

Ameaça Sísmica no Nordeste do Brasil

Joaquim Mendes Ferreira^{1,3}, Jordi Julià^{1,3}, Aderson do Nascimento^{1,3} e Francisco Hilário Rego Bezerra^{2,3}

¹Departamento de Geofísica-UFRN

²Departamento de Geologia-UFRN

³Programa de pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG/UFRN)

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th 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 Northeast region concentrated most of the seismic activity in Brazil. In the last thirty years, the seismic activity in the region has been intense and these earthquakes have caused destruction and serious damage to buildings as well as panic and flight of populations. These effects were observed several times in the region being the most famous the case of João Câmara-RN in the period 1986-1993.

The region has experienced a period of economic development which led to the construction of dams, refineries, and power plants and certainly large new structures will be built in the region. An urgent problem is to know, as precisely as possible, the seismic hazard. This study fills a gap in the knowledge about this.

Introdução

A região Nordeste do Brasil é a principal região de atividade sísmica do país, principalmente a Província Borborema, onde as principais áreas sísmicas são a borda da Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e leste do Ceará), o noroeste do Ceará e o entorno do Lineamento Pernambuco (Figura 1). A única importante zona sísmica fora da Província Borborema é a do Recôncavo, que teve intensa atividade no início do século XX, mas, desde 1920, nenhum sismo de magnitude maior ou igual a 4,0 m_b ocorreu fora da Província Borborema (Ferreira e Assumpção, 1983; Boletim Sísmico Brasileiro - BolSisBr). Por ser do tipo intraplaca, o nível da atividade sísmica no Nordeste do Brasil não pode ser comparado ao de regiões de borda de placa como a Califórnia ou os Andes, por exemplo. Isso não quer dizer que sismos intraplaca não sejam perigosos, mas são menos frequentes. Ao contrário do geralmente pensado, devido às características da crosta, sismos intraplaca são mais destrutivos que sismos de borda de placa, com a mesma magnitude e profundidade (Seeber & Armbruster, 1988). A região Nordeste tem experimentado sismos de magnitude próxima ou superior a 5,0, como os que ocorreram em Cascavel (1980, 5,2 m_b) e João Câmara (1986, 5,1 m_b ; 1989, 5,0 m_b), todos com intensidade VII na escala Mercalli Modificada (MM), que causaram sérios danos em edificações e pânico e fuga da população (Ferreira e Assumpção, 1983; Ferreira *et al.*, 1998).

A borda da Bacia potiguar é a única área sísmica fora da influência dos Andes que aparece no mapa global de ameaça sísmica (Shedlock & Tanner, 1999). Apesar disso, a não ser alguns trabalhos pioneiros (Ferreira, 1983; Ferreira *et al.*, 1990a), ou encomendados por companhias, abordaram esse tema. Um mapa de intensidades máximas para a região foi elaborado por Ferreira *et al.* (1990b).

A primeira avaliação da ameaça sísmica para o Nordeste, dentro das limitações sobre a completeza dos dados e a heterogeneidade da distribuição espacial da sismicidade, foi feita por Ferreira (1983), que considerou os dados até dezembro de 1980. Os resultados foram obtidos considerando várias hipóteses sobre a completeza das informações, os períodos de recorrência e o perigo sísmico para as diversas magnitudes e diferentes períodos de tempo. Por exemplo, as estimativas mais conservadoras para o período de recorrência (tempo médio de retomo) de um sismo de magnitude 4,0 m_b seria de 4,8 anos e para um sismo de 5,0 m_b , de 66 anos. Isto corresponde a um perigo de ocorrência para os próximos 20 anos, de 98,5% e 26,1%, respectivamente. No entanto, essas estimativas foram rapidamente suplantadas pela intensa atividade sísmica que se seguiu, em todo o Nordeste entre 1986 e 1991.

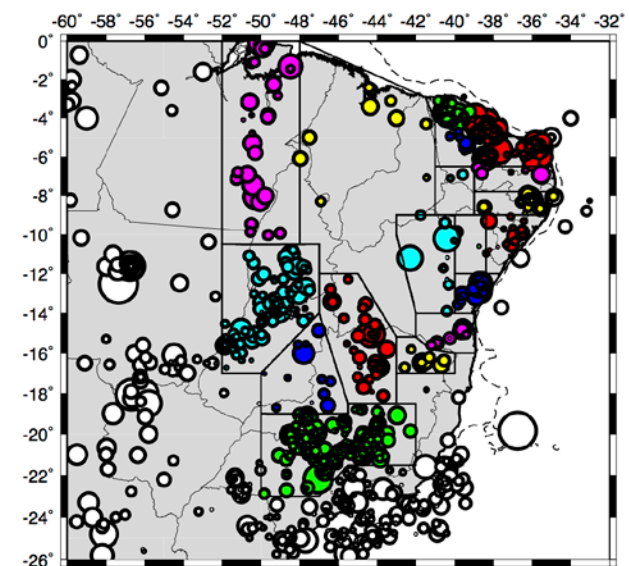


Figura 1 - Zonas sísmicas no NE do Brasil. O catálogo de sismos utilizado foi o BolSisBr. Principais zonas sísmicas: Borda da Bacia Potiguar (vermelho), NW do Ceará (verde), Lineamento Pernambuco (amarelo, em PE), Recôncavo (azul).

Estudos de ameaça sísmica são essenciais para fornecer dados e parâmetros fundamentais para o planejamento urbano, para o código de obras, para o projeto de grandes estruturas (açudes e barragens) e grandes plantas industriais.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma estimativa, a mais realista possível, na forma de mapa, da ameaça para as diversas zonas sísmicas da região Nordeste.

Metodologia

A avaliação estatística do perigo sísmico tem como ponto de partida um catálogo sísmico. O primeiro catálogo de sismos do Nordeste mais completo, até 1980, foi o de Ferreira e Assumpção (1983), cujos dados foram incorporados ao BolSisBr, que contém sismos de todo o Brasil, e que vem sendo atualizado permanentemente pelo IAG/USP, UFRN, UnB, IPT, UNESP.

Dado o catálogo, o problema seguinte é garantir que o mesmo está completo para todas as faixas de magnitude a serem utilizadas (critérios de completeza) bem como que o mesmo não está isento do efeito causado por enxames sísmicos (desclustering), o que é de certa forma comum no NE do Brasil. Foi usado um só catálogo para toda a região e zonas fronteiriças com o mesmo critério de completeza e devidamente livre dos efeitos dos enxames sísmicos.

Os anos a partir dos quais os dados foram considerados completos estão na Tabela 1.

Ano	Mag
3.0	1975
3.5	1960
4.0	1900
4.5	1840
5.0	1800

Tabela 1. Ano a partir do qual os dados de magnitude são considerados completos, por magnitude.

A etapa seguinte foi definir as zonas sísmicas do Nordeste, entendendo que uma zona sísmica é uma área geográfica que tem atividade sísmica semelhante. Independentemente dos critérios a serem utilizados para definir uma zona sísmica, se forem poucos os eventos numa dada zona, as incertezas nos parâmetros da relação de recorrência serão muito altos, não tendo o resultado qualquer significado. Foram também incluídas zonas sísmicas nas regiões limítrofes visto que estas influenciam o cálculo da ameaça sísmica no Nordeste.

Numa primeira aproximação do problema foi usado, como critério para a divisão da região em zonas sísmicas, tão somente a sismicidade. As zonas sísmicas utilizando esse critério estão mostradas na Figura 1.

Supôs-se, também, que dentro de cada zona sísmica a sismicidade é homogênea e obedece a lei de Gutenberg-Richter (Gutenberg & Richter, 1954) que, numa forma modificada pode ser escrita como:

$$N_c = \lambda \cdot \exp[-\beta(m-m_0)]$$

onde N_c é a frequência cumulativa de sismos de magnitude $\leq m$, m_0 a magnitude mínima e λ e β são parâmetros a determinar a partir do catálogo sísmico para cada zona, segundo critérios de completeza do

mesmo, que supusemos igual para todas as zonas sísmicas.

Para a elaboração do mapa foi utilizado o software CRISIS2007 (Ordaz et al., 2007) levando em conta, além da hipótese da sismicidade ser homogênea em cada zona, que a relação entre magnitude e aceleração bem como o decaimento da aceleração obedeciam ao modelo de Toro et al. (1997).

Resultados

O mapa obtido dentro dos critérios e etapas descritos anteriormente está na Figura 2.

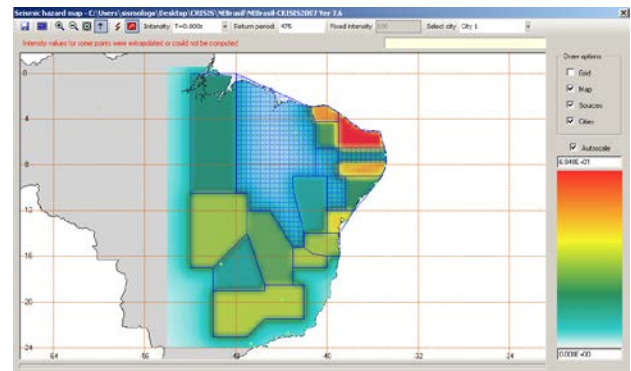


Figura 2. Mapa de ameaça sísmica no NE do Brasil

No mapa da Figura 2 os limites das zonas sísmicas tanto do Nordeste quanto da região limítrofe são mais claramente visíveis. A cor no mapa varia de maior ameaça (vermelho) a menor (azul claro). As áreas de fundo quadriculadas correspondem a áreas consideradas assísmicas para efeito de cálculo.

Conclusões

O mapa veio corroborar o que é conhecido desde muito, isto é, que as principais zonas sísmicas do Nordeste do Brasil são a Borda da Bacia Potiguar, o NNW do Ceará, o entorno do Lineamento Pernambuco e o Recôncavo da Bahia.

Outro resultado importante é que nas regiões limítrofes a ameaça sísmica é muito menor que nas quatro principais zonas sísmicas do Nordeste do Brasil o que mostra a relevância do Nordeste quando se trata de ameaça sísmica.

Agradecimentos

A Marcelo Assumpção pela ajuda prestada. O conhecimento da sismicidade do NE, nos últimos anos, contou com a ajuda dos projetos INCT-ET (INCT de Estudos Tectônicos, CNPq) e RSISNE (Rede Sismográfica do Nordeste, Petrobras/UFRN/FUNPEC). Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de PQ.

Referências

BolSisBr - Boletim Sísmico Brasileiro. Catálogo dos sismos ocorridos no Brasil elaborado a partir de catálogos anteriores e mantido, desde 1982 pela USP, UFRN, UnB, IPT e UNESP.

Ferreira, J.M., 1983. Sismicidade do Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, IAG/USP, 192 pp.

Ferreira, J.M. & M. Assumpção, 1983. Sismicidade do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geofís.*, **1**:67-88.

Ferreira, J.M., et al. (4 co-autores), 1990a. Avaliação preliminar do risco sísmico no Nordeste do Brasil. **In:** 36º Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, Boletim de resumos: 237.

Ferreira et al. (5 coautores), 1990b. Mapa preliminar de intensidades sísmicas máximas no Nordeste do Brasil. . **In:** 36º Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, Boletim de resumos: 355.

Ferreira, J.M. et al. (3 co-autores), 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.

Gutenberg, B. & C.F. Richter, 1954. Seismicity of the Earth. Princeton University Press.

Ordaz, M., A. Aguilar & J.Arboleda, 2007. CRISIS2007 software. National University of Mexico (UNAM).

Seeber, L. & J.G. Armbruster - 1988 - Seismicity along Atlantic seabord of U.S.: intraplate neotectonics and earthquake hazard. **In:** The Geology of North America, pp: 565-582.

Shedlock, K.M. & J.G. Tanner, 1999. Seismic hazard map of the western hemisphere. **In:** <http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/americas/amerstext.html>.

Toro, G.R., N.A. Abrahamson & J.F. Scheneider, 1997. Model of strong ground motions from earthquakes in Central and Eastern North America: best estimates and uncertainties. *Seism. Soc. Lett.*, **68**: 180-189.

