

Estudo geológico-geomorfológico da sub-bacia leste do Araripe com aplicação de variáveis morfométricas derivadas a partir de dados SRTM.

Cristiano Aprigio dos Santos ¹

Teresa Gallotti Florenzano ²

Eloi Lennon Dalla Nora ³

1 Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Geologia - 50740-530 - Recife - PE, Brasil
aprigeo@gmail.com

2 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
teresa@dsr.inpe.br

3 Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Caixa Postal 676 - 13565-905 – São Carlos - SP, Brasil
eloidalla84@yahoo.com.br

Abstract. This paper details the main compartments found in the landscape of the subbasin East of Araripe, in semi-arid Brazilian. The prospective to analyze superficial structure and morphology, this complex system is association between processes, forms, character geological-geomorphological and spatial distribution. Remote sensing products aims subsidizing this approach, which reached the interpretations can guide decision-making about the land use to offer more details on this part of the planet's surface. Here is the results of study whose object was to investigate the use of the computer-stored radar image information in the evaluation of morphometric variables. Computers have been widely employed in both geology, geomorphology or the earth sciences. These generated from the data SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), resized to ~ 30m and available in TOPODATA: Database geomorphometrics of Brazil (2008), available at: <http://www.dpi.inpe.br/topodata/contato.php>. The analysis followed the application of morphometric variables in a GIS (Geographic Information System). This research selected auxiliaries altimetry representation as slope, and land forms. The altimetry variations reflect the tectonics effects occurred in the area, the slope reveals evolve the units occurring and forms reflect the superficial dynamic of the landscape. This study defined main three units: a) Araripe's sedimentary plateau, b) peripheral depression that surrounds and c) their slope.

Palavras-chave: remote sensing, morphometry, SRTM, Araripe, geology geomorphology sensoriamento remoto, morfometria, SRTM, Araripe, geologia geomorfologia.

1. Introdução

As dificuldades e lacunas na caracterização da paisagem, especialmente quanto aos dados topográficos, exigem uma maior aplicação de recursos na medição e mapeamento das variáveis morfométricas. No presente trabalho estas são aplicadas aos estudos geológicos e geomorfológicos a partir de extração automática de variáveis morfométricas em dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de uma das mais proeminentes unidades investigada pelas geociências.

A Sub-bacia leste do Araripe encontra-se localizada no interior do Nordeste brasileiro em áreas dos estados de Pernambuco e Ceará (Figura 1). A área considerada no presente estudo possui um recorte espacial de 735.717,87ha. Como unidade geológica individualizada foi definida por Rand e Manso (1984) e se encontra entre as coordenadas geográficas -7°02'; -39°07' e -7°08'; -39°01'.

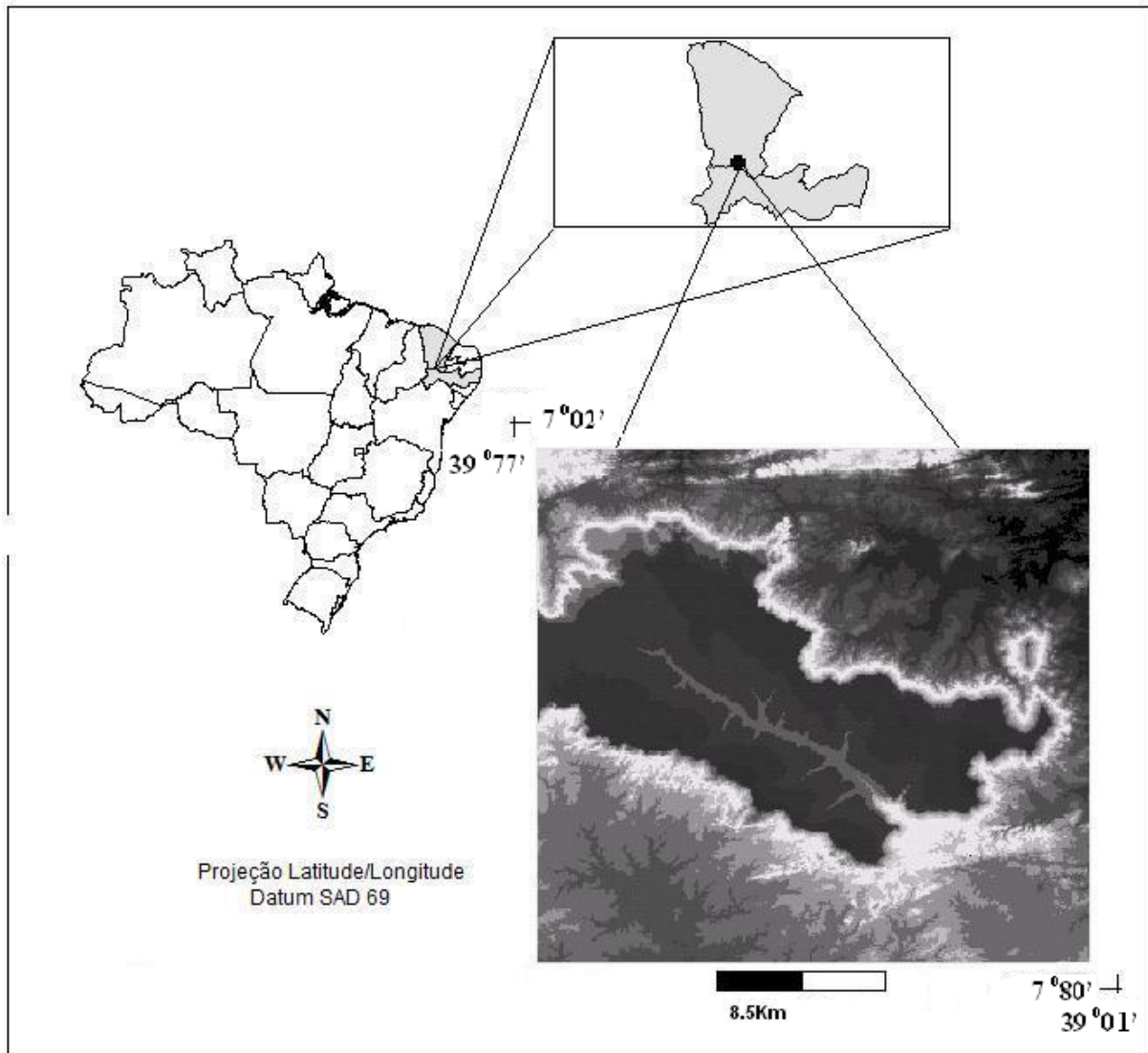


Figura 1. Localização da área de estudo, imagem SRTM disponível em <http://www.dpi.inpe.br/topodata/contato.php> acesso em 10/2008.

Segundo Neumann (1999), os pacotes de rochas sedimentares que preenchem a sub-bacia leste do Araripe compreendem quatro tectono-sequências, definidas, como associações de estratos, geneticamente relacionados, espacial e temporalmente, depositados durante uma fase específica da atividade tectônica de uma bacia e limitadas por discordâncias regionais. São elas: 1. Tectono-sequência Pós-rifte, Grupo Santana e Formação Exu que forma a capa da Chapada do Araripe; 2. Tectono-sequência Sin-rifte, representada pela Formação Abaiara (Eocretácica) e Missão Velha, limitada na base pela Discordância Pré-Neocomiana, no topo, pela Discordância Pré-aptiana, na base da tectono-sequência Pós-rifte; 3. Tectono-sequência Pré-rifte (Juro-cretácica), limitada na base pela Discordância Pré-Mesozóica - Formação Brejo Santo; 4. Tectono-sequência Beta (Siluriana), assentada sobre a Discordância Pré-Fanerozóica - Formação Mauriti.

A Bacia se sobressai na paisagem da região como uma unidade onde se destacam os controles estruturais e litológicos sobre a morfogênese, sendo o planalto sedimentar, em si, o seu compartimento geomorfológico mais conspícuo. A subdivisão deste setor evidencia o controle estrutural/litológico em escala mesorregional e sugere um esquema sobre o qual posteriormente se pode inserir as formas de detalhe, resultantes, sobretudo na dinâmica de encostas no ambiente semi-árido nordestino.

2. Metodologia de Trabalho

Foi executada a aplicação das variáveis morfométricas, altimetria, declividade e formas do terreno em dados SRTM com resolução espacial de 30m extraídas automaticamente e disponíveis em Valeriano (2008). As representações desses resultados foram geradas no ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) Idrisi Andes, mantidos os mesmo valores de escala e coordenadas.

Na representação altimétrica seguiu a estratificação em iguais intervalos com 16 classes mantendo o mesmo intervalo entre os valores de variações.

Considerando que a declividade e as formas do terreno têm repercussão sobre os processos e dinâmicas superficiais da paisagem, controlam morfogênese, pedogênese, corroboram para a definição da morfologia e compartimentação. É nesta perspectiva integrada que o trabalho foi realizado.

A primeira das variáveis obedece às classes adotadas pela Embrapa (1999, tabela 1) para avaliação de terras.

Tabela 1. Classes de declividade para avaliação de terras

Relevo	Faixa (%)
Plano	0 a 3
Suave Ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Forte Ondulado	20 a 45
Montanhoso	55 a 75
Escarpado	Acima de 75

As formas do terreno são caracterizadas pela combinação das curvaturas vertical e horizontal. Assim, neste trabalho são postos os resultados dessa associação entre variáveis morfométricas, geologia e geomorfologia.

3. Resultados e Discussão

Da Bacia Sedimentar do Araripe, a chapada, é o compartimento geomorfológico de maior expressão regional. Trata-se de um relevo de natureza morfoestrutural, acclinal, formado a partir do preenchimento de uma Bacia sedimentar do tipo *rift*. Apesar de haver sido tratado como um relevo de *cuesta* apresenta topo relativamente plano, com cotas constantes, que oscilam em aproximadamente 50m. Esta característica permite a descrição do mesmo como um relevo tabular sem a existência de um *front* ou um reverso nítido como no caso de uma *cuesta* clássica. Essa morfologia tabular, elevada, reflete o soerguimento tectônico da área a partir do neo-Cretáceo (Neumann, 1999). O lento soerguimento epirogênico regional, resultante da flexura da margem continental, expôs as seqüências sedimentares pós-*rift*, sobretudo o Grupo Santana (Aptiano-Albiano) e a Formação Exú, neo-Cretáceo, sobre as quais se estruturou esta unidade.

A despeito da altitude média o planalto sedimentar do Araripe situa-se em torno dos 800m (Figura 2), a sub-bacia leste possui superfícies com valores de 290m mínimos e 1005 máximos.

A chapada define-se na paisagem regional pelo seu rebordo com um relevo relativo de 400 metros em relação à Depressão Sertaneja sobre a qual se ergue.

O Planalto Sedimentar constitui uma meseta de forma aproximadamente retangular, com 60 km de extensão na direção NO-SE, e 35km de largura na direção NE-SO. Sua cimeira apresenta altitudes que variam de 690 no oeste a 1005 m no leste.

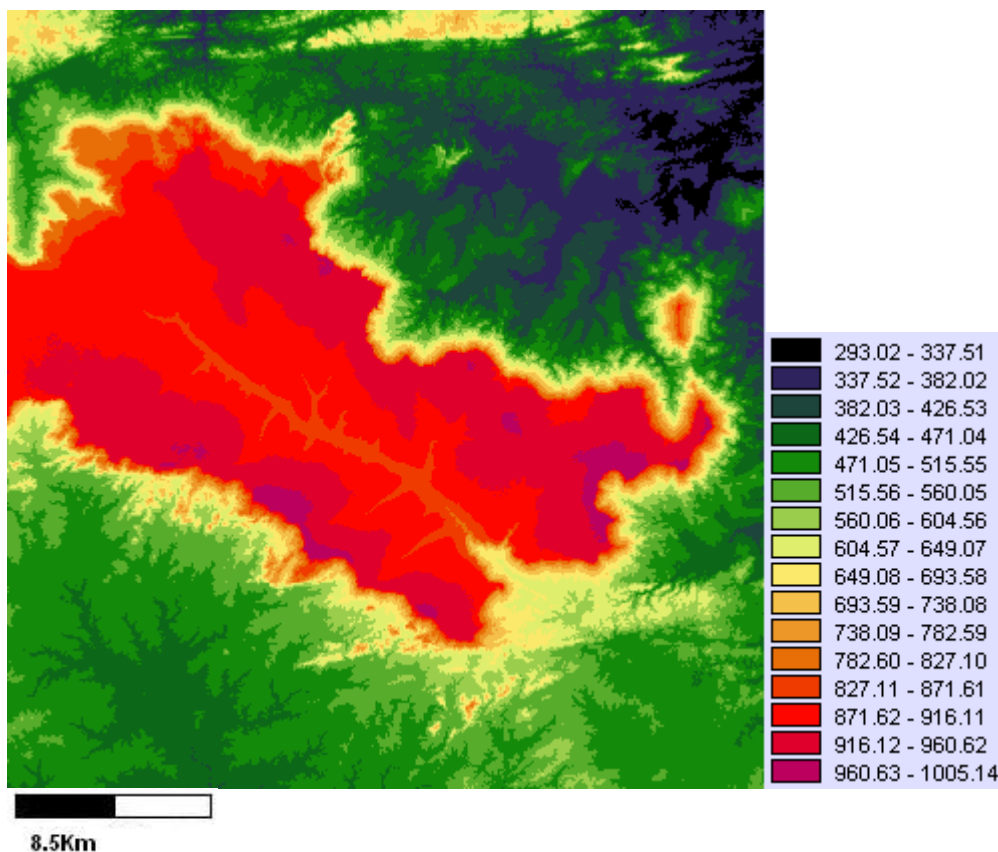


Figura 2. Altimetria, em metros estratificação em iguais intervalos com 16 classes.

As classes de declividade reforçam essa interação geológica-geomorfológica (Figuras 3, 4 e tabela 2) onde se destaca a unidade da chapada do Araripe com seu topo de feições planas a suavemente onduladas essa condição remete diretamente ao capeamento da Formação Exú.

Morfologias de inclinações mais acentuadas (ondulado, fortemente ondulado, montanhoso e escarpado) estão presentes na encostas do planalto e depressão periférica que se faz mais notável na porção norte da área onde cursos subsequentes de drenagem demonstram a atuação de um controle estrutural e litológico na denudação dessa superfície.

Na depressão periférica o embasamento geológico é dominado pelos arenitos paleozóicos e cretáceos das Formações Mauriti e Missão Velha, pelos folhelhos intercalados por margas, calcários e arenitos finos da Formação Brejo Santo. Essa depressão é delimitada ao norte por terrenos mais elevados do embasamento cristalino. É o lineamento Patos que marca o limite da bacia ao norte e que em parte condiciona a dissecação exercida pela drenagem que se instala ao longo do Vale do Cariri em direção NO-SE. Cabe ainda ressaltar a ocorrência de extensos aluviões quaternários (Neogênicos) onde se assentam os principais sítios urbanos regionais, como no caso do Crato e do Juazeiro do Norte.

Ao sul da sub-bacia, o basculamento da depressão central pernambucana para sul, estabelece uma drenagem ora obsequente sobre os sedimentos da chapada, ora conseqüente sobre o embasamento cristalino que se dirige ao rio São Francisco. Ali não se formou uma nítida zona de dissecação aureolar ao redor da bacia que permita definir com clareza uma depressão periférica, mas antes uma transição brusca dos terrenos sedimentares para os cristalinos com pendente para sul.

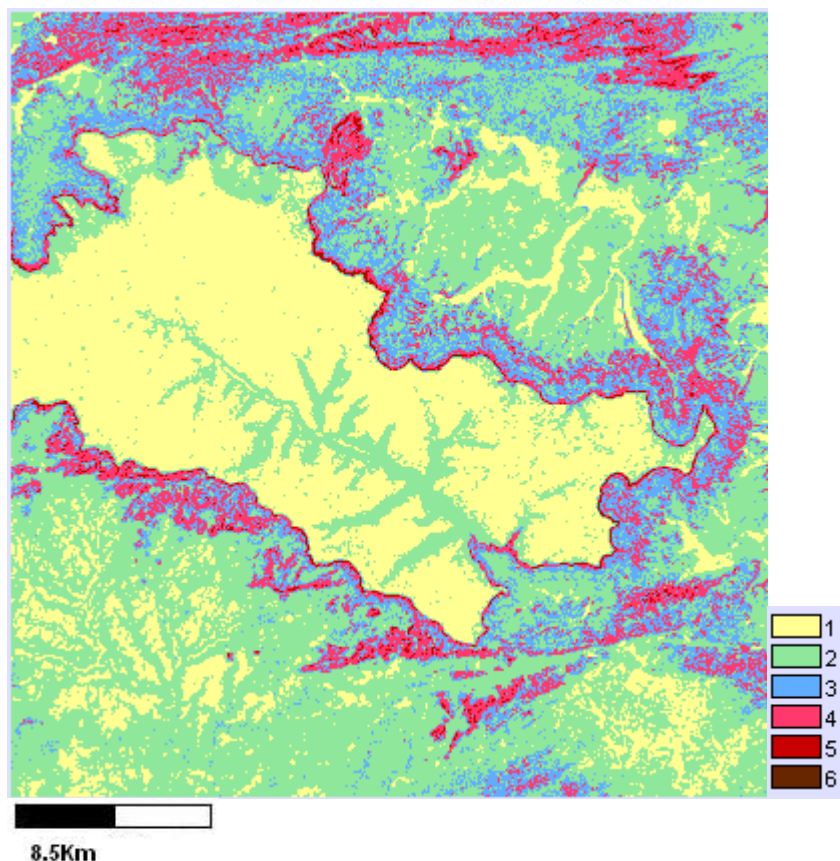


Figura 3. Declividade 6 classes: 1. Plano, 2. Suave Ondulado, 3. Ondulado, 4. Forte Ondulado, 5. Montanhoso e 6. Escarpado, EMBRAPA (1999).

Tabela 2. Distribuição de cotas de declividade percentagens relativas

Cotas de Declividade	Área (ha)	Área %	Classificação do Relevo
0 a 3%	209.783,65	28.51	Plano
3 a 8%	320.948,37	43.62	Suave Ondulado
8 a 20%	122.513,12	16.65	Ondulado
20 a 45%	74.889,53	10.17	Forte Ondulado
45 a 75%	7.167,36	0.97	Montanhoso
Acima de 75%	415,83	0.08	Escarpado
Total	735.717,87	100	

Para as formas do terreno as 9 (nove) formas resultantes da combinação entre as curvaturas horizontais e verticais podem ser identificadas (Figuras 5 e 6). Os tipos côncavos, retilíneos, convexos e convergentes assemelham-se ao primeiro grupo, contudo apresenta um estrato superior, Formação Exú, de espessura mais delgada. Formando uma escarpa menos proeminente. Por outro lado a média encosta também apresenta um perfil mais suave com maior acumulação de clastos. Este tipo de encosta ocorre na face leste da chapada.

As condições de curvatura horizontal planar definem-se nos setores do planalto sedimentar onde o segmento superior, escarpado, da encosta estrutura-se sobre uma camada fina de sedimentos permeáveis, que esboçam apenas sob a forma de uma *cornija*. Desta maneira o segmento da média e baixa encosta, correspondentes às unidades de vertente 5 e 6 de Dalrymple et al. (1968) – declive intermediário de transporte e sopé coluvial,

respectivamente, predominam no perfil da encosta. A maior extensão desses dois segmentos permite a dissecação da vertente por uma rede de drenagem mais hierarquizada.

Os tipos côncavos, retilíneos, convexos e divergentes são identificados por um segmento superior escarpado, formado pelo espesso pacote de arenitos permeáveis da Formação Exu. Este tipo de encosta tem o seu trecho inferior, o que na literatura se definiu como rampa de colúvio composto por depósitos de *talus* (*boulder colluvium*) com fragmentos oriundos tanto do arenito superior quanto do próprio Grupo Santana. Estes depósitos de encostas repousam sobre o substrato do Grupo Santana ou diretamente sobre o embasamento cristalino.

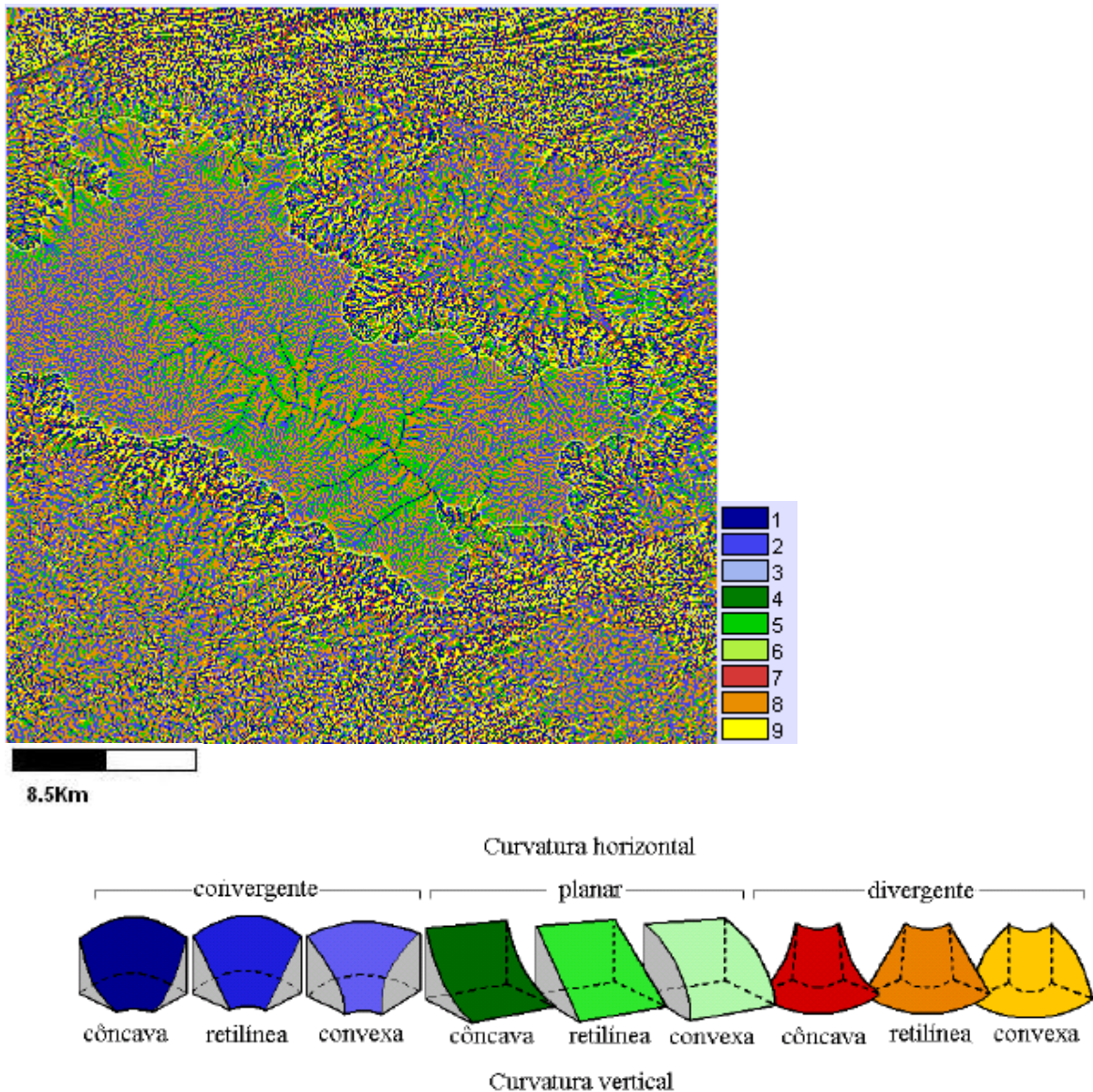
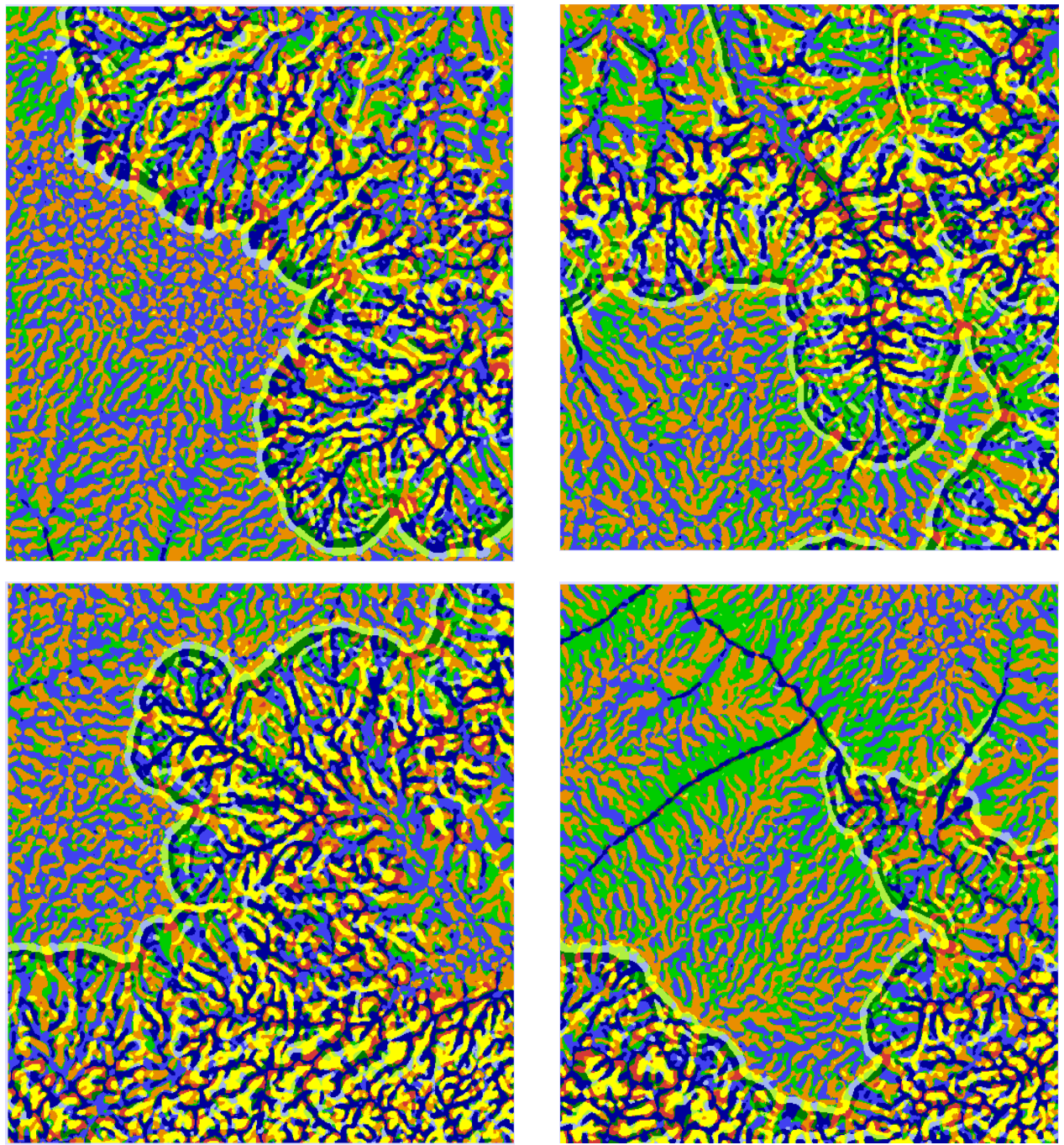


Figura 5. Forma do terreno legenda segue numeração e cores da paleta FT, Valeriano (2008).



1.3Km

Figura 6. Detalhe das formas de terreno para a sub-bacia leste do Araripe.

As formas de encostas com esses tipos de formas correspondem àquelas onde predominam a unidade de vertente 4, ou escarpa com ângulo mínimo de 45° de Dalrymple et al. (1968), sob influência dos processos de desagregação mecânica, sobretudo desmoronamentos e deslizos por solapamento da base. Duff (1995) afirma que o ângulo e a forma da vertente são controlados pela natureza dos materiais que as formam assim como pelos processos que atuam sobre elas. Desta forma este autor classifica o tipo de vertente acima descrito como tipo misto. Destaca que acima da linha de exsudação a vertente é nitidamente limitada pelo intemperismo, ou seja, caracteriza-se por taxas potenciais de

transporte que excedem as taxas reais de erosão. Tais vertentes são comuns em litologias resistentes em ambientes com baixas taxas de erodibilidade. Por outro lado a média e baixa encosta caracterizam-se por alta produção de detritos e pela incapacidade dos movimentos de massa e fluxos superficiais para removê-los fora do sistema. Tal situação é típica das encostas estruturadas em sedimentos inconsolidados com perfil suave convexo-côncavo, sendo definidas como encostas limitadas pelo transporte.

4. Conclusões

As variáveis automaticamente extraídas possibilitam a ampliação da realização de novos trabalhos a partir da morfometria e sensoriamento remoto aplicados na quantificação e cartografia geológica-geomorfológica.

Para o planalto sedimentar do Araripe as formas do terreno ocorrem como uma função direta da espessura da camada de arenito superior permeável, em combinação com o grau de dissecação da baixa encosta, pela drenagem que surge a partir da linha de exsudação.

Morfologicamente o contato litológico entre a Formação Exú e o Grupo Santana é marcado pela existência de uma escarpa abrupta na primeira, a montante da linha de surgência das fontes. Enquanto isso, o trecho a jusante apresenta gradiente suave, dissecado pela drenagem obsequente, e ora recoberto por sedimentos coluvionares ora por solo residual. Neste segmento da escarpa a erosão em sulcos é o principal agente do modelado, que canaliza as águas provenientes da exsudação das fontes, bem como das chuvas. O resultado é a dissecação da baixa encosta em forma convexa-convergente.

Agradecimentos

Para a realização deste trabalho colabora o financiamento do CNPQ. São destinados agradecimentos ao INPE, LAGESE/DEGEO/UFPE pelas instalações e apoio cedido, ainda ao Dr. Virgínio Henrique Neumann e Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa pela orientação e sugestões.

Referências Bibliográficas

- Dalrymple, J. B.; Blong, R. J.; Conacher, A. J. A hypothetical nine unit land surface model. Z. **Geomorphology**, Berlin, v.12, n.1, p.60-76, 1968.
- Duff, D. Principles of Physical geology. Chapman & Hall, Fourth edition, 1995, 791p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- Neumann, V. H.; Cabrera, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. In: Simpósio Cretáceo Brasileiro, 5, Serra negra, 1999. UNESP, **Boletim de Resumos**: 279-285.
- Rand, h. M. E Manso, V. A. V. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. In: Cong. Bras. Geol., 33. Rio de Janeiro, 1984. **Anais...**, SBG, 4:2011-2016.
- Valeriano, Márcio de Morisson. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: **INPE**, 2008. <http://www.dpi.inpe.br/topodata/contato.php> acesso em 10/2008.

_____. Dados Topográficos. In **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais** / Teresa Gallotti Florenzano, (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2008.