

Compartimentação morfológica do relevo da Ilha do Maranhão em escala regional

Cláudio José da Silva de Sousa¹
Karina Suzana Feitosa Pinheiro¹

¹ Universidade Estadual do Maranhão
Cidade Universitária Paulo VI, SN, Tirirical, 65055-970, São Luís - MA
claudio@cecen.uema.br; karina@cecen.uema.br

Abstract. The Maranhão Island is situated in the eastern region of the Intracratonic São Luís Basin, in the Maranhão State, Brazil, whose genesis dates Gondwana continent rifting process and the opening South Atlantic Ocean Equatorial, in the Upper Cretaceous, and its complete insulation, in the Quaternary. In this study were used from the OLI/Landsat-8 remotely sensed data, of the July, 20th 2015, scene 220/62 (DGI/INPE), and altimetric digital elevation model (DEM) and its local geomorphometric derivations concerning the 02S45 tile (TOPODATA), aiming at morphological compartmentation Maranhão Island relief, in the regional scale. The coast of mangroves and rias, and alluvial plains geomorphological units were individualized by analysis and interpretation of the image elements in the color composite 5(R), 6(G) e 4(B). The coastal boards constitute the dominant unit and its differentiation in the central-north and central-south portions of the study area was captured by the geomorphometric variables altimetry, slope, vertical curvature and landforms. These changes in the modeling of the predominant unit may be related to the tectonic, eustatic and morphodynamic processes related to the genesis of the study area, similar to that observed in neighboring geotectonic units, such as in the Barreirinhas basins, on the east coast of Maranhão State, and of Cametá, in the Marajó Island, in the river-mouth Amazonas.

Palavras-chave: Maranhão Island, geomorphological compartmentation, remote sensing, Ilha do Maranhão, compartimentação geomorfológica, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A Ilha do Maranhão está situada na porção leste da Bacia Intracratônica de São Luís, cuja origem remete aos processos de ruptura do Megacontinente Gondwana (HASUI, 2012) e de abertura do Oceano Atlântico Sul Equatorial, no final do Aptiano e início do Albiano, no Cretáceo Superior. Ela corresponde a uma elevada plataforma de sedimentos terciários, ligeiramente isolada dos terrenos continentais pela erosão *post-pliocênica* e completamente insulada pela invasão marinha profunda durante o Pleistoceno (AB'SABER, 1960).

Quanto aos aspectos morfológicos da Ilha do Maranhão, o mapa referente às folhas SA.23/24, São Luís/Fortaleza, na escala 1:1.000.000 (BRASIL, 1973), apresenta o relevo da ilha composto por: formas de acumulação, representadas pela planície flúviomarina, com rias e mangues; e formas de dissecção, com a porção centro-norte caracterizada por relevo dissecado em colinas, com vales pouco profundos e ravinas, e a porção centro-sul, marcada por relevo dissecado em mesas, resultante da evolução dos processos de dissecção em interflúvios tabulares.

Maranhão (1998) destaca a prevalência de baixas amplitudes altimétricas e declividades nos compartimentos morfológicos da Ilha do Maranhão, em decorrência dos agentes morfogenéticos, com destaque para as ações antrópicas, climáticas e oceanográficas. Entre as morfologias mais frequentes, estão as formas tabulares a subtabulares, intercaladas por colinas dissecadas assentadas sobre rochas sedimentares.

No mapa geomorfológico produzido pela Embrapa Monitoramento por Satélites, para o zoneamento ecológico-econômico do Maranhão, folha SA.23-Z, escala 1:500.000, (MIRANDA, 2001), a porção centro-sul da Ilha do Maranhão é descrita como constituída por canais de drenagem curtos, numerosos e poucos profundos, configurando um padrão de relevo mais dissecado.

Segundo Feitosa (2006, p. 7), na Ilha do Maranhão, ocorrem “[...] formas de relevo tabular e subtabular em bordas dissecadas em colinas com baixa, média e alta declividade, resultante de processos erosivos, que deram origem a vales pouco profundos.” Essa morfologia foi inserida no domínio da planície costeira que, juntamente com a sublitorânea, litorânea, fluvial e os planaltos, integram a nova classificação proposta pelo autor.

Para a região do Itaqui-Bacanga, na porção oeste da Ilha do Maranhão, Andrade et al. (2007) criaram o mapa geomorfológico, na escala 1:10.000, composto por cinco unidades: planalto costeiro (tabuleiro costeiro, superfície colinosa, dunas vegetadas, região interdunas e lagos perenes); planície estuarina (canal estuarino, vasa, planície de maré lamosa); planície litorânea (praia); planície fluvial (planície de inundação) e sistema antropogênico (área industrial, residencial e lago artificial).

Castro e Pereira (2009) criaram o mapa geológico-geotécnico da bacia hidrográfica do Riacho dos Cachorros, a oeste da Ilha do Maranhão. Sobre litologias com fácies arenosa, areno-argilosa e argilo-arenosa, com presença de concreções lateríticas, foi constatado um relevo colinoso, com declividade moderadamente plana a ondulada, resultante de processos erosivos caracterizados por ravinas e voçorocas. Na planície flúviomarinha, com cotas abaixo de 5 m, foram constatados sedimentos argilosos e lamosos, com presença marcante de manguezal.

Teixeira e Souza Filho (2009) realizaram mapeamento dos ambientes costeiros do Golfão Maranhense, incluindo a Ilha do Maranhão, a partir de imagens ópticas TM/Landsat-4 e HRV/SPOT-2, microondas SAR/Radarsat-1 e dos modelos digitais de elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). A partir da análise e interpretação visual das composições coloridas falsa-cor, TM/Landsat-4 4R5G1B e RHV/SPOT-2 3R2G1B e imagens SAR/Radarsat-1, foram discriminados os seguintes ambientes costeiros: planalto costeiro (tabuleiro costeiro, paleodunas e lagos perenes); planície fluvial (canal estuarino, delta de maré vazante, lagos intermitentes, manguezal, pântanos salino e de água doce, e planícies de maré, de maré lamosa, de maré arenosa, de maré mista, de supramaré e arenosa); planície litorânea (dunas móveis e praia de macromaré) e sistemas antropogênicos (área construída e lago artificial).

Bezerra (2011) definiu cinco unidades morfoesculturais no domínio da Bacia de São Luís: superfície tabular, colinas dissecadas, depósito eólico, depósito quaternário fluvial e flúviomarinho. Já no âmbito da Ilha do Maranhão, o autor elaborou o mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Bacanga, formado pela planície flúviomarinha, planície fluvial, colinas dissecadas e superfícies tabulares.

Silva (2012) adotou a taxonomia proposta por Ross (2005) para análise do relevo da Ilha do Maranhão, na escala 1:60.000, visando à compreensão de suas paisagens, com vistas ao planejamento ambiental. Conforme a autora, as paisagens geomorfológicas estão inseridas no domínio morfoestrutural da Bacia de São Luís e morfoescultural do Golfão Maranhão. Neste último, foram discriminados dois subcompartimentos morfoesculturais: os relevos denudacionais (tabuleiros com topos planos, falésias, colinas esparsas e vertentes) e os agradacionais (planícies fluviais, terraços marinhos, paleodunas, praias, dunas, apicuns e planícies de maré).

Tendo em vista os estudos supracitados, neste trabalho, propõe-se uma compartimentação morfológica do relevo da Ilha do Maranhão, na escala cartográfica 1:250.000, com vistas à elaboração de um modelo hidrogeológico regional, conceitual, dos sistemas aquíferos em condições insulares. Para tanto, a presente abordagem está fundamentada nos mapas geomorfológicos de Brasil (1973) e Miranda (2001); na taxonomia do mapeamento geomorfológico descrita em IBGE (2009); no mapa geomorfológico do estado do Maranhão, escala 1:1.400.000 (IBGE, 2011); e no mapa de geodiversidade do estado do Maranhão, escala de 1:1.200.000 (DANTAS et al.,2013).

2. Metodologia

As unidades morfográficas adotadas na presente pesquisa corresponderam àquelas estabelecidas no mapa geomorfológico do estado do Maranhão, na escala 1:1.400.000 (IBGE, 2011), a saber: Planícies Fluviais (1), Litoral de Mangues e Rias (3) e Tabuleiros Costeiros Maranhenses (21). Os limites dessas unidades foram refinados a partir de dados de sensoriamento remoto orbital, mediante a análise e interpretação dos elementos de imagens tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, padrão e localização (ANDERSON, 1982, FLORENZANO, 2007), tal como apresentado na Figura 1.

Para tanto, foram empregadas imagens orbitais do sensor OLI/Landsat-8, correspondentes às bandas espectrais 4, 5 e 6, de 20/07/2015, adquiridas através do Catálogo de Imagens (DGI/INPE). As imagens foram corrigidas geometricamente e importadas para o banco de dados no Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING, v. 4.3 (DPI/INPE). Sobre a composição colorida falsa-cor, 5(R), 6(G) e 4(B), foram definidos os limites entre as unidades Tabuleiros Costeiros Maranhenses (21) e Litoral de Mangues e Rias (3). Esse procedimento foi favorecido pelas variações de tonalidade/cor e de textura entre as áreas de mangue, vegetação secundária e de restinga, verificadas na composição colorida (Figura 1a).

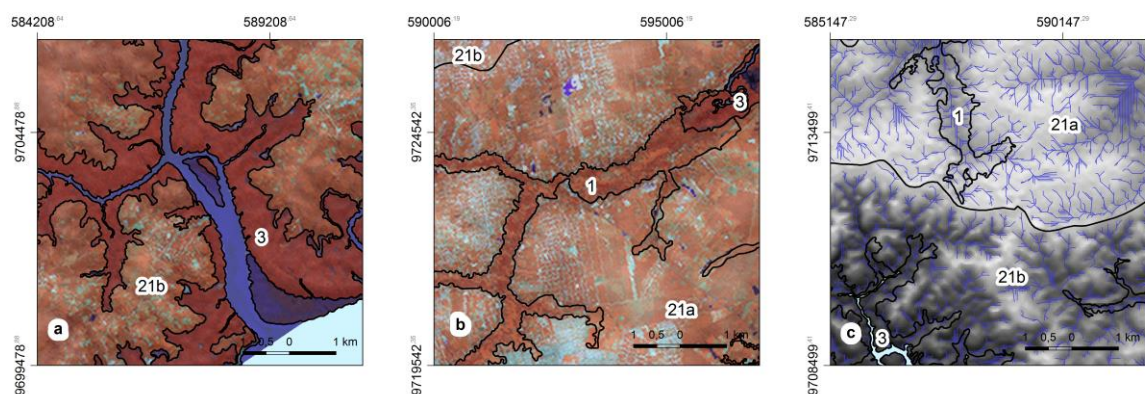


Figura 1. Delimitação das unidades morfográficas: a) contato entre Litoral de Mangues e Rias (3) e Tabuleiros Costeiros Dissecados; b) contato entre Planície Fluvial (1) e Tabuleiros Costeiros; c) diferenciação entre Tabuleiros Costeiros (21a) e Tabuleiros Costeiros Dissecados (21b).

As feições associadas às Planícies Fluviais (1), principalmente ao longo do rio Paciência, a nordeste da ilha, foram individualizadas a partir da vegetação de mata ciliar. Ao longo do rio, esta fitofisionomia apresenta características de um dossel vegetativo completo (MOREIRA, 2003), diferenciando das áreas de vegetação secundária, com dossel incompleto (Figura 1b). Essa unidade também foi mapeada por Teixeira e Sousa Filho (2009) e Silva (2012), sobre composições coloridas falsa-cor, tendo como referencial as áreas de mata ciliar.

Para a delimitação das unidades morfográficas também foram utilizados os MDE de altimetria e de suas derivações geomorfométricas locais (relevo sombreado, declividade, orientação de vertentes, curvaturas horizontal e vertical, e formas de terreno), referentes à quadrícula 02S45, com resolução espacial de 30m (1arc seg.), em formato GeoTIFF, do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA (VALERIANO, 2008; VALERIANO; ROSSETTI, 2010; VALERIANO; ALBUQUERQUE, 2010).

Da sobreposição da imagem em relevo sombreado, MDE de altimetria e sistema de drenagem (Figura 1c), foi realizada a subdivisão dos Tabuleiros Costeiros Maranhenses em duas subunidades: uma na porção centro-norte (21a), representada por formas de baixa amplitude altimétrica, e outra na porção centro-sul (21b), formada por tabuleiros intensamente

esculpidos, em relevo de baixos platôs dissecados. Essa subdivisão dos relevos tabulares na Ilha do Maranhão foi retratada em Projeto Radam (1973), Miranda (2001) e Dantas et al. (2013).

Após delimitação, as unidades morfográficas foram caracterizadas tematicamente quanto às derivações geomorfométricas locais. Os MDE de altimetria, declividade, orientação de vertentes, curvaturas horizontal e vertical, e formas de terreno foram classificados no ArcMap v. 9.3 (ESRI Inc.), empregando os limites de classes propostos por Valeriano (2008). Os mapas temáticos gerados e o de compartimentação morfológica foram submetidos à operação de tabulação cruzada, cujos resultados foram quantificados. Esse procedimento permitiu a caracterização interna de cada uma das unidades morfográficas definidas nos processamentos anteriores.

3. Resultados e Discussão

Quanto aos aspectos morfográficos, a Figura 2 ilustra a compartimentação do relevo sugerida para a Ilha do Maranhão, na escala 1:250.000, na qual ocorrem as seguintes unidades: Tabuleiros Costeiros Maranhenses (21), Litoral de Mangues e Rias (3) e Planícies Fluviais (1). A primeira está inserida no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, ocupa 672,83 km² das terras emersas, e, segundo Feitosa (2006; 2013), constitui “[...] formas de relevo tabular e subtabular em bordas dissecadas em colinas com baixa, média e alta declividade, resultantes de processos erosivos, que deram origem a vales pouco profundos [...]”.

Segundo Dantas et al (2013), na Ilha do Maranhão, os Tabuleiros Costeiros Maranhenses (21) são divididos em duas subunidades. A primeira (21a), na porção centro-norte da Ilha, é representada por extensos tabuleiros de baixa amplitude altimétrica. A segunda (21b), na região centro-sul, é dominada por tabuleiros intensamente esculpidos, em relevo de baixos platôs dissecados e colinas, entalhados por canais de média densidade de drenagem. Esta subunidade ocupa 199,15 km², da área de estudo, enquanto aquela, 473,68 km².

O Litoral de Mangues e Rias (3), com 203,26 km², contorna toda a Ilha do Maranhão, sendo mais extenso ao longo dos estuários dos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Jeniparana, Paciência e na Ilha de Curupu, localizada no extremo norte. Essa unidade é modelada pela hidrodinâmica da costa submersa, pelo fluxo e refluxo das marés e pela ação dos ventos. Os processos marinhos e flúviomarinheiros nela verificados são responsáveis pela conformação de mangues, vasas, apicuns, lagunas e falésias (FEITOSA, 2006; 2013).

As Planícies Fluviais (1) ocupam 24,07 km² da área investigada. De acordo com Teixeira e Souza Filho (2009), são áreas baixas, com cotas variando de 0 a 10 m, sujeitas à inundação durante os períodos de grandes cheias, que bordejam os principais cursos d’água da Ilha do Maranhão, entre eles o Paciência, o Bacanga e o Santo Antônio dentre outros.

Quanto ao comportamento das variáveis geomorfométricas (Figura 3), na área investigada predominam altitudes entre 20 a 30 m (Figura 3a) e relevo caracterizado por modelado suave-ondulado, com declividades entre 3 a 8 % (Figura 3b). As cotas acima de 40 m demarcam os principais divisores das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão e ocorrem, sobretudo, na região centro-norte (21a), cujos terrenos são caracterizados por declividades entre 3 a 8 %.

Nas proximidades do litoral, os relevos tabulares apresentam bordas abrutadas, com declividades entre 8 a 45 % (Figura 3b), ensejando a formação de barreiras terciárias, conhecidas por falésias (FEITOSA, 2006; 2013). Esse padrão é verificado principalmente no domínio dos Tabuleiros Dissecados (21b), na porção centro-sul da ilha.

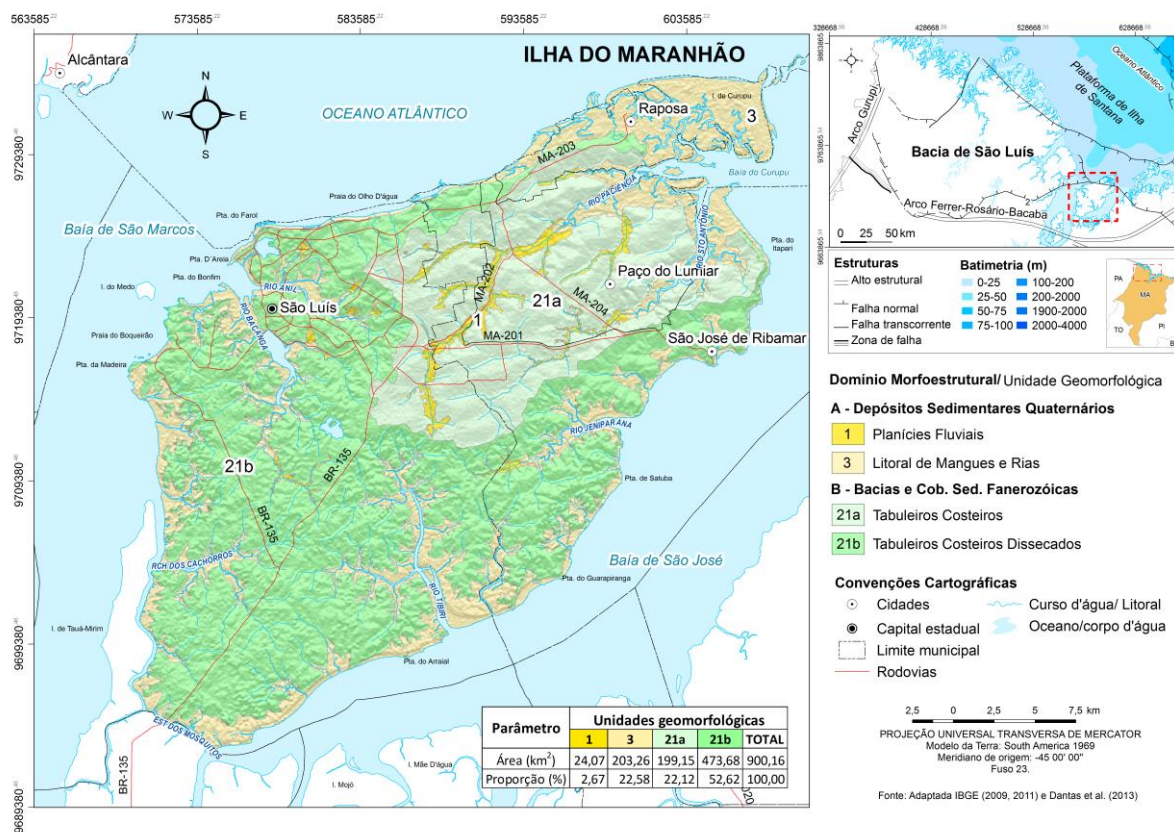


Figura 2. Mapa temático de compartimentação morfológica da Ilha do Maranhão.

A orientação de vertentes diz respeito ao ângulo azimutal da maior inclinação do terreno, no sentido descendente, e, juntamente com a declividade, descreve tridimensionalmente o terreno (VALERIANO, 2008). Observando a Figura 3c, parece não haver uma orientação preferencial das vertentes, o que pode ser explicado pelo modelado plano a suave-ondulado do relevo, conforme exposto anteriormente. Nesse caso, conforme a autor aludido, há certa tendência de desorganização da variável, sugerindo uma granulação da superfície, como por exemplo, na unidade Litoral de Mangues e Rias (3), a nordeste da área de estudo.

Contrariamente, nos Tabuleiros Costeiros (21a), a variável em tela evidencia um comportamento mais coerente com o relevo, realçando canais de drenagem e divisores de água. Nessa unidade, o modelado é caracterizado por colinas alongadas na direção NE-SW (com vertentes orientadas preferencialmente a NW-SE, Figura 3c). Essa direção pode estar associada ao movimento neotectônico mais recente da Bacia Intracratônica de São Luís, ocorrido do Pleistoceno Médio ao Holoceno, cujo último episódio foi marcado pelo surgimento de falhas transcorrentes, de direção NE-SW, dentre elas, a que controla a orientação geral da baía de São Marcos (FERREIRA JÚNIOR et al., 1996).

Quanto à curvatura vertical, ela expressa o formato da vertente quando observada de perfil, podendo ser classificada em côncava, retilínea ou convexa (VALERIANO, 2008). Essa variável está associada à tipologia do fluxo hídrico ao longo da encosta e aos processos erosivos atuantes: as vertentes côncavas sugerem o fluxo concentrado e, por conseguinte, são predisponentes à erosão subterrânea, com produção de ravinas e voçorocas; já as convexas favorecem ao fluxo laminar e a erosão homônima.

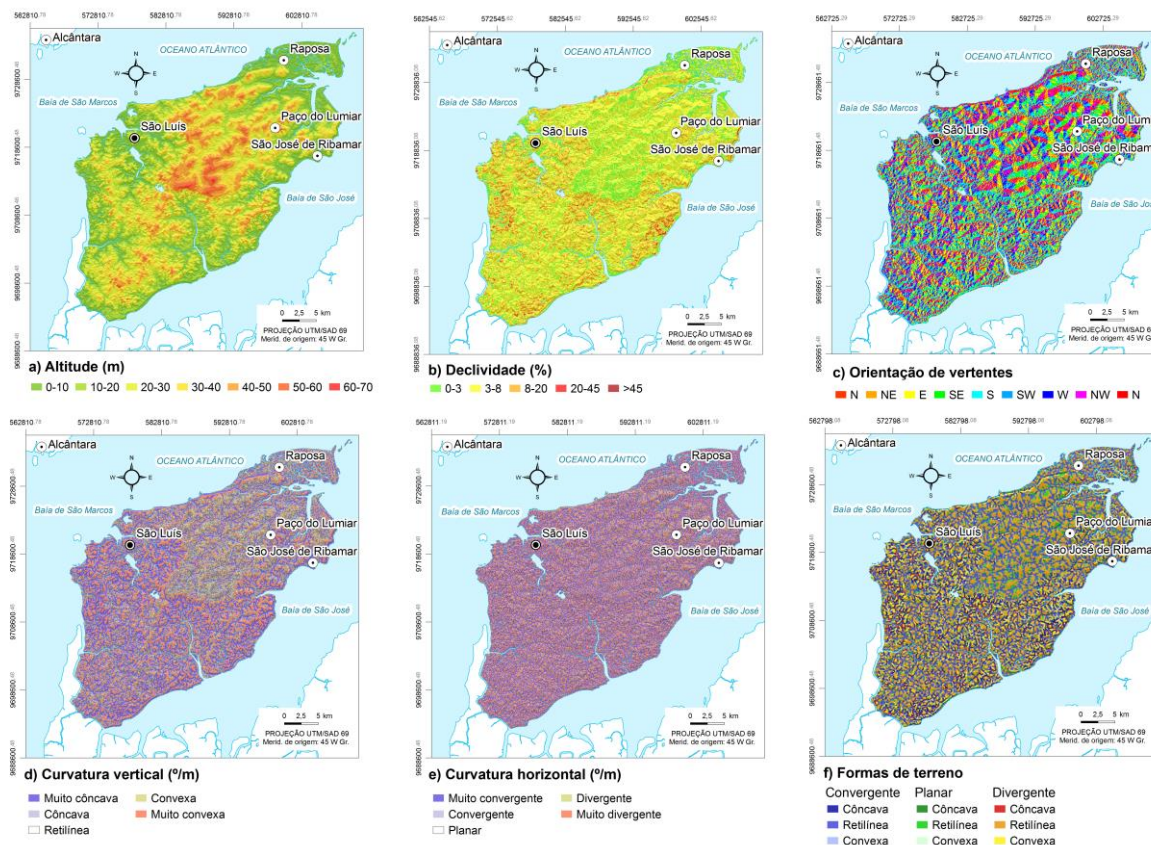


Figura 3 – Mapas temáticos das variáveis geomorfométricas locais da Ilha do Maranhão: a) altitude; b) declividade; c) orientação de vertentes; d) curvatura vertical; e) curvatura horizontal e; f) formas de terreno.

De acordo com a Figura 3d, o relevo da área de estudo é caracterizado por vertentes muito côncavas (282,41 km²) e muito convexas (233,06 km²), sendo mais frequentes nos Tabuleiros Costeiros Dissecados (21b). Na porção centro-norte da área investigada, no domínio dos Tabuleiros Costeiros (21a), ocorre o predomínio de vertentes convexas, configurando um contraste significativo com a porção centro-sul.

A observação da vertente segundo a sua projeção no plano horizontal define o caráter convergente ou divergente do fluxo de matéria (água, minerais e matéria orgânica dos solos) sobre o terreno, acionado pela ação da gravidade (VALERIANO, 2008). Segundo a Figura 3e, as classes muito convergente e muito divergente ocupam respectivamente 340,94 km² e 335,22 km² da Ilha do Maranhão. Em geral, a variável em alusão exibe um padrão homogêneo na área de estudo, com baixa diferenciação entre as unidades morfográficas. Esta característica é descrita por Valeriano (2008), em se tratando de escalas generalizadas.

A Figura 3f ilustra o mapa temático de formas de terreno, cuja legenda integra informações da curvatura horizontal, através do matiz, e da curvatura vertical, por meio do brilho. A classe convergente/côncava, em azul, retrata a situação de máxima concentração de fluxo hídrico e, por conseguinte, as áreas com maior influência de umidade. Por outro lado, a categoria divergente/convexa, em amarelo, configura as formas com maior dispersão de fluxo hídrico (VALERIANO, 2008).

As formas de terreno mais costumeiras na Ilha do Maranhão constituem as divergentes/retilíneas (300,19 km²) e convergentes/retilíneas (258,50 km²), sobretudo no domínio dos Tabuleiros Costeiros Dissecados (21b). Nesta unidade geomorfológica, a incidência de formas divergentes/convexas (59,91 km²), com interflúvios estreitos e de relevo dissecado, configura um contraste acentuado com a unidade situada na região centro-norte da

área de estudo, dos Tabuleiros Costeiros (21a), com recorrência de formas divergentes/retilíneas (87,74 km²), planares/retilíneas (38,67km²). Essa unidade geomorfológica exibe um modelado suave-ondulado, caracterizado por colinas alongadas, com amplos comprimentos de rampa, que sugerem contribuição significativa ao processo de infiltração.

A região centro-norte da ilha coincide com a área de 122 km², de contribuição das bacias hidrográficas dos rios Paciência e Santo Antonio, designada “Grande área produtora” de água subterrânea (ACQUA-PLAN, 1972). Os poços nela perfurados exploram água do Aquífero Barreiras, um sistema livre, de idade Terciária, constituído em sua maioria por arenitos com intercalações de argila, cuja recarga provém do rio Paciência e da infiltração das águas pluviais durante o período chuvoso.

Essa região hidrográfica, desde a década de 1980, tem sofrido mudanças significativas no uso do solo e na cobertura vegetal, em virtude do processo de urbanização dos municípios de São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar, configurando um processo de conurbação urbana. A redução das áreas vegetadas tem contribuído para o aumento da componente do ciclo hidrológico relacionada ao escoamento superficial e, conseqüentemente, à diminuição da infiltração que favorece a recarga do sistema aquífero terciário.

4.Considerações Finais

Na Ilha do Maranhão predominam os Tabuleiros Costeiros Maranhenses. Sua topografia exibe um acentuado contraste entre regiões centro-norte e sul, o qual foi observado na composição colorida OLI/Landsat 8, 564, e capturado por meio das variáveis geomorfométricas locais, derivadas de dados SRTM, com destaque para a altitude, declividade, curvatura vertical e formas de terreno. As mudanças no modelado do relevo podem estar associadas a processos tectônicos, eustáticos e morfodinâmicos, que remetem à gênese da área de estudo, tal como verificado na Bacia de Barreirinhas (ALMEIDA FILHO, et al., 2009) e na porção leste da Bacia de Cameté, na Ilha de Marajó (ROSSETTI et al., 2008). Os padrões de relevo observados têm implicações significativas na recarga dos sistemas aquíferos, cuja maior componente está relacionada à infiltração das águas pluviais.

Referências Bibliográficas

Ab’Sáber, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**, ano 3, n. 3, p. 35-40, 1960.

Acqua-Plan. **Abastecimento d’água**: planejamento geral, São Luiz – MA. Recife: SUDENE, 1972. 55p.

Almeida-Filho, R.; Rossetti, D. de F.; Miranda, F. P.; Ferreira, F. J.; Silva, C.; Beisl, C. Quaternary reactivation of a basement structure in the Barreirinhas Basin, Brazilian Equatorial Margin. **Quaternary Research**, v. 72, p. 103-110, 2009.

Anderson, P. S. **Fundamentos de fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 136 p.

Andrade, M. M. N. de; Souza Filho, P. W. M.; Szlafztein, C. F. Mapa geomorfológico da região Itaqui-Bacanga, São Luís (MA), usando imagens de alta resolução e sistemas de informações geográficas. In: Congresso Da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 11., 2007, Belém. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ABEQUA, 2007. Disponível em:< http://www.abequa.org.br/trabalhos/2007_milena_marilia_gerenciamento.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2015.

Bezerra, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís – MA**. 2011. 249f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**. Folha SA.23 São Luís e parte da folha SA.24 Fortaleza: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973.

Castro, H. F. R.; Pereira, E. D. Cartografia geológico-geotécnica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. **Revista GEONORTE**, v. 3, n. 4, p. 750-759, 2012.

Dantas, M. E.; Shinzato, E.; Bandeira, I. C. N.; Souza, L. V. de; Renk, J. F. C. Compartimentação geomorfológica. In: Bandeira, I. C. N (Org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. p. 31-62.

Feitosa, A. C. Relevo do estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology, 6., 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: UGB, IAG, 2006. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/476.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

_____. A zona costeira e o litoral na Ilha do Maranhão, estado Maranhão – Brasil. In: Encuentro de Geógrafos de América Latina, 14., 2013, Lima. **Anais eletrônicos...** Lima/Peru: EGAL, 2013. Disponível em: <>. Acesso em: 13 jun. 2015.

Ferreira Júnior, C. R. P.; Costa, J. B. S.; Bemerguy, R. L.; Hasui, Y. Neotectônica da região da bacia de São Luís. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5., 1996, Belém. **Anais...** Belém: SBG/NO, 1996. p. 297-300.

Florenzano, T. G. **Iniciação ao sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 101 p.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2016.

_____. **Estado do Maranhão: geomorfologia**, escala 1:400.000. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/unidades_federacao/ma_geomorfologia.pdf>. Acesso em: 16 out. 2013.

Maranhão. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozoneamento do Golfão Maranhense; Diagnóstico ambiental da microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**: estudo socioambiental. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998. 39 p.

Miranda, E. E. de. (Coord.). **Zoneamento ecológico-econômico do estado do Maranhão**: mapa geomorfológico, folha SA.23-Z, escala 1:500.000. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2001. Disponível em: <<http://www.zee.ma.gov.br/icon/mfísico/g48.png>>. Acesso em: 4 abr. 2016.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p.

Ross, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 8. Ed. São Paulo: Contexto, 2005. 85 p.

Rossetti, D. de F.; Góes, A. M.; Valeriano, M. M.; Miranda, M. C. C. Quaternary tectonics in a passive margin: Marajó Island, northern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 23, n. 2, p. 121-135, 2008.

Silva, Q. D. **Mapeamento geomorfológica da Ilha do Maranhão**. 2012. 249f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

Teixeira, S. G.; Souza Filho, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, supl. 1, p. 69-82, 2009.

Valeriano, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos atuais. São José dos Campos: INPE, 2008.

Valeriano, M. M.; Albuquerque, P. C. G. de. **Topodata**: processamento de dados srtm. São José dos Campos: INPE, 2010. 79 p.

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. de F. **Topodata**: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados srtm. São José dos Campos: INPE, 2010.