

Estudo Neotectônico em Margem Continental do Tipo Passiva

Neotectonic Studies in Continental Margin of Passive Type

Vinicius Ferreira Lima *
Larissa Fernandes Lavor **
Max Furrier ***

Resumo:

Este estudo investigou aspectos referentes à morfogênese pós-cenozoica da carta topográfica Rio Mamuaba 1:25.000, borda oriental do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, por meio da análise morfoestrutural, morfotectônica e geomorfológica. Os resultados permitiram reconhecer padrões anômalos na rede de drenagem tanto nos aspectos qualitativos como quantitativos, e nas formas de relevo, que encontram correspondência direta com eventos tectônicos recentes, de caráter regional, que abrangem toda a borda oriental do Nordeste do Brasil. A área está inserida entre o embasamento cristalino do Pré-Cambriano e a bacia Paraíba, mais especificamente na sub-bacia Alhandra. Em superfície, a referida área está representada, na sua maior parte, pela Formação Barreiras (Mioceno), que recobre, em partes, a bacia Paraíba e o embasamento cristalino de forma discordante. Para a análise morfoestrutural e morfotectônica, elaboraram-se cartas de rugosidade do relevo, hipsométrica e de inclinação das pendentes, além de ajuste da carta geológica e aplicação do índice morfométrico Relação Declividade/Extensão, no sentido de averiguar anomalias nos padrões de redes de drenagem, relacionadas à tectônica recente. Os resultados obtidos comprovam que não se pode negar a influência da tectônica pós-miocênica na configuração do relevo em uma borda de uma Margem Continental Passiva.

* Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba

** Doutoranda em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE/PPGEOC

*** Prof. Adjunto do Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba

Abstract:

This paper investigated aspects related to post-Cenozoic morphogenesis of the topographic map Rio Mamuaba 1:25.000, eastern edge of the state of Paraíba, Northeast of Brazil, through morphostructural, morphotectonic and geomorphologic analysis. The results allowed to recognize anomalous patterns in the drainage network in both the qualitative and quantitative aspects, and forms of relief, that have direct correspondence to recent tectonic events, of regional character, which covers all the eastern edge of Northeast of Brazil. The area is inserted between the crystalline basement of Precambrian and Paraíba basin, more specifically in Alhandra sub-basin. In surface, that area is represented, for the most part, by the Barreiras Formation (Miocene), which covers, in part, the Paraíba basin and the crystalline basement in discordant way. For morphostructural and morphotectonic analysis, relief roughness, hypsometric and outstanding inclination maps were elaborated, as well as the geological map adjustment and application of morphometric index Slope/Length, in order to investigate anomalies in drainage networks standards, related to the recent tectonics. The results show that we cannot deny the influence of post-Miocene tectonics in relief configuration on an edge of a Continental Margin Passive.

Palavras-chave:

Morfotectônica,
Rio Mamuaba,
Formação Barreiras,
Índice morfométrico

Key-Words:

Morphotectonic,
Mamuaba river,
Barreiras Formation,
Morphometric index

INTRODUÇÃO

A margem continental brasileira, dita passiva e divulgada como estável, tinha seus estudos investigativos em décadas passadas relacionados à tectônica em bacias sedimentares marginais historicamente concentrados em fases mais pretéritas vinculadas à fase rifte. Durante longos períodos de desenvolvimento científico, as unidades lito-estratigráficas da fase pós-rifte foram consideradas pouco ou não afetadas pela tectônica pós-Cenozoica. Porém, há algumas décadas, vem crescendo consideravelmente o número de pesquisas de caráter exploratório que atestam que as unidades pós-rifte sofreram e sofrem deformações de movimentos tectônicos recentes que influenciaram na própria sedimentação e na morfologia atualmente presente nessas bacias e no relevo que as elas sustentam.

Para o estudo de tais deformações, consideradas recentes no tempo geológico, criou-se o termo “neotectônica”, o qual, de acordo com Saadi (1993), foi empregado pela primeira vez em 1948 pelo geólogo soviético V. A. Obruchev, para definir os movimentos da crosta terrestre que se instalaram durante os períodos do Terciário Superior (Mioceno e Plioceno) e do Quaternário, e que assumiram um papel decisivo na formação da topografia contemporânea.

Especificamente no Brasil, a origem do neotectonismo está ligada diretamente à abertura do Atlântico Sul e à consequente migração do continente sul-americano que ocorre até os dias atuais, e, portanto, tal movimentação exerce uma compressão geral E – W no território brasileiro, podendo reativar falhas pretéritas e gerar sismos (HASUI, 1990).

No Brasil, o interesse pelos estudos neotectônicos só teve maior impulso a partir da década de 1970, pela necessidade ligada à construção de grandes obras, tais como as usinas hidroelétricas e nucleares (SUGUIO, 2010). Assim, foram se desenvolvendo diferentes técnicas para esses estudos e, ao mesmo tempo, comprovando que a estabilidade tectônica no Brasil é somente relativa em relação às áreas de subducção, mas que ela não pode ser subjugada e muito menos desprezada.

Atualmente, os estudos de cunho neotectônico-geomorfológico têm ganhado importância e destaque por diversos autores (BARBOSA; FURRIER, 2011; BRITO NEVES et al., 2004; ETCHEBEHERE et al., 2000, 2004, 2006; FURRIER; ARAÚJO; MENESES, 2006; SOUZA et al., 2010), com a aplicação de índices morfométricos em

redes de drenagem e de análises dos aspectos geomorfológicos e morfotectônicos.

Algumas feições da paisagem são tipicamente suscetíveis ao controle tectônico, como a rede de drenagem e o padrão de relevo (STEWART; HANCOCK, 1994), que podem assumir diversas morfologias na paisagem. As análises morfométricas na rede de drenagem e nas cartas temáticas elaboradas permitiram identificar anomalias no padrão dessas feições, que evidenciam movimentações tectônicas recentes, e que nem sempre são facilmente visíveis na superfície.

O foco desta pesquisa é a realização de uma análise para averiguar a presença de deformações neotectônicas e sua aparente relação com a configuração do relevo atual e a rede de drenagem instalada. Para isso, consideraram-se a direção dos cursos de água e as feições morfológicas consideradas anômalas, visto que se desenvolveram sobre uma dita margem continental passiva. Com os dados aqui apresentados, confirmaram-se relações entre as feições geomorfológicas atuais, a morfologia da rede de drenagem e a tectônica pós-miocênica regional nos Baixos Planaltos Costeiros, desenvolvidos sobre a Formação Barreiras.

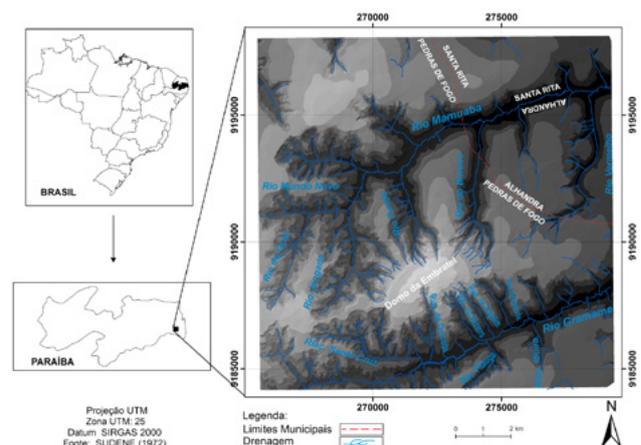


Figura 1 – Localização da área de estudo
Fonte: Elaboração dos autores

A área investigada está localizada no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, e possui uma extensão total de 196 km² (Figura 1). O recorte espacial selecionado foi a carta topográfica Rio Mamuaba 1:25.000, confeccionada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (BRASIL, 1974).

1. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

No contexto regional, a área estudada é composta, em menor proporção, pelas rochas pré-Cambrianas que compõem o complexo cristalino (Província Borborema). Essas rochas encontram-se parcialmente expostas no oeste da área, mais precisamente entre as nascentes dos rios Gramame e Mamuaba, e, em sua grande parte, capeadas pela Formação Barreiras do Mioceno. Os demais terrenos sedimentares são representados pelas rochas da bacia sedimentar da Paraíba do Cretáceo (Figura 2).

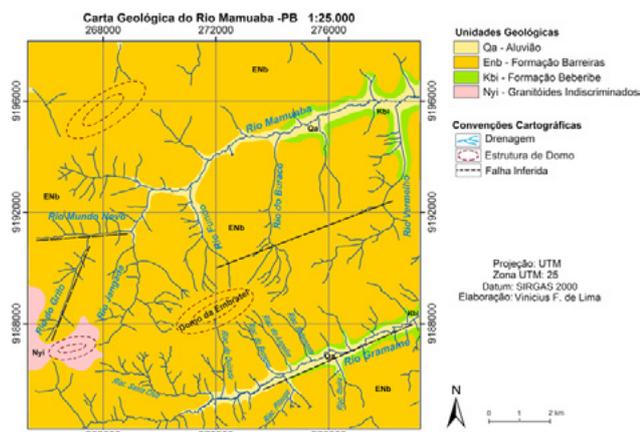


Figura 2 – Carta geológica da área de estudo
Fonte: Adaptado de Brasil (2002).

A região que corresponde à área da carta topográfica Rio Mamuaba encontra-se inserida na bacia Sedimentar Paraíba, sub-bacia Alhandra, correspondendo, em quase toda sua totalidade, por sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras, unidade litoestratigráfica, de idade miocênica, caracterizada por extensos tabuleiros, geralmente com topos aplainados. A Formação Barreiras ocorre em uma faixa contínua desde o estado do Amapá até o norte do estado do Rio de Janeiro, abrangendo uma área costeira exposta de quase 5.000 km (ARAI, 2006).

A bacia Paraíba, na qual está inserida a sub-bacia Alhandra, possui sua gênese e evolução diretamente relacionadas aos eventos tectônicos, que deram origem ao oceano Atlântico Sul, durante a separação dos continentes Africano e Sul-Americano. Esse processo de separação teve início na fase inicial do Cretáceo e continua na atualidade sendo essa parte do Brasil conhecida como o último setor a se separar do continente africano (FRANÇOLIN; SZATMARI, 1987; ASMUS, 1975).

Em relação à origem da Formação Barreiras, existem várias teorias, e esse tema ainda é caso de discussão na comunidade científica, dividindo opiniões entre diversos pesquisadores. Segundo Alheiros et al. (1988),

a deposição dos sedimentos da Formação Barreiras se deu fundamentalmente por meio de leques aluviais. Para Gopinath, Costa e Sousa Júnior (1993), os sedimentos que fazem parte da Formação Barreiras têm origem nos produtos resultantes do forte intemperismo sobre o embasamento cristalino, localizado no interior do continente. No estado da Paraíba, esse embasamento arqueado é composto pelas rochas cristalinas do planalto da Borborema.

Na porção correspondente ao Litoral Paraibano, essa unidade litoestratigráfica repousa, de forma discordante, sobre o embasamento cristalino e sobre a bacia marginal Paraíba, que segue o sentido de oeste para leste, respectivamente (FURRIER; ARAÚJO; MENESES, 2006). Na porção que corresponde ao baixo curso do rio Mamuaba, é possível verificar o afloramento da Formação Beberibe em toda a extensão do canal fluvial. Essa formação sedimentar difere-se da Formação Barreiras devido à composição mineralógica (ROSSETTI, 2012).

Nos vales fluviais, ocorre o aparecimento da Formação Beberibe, devido ao processo de incisão fluvial intenso, e sedimentos aluviais formando planícies e terraços fluviais encaixados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos técnicos-operacionais empregados nesta pesquisa se desenvolveram a partir da obtenção de atributos referentes ao terreno, como: as características geológicas, geomorfológicas, tectônicas, estruturais, e a hidrografia, seguida de análise morfológica e morfométrica, em que esses parâmetros serviram de base para avaliação das condições físicas do terreno e, também, para detecção de prováveis deformações neotectônicas.

Para obtenção, análise e quantificação das características físicas da área, utilizou-se, como instrumento base, a carta topográfica Rio Mamuaba, na escala de 1:25.000, apresentando equidistância entre as curvas de nível de 10 m, o que fornece uma excelente precisão. Elaborou-se a carta topográfica Rio Mamuaba por meio do método fotogramétrico aerotriangulação, com apoio de campo com a plotagem de inúmeros pontos altimétricos. Portanto, embora muito mais trabalhoso, a vetorização da carta topográfica deu uma precisão muito superior às imagens orbitais obtidas por meio do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).

Para a confecção dos materiais cartográficos aqui apresentados, utilizou-se o software livre Spring versão 5.1.7.

Extraíram-se toda a rede de drenagem e as curvas de nível mediante vetorização, sendo possível, com isso, realizar o estudo detalhado das bacias, sub-bacias, canais fluviais e formas do relevo presentes na área.

Após a finalização da vetorização da carta topográfica, tornou-se possível, por meio da utilização do software Spring 5.1.7, elaborar as cartas hipsométrica (altimétrica) e de declividade, além do Modelo Digital do Terreno (MDT). Produziram-se as cartas temáticas com a utilização das curvas de nível vetorizadas da carta topográfica. O trabalho também consistiu na mensuração dos canais fluviais utilizando o índice morfométrico Relação Declividade/Extensão (RDE). Após a vetorização da carta topográfica, transportaram-se as curvas de nível para o software Spring 5.1.7, no qual se fizeram os cálculos necessários que resultaram nas cartas hipsométrica e de declividade.

Com as curvas de nível também se gerou o Modelo Numérico do Terreno (MNT), essencial para confecção das cartas temáticas. A primeira representa a altimetria do relevo pelo uso de cores convencionais, e a segunda exibe os níveis de declividade das vertentes. As análises dessas cartas e os valores obtidos foram de fundamental importância na elaboração deste trabalho, pois se puderam observar várias discrepâncias altimétricas, diferentes níveis de entalhamento dos rios e riachos, padrões assimétricos de várias sub-bacias hidrográficas adjacentes, inflexões bruscas em vários rios e uma extrema heterogeneidade das inclinações das vertentes.

Algumas feições no padrão das linhas de hipsometria podem indicar áreas que sofreram movimentações tectônicas recentes, como desníveis abruptos na configuração do relevo e isolinhas mais ou menos espaçadas (HARTWIG; RICCOMINI, 2010).

Para a elaboração da carta clinográfica, adotaram-se as classes de declividade propostas por Herz e De Biase (1989), delimitadas e especificadas da seguinte forma: 0-12%, 12-30%, 30-47%, 47-100% e >100%. Amarraram-se essas classes a limites usados internacionalmente e a leis vigentes no Brasil. A carta de declividade fornece informações do gradiente altimétrico do terreno, servindo de base para identificação de vertentes, encostas e áreas alagáveis.

Segundo Hartwing e Riccomini (2010), a declividade média de uma área é um dos parâmetros mais importantes para as análises de cunho morfométrico, comandando a ação dos agentes erosivos e morfogenéticos, tendo em vista que a declividade de uma área identifica a taxa mínima e máxima de inclinação de uma superfície com relação a um plano horizontal.

Para a confecção da carta geológica, inicialmente, foi

necessária a sobreposição e interpretação de diversos produtos cartográficos, fotografias aéreas e imagens de satélite, e a realização de uma pesquisa bibliográfica referente à geologia regional. Além disso, realizaram-se expedições de campo, procurando demarcar, o mais preciso possível, as unidades geológicas presentes na região e, assim, ajustar as informações litológicas extraídas do mapa geológico do estado da Paraíba (BRASIL, 2002), que se encontra na escala 1:500.000, à realidade da área.

2.1 Índice Relação Declividade/Extensão (RDE)

O índice RDE foi proposto inicialmente por Hack (1973), conhecido como índice SL (Relação Slope vs. Length). Segundo Etchebehere et. al. (2006), esse índice é um indicador sensível de mudanças na declividade do canal fluvial, que podem estar associadas a movimentos de natureza tectônica.

Esse cálculo morfométrico é obtido na diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso de água, ou seja, é a diferença altimétrica da nascente do rio até a sua foz, representado por ΔH , e na projeção horizontal da extensão do referido segmento (ΔL). Assim, $\Delta H/\Delta L$ corresponde ao gradiente da drenagem no trecho. O logaritmo natural da extensão total do curso de água é definido por $\ln L$. A letra "L" corresponde à extensão total do canal da nascente, até o ponto final do trecho para onde o índice RDE está sendo calculado (MARTINEZ, 2005).

Para o cálculo de "L", o ponto de partida do segmento de drenagem pode ser o ponto médio da extensão do referido segmento até a nascente do rio (EL HAMDOUNI et al., 2008) (Figura 3).

Para efetuar a aplicação do índice RDE nas bacias hidrográficas dos rios Mamuaba e Gramame, consideraram-se sete importantes afluentes de grande porte, extensão e hierarquia fluvial, e efetuou-se o cálculo de RDE (total). Em seguida, eles se dividiram em três segmentos, cada um com dimensões semelhantes, e calculou-se o RDE (trecho) de todos os segmentos. As fórmulas utilizadas para o cálculo de ambos foram, respectivamente:

$$\text{RDE (total): } (\Delta H/\ln L)$$

e

$$\text{RDE (trecho): } (\Delta H/\Delta L) \times L$$

Com o auxílio do software Spring 5.1.7, mediu-se a extensão horizontal de cada segmento de drenagem.

Mediram-se as cotas das nascentes e dos pontos terminais dos cursos de água de acordo com o valor das curvas de nível adjacentes. Por fim, realizaram-se os cálculos obedecendo as fórmulas, sistematizando-se os valores descobertos em uma tabela.

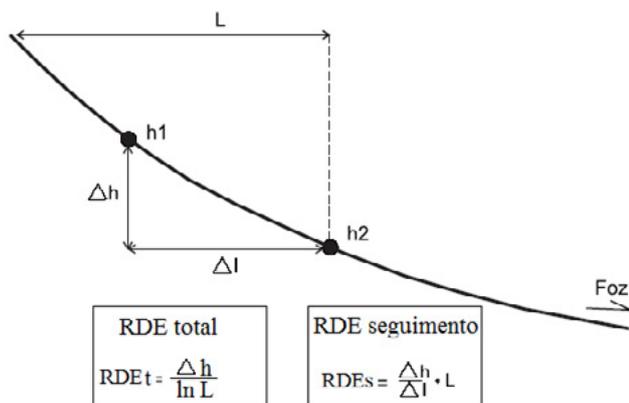


Figura 3 – Parâmetros para o cálculo do índice RDE
Nota: Os pontos h1 e h2 representam duas isolinhas altimétricas subsequentes.

Fonte: Martínez (2005).

Após a finalização da confecção dos produtos cartográficos, assim como, também, dos cálculos morfométricos, o procedimento adotado foi a análise qualitativa e quantitativa de seus respectivos conteúdos, o que forneceu informações com um bom nível de detalhamento da área, apresentando dados sobre a configuração morfológica e morfotectônica, permitindo caracterizar os padrões de drenagens, as declividades das vertentes e a altimetria, a fim de compreender a morfologia atual do relevo em seus aspectos morfoestruturais e tectônicos.

3. RESULTADOS

A borda oriental do estado da Paraíba mostra uma forte influência de movimentos tectônicos pós-miocênicos muito bem visualizados na Formação Barreiras, resultantes principalmente da reativação de zonas de cisalhamento dúcteis pré-cambrianas devido ao afastamento constante da América do Sul. Essa estruturação produziu uma compartimentação geomorfológica sobre a Formação Barreiras muito heterogênea, com altitudes na área de estudo de 20 a 213 m.

Mediante a análise hipsométrica, foi possível observar duas características principais na bacia do Rio Mamuaba: o acentuado desnível altimétrico entre os tabuleiros localizados ao sul dessa bacia, cujas altitudes alcançam até 213 m, e os localizados ao norte da bacia, onde as altitudes máximas são de 130 m, perfazendo-se

uma diferença de 83 m de altitude entre os dois tabuleiros que confinam o rio Mamuaba e distam apenas 5 km (Figura 4). Essa acentuada diferença altimétrica entre os Tabuleiros Litorâneos corrobora a ideia de reativações pós-miocênicas na área e de intensidades distintas, já que os tabuleiros possuem a mesma litologia e idade, pois se desenvolveram sobre a Formação Barreiras.

Quanto à geomorfologia local, é possível notar, além de morfologias tabulares, uma estrutura dômica totalmente anômala, quando comparada ao relevo tabular predominante desenvolvido sobre a Formação Barreiras. Brito Neves (2009) descreveu essa estrutura, também assentada sobre a Formação Barreiras, como o Domo da Embratel, por abrigar uma torre telefônica devido à sua altitude elevada. Esse domo é o principal divisor topográfico da área, e separa as redes de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Mamuaba.

É possível, também, verificar a formação de facetas triangulares, que são indicativas de áreas que sofreram soerguimento recente e tiveram suas bordas expostas aos processos erosivos. As facetas triangulares podem ser observadas na margem norte do rio Gramame (Figura 5), podendo ser interpretadas como indicativos de que essa região se submeteu a soerguimento tectônico de caráter recente, caracterizando, assim, atividade neotectônica nessa área. Vale destacar que essas facetas estão esculpidas sobre a mesma litologia (Formação Barreiras).

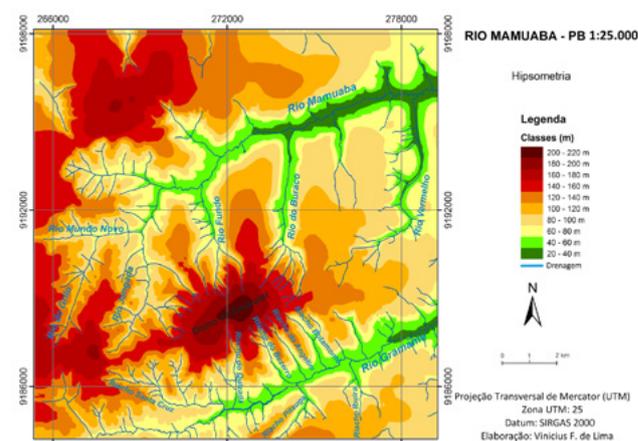


Figura 4 – Carta hipsométrica da área da carta topográfica Rio Mamuaba

Fonte: Elaboração própria.

Quando a assimetria da rede de drenagem de uma bacia ocorre sobre um mesmo substrato litológico, que é o caso da área em análise, as anomalias são tidas como fortes evidências de controle tectônico. Dessa forma,

Ou seja, as vertentes alcançam 45 graus de inclinação, tendo rios fortemente encaixados em seus respectivos vales. A elevada declividade verificada nas vertentes ao redor da formação dômica atestam para um acentuado retrocesso das nascentes dos riachos e a dissecação acentuada de todo o domo.

Essas constatações reforçam a ideia da gênese tectônica recente desse domo, haja vista que os acentuados retrocessos de nascentes verificados podem erodir por completo essa morfologia em um curto período de tempo na escala geológica, pois a Formação Barreiras possui uma litologia extremamente branda. Portanto, tendo como miocênica a Formação Barreiras, a morfologia dômica é, por conseguinte, pós-miocênica, e levando-se em consideração os acelerados processos erosivos atestados pelas acentuadas declividades nas nascentes em uma litologia branda e mal consolidada, pode-se retroceder ainda mais no tempo geológico para a formação de caráter tectônico desse domo.

3.1 Morfometria fluvial

O padrão apresentado por uma rede de drenagem está intimamente ligado à evolução morfológica e morfoestrutural, portanto, intimamente ligada ao seu substrato geológico. A bacia hidrográfica é um sistema inteiramente sensível às variações que advêm dos fenômenos morfotectônicos, funcionando como um testemunho dos processos ocorrentes na área sob a qual ela está assentada. Dessa forma, as bacias hidrográficas se comportam como ferramentas importantes para o estudo de indícios de neotectônica, já que quando o terreno sofre qualquer alteração o seu padrão é reajustado às novas condições impostas de forma quase imediata.

Aplicou-se o índice de RDE para sete rios afluentes das bacias principais, que foram os rios: Vermelho, do Buraco, Fundo, Jangada, Grilo, Mundo Novo e Santa Cruz. Definiram-se três segmentos de drenagem em cada rio, para que se pudesse aplicar o RDE (trecho) (Figura 8).

Os resultados alcançados do índice RDE por trechos apontaram que praticamente todos os segmentos, com exceção de apenas três dos trechos, sendo um deles o baixo curso do rio do Buraco e os outros dois o médio e baixo curso do rio Fundo, apresentam indícios de anomalias de drenagem, estando eles posicionados tanto no alto, médio ou baixo curso dos rios verificados,

sendo que os maiores valores encontrados em condição de anomalia estão no alto curso dos rios, o que mostra uma influência irrefutável do Domo da Embratel na configuração da drenagem local.

Para se avaliar os valores do índice de RDE, tomou-se como base o trabalho de Andrades Filho (2010), o qual destaca que os segmentos considerados anômalos são os que obtêm RDE real (RDE trecho/RDE total) maior ou igual a 2. Quanto maior o valor encontrado, maior será a intensidade da anomalia.

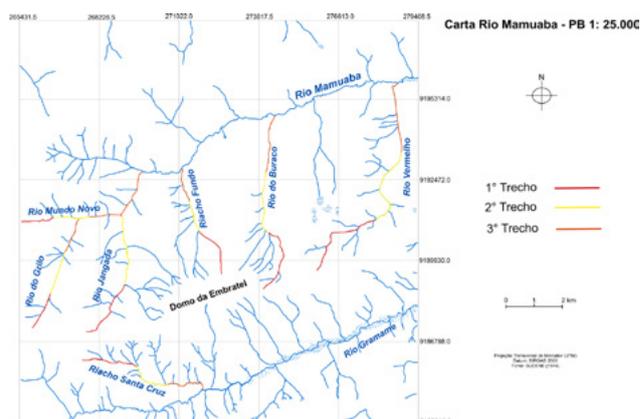


Figura 8 – Trechos de drenagem escolhidos para cálculos de RDE na carta Rio Mamuaba

Fonte: Elaboração própria

Também se consultou o trabalho de Seeber e Gornitz (1983), no qual eles subdividem os resultados anômalos de RDE em duas categorias: as anomalias de 2ª ordem, referentes aos índices compreendidos entre os limiares 2 a 10; e as anomalias de 1ª ordem, referentes aos valores iguais ou superiores a 10.

Os resultados dos cálculos de RDE (total) e RDE (trecho) dos cursos dos rios verificados indicam que eles se encontram dentro do padrão anômalo, ou seja, maior que 2. Portanto, presume-se que os altos valores de RDE verificados no curso dos rios estejam ligados a atividades de tectônica recente na morfologia da bacia e no padrão de drenagem apresentado por ela.

As Tabelas 1 e 2 mostram um panorama das variáveis morfométricas encontradas no curso total e nos segmentos dos trechos dos rios em análise, assim como os resultados de RDE trecho, total e real. Este último, como já mencionado, corresponde à realização da divisão entre os valores do RDE trecho pelo RDE total.

Com a aplicação do índice RDE, pode-se verificar que praticamente todos os trechos apresentam anomalias. Um detalhe importante é que os seguimentos

de drenagem mais anômalos são os que se localizam no centro-sul da bacia, onde se encontram, também, canais fluviais muito entalhados, formando vales extremamente encaixados com cotas altimétricas elevadas. A existência de vales amplamente entalhados nessa porção revela uma grande relação entre as características naturalmente apresentadas por essa drenagem e o Domo da Embratel, tendo em vista que o soerguimento desse compartimento apresenta-se como um forte condicionante do padrão de drenagem, cujas cabeceiras dos canais se originam nesse alto estrutural.

Tabela 1 – Variáveis morfométricas da aplicação do cálculo RDE total

DRENAGEM	Cota superior	Cota inferior	Diferença altimétrica	Extensão total	RDE total
Rio Vermelho	126 m	24 m	102 m	8.685 m	11,25
Rio do Buraco	170 m	37 m	133 m	6.888 m	13,92
Rio Fundo	186 m	47 m	139 m	4.309 m	16,62
Rio Jangada	130 m	47 m	83 m	6.691 m	9,43
Rio Mundo Novo	120 m	53 m	67 m	5.273 m	7,81
Rio do Grilo	150 m	70 m	80 m	4.265 m	9,57
Rio Santa Cruz	129 m	59 m	70 m	5.060 m	8,21

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 – Variáveis morfométricas da aplicação do cálculo RDE por trechos

DRENAGEM	Trechos	Cota superior	Cota inferior	Diferença altimétrica	Extensão trecho	RDE trecho	RDE real
Rio Vermelho	Trecho 1	126 m	50 m	76 m	3.187 m	65,84	5,85
	Trecho 2	50 m	34 m	16 m	3.188 m	26,04	2,31
	Trecho 3	34 m	24 m	10 m	2.409 m	36,05	3,20
Rio do Buraco	Trecho 1	160 m	60 m	100 m	2.784 m	75,89	5,45
	Trecho 2	60 m	43 m	15 m	2.162 m	29,16	2,09
	Trecho 3	43 m	37 m	6 m	1.956 m	21,12	1,60
Rio Fundo	Trecho 1	186 m	64 m	122 m	1.890 m	110,76	6,66
	Trecho 2	64 m	54 m	10 m	1.129 m	24,24	1,45
	Trecho 3	54 m	47 m	7 m	1.290 m	21,17	1,27
Rio Jangada	Trecho 1	130 m	84 m	46 m	2.315 m	42,26	4,48
	Trecho 2	84 m	58 m	26 m	2.608 m	42,15	4,46
	Trecho 3	58 m	47 m	11 m	1.768 m	36,50	3,87
Rio Mundo Novo	Trecho 1	120 m	70 m	50 m	1.975 m	48,68	6,25
	Trecho 2	70 m	60 m	10 m	1.513 m	22,55	2,88
	Trecho 3	60 m	53 m	7 m	1.773 m	17,89	2,29
Rio do Grilo	Trecho 1	150 m	120 m	30 m	1.298 m	29,51	3,08
	Trecho 2	120 m	96 m	24 m	1.501 m	43,50	4,54
	Trecho 3	96 m	70 m	26 m	1.488 m	73,15	7,64
Rio Santa Cruz	Trecho 1	129 m	78 m	51 m	2.048 m	47,96	5,84
	Trecho 2	78 m	66 m	12 m	1.461 m	24,93	3,03
	Trecho 3	66 m	59 m	7 m	1.552 m	19,36	2,35

Fonte: Dados da pesquisa.

Alguns estudos recentes sugerem que o Domo da Embratel é uma provável estrutura push-up e sua origem pode estar relacionada com ativações tardias do esplay out do lineamento Congo-Coxixola, no entanto, suas causas necessitam de uma investigação mais apurada de subsuperfície (BRITO NEVES et al., 2009). Embora sua gênese ainda careça de maiores detalhes, sua influência no padrão da rede de drenagem local é indiscutível e, portanto, a evolução geomorfológica da área está extremamente relacionada a esse padrão.

Esses valores ainda podem ser relacionados com a assimetria apresentada pela rede de drenagem da área.

Segundo Penteadó (1974), quando o falhamento é rápido e contínuo ao escoamento da drenagem, o rio poderá ter o seu curso desviado subitamente ou pode ser represado. Ao mesmo tempo em que as evidências tectônicas de soerguimento são bastante nítidas, percebe-se, também, pelos diferentes níveis de entalhamento e, principalmente, pelas várias drenagens assimétricas encontradas nesse compartimento, que esse soerguimento que causa essa diferença altimétrica entre os tabuleiros se fez de forma heterogênea, por blocos falhados e/ou por basculamentos distintos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise aqui apresentada vem apoiar outros estudos já existentes nas proximidades da área, os quais, por meio de cálculos morfométricos e análises morfológicas, atestam que a configuração regional da rede de drenagem está fortemente atrelada ao fator tectônico, mesmo estando à retaguarda de uma margem continental do tipo passiva.

Conclui-se que é de grande importância que os estudos de cunho tectônico nessas regiões litorâneas e em sua retaguarda não desprezem as bacias hidrográficas, considerando, também, os Baixos Planaltos Costeiros esculpido sobre os sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras, visto que as propriedades litológicas dessa formação impedem, por muitas vezes, que estruturas deformacionais expostas às fortes intempéries do litoral brasileiro sejam preservadas por tempos geológicos.

A atuação de movimentos neotectônicos na área de estudo é fortalecida pelos valores encontrados mediante a aplicação desse índice morfométrico, já que ela está assentada, em sua maior parte, sobre os sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras e não ocorrem desembocaduras de tributários de caudal expressivo, o que poderia influenciar nos valores elevados obtidos.

Vale lembrar que esta análise não almeja, em hipótese alguma, encerrar a questão pertinente ao estudo da área em questão, mas sim propiciar um meio pelo qual novos trabalhos sejam desenvolvidos na intenção de apresentar informações que corroborem os resultados aqui apresentados, permitindo, assim, o conhecimento pormenorizado da área em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO,

- F. A. J.; OLIVEIRA FILHO, J. S. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988. Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v. 2, p. 753-760.
- ANDRADES FILHO, C. O. **Análise morfoestrutural da porção central da bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD.** 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2010.
- ARAI, M. A grande elevação Eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- ASMUS, H. E. Controle estrutural da deposição mesozoica nas bacias da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 160-175, 1975.
- BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise de bacia hidrográfica como subsídio para detecção de Neotectônica: estudo da bacia hidrográfica do rio Gurujá, Litoral Sul do estado da Paraíba. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 10-18, 2011.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Folha Rio Mamuaba SB.25-Y-C-II-4-NE.** Recife: Sudene, 1974. (1 Carta Topográfica, escala 1: 25.000).
- _____. Ministério de Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba.** Recife: CPRM, 2002. 142 p. il., 2 mapas. Escala 1:500.000.
- BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE J. P. T.; COUTINHO J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da sub-bacia Alhandra (sudeste da Paraíba). **Geologia USP – Série Científica**, São Paulo, v. 9, p. 63-87, 2009.
- BRITO NEVES, B. B.; RICCOMINI, C. FERNANDES, T. M. G.; SANT'ANNA, L. G. O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozoico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 127-134, 2004.
- EL HAMDOUNI, R.; IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T.; CHACÓN, J.; KELLER, E. A. Assessment of relative tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). **Geomorphology**, Amsterdam, v. 96, n. 1-2, p. 150-173, 2008.
- ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do índice “Relação Declividade-Extensão – RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Geologia USP: Série Científica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.
- _____. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em seguimentos de drenagem. **Revista de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 271-287, 2006.
- _____. Detection of neotectonic deformations along the Rio do Peixe Valley, western São Paulo state, Brazil, based on the distribution of late quaternary allounits. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 109-114, 2000.
- FRANÇOLIN, J. B. L.; SZATMARI, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 196-207, 1987.
- FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba. **Geologia USP: Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, 2006.
- GOPINATH, T. R.; COSTA, C. R. S.; SOUSA JÚNIOR, M. A. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., 1993, Natal. **Atas...** Natal: SBG/Núcleo Nordeste, 1993. v. 1, p. 47-48.
- HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream gradient index. **Journal of Research of the U.S. Geological Survey**, Reston, VA, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- HARTWIG, M. E., RICCOMINI, C. Análise morfotectônica da região da Serra dos Órgãos, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2010.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1990. v. 1, p. 1-31.

HERZ, R.; DE BIASI, M. **Critérios e legendas para mapeamento costeiro**. Brasília: Ministério da Marinha/ Comissão Interministerial para Recursos do Mar, 1989.

MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2005.

PENTEADO M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: Fibge, 1974.

ROSSETT, D. F.; GÓES, A. M.; BEZERRA, F. H. R.; VALERIANO, M. M.; BRITO-NEVES, B. B.; OCHOA, F. L. Contribution to the stratigraphy of the onshore Paraíba Basin, **Brazil. An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v. 84, n. 2, 2012.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 92, p. 335-367, 1983.

SOUZA, D. H.; HACKSPACHER, P. C.; TRITAN, C. D.; RIBEIRO, L. F. B.; CAMPANI, M. M. Aplicação de análise morfométrica – relação declividade vs. extensão e perfil longitudinal das drenagens – na bacia do ribeirão das Antas para detecção de deformações neotectônicas no planalto de Poços de Caldas. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, MG, v. 27, n. 1, 2010.

STEWART, I. S.; HANCOCK, P. L. Neotectonics. In: HANCOCK, P. L. (Ed.). **Continental deformation**. Oxford: Pergamon Press, 1994. p. 370-409.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010

Correspondência dos autores:

Vinicius Ferreira Lima

e-mail: viniciusgeo_lima@hotmail.com

Larissa Fernandes Lavor

e-mail: larylavor@hotmail.com

Max Furrier

e-mail: max_furrier@hotmail.com

Artigo recebido em: 15/04/2016

Revisado pela autora em: 16/01/2017

Aceito para publicação em: 03/02/2017
