



Atividade sísmica em Pedra Preta-RN em 2010

Renato Ramos da Silva Dantas^{1*}, Heleno C. de Lima Neto², Joaquim M. Ferreira^{1,2}, Aderson F. do Nascimento^{1,2}, Marcelo S. Assumpção⁴, Francisco H. R. Bezerra^{1,3}, Eduardo A. S. Menezes², Regina M. R. P. Spinelli², Neymar P. Costa²

1 Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

2 Departamento de Geofísica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

3 Departamento de Geologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

4 Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo

* rsdantas@gmail.com

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

In this study, the earthquake events from the seismic activity in Pedra Preta area, Potiguar Basin border in northeastern Brazil, were analyzed. This area is one of the most active seismic areas in Brazil. The activity began on December 04, 2010, when a 3.1 m_b earthquake occurred. After this event, a network with nine short period stations was installed on December 9, 2010. In this study, we analyze events between December 9 and December 27, 2010.

The epicentral location was determined with the HYPO71 program, and the composite focal mechanism was obtained based on visual inspection of the focal sphere aided by the hypocentral location. The fault plane direction and dip was determined by distribution of the hypocenters. The epicentral location showed that there is no correlation between the seismic activity in the area and mapped geological structures. This new seismogenic fault was named as Cabeço Preto Fault. The estimated fault parameters are the following: 238° strike, 78° dip and -70° rake. This means that the fault in question is a normal fault.

Introdução

O município de Pedra Preta - RN está localizado próximo à borda da Bacia Potiguar, uma das mais importantes áreas sísmicas no nordeste brasileiro (Ferreira & Assumpção, 1983; Ferreira *et al.*, 1998). As primeiras campanhas com redes sismográficas portáteis foram realizadas em João Câmara, a partir de 1986 (Ferreira *et al.*, 1987; Takeya *et al.*, 1989; Bezerra *et al.*, 2007). Os maiores tremores próximos a Pedra Preta ocorreram em João Câmara (1986 – 5,1 m_b e 1989 – 5,0 m_b), causando pânico e fuga da população e, mais recentemente em Taipu, em 2010, com magnitude 4,3 em 2010 (Lima Neto *et al.* 2010). O mapa epicentral geral de sismicidade recente do Nordeste do Brasil é mostrado na Figura 1.

Antes de 2010 não havia registro de sismos no município de Pedra Preta. A atividade sísmica teve início no dia 04/12/2010, quando ocorreu um sismo de magnitude 3,1

que foi sentido em Pedra Preta e Jandaíra. Após este tremor uma rede local de estações de período curto foi instalada pelo Laboratório Sismológico (LabSis/UFRN), e operou durante os meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011. A rede de estações de Pedra Preta (rede PP) chegou a operar com até nove estações na região.

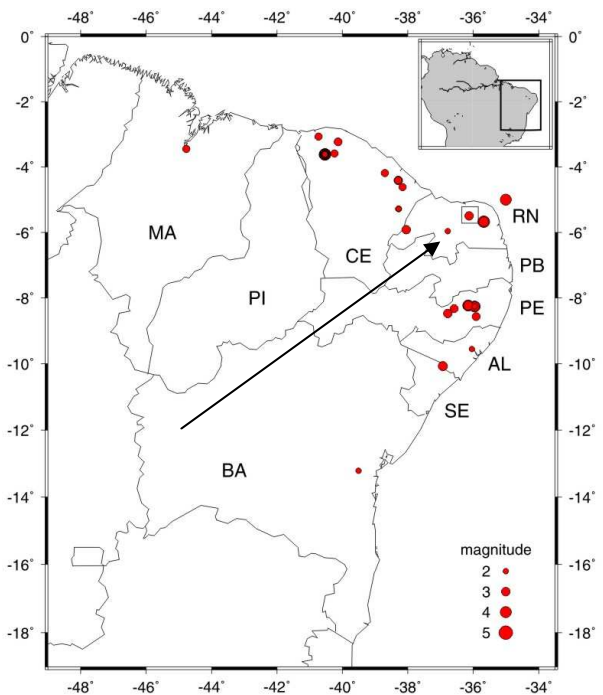


Figura 1: mapa mostrando a distribuição da sismicidade no Nordeste do Brasil no período de 2006 até 2010. Os círculos (vermelhos) denotam os epicentros com tamanhos especificando o valor da magnitude de cada evento. O quadrado indica a região de Pedra Preta.

Metodologia

Para este estudo, foram analisados os dados registrados pela rede de estações sismográficas (Rede PP) no período de dezembro de 2010 a janeiro de 2011. Esta rede foi constituída por estações pertencentes ao Pool de Equipamentos Geofísicos do Brasil (PEGBr), sediado no Observatório Nacional e com financiamento da Petrobras. Cada estação era composta por um sensor triaxial de período curto L4C3D (Sercel) e um registrador DAS 130 (Reftek). Durante este período, foram registrados cerca de 200 sismos, no mínimo, em cada estação. Um

exemplo de um sismo registrado nessa rede é mostrado na Figura 2.

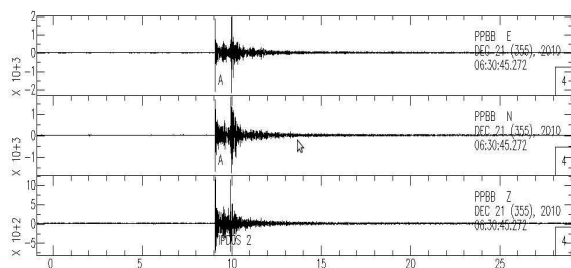


Figura 2: registro de um sismo do dia 21 de dezembro de 2010, na estação PPBB (rede PP).

Apenas os sismos que foram registrados no período de 9 a 27 de dezembro de 2010 em, no mínimo, quatro estações, foram selecionados para este estudo. As leituras dos tempos de chegada das fases P e S e a leitura das polaridades foram realizadas com auxílio do programa SAC (Tapley & Tull, 1991), e os hipocentros foram calculados com o auxílio do programa HYPO71 (Lee & Lahr, 1975).

A solução do mecanismo focal composto proposta neste estudo, a partir do primeiro movimento da onda P, foi obtida a partir da análise da esfera focal, levando-se em consideração a distribuição hipocentral.

Determinação hipocentral

O estudo mais recente de sismicidade local realizado na região da borda da Bacia Potiguar foi apresentado por Lima Neto *et al.* (2010), onde foram analisados dados de uma rede local instalada ao redor da área epicentral de Taipu - RN. Devido à proximidade da área sísmica estudada neste trabalho da área anteriormente citada, foi utilizado o mesmo modelo de velocidades para localização dos hipocentros ($V_P/V_S = 1,70$ e $V_P = 6,0$ km/s). Os hipocentros foram calculados por mínimos quadrados não-lineares, a partir do método de Geiger, com auxílio do programa HYPO71 (Lee & Lahr, 1975).

Na determinação do mapa epicentral, foram selecionados 97 sismos registrados em pelo menos quatro estações, com gap < 180°, e com maior precisão epicentral, hipocentral e valores baixos para o resíduo médio quadrático de tempo ($ERH \leq 0,3$ km, $ERZ \leq 0,4$ km e $RMS \leq 0,035s$). A distribuição epicentral obtida pode ser visualizada na Figura 3.

Para se visualizar melhor a distribuição dos hipocentros em profundidade, foi feito o ajuste dos hipocentros a um plano, utilizando-se o método dos mínimos quadrados. A direção obtida foi de 238° e, o mergulho, 78°. Na Figura 4, são mostrados os eventos da Figura 3 em escala ampliada. Para se ter uma melhor idéia espacial da distribuição epicentral, foram feitas duas projeções: uma projeção vertical num plano paralelo ao azimute da distribuição dos epicentros (seta b) e uma projeção vertical no plano perpendicular (seta c) a essa mesma direção. Observando a Figura 4.b, fica claro que a direção do plano de falha está na direção NE-SW. Esta direção contrasta fortemente com o *trend* N-S a NW-SE padrão das estruturas mapeadas na região. Isso significa

que não há correlação entre essas estruturas e essa falha sísmológica. Além disso, analisando-se a Figura 4.c, percebe-se que o mergulho dos sismos é de alto ângulo para NW.

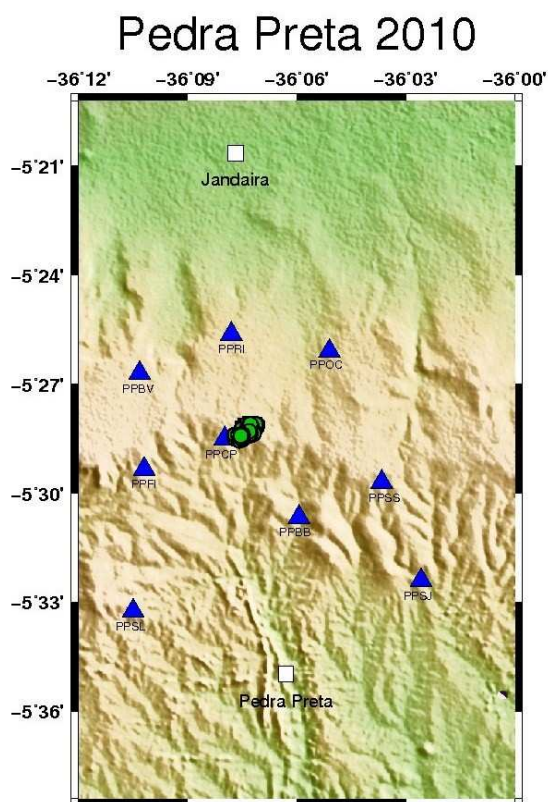


Figura 3: mapa mostrando a distribuição espacial dos epicentros (círculos verdes) na região próxima às cidades de Pedra Preta e Jandaíra (quadrados brancos). Os triângulos azuis representam as estações da rede PP. Cores mais quentes representam elevações maiores.

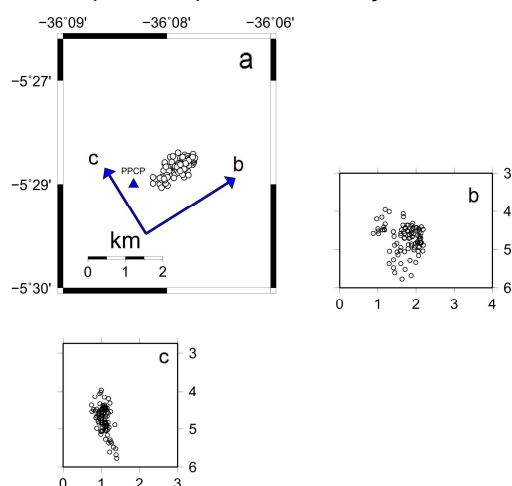


Figura 4: mapa (a) e projeções paralelas (b) e perpendiculares (c) dos eventos registrados em 2010.

Mecanismo focal

A solução proposta neste estudo, para o mecanismo focal composto, levou em consideração a distribuição dos hipocentros (o mergulho e o azimute) e foi obtida por análise da esfera focal, com auxílio da localização dos hipocentros. Só foram utilizadas as polaridades de excelente qualidade das ondas P registradas (P0) dos mesmos 97 eventos selecionados para o mapa epicentral (gap < 180°; ERH ≤ 0,3km, ERZ ≤ 0,4km e RMS ≤ 0,035s), totalizando 377 polaridades utilizadas.

Como citado anteriormente, a direção da falha obtida foi de 238° e, o mergulho, de 78°. Desse modo, baseando-se nesta solução encontrada, o mergulho e o azimute foram fixados em 238° e 78°, respectivamente, para os 97 eventos selecionados.

Baseado na alternância de polaridades, o rake foi fixado em -70°. A solução proposta para o problema do mecanismo focal é a de um plano de falha na direção NE-SW, com movimento normal e com componente transcorrente (falha transtensiva sinistral) (Figura 5). Os valores dos demais parâmetros dessa falha sísmológica, denominada de Falha de Cabeço Preto, são mostrados na Tabela 1. O plano de falha foi determinado utilizando a direção dos hipocentros dos 97 eventos selecionados, como mostra a Figura 4a.

Tabela 1: uma solução estimada para os parâmetros do plano de falha.

Direção	Mergulho	Rake
238°	78°	-70°

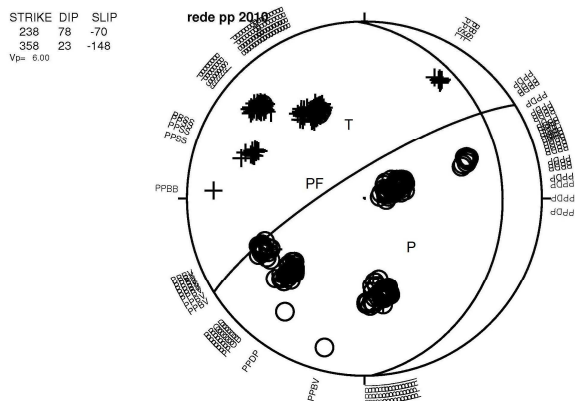


Figura 5: mecanismo focal composto para os 97 eventos. Hemisfério inferior, projeção de igual área. Cruzes e círculos representam os primeiros movimentos compressivos e dilatacionais, respectivamente. P e T são os eixos de compressão e dilatação, respectivamente. PF indica o plano de falha.

A fim de que se tenha uma visualização mais clara da alternância de polaridades, foi criada a Figura 6. Na figura 6a estão representadas as polaridades negativas e na figura 6b as polaridades positivas. Algumas polaridades positivas entre as negativas nas regiões afastadas dos planos nodais podem ser explicadas devido ao fato de que, na técnica do mecanismo focal

composto, nem todos os eventos têm, de fato, o mesmo mecanismo focal.

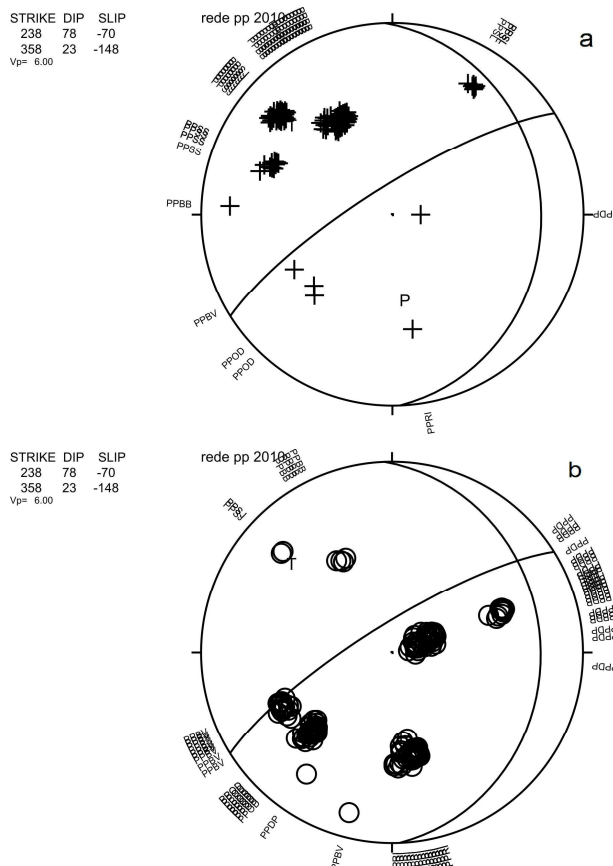


Figura 6: visualização da alternância de polaridades do mecanismo focal da figura 5, mostrando as polaridades separadamente. Na figura 6.a estão representadas as polaridades negativas e na figura 6.b as polaridades positivas.

Discussões e conclusões

Neste estudo, foi mostrado que os epicentros das réplicas do tremor de magnitude 3.1, ocorridos no dia 04/12/2010, não possuem correlação com as falhas mapeadas na região de acordo com o Mapa Geológico do Pré-cambriano da Faixa Seridó, NE do Brasil (Jardim de Sá (1994).

Os sísmos estão distribuídos em uma faixa de aproximadamente 1,7 km de extensão e variam, em profundidade, de 3,96 km a 5,77 km. O azimute da falha (238°) e o mergulho (78°) foram obtidos através do método dos mínimos quadrados. Com base na alternância de polaridades, o rake foi fixado em -70°. O mecanismo focal proposto para a Falha de Cabeço Preto é de um plano de falha na direção aproximada NE-SW, com movimento normal e componente transcorrente (movimento transtensivo sinistral).

Esse estudo pode ser melhorado significativamente, com mais dados (como aqueles disponíveis para o ano de 2011), e com um modelo de velocidades próprio para a área. Sugere-se, ainda, estudos mais aprofundados,

utilizando outros métodos de determinação hipocentral, considerando-se a qualidade dos dados, obtidos com sismômetros triaxiais e com relógios controlados por GPS.

Agradecimentos

Ao PEGBr (Pool de Equipamentos Geofísicos do Brasil) pelo empréstimo dos equipamentos. RRSD agradece ao projeto RSISNE (Petrobras/UFRN/FUNPEC), pela bolsa de estágio. HCLM agradece à CAPES pela bolsa de Doutorado. JMF, AFN, MA, FHRB agradecem ao CNPq pelas bolsas de PQ. Este trabalho foi totalmente financiado pelo INCT de Estudos Tectônicos (CNPq/MCT).

Referências

Dayvison, I., McCarthy, M., Powell, D., Torres, H.H., F., Santos, C.A. 1995. Laminar flow in shear zones: the Pernambuco Shear Zone, NE Brazil. *Journal of Structural Geology* 17: 149-161.

Ferreira, J.M., Bezerra, F.H.R., Sousa, M.O.L., Nascimento, A.F. & França, G.S.L.A., 2008. The role of Precambrian mylonitic belts and present-day stress field in the coseismic reactivation of the Pernambuco lineament, Brazil, *Tectonophysics*, 456, 111–126.

Jardim de Sá, E.F., 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de doutorado. Universidade de Brasília – Programa de Pós-Graduação em Geologia. Brasília, Brasil.

Lee, W.H.K. & Lahr, J.C. 1975. HYPO71 (revised): a computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 114pp.

Lima Neto, H.C, Ferreira, J.M., do Nascimento, A. F., Bezerra, F. H.R., 2009. Estudo da atividade sísmica em São Caetano-PE em 2010. 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Lopes, A.E.V.; Assumpção, M.; do Nascimento, A.F.; Ferreira, J.M.; Menezes, E.A.S. & Barbosa, J.R. (2010), Intraplate Earthquake Swarm in Belo Jardim, NE Brazil: Reactivation of a Major NeoProterozoic Shear Zone (Pernambuco Lineament), *Geophys. J. Int.*, 180(3), 1303-1312

Neves, S.P., Mariano, G. 1999. Assessing the tectonic significance of a large scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil. *Journal of Structural Geology* 21: 1369–1383.

Tapley W.C. & Tull, J.E. 1991. SAC - Seismic Analysis Code. USER MANUAL, Livermore National Laboratory, 413 pp.