

ANÁLISE DE BACIA HIDROGRÁFICA COMO SUBSÍDIO PARA DETECÇÃO DE NEOTECTÔNICA: ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GURUJI, LITORAL SUL DO ESTADO DA PARAÍBA

Maria Emanuella Firmino BARBOSA ¹
Max FURRIER ²

¹ Mestranda em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFPB), LEGAM - Laboratório de Estudos Geólogos e Ambientais - LEGAM. Graduação em Tecnologia em Geoprocessamento (IFPB), UFPB/ CCEN - Campus I, Departamento de Geociências. E-mail: mariaemanuellaf@gmail.com

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFPB), LEGAM/CCEN/UFPB - Campus I, Departamento de Geociências. E-mail: max.furrier@hotmail.com

RESUMO. O presente estudo tem como objetivo apontar evidências de neotectônica na bacia hidrográfica do rio Gurugi através de análise morfométrica e produtos cartográficos. A área investigada está localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica em análise possui drenagem assimétrica com afluentes muito mais avantajados em sua porção sul. A metodologia empregada para detecção de influências neotectônicas consiste na análise e interpretação de dados numéricos obtidos nas cartas topográficas e no Modelo Numérico do Terreno (MNT) e de seus produtos derivados (carta clinográfica e modelo em 3D). O cálculo morfométrico aplicado para a análise neotectônica foi Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV). Para averiguação da declividade de todas as vertentes que compõem a bacia hidrográfica foi confeccionada a carta clinográfica, que possibilitou uma visão mais abrangente e precisa de recuos de cabeceira, entalhamentos fluviais e desníveis de origem neotectônica.

Palavras - chave: Neotectônica; Morfometria; Drenagem assimétrica; Rio Gurugi.

ABSTRACT. *Analysis of a watershed as an allowance for neotectonic detection: study of Gurugi watershed, Southern coast of the Paraíba State.* This study aims to point out evidence of neotectonics in Gurugi's river watershed through morphometric analysis and cartographic products. The study area is located on the south coast of Paraíba State, Northeast Brazil; and the watershed in question has asymmetric drainage with tributaries more advantageous in the south portion. The methodology used for detection of neotectonic influences consist in the analysis and interpretation of numerical data obtained in the topographic maps and Digital Elevation Model (DEM) and its derivatives (Slope map and 3D terrain model). The calculation used for the morphometric analysis neotectonic was Valley Floor-Valley Height (Vf) and to investigate the slope of all mountain slope that make up the watershed was made the Slope map, which allowed a more comprehensive and accurate regressive erosion of drainage, incising fluvial and unevenness of tectonic origin.

Keywords: Neotectonics, Morphometric, Drainage asymmetric, Gurugi River.

INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste estudo é balizar a atuação de movimentos neotectônicos e sua relação com o padrão de drenagem, direção dos cursos de água e feições morfológicas desenvolvidas. No presente trabalho convencionou-se utilizar como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Gurugi, que se encontra localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Essa bacia foi escolhida para ser estudada pelo fato de possuir evidências morfológicas irrefutáveis da ocorrência de movimentos neotectônicos.

A neotectônica é uma temática ainda muito pouco estudada no Estado da Paraíba, apesar de esse possuir diversas evidências da ocorrência de tectônica recente em seu território, principalmente na sua porção leste.

A principal finalidade é explorar evidências de neotectônica recente, através de análise morfométrica e das feições morfológicas desenvolvidas. Os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuíram função relevante na geomorfologia, e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e elucidação de numerosas questões relacionadas à tectônica e à configuração geomorfológica da área, pois os cursos d'água são responsáveis por processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.

O estudo dos padrões de drenagem é de suma importância para se evidenciar esse tipo de evento, sendo a hidrografia considerada um dos elementos mais susceptíveis às modificações tectônicas crustais, respondendo de imediato a processos deformativos, mesmo àqueles de pequenas escalas e magnitudes (VOLKOV et al.,

1967; OUCHI, 1985; PHILLIPS; SCHUMM, 1987; SCHUMM, 1993; WESCOTT, 1993, citados por SAADI et al., 2004). Tais características tornam a hidrografia e, conseqüentemente, as bacias hidrográficas elementos apropriados às análises de cunho neotectônico, que busquem determinar áreas sujeitas a movimentações, permitindo, inclusive, o avanço em termos quantitativos acerca destas deformações.

A rede de drenagem por ser altamente sensível a transmissão dos *inputs* desencadeadores de mudanças ambientais (THOMAS; ALLISON, 1993), torna-se o seguimento da paisagem mais vulnerável a qualquer tipo de deformação, evidenciando esses processos em sua rede de drenagem, por isso que é tão importante a análise de anomalias em condições de assimetria, retilinidade, presença de cotovelos, inflexões, alinhamento de confluências e até mesmo condições de captura de drenagem, tanto na área da bacia quanto no entorno.

ÁREA DE ESTUDO

A área investigada corresponde à bacia hidrográfica do rio Guruji, localizada no município do Conde, litoral sul do Estado da Paraíba, Brasil. A bacia hidrográfica possui uma área total de 44,698 km² (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Guruji é composta pelos riachos Estiva, Caboclo e Pau Ferro e demais córregos secundários sem denominações, que desaguam ao norte da praia de Jacumã. Essa bacia possui peculiaridades morfológicas bastante expressivas e facilmente visíveis como, por exemplo, o seu padrão de drenagem assimétrico, com os afluentes da margem direita, mais expressivos que os afluentes da margem esquerda, e a forte inflexão do rio Guruji no seu baixo curso, a poucos metros da linha de costa, cuja direção muda bruscamente de W-L para S-N. Os riachos Pau Ferro, Caboclo e Estiva são afluentes da margem direita do rio Guruji e muito mais conspícuos que os afluentes localizados na margem esquerda.

Caracterização geológica da área

A área de estudo está inserida, em sua maior parte, sobre os sedimentos areno-argilosos mal consolidados do Grupo Barreiras, uma cobertura residual de plataforma capeadora de várias bacias marginais brasileiras, entre elas, a Bacia Pernambuco-Paraíba, constituída pelas formações Maria Farinha, Gramame e Beberibe, sendo as duas primeiras formações carbonáticas, e a última, clástica (Figura 2).

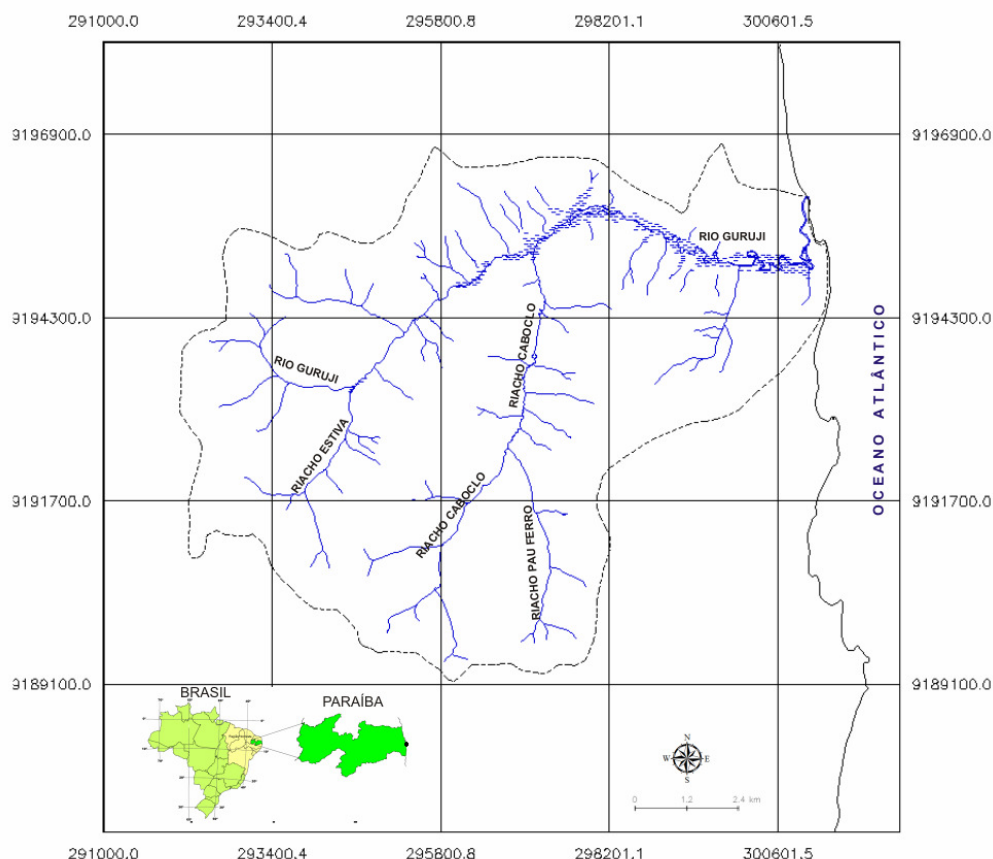


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Guruji.

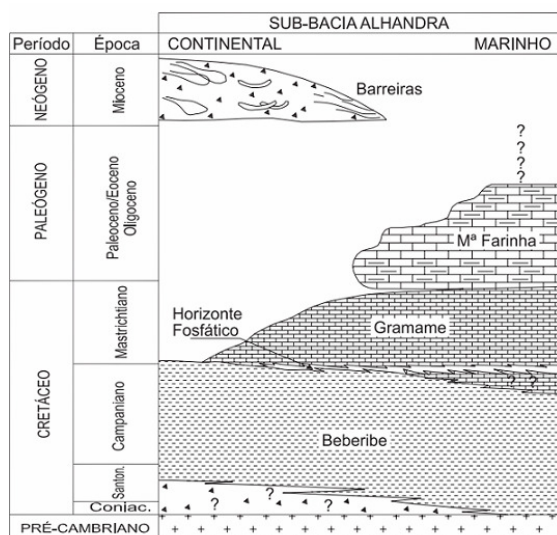


Figura 2. Coluna estratigráfica da Sub-bacia Alhandra, uma das sub-bacias que compõem a Bacia Pernambuco-Paraíba (BARBOSA et al. 2004).

Segundo Alheiros et al. (1988), a deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras se deu através de sistemas fluviais entrelaçados desenvolvidos sobre leques aluviais. A fácies de sistemas fluviais entrelaçados apresenta depósitos de granulometria variada com cascalhos e areias grossas a finas, de coloração creme amarelado, com intercalações de

microclastos de argila siltica, indicativo de ambientes de sedimentação calmo como, por exemplo, de planície aluvial. A fácies de leques é constituída por conglomerados polimíticos de coloração creme-avermelhada, com seixos e grânulos subangulosos de quartzo e blocos de argila retrabalhada, em corpos tabulares e lenticulares de até um metro de espessura, intercalados com camada siltico-argilosa menos espessa.

Sobre o Grupo Barreiras, são desenvolvidos baixos tabuleiros geralmente com topos aplainados, ora soerguidos, ora rebaixados ou basculados por evidente atuação da tectônica recente (FURRIER et al., 2006; FURRIER, 2007). As cabeceiras de drenagem dos cursos de água que formam a bacia do rio Guruji apresentam elevadas declividades, estando os canais bastante encaixados.

A Formação Maria Farinha aflora somente no baixo curso do rio Guruji, nas proximidades da linha de costa formando uma elevação proeminente e que se destaca na paisagem. Essa formação representa a continuação da sequência calcária da Formação Gramame, sendo diferenciada apenas por seu conteúdo fossilífero, que é considerada de idade paleocênica-eocênica inferior (MABESOONE, 1994) (Figura 3).

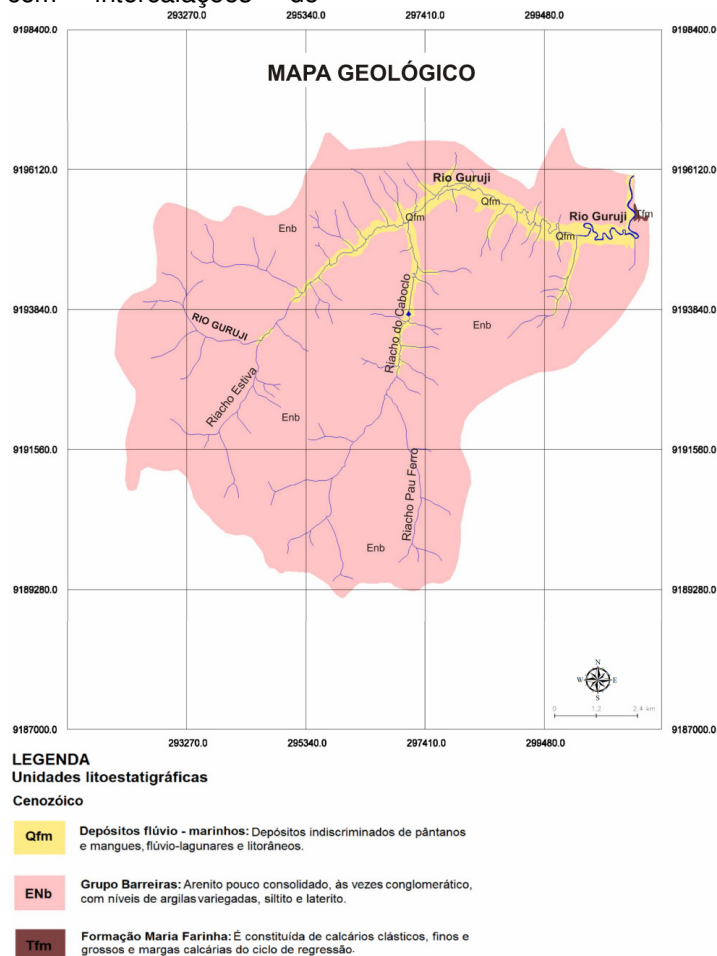


Figura 3. Mapa geológico da área de estudo (adaptado de BRASIL, 2002).

A aproximadamente 400 m após sua inflexão para norte, o rio Gurujá percorre um trecho também de aproximadamente 400 m sobre sedimentos praias inconsolidados do Quaternário. Nesse trecho, o rio Gurujá acompanha paralelamente a linha de falésias da Formação Barreiras, em sua margem esquerda, até uma nova inflexão para leste, quando deságua no Oceano Atlântico.

METODOLOGIA

O trabalho está baseado na medição e quantificação de feições morfológicas encontradas na área de estudo e na análise dos resultados obtidos. O trabalho consistiu na mensuração dos canais, geração dos produtos cartográficos, análise das feições morfológicas da área e aplicação de cálculos morfométricos destinados à averiguação de tectônica recente (WELLS et al., 1988; HARTWIG; RICCOMINI, 2010). Os dados morfométricos da bacia foram obtidos das cartas topográficas de Jacumã (SB. 25-Y-C-III-3-NE) e do Conde (SB. 25 - Y-C-III-3-NO), escala 1: 25.000 (BRASIL, 1974), com equidistância das curvas de nível de 10 m. Com essas cartas topográficas foi feito um mosaico da bacia hidrográfica do rio Gurujá para depois ser exportado para o programa Spring 5.03, para assim poder ser feita a digitalização da imagem, contagem e mensuração dos canais e, por fim, a confecção das cartas temáticas.

Através do programa Spring 5.03 foi gerado o Modelo Numérico do Terreno (MNT) e a partir deste foram confeccionados a carta clinográfica e o modelo em 3D do terreno. A primeira exibe os níveis de declividade da bacia hidrográfica, e a segunda mostra a representação altimétrica do relevo pelo uso de cores convencionais e, também, o efeito tridimensional da área da bacia. A análise desses produtos cartográficos foi de fundamental importância na elaboração deste trabalho, pois se pode observar várias discrepâncias topográficas, diferentes níveis de entalhamento e de declividade e o padrão assimétrico da drenagem da bacia.

Na literatura, existem diversas técnicas para a detecção e avaliação do grau de atividades neotectônicas. Esses métodos mostram, de forma matemática, a ocorrência desses eventos através de dados obtidos com a medição dos canais fluviais, dos desníveis entre topos e fundos de vale, da retinidade dos cursos de água etc. Os resultados obtidos podem mostrar e avaliar a ocorrência ou não de eventos neotectônicos na área.

Um dos índices morfométricos utilizados neste trabalho foi o da Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV). Esse índice foi desenvolvido por Bull e

McFadden (1977, segundo WELLS et al., 1988), existindo, na literatura brasileira, até o presente momento, poucos registros de sua utilização na detecção de intensidade neotectônica.

Segundo Stewart e Hancock (1994), esse índice morfométrico é empregado na avaliação das intensidades de atividades neotectônicas de uma região ao longo de feições estruturais individuais. Essa técnica é balizada, exclusivamente, para áreas fluviais e consiste na medição da altura dos divisores de água do vale. As medições se fazem pela medida da Ede (Elevação do divisor esquerdo do vale) e Edd (Elevação do divisor direito do vale), da Lfv (Largura do fundo do vale) e da Efv (Elevação do fundo do vale) (Figura 4).

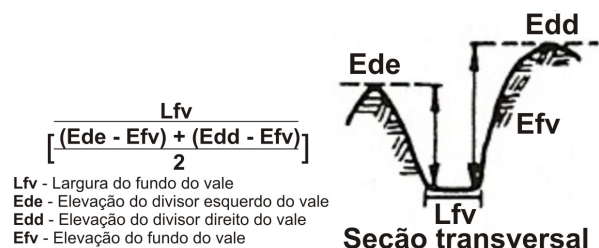


Figura 4. Fórmula matemática e procedimento de medida para se encontrar o índice morfométrico RFAV (Razão Fundo/Altura de Vale). (BULL; MCFADDEN 1977, segundo WELLS et al., 1988)

Foram escolhidos para a aplicação deste cálculo quatro perfis da bacia hidrográfica do rio Gurujá. Segundo Wells et al. (1988), frentes ativas de montanha possuem vales em V e baixa RFAV. A medição inicia-se com o traçado do perfil dentro da bacia hidrográfica, abrangendo os dois divisores de água em lados opostos com pontos altimétricos cotados (Figura 5).

O procedimento metodológico para a obtenção do RFAV foi dividido em quatro etapas:

1º passo: Foram escolhidos dois divisores de água com os pontos cotados definidos que se encontram em lados opostos na bacia (Edd e Ede). Neste trabalho, o critério para a escolha dos pontos foi o desnível acentuado entre os divisores de água. Devem-se escolher dois divisores de água em que, traçando-se um segmento entre esses dois pontos, este cruze o canal fluvial perpendicularmente, ou passe por um vale em forma de V bastante encaixado onde o recuo acelerado de sua cabeceira seja evidenciado pelas altas declividades.

2º passo: Determinar a Lfv (Largura do fundo de vale). É medida, na carta topográfica, a distância entre as duas últimas curvas de nível de cada lado do canal fluvial.

3º passo: O procedimento para a definição da Efv (Elevação fundo de vale) é realizado extraindo o valor da última curva de nível antes do canal fluvial. O valor dessa curva de nível é o Efv.

4º passo: Inserir os valores encontrados nos passos 1, 2 e 3 na equação para a obtenção dos

valores do RFAV.

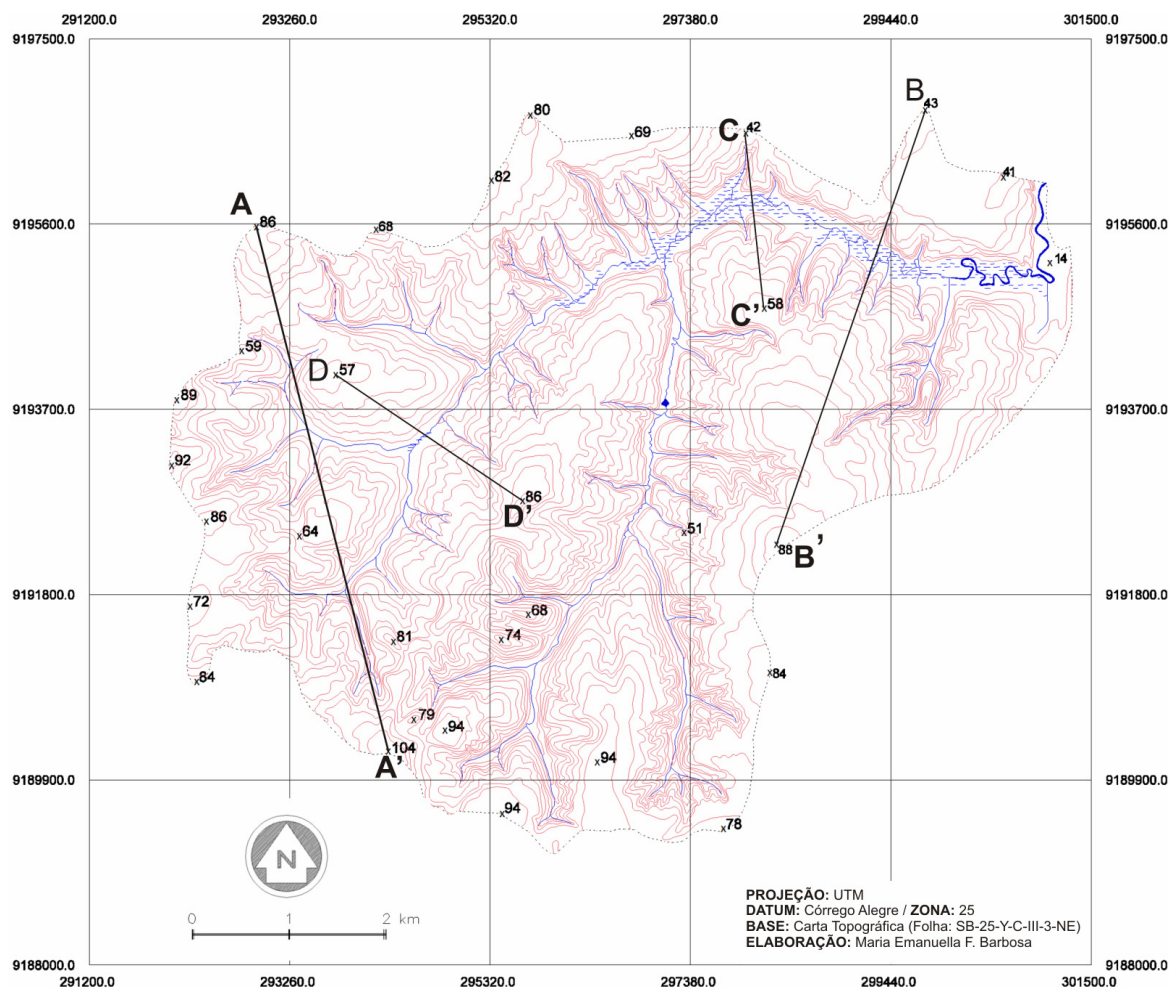


Figura 5. A bacia hidrográfica com as curvas de nível e os pontos cotados. Os perfis traçados representam as áreas onde foram extraídas as informações para a realização do RFAV.

RESULTADOS

Análise cartográfica

A paisagem atual reflete, em grande parte, os ajustes tectônicos recentes causadores de soerguimentos, abatimentos, basculamentos, manifestados nas feições topográficas e peculiaridades nos canais fluviais como inflexões e canais retilíneos.

A bacia hidrográfica do rio Guruji possui, ao todo, 106 canais fluviais, sendo considerada uma bacia de 5ª ordem. Desses canais, 78 são de primeira ordem, 21 de segunda ordem, quatro de terceira, dois de quarta ordem e um canal de quinta ordem.

Esses foram dados obtidos segundo a metodologia de Strahler (1957) muito difundida no Brasil por Christofolletti (1980). A bacia do rio Guruji apresenta algumas peculiaridades bastante visíveis como cabeceiras de drenagem em

anfiteatro com vertentes de elevada declividade. Os afluentes da margem direita somam 68 canais, dos quais 50 são de primeira ordem, 14 de segunda ordem e três de terceira ordem; enquanto os afluentes da margem esquerda somam apenas 37 canais, dos quais 28 são de primeira ordem e apenas sete de segunda ordem e um de terceira ordem. Essa diferença entre os afluentes atesta um maior desenvolvimento dos canais fluviais da margem direita em relação aos da margem esquerda.

O rio Guruji apresenta uma inflexão de 90º a 275 m da linha de costa. Nesse trecho o rio muda, bruscamente, sua direção de W-L para S-N, percorrendo mais 900 m até sua foz. A direção S-N do rio Guruji, no seu baixo curso, parece obedecer à inclinação geral dos Tabuleiros Litorâneos esculpidos sobre o Grupo Barreiras nessa área, pois a direção dos afluentes riacho do Caboclo e riacho Pau Ferro não obedecem a essa inclinação e são também os maiores

afluentes do rio Guruji. Analisando-se a carta topográfica, pode-se constatar ainda que os pontos cotados com as maiores altitudes estão do lado direito da bacia hidrográfica com patamares superiores a 100 m. Já do lado esquerdo, a maior altitude alcança apenas 82 m, constatando-se o quanto os divisores de água estão desnivelados. Analisando a carta clinográfica confeccionada observa-se que as maiores declividades estão nas cabeceiras de drenagem da porção sul da bacia e na sub-bacia do riacho do Pau Ferro. A maior parte da bacia possui declividade em torno de 0 - 12% refletindo a morfologia predominantemente tabular da área. Além desse valor, outro que se destaca é o intervalo de 12-30% de declividade, e as pequenas porções com declividades acentuadas chegando a >100% (45°), encontradas, predominantemente, na porção sul da bacia. (Figura 6).

Uma área bastante peculiar é a sub-bacia do riacho do Pau Ferro onde os índices de declividade atingem, em uma grande parte, valores entre 45-100%. Em todas as vertentes adjacentes dos cursos de primeira ordem desta sub-bacia e no próprio riacho do Pau Ferro as vertentes apresentam elevadas declividades até o encontro com o riacho do Caboclo. Esse resultado é indicativo de acelerado recuo de

cabeceira corroborando, também, com os resultados obtidos através dos cálculos morfométricos RFAV.

Comparando o mapa de declividade da bacia com o mapa hipsométrico regional confeccionado por Furrier (2007), fica evidente que os fortes entalhes dos riachos Estiva, Caboclo e Pau Ferro; e as elevadas declividades encontradas nessa porção da bacia que estão intimamente relacionadas ao Alto Estrutural Coqueirinho denominado por Furrier et al. (2006), localizado ao sul da bacia do rio Guruji (Figura 7).

Analisando o modelo 3D produzido observa-se, com maior nitidez, as nuances do relevo da bacia do rio Guruji, com os fortes entalhes dos caudais de primeira ordem, principalmente na porção sul, além da acentuada assimetria da bacia com os afluentes da margem direita muito mais avantajados e entalhados que os afluentes da margem esquerda (Figura 8). Percebe-se, também, os patamares mais elevados e dissecados da porção sul que estão intimamente relacionados ao Alto Estrutural Coqueirinho. Fica bastante evidente nesse modelo o forte controle estrutural exercido na bacia que implica diretamente na sua configuração e morfologia.

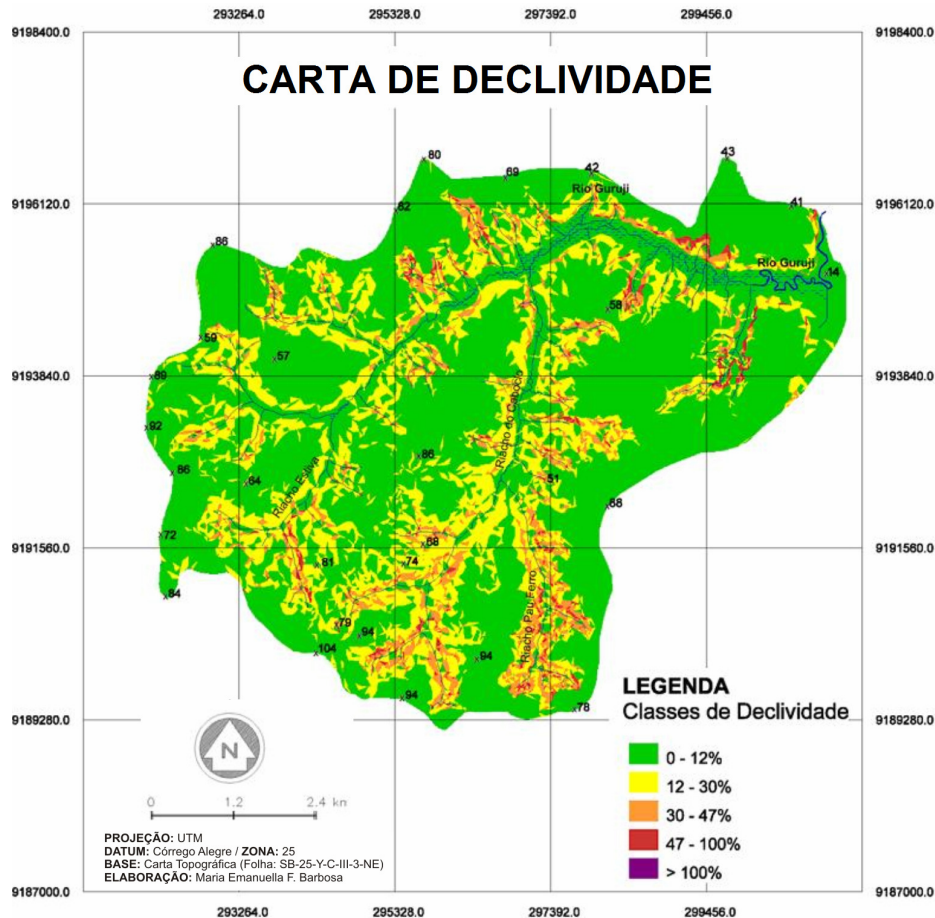


Figura 6. Carta de declividade da bacia hidrográfica do rio Guruji. Observa-se que as maiores declividades estão na porção sul.

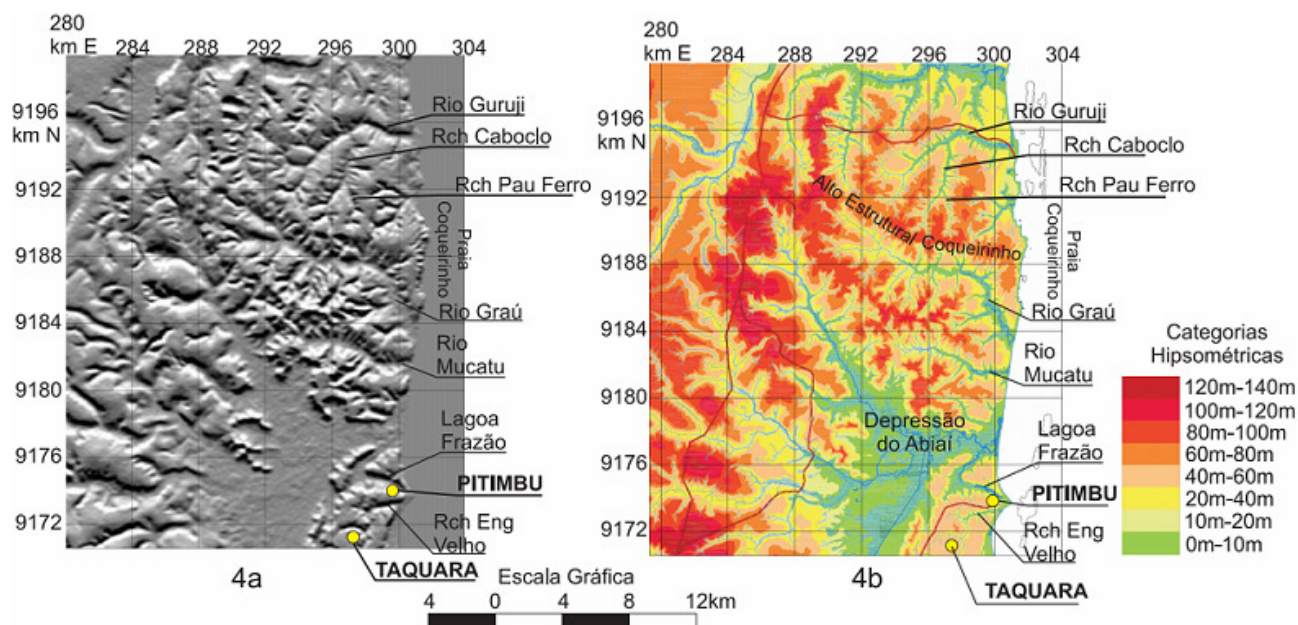


Figura 7. Imagem *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) e Carta hipsométrica mostrando o Alto Estrutural Coqueirinho. (Fonte: FURRIER et al., 2006).

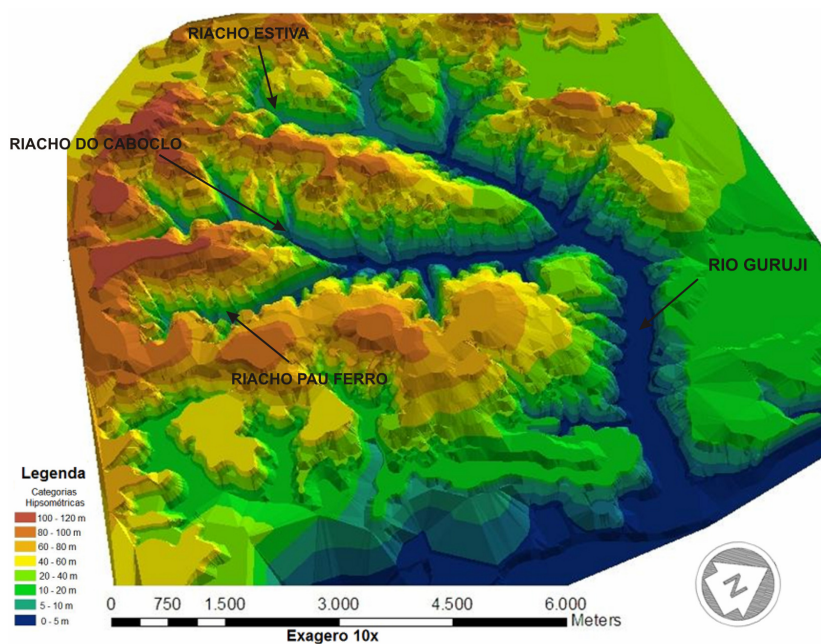


Figura 8. Modelo em terceira dimensão (3D) da bacia hidrográfica do rio Guruij (projeção paralela).

Morfometria

Essa etapa do trabalho está baseada na medição e quantificação de feições morfológicas encontradas na área de estudo e na análise dos resultados obtidos. Os dados obtidos podem não só evidenciar as atividades neotectônicas na bacia em questão, mas também quantificá-las e compará-las com outras áreas estudadas, suscetíveis às mesmas atividades, e em que o mesmo método foi empregado.

Os resultados obtidos na bacia hidrográfica do rio Guruij foram comparados com os resultados obtidos por Wells et al. (1988), que afirmam que os baixos valores de RFAV exibem a evidência de movimentação crustal recente da área. Um fato que merece atenção é que todos os autores consultados não especificam a partir de qual valor obtido é considerado um valor baixo. Por esse motivo faz-se necessário a comparação dos valores encontrados nesta pesquisa com valores obtidos em outras áreas pesquisadas. Os valores obtidos por Wells et al. (1988) para o litoral da

Costa Rica foram: 6,25, 3,33, 0,79, 7,33, 3, 0,82 e 0,25. Os valores obtidos para a bacia do rio Guruji, nas áreas selecionadas (Figura 5), foram: 2,0407, 9,0909, 5,1489 e 5,1722, o que mostra alguns resultados inferiores aos encontrados em rios da costa oeste da Costa Rica, cuja adjacência possui uma margem continental ativa.

Tabela 1. Valores para o cálculo do índice morfométrico RFAV e o resultado obtido.

Segmentos	Lfv (m)	Add (m)	Ade (m)	Efv (m)	RFAV
A – A'	153,05	104	86	20	2,0407
B – B'	550,0	88	43	5	9,0909
C – C'	231,7	58	42	5	5,1489
D – D'	266,37	86	57	20	5,1722

Avaliando os valores encontrados na bacia do rio Guruji, pode-se constatar que o menor valor obtido foi o do perfil A - A', com 2,0407 de RFAV. Este valor corrobora, fortemente, a idéia de influência da tectônica recente neste trecho da bacia, onde também se constata fortes entalhes fluviais e elevadas declividades das vertentes, o que aponta para recuos de cabeceiras acelerados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo utilizou-se de ferramentas do geoprocessamento para identificação, análise e interpretação morfométrica e morfológica da bacia do rio Guruji. Os dados obtidos nas análises morfométricas mostraram que a bacia apresenta um forte entalhamento, elevado grau de dissecação do relevo, principalmente na sua porção sul, e acentuada assimetria no seu padrão de drenagem.

Os resultados encontrados com a aplicação dos índices morfométricos voltados para a detecção de influências neotectônicas somados à descrição morfológica da bacia, corroboram de maneira significativa que a neotectônica não pode ser renegada nos estudos de cunho geomorfológico em áreas de margem continental do tipo passiva, principalmente aqueles realizados na borda oriental do Nordeste brasileiro.

As anomalias verificadas tanto nos índices morfométricos obtidos como na própria análise da morfologia da bacia impedem que explicações de cunho apenas climático tenham preponderância na atual configuração da rede de drenagem, e o caráter litológico, predominantemente, do Grupo Barreiras, talvez não seja conveniente para explicar, por si só, a diversidade de entalhamentos, declividades distintas e inflexões bruscas encontradas, sendo os dados morfométricos o diferencial no entendimento da evolução do modelado e na comparação quantitativa com áreas diversas.

Existem diversos outros estudos de cunho geológico e geofísico que ainda devem ser feitos para ratificar e quantificar a influência da tectônica recente na área. Os resultados alcançados nesse trabalho, estritamente de cunho geomorfológico, podem abrir novos campos de aplicação e de entendimento quanto ao desenvolvimento e a evolução do relevo e sua relação com a tectônica recente em áreas de margem continental passiva.

REFERÊNCIAS

- 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. p. 753-760.
- BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, v. 13, p. 89-198, 2004.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, p. 415-440, 2002.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM, p. 415-440, 2002.
- BRASIL. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Folha Jacumã** SB. 25-Y-C-III-3-NE. Recife: SUDENE, 1974. 1 folha. Escala: 1:25.000.
- BRASIL. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Folha Conde** SB. 25-Y-C-III-3-NO. Recife: SUDENE, 1974. 1 folha. Escala: 1:25.000.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 188p., 1980.
- FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba. **Geologia USP: Série Científica**, v. 6, n. 2, p. 61-70, 2006.
- FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa – 1: 100.000**. 2007. 213f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- HARTWIG, M, E.; RICCOMINI, C. Análise morfotectônica da região da Serra dos Órgãos, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2010
- MABESOONE J. M. **Sedimentary basins of northeast Brazil**. Recife: UFPE/CT/DG, 310p., 1994.
- SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica

da Plataforma brasileira. In: OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, C. R.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, P. E. (Org.). **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Editora Holos, 2004. p. 211-230.

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

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis of watershed geomorphology. **American geographic union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

THOMAS, D. S. G.; ALLISON, R. J. *Landscape Sensitivity*. Chichester: John Wiley and Sons. p. 347. 1993. Disponível em: <<http://www.Journals.Cambridge.org/production/>>. Acessado em: 15 nov. 2009.

WELLS, S. G.; BULLARD, T. F.; MENGES, C. M.; DRAKE, P. A.; KARAS, K. I.; KELSON, K. I.; RITTER, J. B.; WESLING, J. R. Regional variations tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, pacific coast of Costa Rica. **Geomorphology**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., v. 1, p. 239-265, 1988.