

O NEOTECTONISMO E A ORIGEM DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO SÃO FRANCISCO

CARLOS CÉSAR UCHÔA DE LIMA¹ & LIANA MARIA BARBOSA²

1-2: Área de Geociências-DEXA/Universidade Estadual de Feira de Santana. Km. 03 BR 116
CEP 44031-460, Feira de Santana, Bahia Brasil. email:

1- uchoamaster@gmail.com 2- liana@uefs.br.

RESUMO

A planície costeira do rio São Francisco está localizada no sul do estado de Alagoas e norte do estado de Sergipe. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos nos últimos anos naquela região, focando os sedimentos que constituem os depósitos pleistocênicos. Este trabalho tem por objetivo mostrar que o neotectonismo foi determinante na configuração morfológica da Planície Costeira do Rio São Francisco (PSF). Os estudos foram realizados, tanto nos sedimentos pleistocênicos presentes na PSF, quanto na Formação Barreiras, que constitui os altos estruturais adjacentes àquela planície costeira. O método utilizado baseou-se na identificação e tratamento estatístico de juntas neotectônicas presentes nos sedimentos Barreiras e na observação de estruturas de liquefação (sismitos) nos depósitos pleistocênicos da planície costeira do rio São Francisco, além da análise de imagens de satélite e fotografias aéreas. Os dados de campo revelaram que as dezenas de estruturas de deformação observadas nos depósitos pleistocênicos presentes na área estudada demonstram uma relevante atividade sísmica durante a deposição daqueles sedimentos. A diversidade de tamanho dessas estruturas mostra sismos de variadas magnitudes atingindo uma região epicentral. Para a Formação Barreiras, a presença de um sistema de juntas conjugadas evidencia que, posterior à deposição daquele complexo sedimentar, houve a atuação de esforços tectônicos, cujo direcionamento do esforço principal máximo (σ_1) é NW-SE. Os resultados apresentados no presente trabalho mostram que, apesar do controle climático no desenvolvimento da PSF, o neotectonismo foi, provavelmente, o mecanismo responsável pela fase inicial de formação do mesmo, desempenhando papel fundamental na configuração morfológica daquela planície, já que, através da atuação tectônica, os limites da PSF foram estabelecidos.

Palavras chave: Neotectonismo, juntas tectônicas, Depósitos Pleistocênicos.

ABSTRACT

The coastal plain of the San Francisco River is located in the south of the state of Alagoas and north of the state of Sergipe. Several researches have been developed in the last years in that area, focusing the sediments dating from Pleistocene. This work has for objective to show that the neotectonics was decisive in the morphologic configuration of the Coastal Plain of San Francisco River (PSF). The studies were accomplished as in the Pleistocene sediments present in PSF, as in the Barreiras Formation. The last one constitutes the structural high adjacent to that coastal plain. The used method based on the identification and statistical treatment of neotectonic joints present in the Barreiras sediments and in the observation of liquefaction structures (seismits) in the deposits of Pleistocene, besides the analysis of satellite images and aerial photographs. The field data have revealed that the amount of deformation structures observed in the Pleistocene deposits indicates several important seismic activities during the deposition of those sediments. The size diversity of those structures shows earthquakes of varied magnitudes in a epicenter area. The presence of cross-cutting joints in the Barreiras Formation evidences that, subsequent to the deposition of that sedimentary unit, there was tectonic action, with maximum principal stress (σ_1) direction to NW-SE. The results presented in the present work show that, in spite of the climatic control in the development of PSF, the neotectonics was, probably, the responsible mechanism for the initial phase of formation of that coastal plain, playing fundamental role in its morphologic configuration, since, through the tectonic action, the limits of PSF were established.

Words key: Neotectonics, tectonic joints, Pleistocenic deposits.

INTRODUÇÃO

Desde o trabalho de Hasui (1990), que sugere uma tectônica ativa a partir do Mioceno Médio, que o neotectonismo tem sido considerado como mais um elemento na configuração de muitas paisagens, em particular, na região costeira do Brasil. Alguns desses estudos se baseiam na morfotectônica (Lima & Vilas Boas 2004, Lima et al 2006a) e, outros, levam em conta o registro e medição de estruturas geológicas que indiquem a atuação tectônica de uma determinada área, tais como, juntas neotectônicas e, no caso de sedimentos quaternários, os sismitos (Lima & Barbosa 2003, Bezerra et al 2005). Vários pesquisadores (Bezerra & Vita-Finzi 2000, Bezerra et al. 2001, Lima et al 2006b) têm abordado a questão da neotectônica como um dos responsáveis pela formação e modelamento de paisagens desenvolvidas do Pleistoceno ao recente. Muitos desses estudos foram realizados a partir de estruturas presentes nos sedimentos da Formação Barreiras que, segundo Lima (2000), é um complexo sedimentar que apresenta um relevante significado tectônico. Na planície costeira do Rio São Francisco (Fig. 1), alguns trabalhos têm sido desenvolvidos nos últimos anos (Lima & Barbosa 2003, Silva et al 2004), focando os sedimentos que constituem os depósitos pleistocênicos. Este trabalho tem por objetivo mostrar que o neotectonismo foi determinante na configuração morfológica da Planície Costeira do Rio São Francisco (PSF). Os estudos foram realizados a partir da análise de imagens, bem como, trabalhos de campo, com levantamento de dados, tanto nos sedimentos pleistocênicos, quanto nos depósitos da Formação Barreiras presentes naquela região.

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada (Fig. 1) engloba a planície costeira do rio São Francisco e áreas adjacentes dos estados de Alagoas e Sergipe. A planície costeira do São Francisco (PSF) é limitada, tanto ao norte, quanto ao sul, por dois lineamentos de direção NE-SW. A parte elevada dos blocos que limitam aquela planície costeira exhibe afloramentos da Formação Barreiras, enquanto a parte rebaixada é constituída, próximo aos altos estruturais da Formação Barreiras, pelos sedimentos areno-cascalhosos do Pleistoceno (Lima & Barbosa 2003) e, se direcionando para a linha de costa, observam-se os cordões litorâneos arenosos e as dunas eólicas do Holoceno.

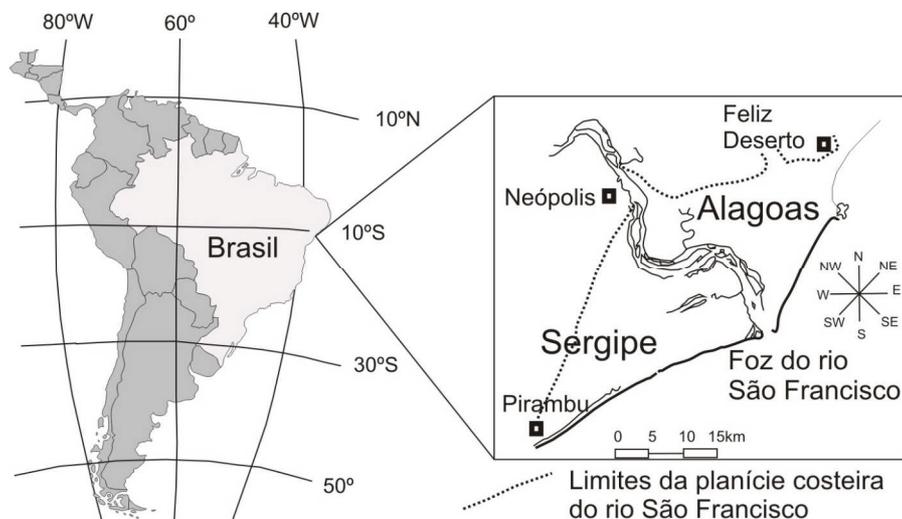


Figura 1 – Mapa de localização da planície costeira do rio São Francisco.

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Estudos de campo foram desenvolvidos com o intuito de observar, descrever e interpretar as estruturas presentes nos afloramentos da Formação Barreiras e dos depósitos pleistocênicos da planície costeira do rio São Francisco (PSF). Na etapa de campo foram desenvolvidos caminhamentos com bússola e GPS, tanto ao longo do limite norte daquela planície, quanto ao longo do limite sul, onde vários afloramentos da Formação Barreiras puderam ser observados. Uma pedreira que explora os depósitos pleistocênicos presentes no estado de Alagoas se constituiu no principal ponto de coleta de dados para aqueles sedimentos. Foi realizado um tratamento estatístico para as juntas neotectônicas presentes nos sedimentos da Formação Barreiras, utilizando o programa “Stereowin 120”. Para os depósitos pleistocênicos foram feitas observações das estruturas de liquefação (sismitos), levando em conta as dimensões e a frequência com que as mesmas ocorrem, bem como, as características deformacionais encontradas, tais como, quantidade de camadas envolvidas e direcionamento da movimentação dos fluidos. Vale ressaltar que alguns sismitos foram observados também nos sedimentos da Formação Barreiras. Adicionalmente foi realizado um sobrevôo com o intuito de observar e fotografar a área e os diferentes depósitos que preenchem a PSF. Análise de uma imagem Landsat TM também foi feita para identificar os limites que separam os depósitos da Formação Barreiras dos sedimentos quaternários.

RESULTADOS

A análise da imagem de satélite Landsat TM, revela que dois lineamentos com direcionamento NE-SW determinam o limite entre os tabuleiros costeiros e a PSF (Figura 2). Durante o sobrevôo, foi observado que um desnível topográfico entre os tabuleiros e a PSF marca esses lineamentos. Os trabalhos de campo, que serão discutidos posteriormente, revelaram que os lineamentos indicam, na verdade, planos de falhas. O limite da PSF no estado de Alagoas está menos dissecado, preservando, em grande parte a linearidade do plano que define o falhamento, exceto próximo à costa, quando é cortado por um vale aberto, com direção NNW-SSE (Fig. 3). Com relação à falha que limita a PSF no estado de Sergipe, seu plano está bastante dissecado e um vôo de baixa altitude não foi suficiente para observá-la. Entretanto, em vôo de maior altitude, foi possível definir o plano de falha, apesar do nível de dessecamento que o mesmo se encontra (Fig 4).



Figura 2 – Imagem de satélite LANDSAT TM. Observe que os limites da PSF são limitados por duas falhas (F) de direção NE-SW. Os retângulos numerados correspondem a área aproximada mostrada nas figuras 3 e 4.

Com relação aos trabalhos de campo e, próximo ao plano de falha no estado de Alagoas, o estudo dos depósitos pleistocênicos mostrou uma grande quantidade de deformações penecontemporâneas atingindo camadas de areias e cascalhos. Essas estruturas, isoladamente, poderiam representar instabilidades gravitacionais sem qualquer contribuição tectônica. No

entanto a frequência das mesmas e, o fato delas não estarem associadas a depósitos plásticos tais como estratos argilosos ou ligados a tectônica salina (Barreto et al 2002), as caracterizam como sismitos (Fig. 5). Essas observações contradizem os relatos de Obermeier et al. (2005) que diz ser necessário uma camada de lama na parte superior do pacote de sedimentos para que o sismito possa ser originado. Na área de estudo do presente trabalho, além da frequência, o fato dos sismitos estarem próximas a zona de falhamento que delimita a PSF sugere que as mesmas são registros de uma região epicentral.



Figura 3 - Falha (F) que limita a PSF no Estado de Alagoas. As setas indicam a movimentação dos blocos, com a subida da Formação Barreiras e abatimento da área ocupada pela PSF.

Outro registro importante nos depósitos pleistocênicos é a diferença textural entre as camadas compostas por cascalhos e os sedimentos arenosos. Enquanto que, os cascalhos são bem arredondados, os grãos arenosos são angulosos. Isso, a princípio, se constituiria uma incoerência, levando-se em consideração que a fonte é, provavelmente, a mesma para ambos. O estudo morfoscópico em lupa binocular revelou que a turmalina, como mineral acessório nas camadas arenos-cascalhosas e areias finas, se encontra, muitas vezes, imersa em cascalhos, e que, a fração areia fina é o resultado da quebra dos grãos maiores que já se encontravam arredondados na área fonte. A imaturidade textural dos arenitos finos implica em transporte curto e soterramento rápido

o que corrobora com a interpretação de elevação rápida da área fonte. Além disso, os clastos com tamanho fora do comum, observados nos depósitos cascalhosos, podem representar desnível topográfico acentuado entre a área fonte e a região de deposição dos sedimentos.



Figura 4 - Falha (F) que limita a PSF no Estado de Sergipe. O desnível topográfico entre os sedimentos Barreiras e a PSF pode atingir 40 metros.



Figura 5 - Sismitos encontrados em depósitos areno-cascalhosos do Pleistoceno, próximos ao lineamento que define o limite da PSF no estado de Alagoas. A grande quantidade dessas estruturas aponta para uma região epicentral. As setas indicam o sentido de deslocamento dos sedimentos.

Com relação às juntas neotectônicas, foram poucas as medidas efetuadas, devido à intensa antropização da área e do estado acelerado de dessecamento de algumas encostas. Mesmo assim, foram estudados afloramentos da Formação Barreiras, tanto na margem norte da planície, como na margem sul, nas cidades de Feliz Deserto, estado de Alagoas, Neópolis e Pirambu no estado de Sergipe, respectivamente. Os sistemas de juntas observados aparecem conjugados (*cross cutting*) e na cidade de Feliz Deserto, apesar das exposições da Formação Barreiras aparecer, em muitos locais, vegetadas, encontrou-se um afloramento onde se conseguiu 39 medidas de juntas neotectônicas. A continuidade, a boa definição de planos e o espaçamento dessas juntas descartaram a hipótese das mesmas terem sido originadas por processos atectônicos. A análise estatística das medidas efetuadas indicou um esforço principal máximo ($\bullet 1$) possuindo direcionamento NW-SE (Fig. 6).

Próximo ao lineamento que limita a PSF no estado de Sergipe, 23 medidas de juntas neotectônicas foram feitas próximo à cidade de Neópolis e 113 medidas, próximo à cidade de Pirambu (extremo sul da PSF). Todos os resultados obtidos com o tratamento estatístico a partir das medidas das juntas neotectônicas, apesar de mostrarem algumas variações, apontam para um esforço principal máximo ($\bullet 1$), com direcionamento NW-SE (Fig. 6).

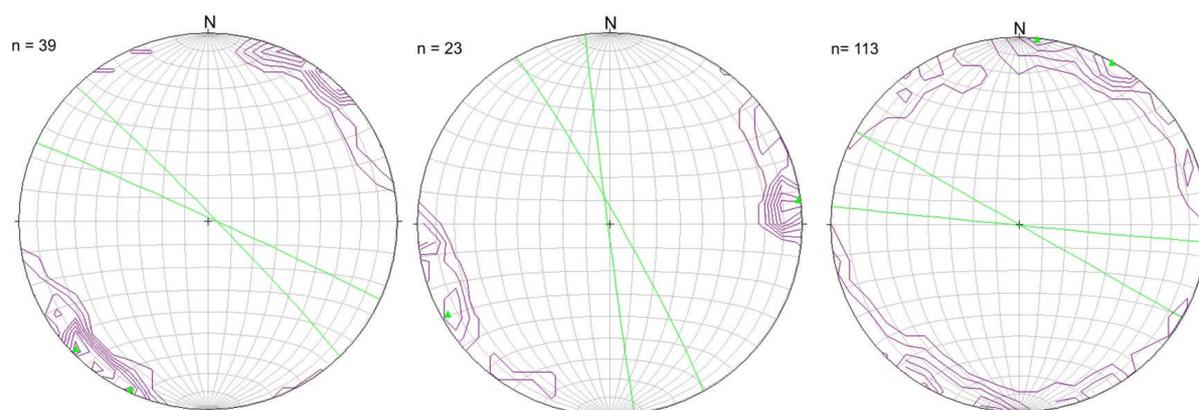


Figura 6 – Sistemas conjugados de juntas tectônicas presentes na Formação Barreiras, próximos aos lineamentos que limitam a PSF, tanto no estado de Alagoas, como em Sergipe, apontam para um esforço principal máximo com direcionamento NW-SE.

DISCUSSÃO

Lima et al (2002) foram os primeiros a chamar a atenção para a possibilidade de uma ação neotectônica na configuração da planície costeira do rio São Francisco, a partir da observação de imagens LANDSAT TM que mostram lineamentos de direção NE-SW limitando aquela planície. Lima & Barbosa (2003) e Silva et al (2004) desenvolveram estudos sedimentológicos e estruturais para os depósitos pleistocênicos areno-cascalhosos, e identificaram estruturas de liquefação, as quais interpretaram como sendo resultantes de movimentação sísmica durante o Pleistoceno. Bezerra et al (2005) identificaram várias dessas estruturas em depósitos cascalhosos do Quaternário ao longo da região litorânea dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e os interpretaram como resultantes de uma sismicidade.

Na etapa de campo do presente trabalho, foram identificadas muitas estruturas de liquefação (sismitos) que associadas às estruturas observadas anteriormente por outras pesquisas, reforçam a interpretação da ocorrência de eventos sísmicos durante a conformação da PSF. Dentre os sismitos identificados, dois se destacam (Fig. 6). O primeiro, pela sua dimensão lateral e pela quantidade de camadas arenosas e cascalhosas envolvidas. O segundo mostra nitidamente uma movimentação ascendente de fluidos. A dimensão do primeiro e a dimensão e morfologia do segundo sismo, mostrando direcionamento ascendente durante a liquefação, indica que sismos de magnitude moderada a alta atingiram a área, durante Pleistoceno.

Outros sismitos de menor dimensão foram observados e a quantidade dessas estruturas presentes ao longo das pesquisas realizadas ratifica a interpretação de uma região epicentral (Lima & Barbosa 2003). Esses resultados colaboram também, com o pensamento difundido na comunidade científica, de que a sismicidade intraplaca é muito comum em regiões próximas às margens continentais consideradas como passivas (Lima 2000).

Muitos sismitos foram também observados nos sedimentos Barreiras e, embora não tenham sido estudados neste trabalho, a presença dos mesmos indica que o tectonismo atuou durante todo o período de deposição, reforçando o significado tectônico da Formação Barreiras propagado por Hasui (1990) e Lima (2000).

Para o estudo nos sedimentos da Formação Barreiras, as juntas observadas reforçam uma atuação tectônica pós-deposicional. Apesar do número reduzido de medidas, as informações obtidas, a partir dos dados de campo, corroboram com o trabalho de Coelho e Lima

(2006) que apontam para a atuação um esforço principal máximo ($\bullet 1$) com direcionamento NW-SE nos sedimentos da Formação Barreiras durante o pleistoceno na região costeira do estado de Sergipe. As informações obtidas, no presente trabalho, a partir das medidas das juntas, em Feliz Deserto, estado de Alagoas, mostram um esforço principal máximo, também com direcionamento NW-SE.

CONCLUSÕES

Como relatado por Lima & Barbosa (2003), o fato dos depósitos pleistocênicos apresentarem estruturas de liquefação atingindo dimensões métricas, em sedimentos arenocascalhosos, ratifica uma origem sísmica, já que os sedimentos em questão, não possuem comportamento plástico, tais como, depósitos argilosos, onde é comum a presença de estruturas de liquefação ligadas a instabilidades gravitacionais.

As dezenas de estruturas de deformação observadas na área de estudo, do presente trabalho, demonstram uma relevante atividade sísmica durante a deposição dos sedimentos arenocascalhosos do Pleistoceno. Os sismos tinham sua ocorrência condicionada à movimentação ao longo de falhas NE-SW, com a descida dos blocos a sudeste e subida dos blocos a noroeste, permitindo a invasão do mar até o limite das falhas, durante o Pleistoceno. Esses eventos condicionaram o modelamento da PSF.

Para a Formação Barreiras, a presença de um sistema conjugado de juntas evidencia que, posterior à deposição daquele complexo sedimentar, houve a atuação de esforços tectônicos, cujo direcionamento do esforço principal máximo ($\bullet 1$) é NW-SE. A observação das diversas estruturas de liquefação nos sedimentos desse complexo sedimentar sugere, também, uma atuação tectônica durante o seu processo deposicional.

Os resultados mostrados no presente trabalho evidenciam que, apesar do controle climático no desenvolvimento da planície costeira do São Francisco, o neotectonismo foi o mecanismo responsável pela fase inicial de formação do mesmo, desempenhando papel fundamental na configuração morfológica daquela planície, já que, através da atuação tectônica, os limites da PSF foram estabelecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, A.M.F; BEZERRA, F.H.R et al. 2002. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. *Palaeo*. **179**: 57-69.
- BEZERRA, F.H.R. & VITA-FINZI, 2000. C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Geology*. V.28, n.7: 591-594.
- BEZERRA, F.H.R., AMARO, V.E., VITA-FINZI, C., SAADI, A. 2001. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *J. South Am. Earth Sci.* V.14: 61-75.
- BEZERRA, F.H.R., FONSECA, V.P., VITA-FINZI, C., LIMA-FILHO, F.P. & SAADI, A. 2005. Liquefaction-induced structures in Quaternary alluvial gravels and gravelly sediments. *Engineering Geology*, V.76:191-208.
- COELHO, M.G.A. & LIMA, C.C.U. 2006. Análise tectônica preliminar do Grupo Barreiras no litoral norte do estado de Sergipe. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, Goiânia 7p.
- HASUI, Y. 1990. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: SBG/MG. Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro, Belo Horizonte. *Boletim* 1:1-31.
- LIMA, C.C.U. 2000. O Neotectonismo na costa do Sudeste e do Nordeste brasileiro. *Revista de Ciência & Tecnologia*. **15**: 91-101.
- LIMA, C.C.U. & BARBOSA, L.M. 2003. O neotectonismo e a origem dos depósitos pleistocênicos na planície costeira do rio São Francisco. In: Congresso da ABEQUA, 9, Recife. Anais.
- LIMA, C.C.U. & VILAS BOAS, G.S. 2004. Morphotectonic analysis in the Barreiras Group, south coast of state of Bahia, based on the square over radar image approach. *Revista Ciência e Natura*, Santa Maria. Edição Especial: 101-115.
- LIMA, C.C.U., VILAS BOAS, G.S., SILVA, A.B. 2006a. Tectonic modeling in the Barreiras Group, south coast of the state of Bahia, Brazil, based on hypsometric digital map. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, Goiânia 9p.
- LIMA, C.C.U.; VILAS BOAS, G.S.; BEZERRA, F.H.R. 2006b. Faciologia e análise tectônica preliminar da Formação Barreiras no litoral sul do Estado da Bahia, Brasil. *Geologia-USP Ser.Cient. São Paulo*, v 6, n° 2, p. 71-80.
- LIMA, C.C.U., BARBOSA, L.M., CARVALHO, J.B. 2002. A atuação do neotectonismo na formação da planície costeira do Rio São Francisco. In: Cong. Bras. Geol, 41, João Pessoa. *Anais*, 360.
- OBERMEIER, S.F., OLSON, S.M., GREEN, R.A. 2005. Field occurrences of liquefaction-induced features: a primer for engineering geologic analysis of paleoseismic shaking. *Eng. Geol.* V 76: 209-234.
- SILVA, C.L.F.; LIMA, C.C.U.; BARBOSA, L.M. 2004. Os depósitos pleistocênicos e a neotectônica na planície costeira do rio São Francisco. In: V Simp. Nac. de Geomorfologia – I Enc. Sul-Am. De Geomorfologia, Santa Maria, Anais de trabalhos completos. 14p.