



## A contribuição dos projetos do Milênio e INCT de Estudos Tectônicos para o monitoramento e estudo da atividade sísmica na Província Borborema.

J. M. Ferreira<sup>1,2</sup>, H. C. de Lima Neto<sup>1</sup>, A. F. do Nascimento<sup>1,2</sup>, F. H. R. Bezerra<sup>1,3</sup>, & E.A.S. Menezes<sup>2</sup>.

1- Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, Brasil.

2- Departamento de Geofísica - UFRN.

3- Departamento de Geologia - UFRN.

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12<sup>th</sup> 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 12<sup>th</sup> 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

The Borborema Province, NE Brazil is one of the most active seismic areas of the country. For many years only the station RCBR (IRIS/GSN), with BB sensors, was used for monitoring the region.

After 2005, with the "Projeto do Milênio", new BB stations were acquired and deployed in Borborema which results in a best monitoring of the region. The "Projeto do Milênio" was followed by a new project (INCT de Estudos Tectônicos) and monitoring followed until now.

The monitoring of seismicity is the best way to identify new seismic areas in the region and aid to take decisions about deployment of local portable short period networks. After 2005 local networks operated in São Caetano (2007, 2010), Belém de Maria (2010), Caruaru (2010), Barragem do Castanhão (2007, 2010), Sobral (2008, 2010), Santana do Acaraú (2010), Taipu (2010), and Pedra Preta (2010) under the grants of "Projeto do Milênio" and INCT de Estudos Tectônicos.

The regional BB stations and local networks, deployed in the last years, contributes for a new view about seismicity in the Borborema Province and the correlation between earthquakes and geology in the region.

### Introdução

O Nordeste do Brasil é reconhecido como a principal área de atividade sísmica do Brasil (Berrocal *et al.*, 1984). Desde o século XIX ocorreram diversos tremores de magnitude igual ou superior a 4,0  $m_b$ , e intensidade VI ou VII MM, que, em alguns casos, provocaram o pânico e fuga da população (Ferreira & Assumpção, 1983, Bezerra *et al.*, 2007). Os tremores de maior magnitude ocorreram em Cascavel-CE, em 1980 (5,2  $m_b$ ) e João Câmara-RN, em 1986 e 1991 (5,1 e 5,0  $m_b$ , respectivamente).

Historicamente, as principais áreas sísmicas no Nordeste são o Recôncavo da Bahia, a região do Lineamento Pernambuco, a borda da Bacia Potiguar (RN e leste do Ceará) e o noroeste do Ceará, sendo que, estas três últimas encontram-se na Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981), que abrange praticamente os estados do

Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. No entanto, desde 1920, só tem ocorrido ocorrido tremores de magnitude acima de 4,0  $m_b$  na Província Borborema.

Na Figura 1 é mostrada a atividade sísmica recente (2001-2010) no NE do Brasil, onde se pode notar que as áreas de maior atividade continuam sendo as já identificadas anteriormente.

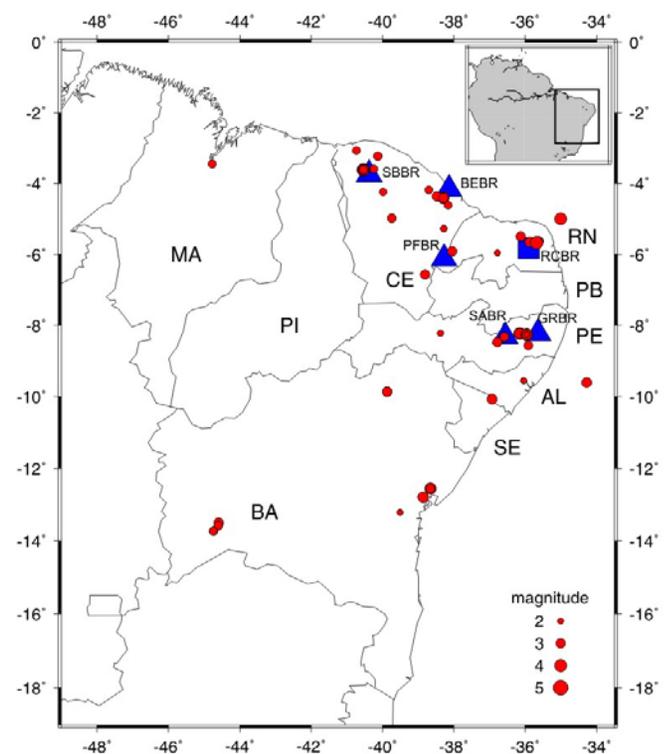


Figura 1 – Mapa mostrando a distribuição da sismicidade no Nordeste do Brasil no período de 2001 até 2010. Os círculos (vermelhos) denotam os epicentros com tamanhos especificando o valor da magnitude de cada evento. O quadrado azul indica a estação RCBR. Os triângulos azuis indicam as estações adquiridas e instaladas pelo Projeto do Milênio e seu sucessor, o INCT de Estudos Tectônicos.

O objetivo deste trabalho é relatar a enorme contribuição dada, a partir de 2005, pelos projetos do Milênio e INCT

de Estudos Tectônicos para o monitoramento e estudo da atividade sísmica na Província Borborema.

### Metodologia

Até 2005 o monitoramento era realizado somente por três estações de características bem diferentes: RCBR (Riachuelo-RN), estação da rede mundial (IRIS/GSN), com sensores de banda larga (BB) e registrador digital ; duas estações com registro analógico e sensor de período curto (SP), localizadas em Caruaru-PE (CA16) e em Jaguaribara-CE (CS08).

O Projeto do Milênio possibilitou a compra de seis estações com sensor do tipo BB e registrador digital que forem colocadas em diversas localidades na Província Borborema, algumas delas com acesso direto aos registros via internet. A localização atual das estações, bem como a estação RCBR, é mostrada na Figura 1. Todas as estações, com exceção da estação BEBR, têm os dados disponíveis via internet a partir do Laboratório Sismológico da UFRN (LabSis/UFRN) onde são lidos, e os epicentros determinados seja graficamente, seja por movimento de partícula, seja utilizando o programa HYPO71 (Lee & Lahr, 1975).

As principais campanhas com redes locais foram realizadas entre 1986 e 1997 sendo possível obter-se, com os resultados delas, uma visão acerca do problema da correlação entre a atividade sísmica e a geologia e mapear o esforço horizontal máximo na região (Ferreira *et al.*, 1998). Depois desse período foram realizadas poucas campanhas.

Isso viria a mudar substancialmente com o Projeto do Milênio, que adquiriu seis estações com sensor SP e registrador digital, tendo sido realizadas 11 campanhas, a partir de 2007. Foram utilizados também redes sismográficas de Pool de Equipamentos Geofísicos do Brasil (PEGBr), compostas por estações providas de sismômetros de período curto modelo L4C3 (vertical, NS e EW, em cada estação) e registrador Reftek130. A taxa de amostragem utilizada normalmente é de 250 amostras por segundo.

No caso de redes locais os sismogramas são interpretados com o auxílio do programa SAC (Tapley & Tull, 1991). Os hipocentros são determinados com o programa HYPO71 (Lee & Lahr, 1975). Na determinação do mecanismo focal composto, a partir do primeiro movimento da onda P, é utilizado o programa FPFIT (Reasenberg & Oppenheimer, 1985), considerando-se a distribuição dos hipocentros.

### Resultados

O mapa da Figura 1 é, em grande parte, o resultado dos epicentros dos sismos localizados pela rede regional. Essa rede foi essencial para monitorar o início da atividade sísmica em Sobral-CE, em 2008, logo em seu início, e onde ocorreu um tremor de magnitude 4,2  $m_b$ . O mesmo ocorreu em Alagoinha-PE, em 2010, Belém de Maria-PE, em 2010, e Taipu e Pedra Preta-RN, também em 2010. O monitoramento foi essencial para se decidir

quanto à oportunidade de se colocar ou não uma rede local em uma dada área epicentral.

A partir de 2007 do foram realizadas campanhas em São Caetano-PE (2007, 2010; Lima Neto *et al.*, 2009, primeira campanha), Barragem do Castanhão-CE (2007, 2010), Sobral-CE (2008 e 2010; Oliveira *et al.*, 2010, primeira campanha), Santana do Acaraú (2010), Taipu-RN (2010; Lima Neto *et al.*, 2010) e Pedra Preta-RN (2010), o que configura a Província Borborema como a região do Brasil onde foram realizados mais estudos sismológicos utilizando redes sismográficas portáteis. Pretende-se apresentar alguns dos resultados ainda inéditos no Congresso da SBGf. As campanhas foram financiadas pelo Projeto do Milênio (2007, 2008) como pelo INCT de Estudos Tectônicos (a partir de 2010).

### Discussão e Conclusões

Como foi mostrado, ambos os projetos foram de vital importância para o monitoramento e estudo da atividade sísmica na Província Borborema.

A principal contribuição está relacionada com o problema da correlação entre sismologia e feições geológicas na região. Na prática foram acrescentados novos dados que permitem tirar algumas conclusões, descritas abaixo.

Verificou-se que, não só a atividade em Caruaru, mas toda a sismicidade próxima ao Lineamento Pernambuco, e suas ramificações, estão fortemente correlacionados (Ferreira *et al.*, 2008; Lima Neto *et al.*, 2009; Lopes *et al.*, 2010). É importante salientar que, até agora, não foi possível correlacionar a sismicidade na Província Borborema com qualquer outra de sua grandes feições tipo Lineamento Patos, Lineamento Sobral-Pedroll, zona de cisalhamento Picuí-João Câmara, etc.

No Ceará, onde a sismicidade está relacionada, a leste, com a borda da Bacia Potiguar, e a oeste, principalmente com a zona sismogênica do noroeste de Ceará, a regra geral é de não haver correlação. Oliveira *et al.* (2010), mostraram que a atividade sísmica na região de Sobral não estava correlacionada com o Lineamento Sobral-Pedro II.

brasileiro é rara, de um modo geral, mas bastante freqüente na atividade sísmica relacionada com o Lineamento Pernambuco e suas ramificações.

Os resultados alcançados podem ser melhorados tanto na determinação hipocentral quanto na determinação do mecanismo focal, considerando-se a qualidade dos dados, obtidos com sismômetros triaxiais com relógios controlados por GPS. Técnicas como de posicionamento relativo de eventos, e determinação de mecanismo focal utilizando outros parâmetros além da polaridade da onda P podem ser usados. Ainda podem ser realizados estudos do processo de nucleação dos sismos e determinação dos parâmetros de fonte.

### Agradecimentos

Ao PEGBr (Pool de Equipamentos Geofísicos do Brasil) pelo empréstimo dos equipamentos para redes locais. JMF, AFN e FHRB agradecem ao CNPq pelas bolsas de

PQ. HCLN agradece à CAPES pela bolsa de Doutorado. Este trabalho foi financiado pelo INCT de Estudos Tectônicos (CNPq/MCT).

## Referências

- Almeida, F.F.M., Y. Hasui, B.B.B. Neves & R.A. Fuck, 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.*, 17: 1-29.
- Berrocal, J., Assumpção, M., Antezana, R., Dias Neto, C.M. Ortega, R., França, H. & Veloso, J.A. 1984. Sismicidade do Brasil, IAG-Universidade de São Paulo.
- Bezerra, F.H.R. M.K. Takeya, M.O.L. Sousa & A.F. do Nascimento, 2007. Coseismic reactivation of the Samambaia fault. *Tectonophysics*, **430**: 27-39.
- Ferreira, J.M. & Assumpção, M. 1983. Sismicidade do Nordeste do Brasil. *Rev Bras. Geofís*, 1: 67-88.
- Ferreira, J.M., Oliveira, R.T., Takeya, M.K. & Assumpção, M. 1998. Superposition of local and regional stress in northeast Brazil: evidence from focal mechanism around the Potiguar marginal basin. *Geophys. J. Int.*, 134: 341-355.
- Ferreira, J.M., Bezerra, F.H.R., Souza, M.O.L., do Nascimento, A.F., Martins Sá, J., França, G.S. 2008. The role of precambrian mylonitic na present day stress field in the coseismic reactivation of the Pernambuco Lineament, Brazil. *Tectonophysics*. 456:11-126.
- 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. 75-311, 114 pp.
- Lima Neto, H.C., Ferreira, J.M., Nascimento, A.F. & Bezerra, H.R., 2009. Estudo da atividade sísmica em São Caetano-PE em 2007, 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador, Extended Abstract, 6 pp.
- Lima Neto, H.C., Ferreira, J.M., do Nascimento, A.F. Bezerra, F.H.R., R. M. P. Spineli, N.P. Costa & E.A.S. Menezes. Estudo das réplicas do sismo de magnitude 4.3 em Taiju ocorrido em 2010. IV Simpósio Brasileiro da SBGf – Brasília 2010.
- 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
- Oliveira, P.H.S, Ferreira, J.M., Nascimento, A.F. Bezerra, F.H.R., Soares J.E., Fuck R.A., 2010. Estudo da Sismicidade na Região de Sobral – CE, NE do Brasil, em 2008. IV Simpósio Brasileiro da SBGf – Brasília 2010.
- Reasenberg, P. & Oppenheimer, D. 1985. FPFIT, FPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 85-739, 109 pp.
- Tapley W.C. & Tull, J.E. 1991. SAC - Seismic Analysis Code. USER MANUAL, Livermore National Laboratory, 413 pp.