

Aplicação do índice *Relação Declividade-Extensão* na bacia hidrográfica do rio Guruji para detecção de deformações neotectônicas sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, litoral sul do estado da Paraíba, Brasil¹

Aplicación del índice *Relación Inclinación-Extensión* en la cuenca hidrográfica del río Guruji para la detección de deformaciones neotectónicas sobre los sedimentos del Grupo Barreiras, costa sur del estado de Paraíba, Brasil¹

Application of the Stream-Gradient Index Slope-Length in the Guruji River Watershed for the detection of neotectonic deformations on Barreiras Group sediments on the south coast of Paraíba State, Brazil¹

*María Emanuella Firmino Barbosa^{1,2}, Saulo Roberto De Oliveira Vital¹,
Jean Carlos Ferreira De Lima¹, Gilvonete Maria Araújo De Freitas¹ &
Marquiline Da Silva Santos¹ & Max Furrier¹*

*¹Universidade Federal da Paraíba (UFPB); ²Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Estado da Paraíba (IFPB)
Departamento de Geociências, CCEN/UFPB, 58059-900 - João Pessoa (PB)*

María Emanuella Firmino Barbosa^{1,2}, Saulo Roberto De Oliveira Vital¹, Jean Carlos Ferreira De Lima¹, Gilvonete Maria Araujo De Freitas¹ & Marquiline Da Silva Santos¹ & Max Furrier¹ (2011): Aplicação do índice Relação Declividade-Extensão na bacia hidrográfica do rio Guruji para detecção de deformações neotectônicas sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, litoral sul do estado da Paraíba, Brasil. GEOLOGÍA COLOMBIANA, Edición Especial, 36 No. 1, pp 123-134

Manuscrito recibido: 6 de junio 2011; aceptado: 2 de agosto 2011

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo a análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Guruji, localizada no litoral sul do estado da Paraíba. Esta análise foi aplicada por meio da integração de informações qualitativas baseadas nos padrões e anomalias da rede de drenagem verificadas, e quantitativas, fundamentadas no índice morfométrico Relação Declividade-Extensão (RDE), a fim de verificar se a evolução da drenagem e do relevo da área de estudo ocorreu sob influência da tectônica recente. Dentre os valores encontrados o mais atípico é o do riacho Caboclo, que também se localiza na margem direita da bacia onde se encontra o maior número de canais fluviais com dissecações bastante acentuadas formando vales extremamente entalhados com as maiores cotas altimétricas. Neste setor

¹ Nota de la redacción: Este artículo ha sido aceptado para publicación pese a no cumplir en gran parte con las Normas para Autores, porque éstas todavía no están traducidas al inglés o portugués.

da bacia encontra-se o Alto Estrutural Coqueirinho que divide o relevo tabular da região em dois compartimentos morfológicos distintos. Analisando morfológicamente a bacia do rio Gurujá, constatou-se diversas anomalias morfológicas de caráter tectônico como: uma inflexão de 90° a 275 m da linha de costa, densidade de drenagem assimétrica com os afluentes do setor sul mais avantajados, numerosos e com talvegues mais profundos que os afluentes do setor norte. A brusca inflexão verificada no rio Gurujá faz com que a direção do seu curso seja alterada bruscamente passando de W-L para S-N, percorrendo mais 900 m até sua foz. A direção dos dois principais afluentes do rio Gurujá no setor sul da bacia não obedece a inclinação regional dos sedimentos do Grupo Barreiras que é de W-L, e, portanto, são rios subseqüentes controlados pela estrutura regional determinada pelo Alto Estrutural Coqueirinho, tendo seus fluxos perpendiculares a inclinação das camadas sedimentares.

Palavras-chave: Grupo Barreiras, Tabuleiros Litorâneos, rio Gurujá.

Resumen

En este trabajo presentamos los resultados del análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Gurujá, ubicada en el litoral sur del estado de Paraíba, Brasil. Este análisis fue aplicado por medio de la integración de informaciones cualitativas basadas en los patrones y anomalías de la red de drenaje verificadas, y cuantitativas, fundamentadas en el índice morfométrico Relación Inclinación-Extensión (IE), a fin de verificar si la evolución del drenaje y del relieve del área de estudio ocurre bajo la influencia de la tectónica reciente. Entre los valores encontrados el más atípico es el del riachuelo Caboclo, que también se localiza en la orilla derecha de la cuenca donde se encuentra el mayor número de canales fluviales con disecaciones bastante acentuadas formando valles extremadamente entallados con las mayores cotas altimétricas. En este sector de la cuenca se ubica el Alto Estructural Coqueirinho que divide el relieve tabular de la región en dos compartimentos morfológicos distintos. Analizando morfológicamente la cuenca del río Gurujá, se constataron diversas anomalías morfológicas de carácter tectónico como: una inflexión de 90° a 275 m de la línea de la costa, densidad de drenaje asimétrica con los afluentes del sector sur más ventajosos, numerosos y con vaguadas (*Talweg*) más profundas que los afluentes del sector norte. La brusca inflexión verificada en el río Gurujá hace que la dirección de su curso se altere bruscamente pasando de W-E a S-N, recorriendo 900 m más hasta su desembocadura. La dirección de los dos principales afluentes del río Gurujá en el sector sur de la cuenca no obedece a la inclinación regional de los sedimentos del Grupo Barreiras que es de W-E, y, por tanto, son ríos subsecuentes controlados por la estructura regional determinada por el Alto Estructural Coqueirinho, teniendo sus flujos perpendiculares a la inclinación de las camadas sedimentarias.

Palabras clave: Grupo Barreiras, Tableros Litorales, río Gurujá.

Abstract

This paper aims to present a morphometric analysis of the Gurujá River watershed, located on the southern coast of the state of Paraíba. This analysis was done by the integration of qualitative information, based on the patterns and anomalies of the drainage network scanned, and quantitative information, based on the morphometric index Slope-Length (SL), in order to verify whether the evolution of the drainage and the relief of the studied area was under the influence of recent tectonics. Among the values found, the most unusual is that of the creek called Caboclo, which is also located on the right bank of the basin, where is the largest number of fluvial channels with very sharp dissections, forming highly carved valleys with the highest altitudes. In this sector of the basin, the Alto Estructural Coqueirinho that divides the tabular relief of the region into two distinct morphological compartments. By analyzing morphologically Gurujá River watershed, several tectonic morphological anomalies were observed, such

as: a slant of 90° situated 275 m off the coastline and asymmetric drainage density with the tributaries of the southern sector, which are more enlarged and numerous with *Talwegs* deeper than the tributaries of the northern sector. The steep slant observed in the Guruji River changes abruptly the direction of the river course from W-E to S-N, covering more than 900 m from its mouth. The direction of the two main tributaries of the Guruji River in the southern sector of the basin does not conform to the regional slope of the Barreiras Group sediments, which is W-E, and, therefore, they are subsequent rivers controlled by the regional structure, which is determined by the Alto Estrutural Coqueirinho, and their flows are perpendicular to the slope of the sedimentary layers.

Keywords: Barreiras Group, Coastal Tablelands, Guruji 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. Tal como propõe Keller e Pinter (1996 apud Rincón; Vegas, 2000), a quantificação da morfologia do terreno através da morfometria permite comparar distintos ambientes para caracterizar, assim, as áreas de comportamento particularmente característico.

No presente trabalho, convencionou-se utilizar como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Guruji, localizada no litoral sul do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Essa bacia foi escolhida pelo fato de possuir evidências morfológicas irrefutáveis da ocorrência de movimentos neotectônicos, como a acentuada assimetria entre os afluentes do setor sul, que são muito mais avantajados e com talvegues mais profundos que os afluentes do setor norte, e as acentuadas inflexões verificadas ao longo do curso principal.

Neste trabalho fez-se uma análise da neotectônica na bacia hidrográfica com base no índice Relação Declividade-Extensão (RDE). Este índice morfométrico se destaca na literatura internacional e brasileira e foi desenvolvido por Hack (1973), por isso é muito conhecido na literatura como “Índice de Hack”. Esse índice foi aplicado nas análises de cunho tectônico em diversas localidades, como, por exemplo, na avaliação do comportamento da falha de San Andreas (Califórnia, EUA). No território brasileiro já existem registros de aplicação de técnicas semelhantes na bacia do rio do Peixe, em São Paulo (Etchebehere 2000, 2004 e 2006) e na bacia do rio Paraíba, no estado da Paraíba (Andrades Filho 2010).

O índice RDE é utilizado como forma de detecção de possíveis deformações neotectônicas através de parâmetros morfométricos obtidos a partir do perfil longitudinal do canal. Este índice é um indicador preciso acerca de mudanças na declividade do canal fluvial que podem estar associadas às desembocaduras de tributários, às diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato rochoso e/ou à atividade tectônica. Com a eliminação de fatores litológicos ou a eventual presença de tributários de porte como agentes causativos da elevação no índice RDE, pode-se identificar atividades deformacionais recentes (Andrades Filho 2010).

Além dos parâmetros morfométricos verificados, outro ponto a ser levado em consideração é a análise da morfologia da área. O estudo dos padrões de drenagem é de suma importância para se evidenciar o controle tectônico e estrutural na área, pois a hidrografia é considerada um dos elementos mais susceptíveis às modificações tectônicas crustais, respondendo de imediato aos processos deformativos, mesmo aqueles de pequena escala e magnitude (Volkov et al. 1967; Ouchi 1985; Phillips e Schumm 1987; Schumm 1993; Wescott 1993 apud Saadi et al. 2004). Tais características tornam a hidrografia e, conseqüentemente, as bacias hidrográficas, elementos apropriados às análises de cunho neotectônico.

A tectônica recente afeta o Grupo Barreiras de diferentes formas ao longo do litoral brasileiro, desde o estado do Amapá até o norte do estado do Rio de Janeiro, sendo relatada em vários trabalhos científicos que descrevem evidências de deformações tectônicas neste grupo (Nogueira et al. 2006). Segundo Hancock (1986, apud Stewart e Hancock 1994), seria inútil a seleção de uma data arbitrária para o início da fase neotectônica (Neógeno ou Quaternário), aplicada globalmente para

o período no quais estruturas neotectônicas teriam se formado. Esse autor sugeriu como alternativa, a ideia de que, para uma determinada região, a fase neotectônica poderia ser considerada iniciada quando a configuração atual dos limites de placas e movimentações relevantes fosse estabelecida.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do rio Guruji, localizada no município do Conde, litoral sul do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica possui uma área total de 44,698 km² sendo

composta pelos riachos Estiva, Caboclo e Pau Ferro (principais afluentes) e demais córregos secundários sem denominações, que convergem para o rio Guruji que deságua ao norte da praia de Jacumã (Figura 1).

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

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

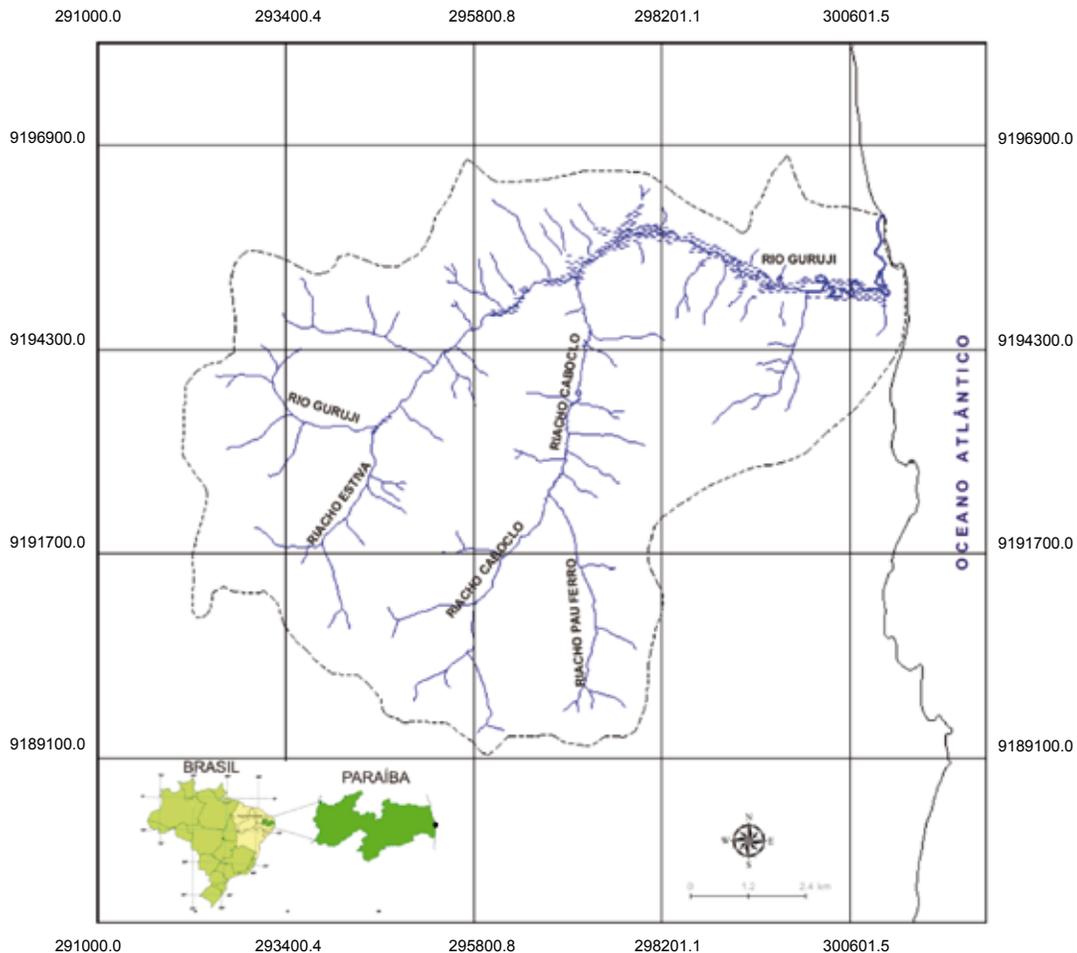


Figura 1. Localização da área de estudo, mostrando a bacia hidrográfica do rio Guruji. Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e Datum Córrego Alegre.

Figura 1. Location of the study area showing the Guruji River watershed. UTM (Universal Transverse Mercator) coordinates and Córrego Alegre Datum.

formações Maria Farinha, Gramame e Beberibe, e dividida em sub-bacias. A bacia hidrográfica em estudo está inserida na porção correspondente a sub-bacia Alhandra (Figura 2).

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 síltica, 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 síltico-argilosa menos espessa.

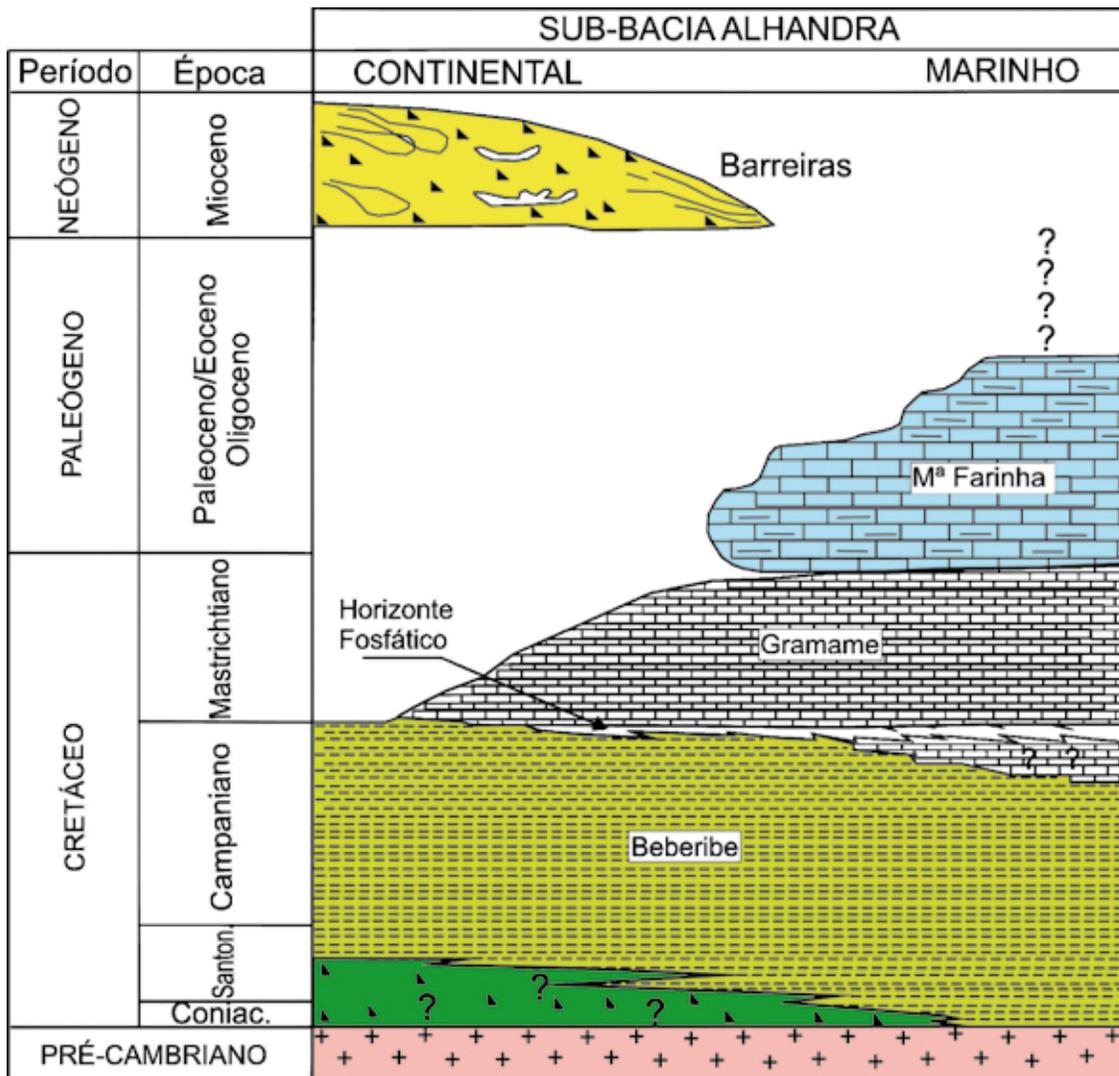


Figura 2. Coluna estratigráfica da Sub-bacia Alhandra, uma das sub-bacias que compõem a Bacia Pernambuco-Paraíba (Barbosa et al. 2004).

Figura 2. Stratigraphic column of the Alhandra Sub-basin, one of the sub-basins that make up the Pernambuco-Paraíba Basin (Barbosa et al. 2004).

Sobre o Grupo Barreiras são desenvolvidos os 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, principalmente os cursos localizados no setor sul.

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).

São encontrados na área de estudo, em menor escala, sedimentos aluviais e praias inconsolidados do Quaternário (Figura 3).

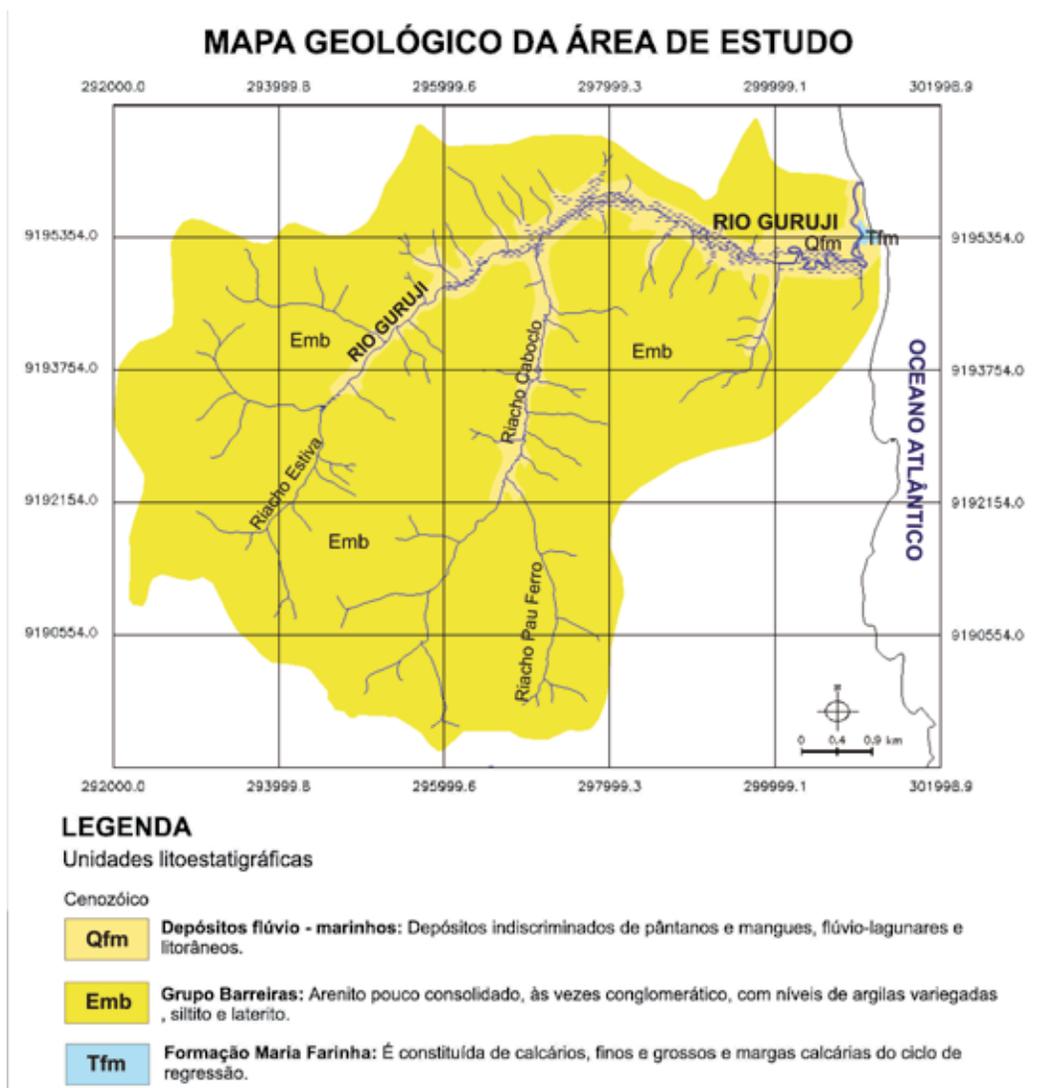


Figura 3. Mapa geológico da área de estudo (adaptado de Brasil, 2002).

Figura 3. Geologic map of study area (adapted from Brasil, 2002).

METODOLOGIA

O material cartográfico produzido nesse trabalho foi elaborado a partir do *software* Spring 5.1.7. Todo o produto confeccionado foi gerado a partir das curvas de nível extraídas das cartas topográficas Jacumã (SB. 25-Y-C-III-3-NE) e Conde (SB. 25-Y-C-III-3-NO), ambas com escala de 1:25.000 e com equidistância de 10 m. As coordenadas utilizadas foram UTM e o Datum SAD69. O trabalho consistiu na mensuração dos canais fluviais utilizando o índice morfométrico Relação Declividade-Extensão (RDE). Os canais escolhidos para os cálculos morfométricos foram os riachos Estiva, Pau Ferro e Caboclo, e o rio Guruji.

O cálculo RDE é baseado na diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso de água, 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. A letra “L” corresponde à distância entre o segmento para o qual o índice RDE está sendo calculado e a nascente da drenagem. 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) (Fig 4).

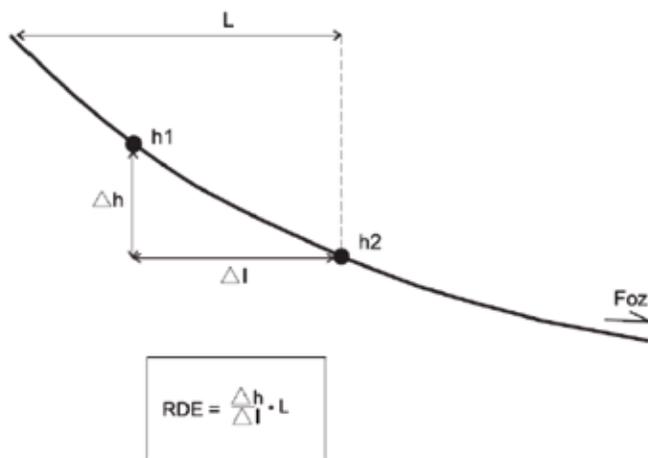


Figura 4. Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE para segmento de drenagem (ETCHEBEHERE, 2000).

Figura 4. Parameters utilized in the calculation of index SL for segment of drainage (ETCHEBEHERE, 2000).

O procedimento metodológico para averiguação do índice RDE foi dividido em três etapas.

Primeiramente, seleciona-se os cursos fluviais de porte mais expressivo que compõe a bacia. No caso da área de estudo foram elegidos os riachos do Caboclo, Estiva, Pau Ferro e o rio Guruji. Todos os riachos selecionados pertencem à porção sul da bacia, onde se observa conspícuos indicativos de ação neotectônica (Figura 5).

Posteriormente, com o auxílio do *software* Spring 5.1.7, mediu-se a extensão horizontal de cada segmento de drenagem compreendido entre duas isoípsas subsequentes. As cotas das nascentes e dos pontos terminais dos cursos de água foram estimadas de acordo com o valor das curvas de nível adjacentes.

Por fim, os valores encontrados foram inseridos em uma planilha eletrônica e em seguida calculados os índices de RDE.

RESULTADOS

Para a avaliação dos valores de RDE, utilizou-se a classificação de Andrades Filho (2010) em que o referido autor classifica em seguimentos anômalos os índices $2 \leq RDE < 4$, $4 \leq RDE < 6$ e $RDE \geq 6$; e seguimentos não anômalos $0 < RDE < 2$. Quanto maior o valor encontrado maior será a intensidade da anomalia.

Os valores encontrados na área de estudo foram todos acima do padrão não anômalo, ou seja, maior que 2. Como a bacia do rio Guruji encontra-se, predominantemente, sobre uma mesma litologia, os sedimentos mal consolidados do Grupo Barreiras, os altos valores encontrados reforçam a hipótese de atuação da neotectônica na configuração da bacia e no seu padrão de drenagem.

Os resultados obtidos enquadram os cursos de água analisados nos intervalos $2 \leq RDE < 4$ e $6 \leq RDE$. (Tabela 1).

Tabela 1. Valores encontrados nos cursos fluviais da bacia hidrográfica do rio Guruji.

Table 1. Values found for the fluvial courses of the Guruji river watershed.

Drenagem	Extensão (km)	RDEt
Rio Guruji	13,84	3,89
Rch. Caboclo	6,99	7,27
Rch. Pau Ferro	3,23	4,57
Rch. Estiva	2,91	2,06

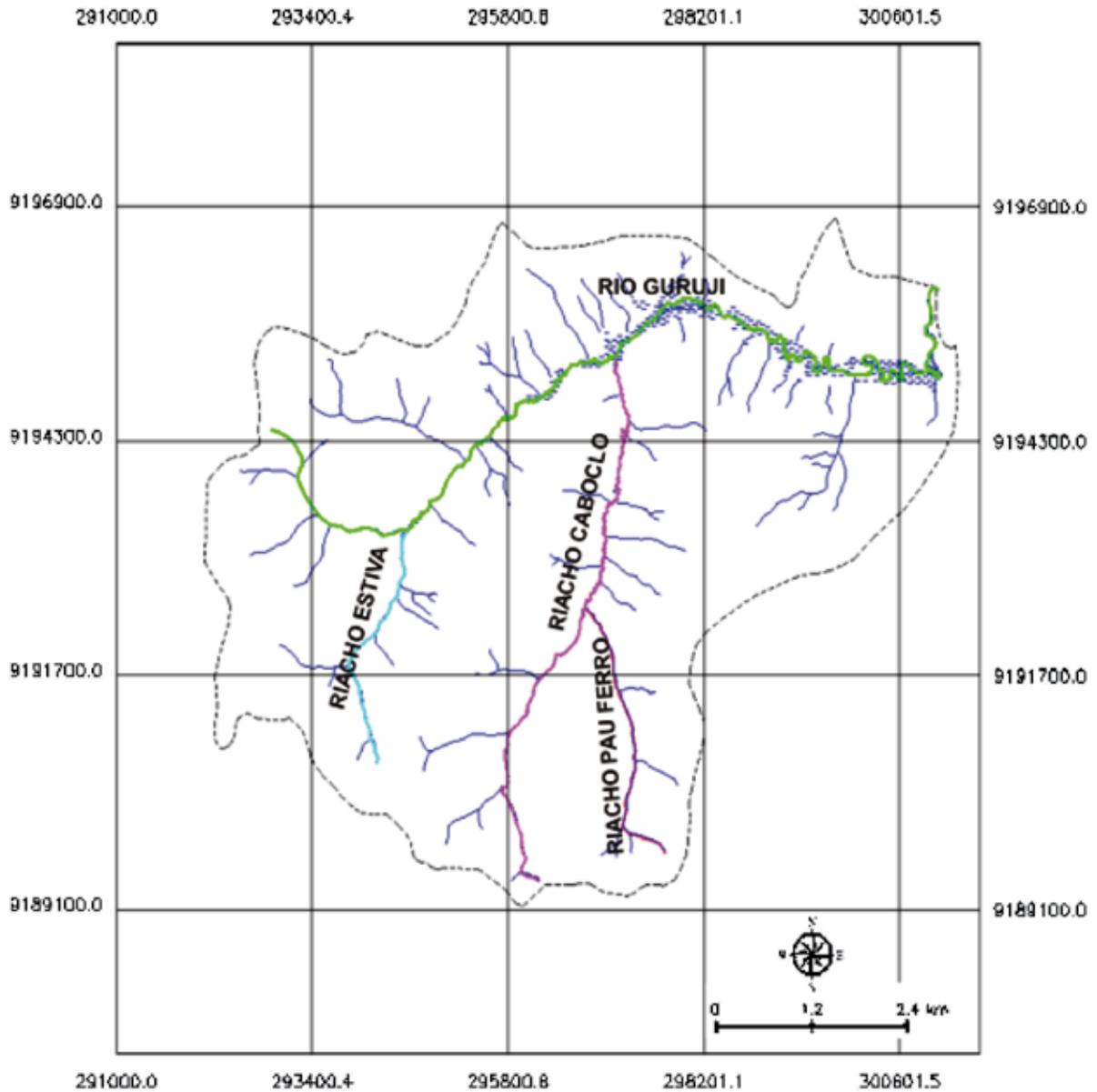


Figura 5. Localização dos cursos escolhidos para o cálculo do RDE.

Figura 5. Location of river sections chosen for the calculation of SL.

Dentre os valores encontrados o mais atípico é o do riacho Caboclo que se localiza no setor sul da bacia, onde se encontram outros canais fluviais mais entalhados formando vales extremamente encaixados com cotas altimétricas elevadas.

A existência de vales amplamente entalhados nessa porção revela uma intrínseca relação entre as características apresentadas por estes canais e o Alto Estrutural

Coqueirinho, tendo em vista que o soerguimento distinto desse compartimento apresenta-se como um forte condicionante do padrão de drenagem dos cursos de água cujas cabeceiras de drenagem se originam nesse alto estrutural.

Analisando morfologicamente a bacia do rio Guruji constata-se uma inflexão de 90° a 275 m da linha de costa. Nesse trecho o rio modifica bruscamente sua direção

MODELO EM 3D

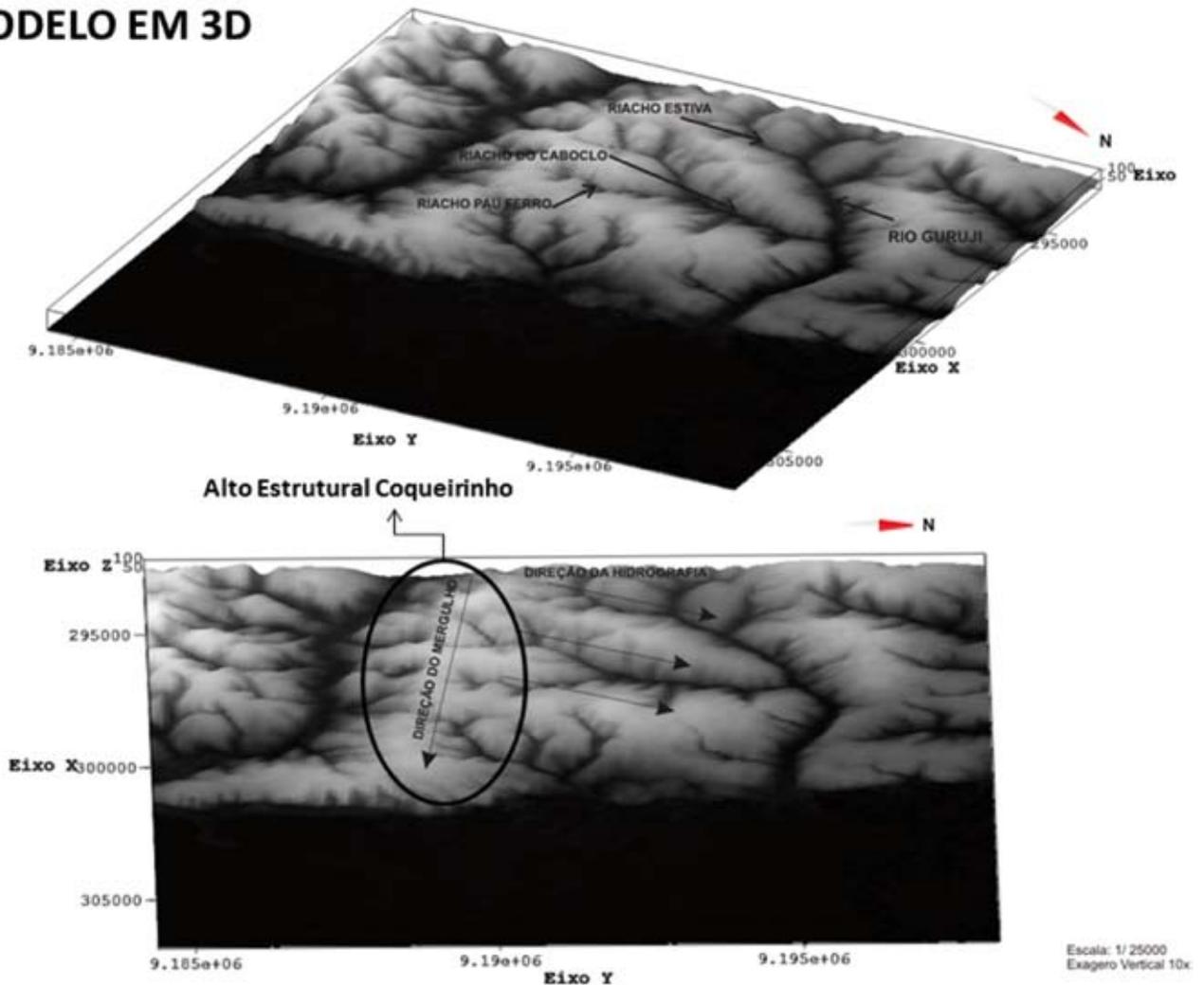


Figura 5. Modelo em 3D mostrando a inclinação do relevo na área da bacia hidrográfica do rio Guruji e adjacências.

Figura 5. 3D-Model showing the slope of relief in the area of the Gurugi River watershed and its adjacents.

de W-L para S-N, percorrendo mais 900 m até sua foz. 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. O soerguimento de um bloco da Formação Maria Farinha, por falhamento, nas proximidades da linha de costa parecer ser a prova irrefutável dessa inflexão (Furrier 2007).

A direção S-N do rio Guruji, no seu baixo curso, após a inflexão, não obedece a inclinação geral dos sedimentos do Grupo Barreiras que é de W-L. O mesmo ocorre com os afluentes riacho do Caboclo e riacho Pau Ferro que possuem direção S-N, sendo, portanto, cursos de água subsequentes controlados pela estrutura regional que está intimamente atrelada ao Alto Estrutural Coqueirinho,

possuindo direção perpendicular à inclinação das camadas sedimentares do Grupo Barreiras (Figura6).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos de cunho estrutural e/ou tectônico que envolvam os Tabuleiros Litorâneos esculpido sobre os sedimentos mal consolidados do Grupo Barreiras devem priorizar ou, ao menos, não desprezar totalmente as bacias e redes de drenagem existentes, visto que as características litológicas desse Grupo impedem, por muitas vezes, que estruturas deformacionais expostas às fortes intempéries do litoral brasileiro sejam preservadas por tempos geológicos. As evidências de cunho estrutural e/ou tectônico estão demasiadamente claras neste estudo de caso e, com certeza, em muitas outras bacias ou redes de drenagem situadas nessa porção do território brasileiro, não deixando dúvidas acerca da considerável ação tectônica nas adjacências de uma margem continental passiva.

Estudos morfométricos podem ser aplicados em diversas regiões e podem gerar resultados expressivos com baixo

custo. A pesquisa ora apresentada poderá ser confrontada com pesquisas desenvolvidas sob a mesma metodologia em regiões litológica e tectonicamente distintas, como na cordilheira andina ou em tabuleiros litorâneos voltados para o oceano pacífico.

Estudos de cunho geomorfológico desenvolvidos no Brasil em décadas passadas, desprezando a ação tectônica e sobrevalorizando apenas a questão climática devem ser revistos sob a óptica de que o território brasileiro não é assísmico e a influência da tectônica na configuração atual do relevo é relevante e não pode ser desprezada.

Agradecimentos:

Deixamos expressos nossos sinceros agradecimentos aos dois revisores anônimos, da revista Geología Colombiana, que contribuíram para melhorar o artigo substancialmente.

REFERÊNCIAS

- Alheiros, M. M.; Lima Filho, M. F.; Monteiro, F. A. J.; Oliveira Filho, J. S. 1988. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35., 1988, Belém. *Anais...* Belém: SBG, pp 753-760.
- Andrades Filho, C. O. 2010. Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD. 2010. 150f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Barbosa, J. A.; Souza, E. M.; Lima Filho, M. F.; Neumann, V. H. 2004. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*, v. 13, pp 89-198.
- Brasil. 2002. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, pp 415-440, 2002. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, p 415-440.
- El Hamdouni, R.; Irigaray, C.; Fernández, T.; Chacón, J.; Keller, E. A. 2008. Assessment of relative tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, pp 150-173.
- Etchebehere, M. L.; Saad, A. R.; Fulfaro, V. J.; Perinotto, J. A. J. 2000. Detection of neotectonic deformations along the Rio do Peixe Valley, western São Paulo state, Brazil, baseado on the distribuion of late quaternary allounits. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 6, n. 1, pp 109-114.
- Etchebehere, M. L.; Saad, A. R.; Fulfaro, V. J.; Perinotto, J. A. J. 2004. Aplicação do índice “Relação Declividade - Extensão-RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. *Geologia USP: Série Científica*, v. 4, n.2, pp 43-56.
- Etchebehere, M. L., Saad, A. R., Fulfaro, V. J.; Perinotto, J. A. J. 2006. 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*. v. 5, n.3, pp 271-287.
- Furrier, M.; Araújo, M. E.; Meneses, L. F. 2006. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba. *Geologia USP: Série Científica*, v. 6, n. 2, pp 61-70.
- Furrier, M., 2007. 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.
- Hack, J. T., 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index. *U.S. Geol. Survey, Jour. Research*, vol. 4, n. 1. pp 421-429.
- Mabesoone, J. M. Sedimentary basins of northeast Brazil, 1994. Recife: UFPE/CT/DG, pp 310.
- Nogueira, F. C. C.; Bezerra, F. H. R.; Castelo Branco, R. M. 2006. Radar de Penetração no solo (GPR) aplicado ao estudo de estruturas tectônicas Neógena na Bacia Potiguar - NE no Brasil. *Revista de Geologia*, v. 18, n. 2, pp 139-149.
- Penteado, M. M., 1974. Fundamentos de geomorfologia. FIBGE, Rio de Janeiro. pp 186.
- Rincón, P. J.; Vegas, R. 2000. Aplicación de índices geomorfológicos de actividad tectônica reciente em el antepaís bético. *Geogaceta*. n. 27. pp 139-142.
- Saadi, A.; Bezerra, F. H. R. 2004. Neotectônica da Plataforma brasileira. In: Oliveira, A. M.; Souza, C. R.; Suguio, K.; Oliveira, P. E. Quaternário no Brasil. Editora Holos, 1º edição. São Paulo, pp 211-230.
- Stewart, I. S.; Hancock, P. L. 1994 Neotectonics. In: Hancock, P. L. (ed.) Continental deformation. Pergamon, Oxford, pp 370-409.