correspondente). ²Mestrando em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. jotapaulo87@gmail.com. ³Graduado em Licenciatura em Geografia, Analista Técnico, PROGEL – Projetos Geológicos Ltda. sergio.coelho@progel.com.br. ⁴Doutorando em Geografia, Professor do Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. robsonfilgueira@uem.br ⁵Doutor em Geologia, Professor Assistente I, Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. fpeixoto10ufc@gmail.com.

Artigo recebido em 13/05/2019 e aceito em 10/12/2019

RESUMO

Por possibilitar o cálculo rápido e preciso de variáveis associadas ao relevo, nas últimas décadas, o aprimoramento do Modelo Digital de Elevação (MDE) tem contribuído bastante para a pesquisa geomorfológica, particularmente em áreas de bacias sedimentares. No setor noroeste da Bacia Potiguar, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, existe uma elevação que se destaca em meio ao relevo plano, conhecida como Serra Mossoró. Apesar da importância da região no que se refere à exploração de água subterrânea, prospecção de petróleo e fruticultura tropical, os trabalhos já produzidos sobre esta forma de relevo são escassos e superficiais. Este trabalho tem como objetivo realizar a extração de atributos morfométricos da Serra Mossoró e de suas adjacências a partir de Modelo de Elevação Digital (MDE), de modo a precisar a classificação deste relevo e correlacioná-lo com a neotectônica regional. Pesquisa bibliográfica, tratamento de imagens orbitais georreferenciadas com *software* de mapeamento e observações de campo possibilitaram a elaboração dos mapas hipsométrico, de relevo sombreado (*hillshade*) e clinométrico. A análise dos dados hipsométricos evidencia que a Serra Mossoró está estruturada em patamares e rampas, apresentando altimetria máxima de 268 metros. O mapa de relevo sombreado confirma a ocorrência de lineamentos nos sentidos NE-SW e NW-SE, bem como, em menor proporção, no E-O, já descritos em outros trabalhos. Juntos, os mapas hipsométrico e de relevo sombreado definem a estrutura da Serra Mossoró como um inselberg de natureza sedimentar, resultante da erosão diferencial nas rochas da Bacia Potiguar. Palavras-chave: Serra Mossoró, mapeamento geológico-geomorfológico, atributos morfométricos, Modelo Digital de Elevação.

Extraction of Morphometric Attributes from Serra Mossoró (Mossoró-RN) From the Digital Elevation Model (MDE)

ABSTRACT

For enabling a rapid and accurate calculation of the variables associated to relief, in the last decades the enhancement of the Digital Elevation Model (DEM) has contributed greatly to geomorphological research, particularly in sedimentary basin areas. In the northwestern section of the Potiguar Basin, in the municipality of Mossoró, state of Rio Grande do Norte, there is an elevation that stands out in the middle of the flat relief known as Serra Mossoró. Despite the importance of the region in the exploration of groundwater, oil prospecting and tropical fruticulture, the works already produced on this landform are scarce and superficial. From the analysis of morphometric attributes, this work aims to produce the DEM of Serra Mossoró and its surroundings, in order to clarify the classification of this relief and correlate it with the regional neotectonics. Bibliographical research, treatment of georeferenced orbital images with mapping software and field observations enabled the elaboration of the hypsometric, hillshade and clinometrical. The analysis of hypsometric data shows that Serra Mossoró is structured in steps and ramps, with a maximum altimetry of 268 meters. The hillshade map confirm the occurrence of lineaments in the NE-SW and NW-SE directions, as well as, to a lesser extent, in the E-O direction, already described in other works. Together, the hypsometric and hillshade maps define the Serra Mossoró structure as a sedimentary inselberg resulting from differential erosion in the rocks of the Potiguar Basin.

Key words: Serra Mossoró, geologic-geomorphologic mapping, morphometric attributes, Digital Elevation Model.

Introdução

Os primeiros estudos geomorfológicos que utilizavam Modelos Digitais de Elevação (MDE) remontam à década de 1960 e eram realizados a partir da digitalização de cartas topográficas em programas rudimentares (Souza e Almeida, 2014).

Ao longo das últimas décadas, as geotecnologias utilizadas na análise do relevo vêm sendo aprimoradas (Soares Neto et al., 2017)

As geotecnologias, segundo Miranda (2015), contribuem para o avanço e melhoramento de pesquisas relacionadas ao planejamento, à análise do espaço, ao manejo e à gestão e são importantes para o processo de pesquisa. Pinto (2016), França et al. (2017) e Brito et al. (2018) atentam para aplicação do MDE no manejo ambiental de áreas agrícolas. Gouveia e Ross (2019) empregam essa técnica para compartimentação da fragilidade ambiental. Carmo et al., (2015) aplicam essa mesma técnica gerada a partir de Topodata em associação com imagens do Landsat 8 sensor OLI, para análise de risco a erosão. Bem como, vem sendo aplicado para compartimentação geomorfológica de médias e pequenas escalas cartográficas, como em (Souza Neto et al., 2017; Nazar e Rodrigues, 2018).

O MDE tem papel relevante na pesquisa geomorfológica. Grohmann *et al.* (2008) observam que o uso desta ferramenta possibilita o cálculo rápido e preciso de variáveis associadas ao relevo. Tal fato possibilita ao usuário do sistema a realização de análises de melhor qualidade e em maior número, já que, conforme Teske *et al.* (2014), os atributos primários e secundários do terreno derivam dessa técnica.

Esses mesmos autores destacam que os atributos primários são extraídos diretamente do MDE e se configuram na elevação e declividade.

Por sua vez, os atributos secundários são evidenciados pelas análises geomorfométricas de maior acurácia do recorte do relevo, que estão associadas ao índice de convergência topográfica, índice de unidade topográfica e índice de posição (Oliveira e Chaves, 2014)

O uso de dados orbitais de radar, particularmente das missões Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e as imagens oriundas do sensor ASTER GDEM v2, proporciona resoluções suficientes para trabalhos em escalas compatíveis a estudos regionais, e, se os dados forem reamostrados por krigagem, podem chegar a atender projetos de maior escala.

O STRM foi uma missão realizada em conjunto pela North American Space Agency (NASA), o Departamento de Defesa dos EUA e as agências espaciais alemã e italiana, no ano 2000,

com o objetivo específico de mapear o relevo de áreas continentais e emersas (Grohmann *et al.*, 2008).

As imagens produzidas por essa missão têm resolução espacial de 90 metros, mas é possível adquiri-las reamostradas, numa resolução espacial de 30 metros, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Conforme destaca Pinheiro *et al.* (2012), a precisão dos modelos digitais depende do tipo dos dados de entrada: “a acurácia do MDE e dos atributos derivados depende da qualidade e densidade dos dados primários”, bem como da “...estrutura dos dados, da resolução espacial e da complexidade topográfica da área...”.

Desse modo, é importante para qualquer estudo geomorfológico que utilize bases digitais para a conformação digital do relevo, levar em consideração essas premissas a fim de garantir uma análise final de qualidade.

Por possibilitar um maior detalhamento na descrição do relevo, ultimamente, o MDE vem sendo bastante empregado em análises morfotectônicas e hidrológicas (Bielienki Junior e Barbassa, 2014; Miguel *et al.*, 2014; Correa *et al.*, 2017; Araújo et al., 2018; Scheren e Robiana, 2019).

Em ambientes de bacias sedimentares, como é o caso da Bacia Potiguar, a análise da neotectônica passou a considerar novos parâmetros, como fica evidente nos trabalhos realizados nesta bacia por Peulvast e Claudino-Sales (2001), Maia e Bezerra (2014) e Carneiro et al., (2015). Os trabalhos realizados por esses autores e outras pesquisas desenvolvidas em outras bacias passaram a considerar os padrões de drenagem como parâmetro de observação.

Na Bacia Potiguar, algumas estruturas chamam à atenção por sua singularidade e por se destacarem na paisagem, como é o caso da Serra Mossoró, elevação que pode ser avistada à distância no setor noroeste desta bacia sedimentar.

Embora receba a denominação de “serra”, do ponto de vista geológico-geomorfológico, a Serra Mossoró não pode ser considerada propriamente uma serra, pois não se configura como uma sucessão de picos e vales originados por movimentos tectônicos convergentes, recebendo esta denominação muito mais pelo uso indevido e generalizado do léxico português “serra”, conforme constatou Filgueira (2006). De fato, sua morfoestrutura sugere que se trata de uma elevação residual, formada por rochas sedimentares (arenitos e calcários), que resiste à erosão em virtude da silicificação dos arenitos no seu topo

(CPRM, 2013). Embora esta seja a concepção mais aceita sobre a gênese desta forma de relevo, ela é baseada em trabalhos mais genéricos, que abrangeram a região como um todo, sem um maior aprofundamento no que concerne à classificação e à evolução desta forma de relevo.

De fato, quando se consulta os principais indexadores de trabalhos científicos, não são encontrados artigos específicos sobre a Serra Mossoró, mas apenas citações de caráter mais genérico, resumidas a poucas linhas. Até o momento não se tem notícia do emprego do MDE para a caracterização da área e/ou do seu entorno. Desse modo, a partir da extração de atributos morfométricos através de pesquisas de campo e da análise de imagens obtidas por meio do sensoriamento remoto, o presente trabalho tem como finalidade estruturar o MDE da Serra Mossoró e de suas adjacências, correlacionando-o com possíveis influências neotectônicas. Com isso, espera-se contribuir para o entendimento de como, de fato, se deu a morfogênese desta forma de relevo, bem como para se precisar a sua classificação.

Material e métodos

Localização

A área estudada (Figura 1) corresponde à Serra Mossoró e suas adjacências imediatas, localizada na zona rural do município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, distando cerca de 7 km do trecho da rodovia RN 015, que liga Mossoró a Baraúna.

A área é considerada como zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, unidade de conservação voltada para a proteção de ecossistemas da caatinga e formações cársticas superficiais e subterrâneas, inserida entre os municípios de Mossoró e Baraúna.

Contexto Geológico

A Serra Mossoró integra a Bacia Potiguar, bacia sedimentar cretácea cuja maior parte do seu território encontra-se no estado do Rio Grande do Norte, ocupando apenas uma estreita faixa da fronteira leste do Ceará. Esta bacia possui grande

importância econômica para os estados que abrange devido à ocorrência de petróleo em seus sedimentos, que vem sendo prospectado desde o final da década de 1970, além de possuir reservas de água subterrânea e calcário.

O arcabouço estrutural da Bacia Potiguar resultou de três grandes eventos tectônicos, denominados por Matos (1992) de Sin-Rifte I, Sin-Rifte II e Sin-Rifte III, os quais estariam associados à fragmentação do supercontinente Gondwana. Para Maia e Bezerra (2014), a formação da Bacia Potiguar se deu na fase Sin-Rifte II, com um expressivo preenchimento por sedimentos. Já a fase Sin-Rifte III estaria associada aos sistemas de distensão que passaram a atuar em sentido E-W. Conforme esses últimos autores, esse sistema de rifteamento gerou fossas tectônicas (grabens) e altos estruturais (host) que de certa forma condicionaram todo o processo deposicional das unidades litoestratigráficas. Estas unidades são individualizadas em três grupos que congregam toda a sequência deposicional da bacia: Areia Branca, Apodi e Agulha (Araripe e Feijó, 1994).

Os sedimentos que recobrem a área de estudo estão associados aos grupos Apodi (Formação Jandaíra – Cretáceo Superior) e Agulha (Formações Guamaré/Tibau e Barreiras – Terciário). Vale destacar que a Formação Jandaíra é caracterizada por calcarenitos bioclásticos e foraminíferos bentônicos (Araripe e Feijó, 1994); a Formação Guamaré é composta por calcarenitos bioclásticos creme e calcilutitos; e a Formação Tibau apresenta como litotipo principal arenitos hialinos depositados em ambiente predominante de leques costeiros (Araripe e Feijó, 1994), bem como, segundo Beltrami et al. (1994), fácies carbonáticas e siliciclásticas de alta energia, depositadas em ambiente nerítico e litorâneo.

A Formação Barreiras, ocorre na maior parte da faixa litorânea brasileira, e em todo o litoral potiguar, adentrando-se para o interior do estado, na área onde este trabalho foi realizado é composta por uma sequência deposicional de sedimentos detríticos e siliciclásticos de origem flúviomarinha, com variações na granulometria que vão de areias finas a grossas, com predomínio de grãos angulosos e matriz caulínica (Nunes, 2011).

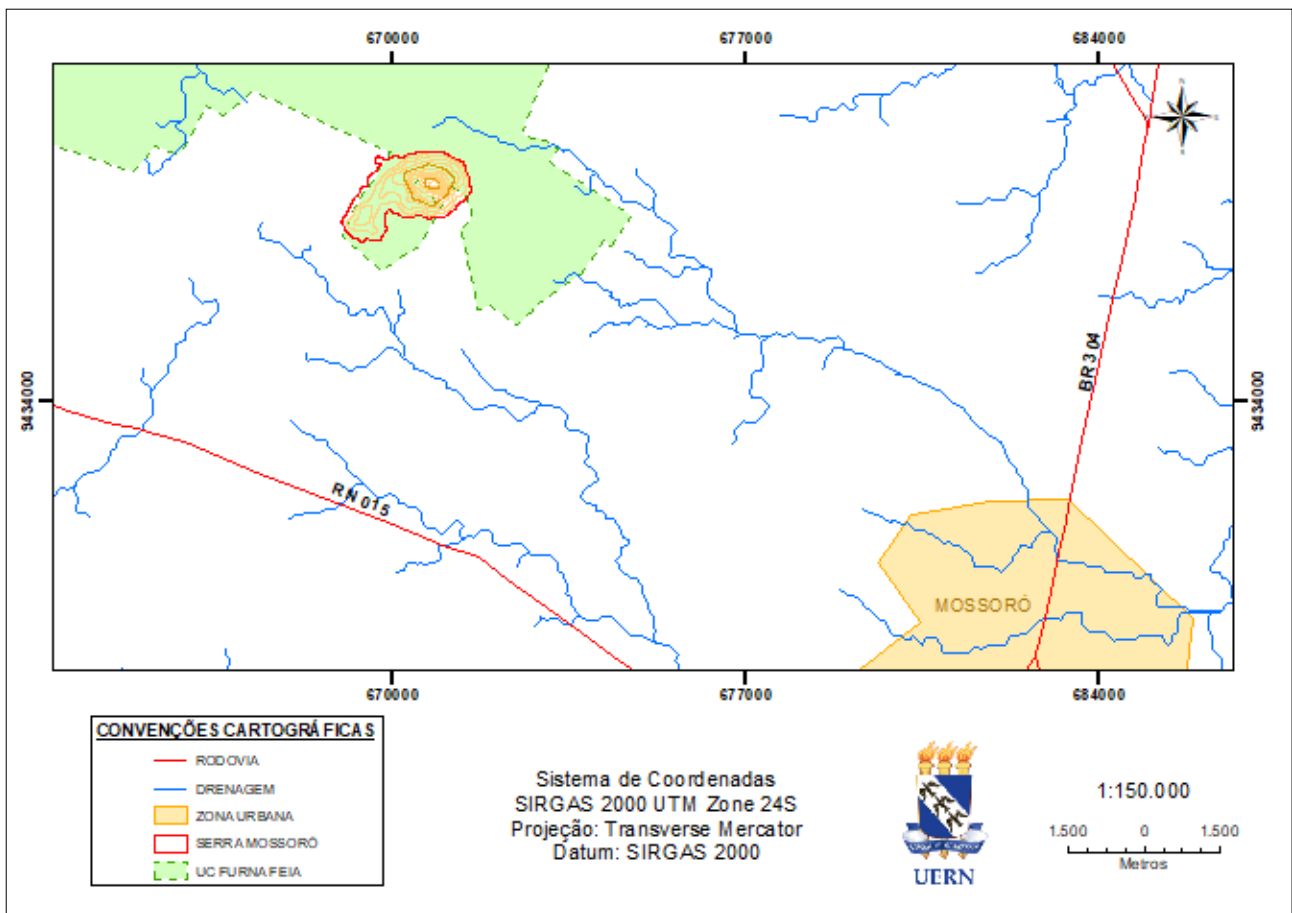


Figura 1 - Mapa de localização

Metodologia

Em sua primeira fase, o presente trabalho consistiu no levantamento e seleção de material bibliográfico e de produtos de sensoriamento remoto relacionados à temática e à área estudada, de modo a se adquirir fundamentação teórica e metodológica e identificar as imagens orbitais mais adequadas para o estudo.

Foram selecionadas imagens de satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com 30 metros de resolução, e TOPODATA, que foram adquiridas no Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), assim como imagens LANDSAT 8 OLI, com 30 metros de resolução, e SENTINEL 2, com resolução de 10 metros, adquiridas no site do United States Geological Survey (USGS).

A segunda fase corresponde aos trabalhos de gabinete voltados para o tratamento dos dados obtidos no georreferenciamento e das imagens orbitais, de modo a se produzir o material cartográfico. No processamento das imagens STRM, com resolução de 30 metros, foi utilizado o *software* ESRI ArcGis 9.2, que possibilitou analisar a morfologia da Serra Mossoró. O processamento da imagem SRTM transformando em TIN (Triangulated Irregular Network) se deu

pela melhor qualidade de visualização já que a área apresenta forte descontinuidade topográfica e para essa ação foi utilizada a ferramenta “3D Analyst/Create TIN”.

Os dados de hipsometria foram adquiridos após a geração do TIN e da obtenção das curvas de nível, na qual empregou-se a ferramenta Topo to Raster na extensão 3D Analyst Tools do *software* ArcGis 9.2, seguindo o modelo de interpolação sugerido pelo TOPODATA, que possibilitou as análises da morfografia e da morfometria da área de estudo.

Para se obter a carta de relevo sombreado foi utilizada a ferramenta HILLSHADE, que possibilitou a visualização de dados referentes à morfografia da Serra Mossoró, foram utilizados os seguintes parâmetros de iluminação: azimute de iluminação foi 320° com ângulo de inclinação de 45°. É importante frisar que a técnica utilizada foi aquela utilizada por Tinós *et al.*, (2014) em estudo realizado em Poços de Caldas-GO.

A carta clinográfica foi produzida após a obtenção dos padrões de declividade com o uso da ferramenta Slope, em conformidade com as classes numéricas de relevo propostas por Ross (2017).

A terceira fase corresponde aos trabalhos de campo, que consistiram na realização de

transectos através de setores previamente estabelecidos da área estudada para confirmação dos dados gerados e apresentados nos mapas de hipsometria, relevo sombreado e clinográfico.

A partir das observações de campo, do referencial teórico e da análise das cartas produzidas foi procedida a produção textual de modo a discutir os resultados e se tirar as conclusões.

Resultados e discussão

A partir do MDE da Serra Mossoró, foram elaborados três produtos cartográficos: mapa hipsométrico, mapa de relevo sombreado (hillshade) e o mapa clinométrico.

A hipsometria da Serra Mossoró estabelece valores que destoam do terreno circunvizinho e mostra claramente a sua estruturação em patamares e rampas que são visíveis a partir da quebra do relevo em campo e na equidistância das curvas de níveis geradas a partir dos dados SRTM. Nesse sentido, estabeleceu-se a equidistância de 20 em 20 metros para melhor visualizar e destacar a Serra Mossoró no seu entorno (figura 2). Com as equidistâncias definidas, foram geradas 15 classes de altitude. A Serra Mossoró apresenta altimetria máxima de 268 metros e sua base com cota altimétrica de 160 metros, portanto uma diferença altimétrica de 108 metros.

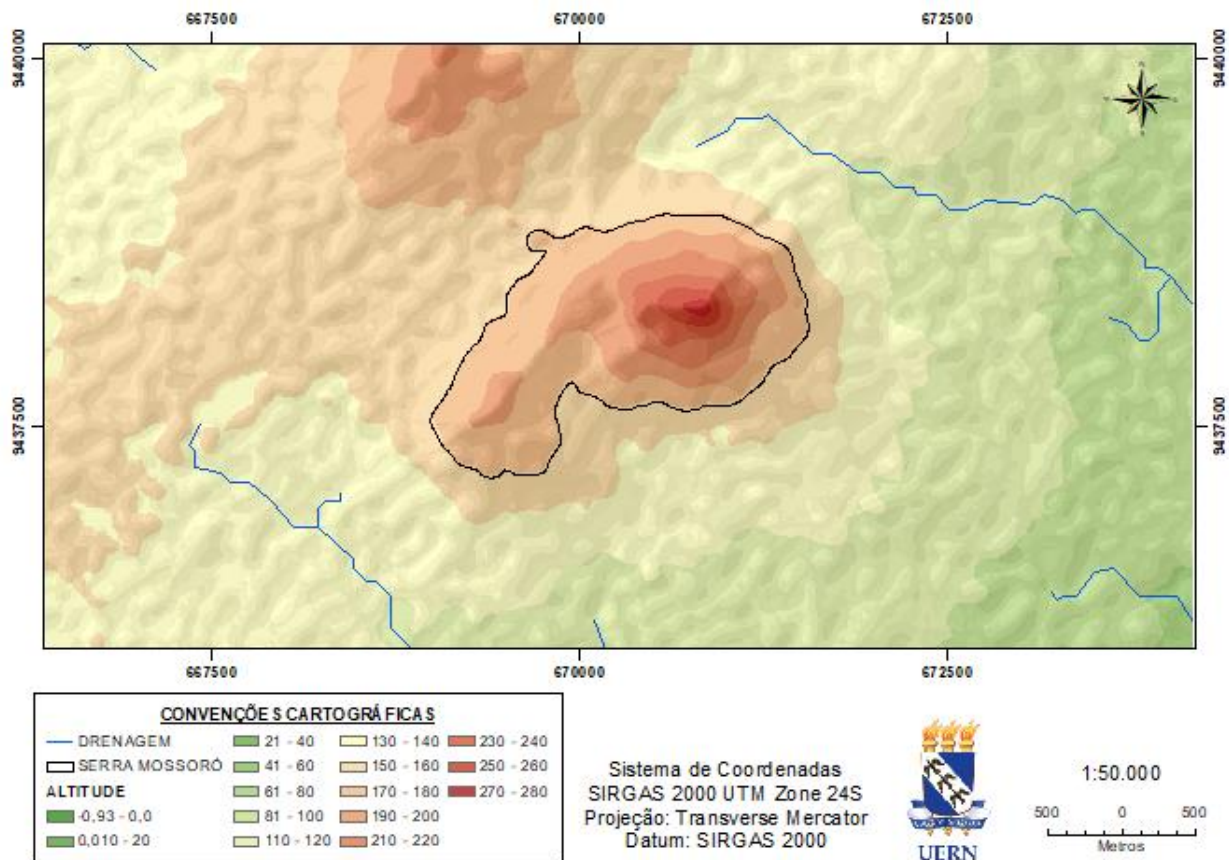


Figura 2 – Mapa Hipsométrico

A diferença altimétrica pode ser visualizada quando se considera o perfil longitudinal do relevo no sentido E-O, determinado a partir da realização de visadas de pontos ao longo da RN 013 (figura 3).

O mapa de relevo sombreado (figura 4) mostrou-se bastante relevante, visto que permitiu a visualização da Serra Mossoró e do seu entorno, evidenciou as diferenças topográficas do relevo e possibilita o mapeamento de lineamentos e de possíveis estruturas geológicas.

Ao analisar a imagem, é possível observar uma grande estrutura na porção central do mapa, que corresponde à Serra Mossoró, e uma segunda estrutura, de menor porte, na porção NW, que apresenta um modelamento similar à estrutura anterior. Salienta-se que as cotas altimétricas identificadas nessa segunda estrutura são inferiores à da Serra Mossoró.

No que se refere à observação de padrões de lineamentos, é possível, a partir do mapa de relevo sombreado, fazer inferências de ocorrências

desses padrões sem a necessidade de técnicas computacionais para a sua marcação.



Figura 3– Relevo plano suave ondulado

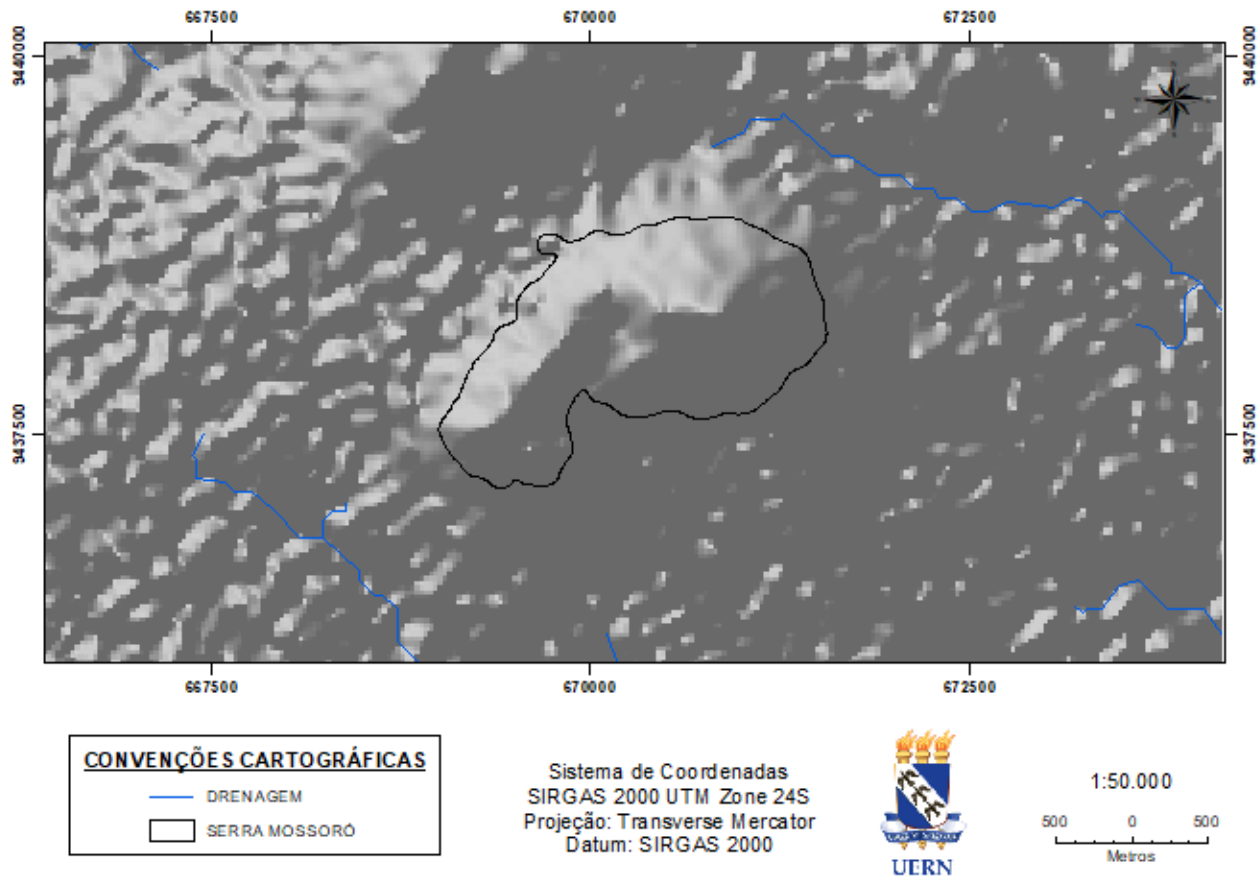


Figura 4 - Imagem do relevo sombreado.

Por inferência, é possível identificar três padrões de estruturas lineares que ocorrem nos sentidos NE-SW e NW-SE, bem como no E-O. Este último padrão possui menor proporção e se distingue pelas drenagens.

Vale ressaltar que esses lineamentos deste setor da Bacia Potiguar, já descritos por Maia e Bezerra (2014), se referem a zonas de cisalhamento decorrentes de forças compressivas durante a fase rifte, que formaram falhas no sentido NE-NW, além de falhas com orientação NW-NE, compatíveis com o último campo de tensões e que se destacam na Formação Jandaíra.

Como a geração do mapa de relevo sombreado foi prioritária neste trabalho, os lineamentos não foram representados nas cartas produzidas.

A análise desse mapa confirma que o entorno da Serra Mossoró corresponde a um pediplano, o qual se caracteriza pela ocorrência de

afioramentos calcários da Formação Jandaíra (figura 3).

A carta clinográfica (figura 5) evidencia que a Serra Mossoró detém as maiores declividades, com destaque para o seu topo, que chega a 19°, enquanto seu entorno possui declividades mínimas, o que caracteriza um relevo muito plano, que destaca ainda mais a elevação na paisagem.

Em campo a declividade é evidenciada pela quebra brusca do relevo em vários trechos da elevação e pela grande quantidade de blocos rolados ao longo do perfil, fato que evidencia o faturamento das escarpas e posterior rolamento dos blocos.

Vale destacar que os parâmetros de declividade seguiram o modelo idealizado por Ross (1994) e os intervalos foram de 0-6° (49,75%), 6-12° (44,95%) e 12-20° (5,30%).

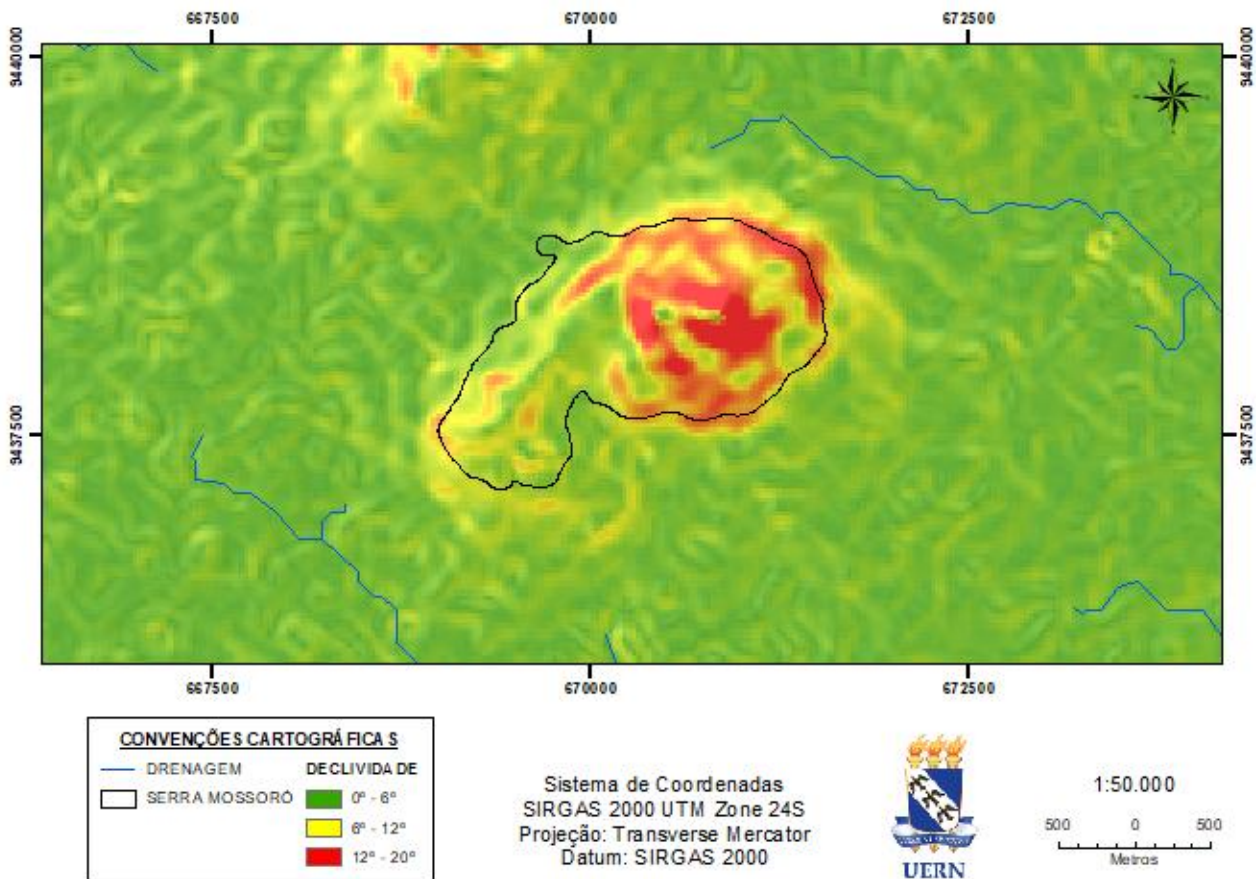


Figura 5 - Carta clinográfica.

O estudo da estratigrafia realizado em campo, o mapa hipsométrico e o mapa de relevo sombreado mostram que a Serra Mossoró possui forma e estrutura condizentes com um inselberg de natureza sedimentar, resultante da erosão diferencial e aplainamento ocorridos nas rochas da Bacia Potiguar.

Ressalta-se que o mapa de relevo sombreado evidencia lineamentos que, associados ao padrão de drenagem, poderão se constituir um grande balizador para o desenvolvimento de análises com foco no entendimento dos eventos neotectônicos que ocorreram na região.

Por sua vez, a carta clinográfica evidenciou que a Serra Mossoró possui vários trechos com declividade entre 12° e 20°, o que configura uma situação de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa, como pode ser constatado pela presença de blocos de arenito e calcarenitos rolados ao longo do perfil da elevação. Por outro

lado, o entorno da Serra Mossoró, por apresentar declividade baixa e topografia plana, não está sujeito a este tipo de fenômeno, embora seja suscetível a alagamento.

Conclusão

A análise dos atributos morfométricos e dos produtos cartográficos, a partir do emprego do MDE, evidencia que a manutenção da Serra Mossoró como uma elevação que se destaca no setor noroeste da Bacia Potiguar está intimamente associada a eventos neotectônicos que favoreceram a silicificação dos arenitos, encontrados no perfil geológico, os quais, aparentemente, foram soerguidos por sistemas de falhas.

Observa-se que as escarpas da Serra Mossoró apresentam declividade elevada, o que favorece a ocorrência de movimentos de massa envolvendo grandes blocos de rochas e representa um risco para as construções e habitantes que ocupam a região do sopé. Tal situação evidencia a necessidade de estudos específicos sobre esses

fenômenos, de modo a nortear medidas voltadas para a sua prevenção através de formas racionais de uso e ocupação do terreno.

Embora a análise dos atributos morfométricos e dos produtos cartográficos, a partir do emprego do MDE, tenha se mostrado relevante para o entendimento da modelagem e estrutura da Serra Mossoró, percebe-se que ainda é necessária a realização de estudos mais aprofundados sobre os seus aspectos geológico-geomorfológicos, de modo dar subsídios para uma melhor compreensão acerca dos processos tectônicos ocorridos no Neógeno nesse trecho da Bacia Potiguar.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem o apoio da PROGEL (Projetos Geológicos Ltda.) em ceder equipamentos, GPS Geodésico, softwares e veículos para o desenvolvimento dos trabalhos em campo, a Polimix Concreto Ltda., pelo apoio ao projeto de pesquisa, e aos laboratórios de Geografia Física (LAGEF), de Estudos da Paisagem e Educação Ambiental (LABEPE) e de Geoprocessamento e Cartografia (LABGEO) do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

Referências

- Araripe, P. T., Feijó, F. J., 1994. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da Petrobras 8, 127-141.
- Araújo, P. V. N.; Amaro, V. E., Alcoforado, A. C. V., Santos, A. L. S., 2018. Acurácia vertical e calibração de modelos digitais de elevação (MDE's) para a bacia hidrográfica Piranhas-Açú, Rio Grande do Norte, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências 41, 351-364.
- Beltrami, C. V., Alves, L.E.M., Feijó, F. J., 1994. Bacia do Ceará. Boletim de Geociências da Petrobras 8, 117-125.
- Bielenki Junior, C.; Barbassa, A. P., 2014. Geoprocessamento e Recursos Hídricos: aplicações práticas. 1 ed. Eduscar, São Carlos.
- Brito, G. H. M. Dorneles, M. M.; Teixeira, R. C. 2018. Avaliação dos modelos digitais de elevação (MDE) como subsídio em atividades agrícolas. Anais VIII Semana Agrônômica 8, 2345-2355.
- Carmo, A. M. Souto, M. V. S.; duarte, C. R.; Mesquita A. F. 2015. Análise de Risco Ambiental à Erosão Gerada a partir de produtos de sensores remotos: MDE Topodata e Landsat 8. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [Online] 17, 5927 – 5934.
- Carneiro, M. A., Bezerra, F. H. R., Silva, C. C. N., Maia, R. P., 2015. Controle estrutural do sistema cárstico epigenético na Formação Jandaíra - Bacia Potiguar. Geociências 34, 199 – 214.
- Correa, N. F., Ribeiro, V. O., Mioto, C. L., Paranhos Filho, A. C., 2017. Obtenção de MDE Corrigido para Delimitação de Bacia Hidrográfica com Auxílio de Geotecnologias Livres. Anuário do Instituto de Geociências 40, 217-225.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recurso Mineral, 2013. Geologia e recursos minerais da Folha Mossoró, estado do Rio Grande do Norte: texto explicativo. Recife.
- Filgueira, R. F. O., 2008. Conceito geológico-geomorfológico de Serra e o uso do termo serra nas elevações do relevo Potiguar. Anais do XV Encontro de Pesquisa e Extensão da UERN 15, 280.
- França, L. C. J., Piuzana, D., Ross, J. L. S., 2017. Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí). Revista Espacios 38, 21.
- Gouveia, I. C. M., Ross, J. L. S., 2019. Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. Revista do Departamento de Geografia 37, 123-136. <https://doi.org/10.11606/rdg.v37i0.151030>
- Grohmann, C. H., Riccomini, C., Steiner, S.S., 2008. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. Revista Geográfica Acadêmica 2, 73-83.
- Maia, R. P., Bezerra, F. H. R. (2014) Tópicos de Geomorfologia Estrutural: Nordeste brasileiro, 1 ed., Fortaleza.
- Matos R. M. D., 1992. The northeast brazilian rift system. Tectonics 11, 766-791.
- Miguel, A. E. S., Medeiros, R. B., Deco, H. F., Oliveira W., 2014. Características Morfométricas do Relevo e Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS. Revista Brasileira de Geografia Física 7, 242 – 256.
- Miranda, J. I. 2015. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas, 4 ed. Embrapa, Brasília.
- Nazar, T. I. S. M. Rodrigues, S. C., 2019. Relevo do chapadão do diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: compartimentação e análise a partir dos aspectos Geomorfométricos. Revista Brasileira Geomorfologia [Online] 20, Disponível:

- <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/artic/e/viewFile/1300/386386422>. Acesso: 15 ago.2019.
- Nunes, F. C., Silva, E. F.; Vilas-Boas, G. S., 2011. Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 1, 31.
- Oliveira, J. H. M., Chaves, J. M., 2010. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecoregião Raso da Catarina e entorno NE da Bahia. *Mercator* 9, 217-238.
- Peulvast, J. P., Claudino-Sales, V., 2002. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. *Mercator* 01, 113-150.
- Pinheiro, H. S. K., Chagas, C. da S., Carvalho Júnior, W., Anjos, L. H. C., 2012. Modelos de elevação para obtenção de atributos topográficos utilizados em mapeamento digital de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [Online] 47, Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/24.pdf>. Acesso: 20 ago. 2019.
- Pinto, G. C., 2016. Ordenamento territorial e fragilidade ambiental na bacia do rio São Francisco, Porto Velho, RO: contradições e perspectivas. Tese (doutorado). Curitiba, UFPR.
- Scheren, R. S., Robaina, L. E. S., 2019. Classificação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS. *Geografia: Ensino & Pesquisa* 23, 34-47.
- Smith, M. P., Zhu, A. X., Burt, J. E., Stile, C., 2006. The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey. *Geoderma* 155, 55-66.
- Soares Neto, G. B., Silveira, L. G., Farias, K. M., 2017. Aplicações das Geotecnologias para parametrização do mapeamento geomorfológico. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada* 17, 5083-5094.
- Souza, J. O. P., Almeida, J. D. M., 2014. Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos. *Boletim de Geografia* [Online] 32. Disponível: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeo/article/view/20470>. Acesso: 30 set. 2019.
- Souza Neto, L. T., Grigio, A. M., Carvalho, R. G., 2016. Compartimentação das unidades geomorfológicas do município de Portalegre, Rio Grande do Norte. *Boletim de Geografia* 34, 23-41.
- Ross, J. L. S., 2017. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*, 7 ed. Contexto, São Paulo.
- Teske, R., Giasson, E., Bagatini, T., 2014. Comparação do uso de modelos digitais de elevação em mapeamento digital de solos em Dois Irmãos, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 38, 1367-1376.
- Tinós, T. M., Ferreira, M. V., Zaine, J. E., Riedel, P. S., 2014. Técnicas de visualização de modelos digitais de elevação para o reconhecimento de elementos de análise do relevo. *Geociências* [Online] 33. Disponível: https://scholar.google.com.br/citations?user=6lW3RxIAAAAJ&hl=pt-BR#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_cita-tion%26hl%3Dpt-BR%26user%3D6lW3RxIAAAAJ%26citation_for_view%3D6lW3RxIAAAAJ%3AUeHWp8X0CEIC%26tzm%3D180. Acesso: 30 set. 2019