



Por que alguns poços tubulares profundos provocam abalos sísmicos?

Tereza Higashi Yamabe¹, Jesús Berrocal², Carlos Cesar Pereira Leite¹, Beatriz Lima de Paula³.

¹FCT/UNESP, Presidente Prudente; ²IAG/USP, São Paulo; ³PPG-IGCE/UNESP, Rio Claro.

Resumo

A indução de abalos sísmicos por poços tubulares profundos, na Bacia do Paraná, está relacionada com a presença de camadas de arenito entre derrames de basalto (*intertraps*). A perfuração de poços onde existem tais *intertraps*, e a não vedação dos mesmos, parece permitir que a água escape dos poços, através dos *intertraps*, e alcance zonas deformadas no basalto. Com a presença d'água, estas zonas deformadas têm sua resistência diminuída e a energia é liberada na forma de pequenos sismos, ou reativam falhas ou fraturas existentes. O presente trabalho trata da investigação dos fatores que contribuem para que alguns poços induzam abalos sísmicos, e outros não.

Introdução

Abalos sísmicos têm sido provocados pela perfuração e exploração de poços para água subterrânea na Bacia do Paraná. Estudos têm mostrado que esses abalos estão relacionados com características geológicas, específicas dos derrames de basalto, tais como camadas de arenito entre derrames e fraturas no basalto. A perfuração dos poços tubulares altera esse meio e facilita a ocorrência de sismos, considerando que a presença de água nas fraturas possibilita a movimentação de blocos de rocha, com a liberação de energia acumulada, na forma de pequenos abalos sísmicos. O presente trabalho trata da busca e análise de perfis litológicos de poços perfurados na bacia, à procura desses *intertraps*, que possam estar relacionados com a origem dos sismos na região. O objetivo é explicar a origem de alguns sismos, confrontando-se as informações sobre os *intertraps* com a localização dos sismos regionais ocorridos nas últimas décadas.

Apesar do elevado número de poços tubulares perfurados por todo o País, são relativamente poucos os casos de abalos sísmicos relacionados com a exploração desses poços. Alguns desses casos têm sido reportados desde a década de 50 no Estado de São Paulo e Norte do Estado do Paraná (Yamabe & Berrocal, 1991; Yamabe, 1999). Na maioria deles tem ocorrido um único ou poucos eventos sísmicos num mesmo dia, entretanto, em Nuporanga e Presidente Prudente, nordeste e sudoeste do Estado de São Paulo, respectivamente, os abalos sísmicos têm se repetido em várias ocasiões, de acordo com Yamabe (1999).

Considerando-se que os abalos sísmicos induzidos na Bacia do Paraná, tanto por usinas hidrelétricas quanto por poços tubulares profundos (Yamabe & Berrocal, 2001, Yamabe, 1999, Assumpção et al., 1995), têm seus hipocentros no pacote de basalto, foi realizado um levantamento à procura dos *intertraps* nos Estados de

São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, a partir de perfis litológicos de poços tubulares profundos, perfurados nesta bacia, que tivessem atravessado parte ou todo o pacote de basalto. O resultado foi mapeado e confrontado com a distribuição dos epicentros de sismos regionais registrados pelas estações sismográficas brasileiras nas últimas três décadas, com dados fornecidos pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP), na tentativa de esclarecer a origem de alguns desses eventos. Ressalte-se que para a maioria dos sismos regionais, não foi possível determinar a sua origem, incluindo os registrados instrumentalmente.

Metodologia

Tendo em vista a investigação dos fatores que contribuem para que apenas alguns poços provoquem a ocorrência de abalos sísmicos e outros não, foi realizado um levantamento para verificar a existência de *intertraps* na área que compreende a porção norte da Bacia do Paraná. Os dados foram obtidos dos arquivos do Departamento de Água e Energia Elétrica – DAEE de Araraquara, que contém os relatórios finais de poços perfurados no Estado de São Paulo, e da Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul – SANESUL, os quais foram adicionados aos de Yamabe, 1999. Inicialmente foram selecionados 160 perfis litológicos de poços tubulares que atravessaram pelo menos parte do pacote de basalto. As seguintes informações foram anotadas: município; proprietário do poço, datas do início e término da perfuração, coordenadas geográficas, cota, profundidade total, descrição litológica, profundidades do topo e base do basalto.

Dos poços onde havia a descrição de *intertraps*, foram feitas cópias dos respectivos perfis litológicos para análise posterior e mais cuidadosa a respeito do mesmo. As informações técnicas do acabamento do poço são muito importantes, especialmente sobre o revestimento ou não do poço, considerando-se a exposição da camada de arenito ao fluxo de água dentro do mesmo. Considerando-se que a localização dos poços, do arquivo do DAEE, é dada em coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), procedeu-se a transformação para coordenadas geográficas, para facilitar a percepção das localidades e tendo em vista o mapeamento. Estes dados foram confrontados com a localização dos sismos regionais que se tem notícia desde 1560 e, especialmente, os registrados pelas Estações Sismográficas Brasileiras nas últimas três décadas, até junho de 2002, que constam do Boletim Sísmico fornecido pelo Laboratório de Sismologia do IAG/USP. Os sismos foram inseridos no mapa a partir das coordenadas geográficas dos seus epicentros.

Resultados

Dos 160 perfis litológicos selecionados, de poços tubulares que atravessaram pelo menos parte do pacote de basalto, constatou-se a presença de *intertraps* em 52 desses poços (Figura 1).

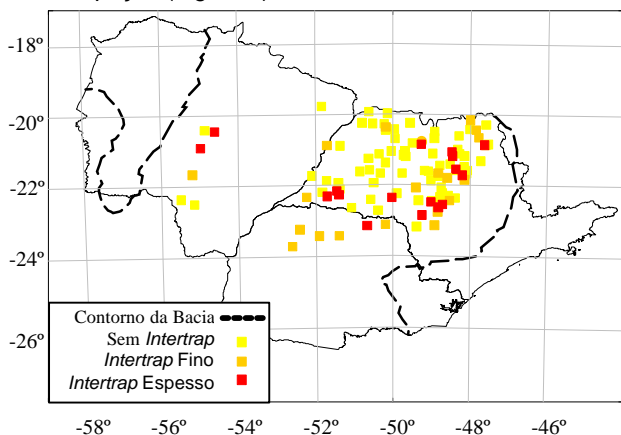


Figura 1 – Presença de *intertraps* no basalto

Foi possível observar a existência de um número significativo de *intertraps* de espessura variando de menos de 1m até 94 m. Entretanto, somente em 9 deles a camada de arenito ficou exposta ao fluxo de água porque a maioria dos poços teve o seu interior revestido. Contudo, nenhum dos poços foi revestido especificamente por causa dos *intertraps*. É importante ressaltar que, na organização dos dados, observou-se que em alguns perfis litológicos dos arquivos do DAEE não há referência de camadas de *intertraps* em localidades que se sabe, por outras fontes, da sua existência. Como exemplo cita-se o caso dos poços profundos de Presidente Prudente, que exploram o Aquífero Guarani, cujos *intertraps* atravessados de 20 m de espessura, constam dos respectivos perfis litológicos fornecidos pela empresa perfuradora (CPRM) e não são referidos nos arquivos do DAEE. Um outro caso é o do poço de 260m de profundidade no município de Nuporanga que, de acordo com os dados do DAEE, não constam *intertraps*. Entretanto, sabe-se, a partir de perfilações de poço, que existem fraturas ou cavidades na rocha, a partir das quais a água do poço é perdida para a rocha (Yamabe, 1999).

Portanto, pode haver número bem maior de ocorrências de *intertrap* na área estudada que não constam dos dados do DAEE. Do mapeamento dos sismos ocorridos nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, até junho de 2002, observa-se que grande parte dos epicentros localiza-se no interior da Bacia do Paraná. Desses sismos foram selecionados aqueles com informação sobre magnitude, os quais também foram mapeados, utilizando-se o aplicativo Gnuplot. Dentre os poços que atravessaram camadas de arenito inter derrames, e que não foram revestidos, destacam-se os do município de Monte Alto (21°14'24''S – 48°25'12''W), onde existem três poços de profundidades que variam de cerca de 600 a 700 metros. Nesta localidade ocorreu um sismo, com magnitude m_b 4, no dia 13/09/1992. Dois dos

poços foram perfurados em 1995, portanto, após a ocorrência daquele sismo e, além disso, as camadas de *intertrap* foram revestidas. Entretanto, o poço de 581,5 m de profundidade, perfurado em 1977 naquela localidade, atravessou várias camadas de *intertrap*, incluindo quatro de até 23,6 m de espessura, que não foram revestidas. O intervalo de tempo entre a perfuração do poço e a ocorrência do sismo tem sido variável entre os casos estudados e, aparentemente, parece depender do fluxo de água ao qual a camada de arenito fica exposta. Em Nuporanga esse intervalo de tempo foi de alguns dias para os primeiros eventos, com fluxo mínimo 24 m³/h (Yamabe & Hamza, 1996). Entretanto, em Presidente Prudente foi de cerca de 5 anos para o primeiro evento e de mais de 10 anos para a ocorrência do evento maior, m_b 3,8, e o fluxo de água dentro do poço, à temperatura de 63°C, era de cerca de 100 m³/h (Yamabe, 1999).

Discussão e Conclusões

Dos 160 perfis litológicos selecionados, de poços tubulares que atravessaram pelo menos parte do pacote de basalto, constatou-se a presença de *intertraps* em 51 desses poços. Entretanto, somente em 9 deles a camada de arenito ficou exposta ao fluxo de água porque a maioria dos poços com *intertraps* teve o seu interior revestido. Na Figura 1 é possível observar que os *intertraps* de maior espessura aglomeram-se em grupos de três a quatro localidades. Como exemplo podem ser citados os casos de Agudos (22°28'39''S - 48°59'36''W), Lençóis Paulistas (22°36'08''S - 48°47'46''W) e Macatuba (22°30'26''S - 48°42'51''W) em um agrupamento e Araraquara (21°45'36'' S - 48°10' W), Matão (21°35'34''S - 48°21'41''W) e Monte Alto (21°13'28''S - 48°28'59''W) em outro. Quando se observa a Figura 2 onde estão inseridos os principais lineamentos estruturais da região, verifica-se que esses dois agrupamentos encontram-se entre lineamentos.

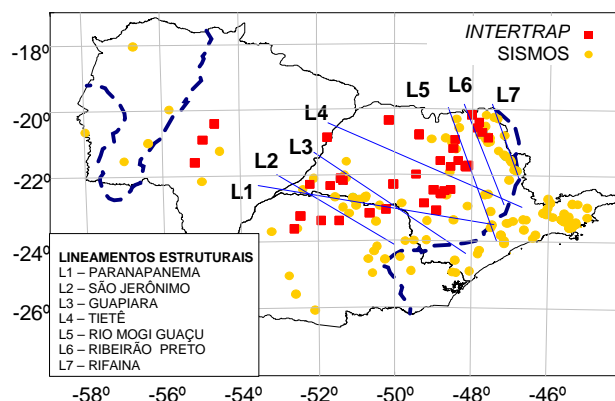


Figura 2 – Poços com *intertraps* e sismos regionais. (Lineamentos estruturais segundo Riccomini, 1997).

O primeiro desses agrupamentos encontra-se entre os lineamentos do Tietê e Paranapanema, enquanto que o segundo encontra-se entre o do Tietê e o de Mogi Guaçu. O confronto entre os *intertraps* não revestidos e a localização dos epicentros dos sismos regionais no

mapeamento digital dos dados (Figura 3), tendo em vista a correlação entre eventos sísmicos e poços tubulares profundos, mostrou que, além dos casos citados de Nuporanga e Presidente Prudente, onde essa relação foi confirmada, destaca-se, por exemplo, a ocorrência de sismo no município de Monte Alto-SP, onde se constatou que há *intertraps* (> 20 m de espessura) atravessados por um poço tubular e que não foram revestidos. A análise dos dados mostrou que existe a possibilidade do sismo ocorrido nessa localidade estar relacionado com o poço.

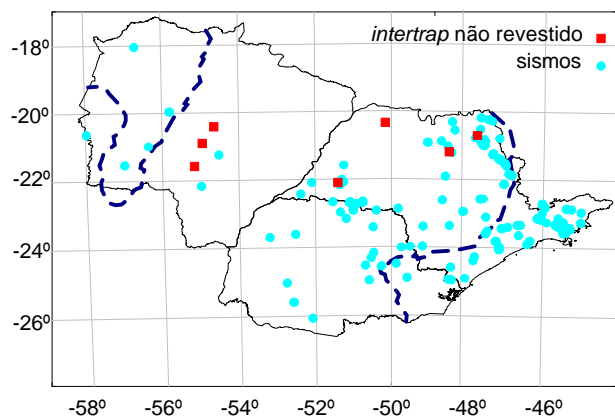


Figura 3 – Sismos regionais e poços com *intertraps* não revestidos.

Concluindo, pode-se afirmar que mapas temáticos dessa natureza poderão ser úteis para que sejam elaboradas normas reguladoras e preventivas na atividade de perfuração e exploração de poços para água subterrânea, como por exemplo, o revestimento de camada de arenito inter derrames, no intuito de se evitar a ocorrência de eventos sísmicos relacionados.

Agradecimentos

Os autores expressam agradecimentos ao CNPq e Reitoria da Unesp, pelas Bolsas de Iniciação Científica de Carlos Cesar Pereira Leite e Beatriz Lima de Paula. Especial agradecimento ao Engenheiro Cartógrafo Ítalo Tsuchiya, pela contínua colaboração, ao José Roberto Barbosa (IAG/USP) pelo envio do Boletim Sísmico Brasileiro e ao DAEE de Araraquara, na pessoa do geólogo José Luiz, pela permissão ao acesso ao arquivo de dados.

Referências

Assumpção, M.; Freire, M. & Ribotta L.C., 1995. Sísmica induzida no Reservatório de Capivara: resultados preliminares sobre localização de fraturas ativas. 4º Congresso Internacional da Sociedade da Sociedade Brasileira de Geofísica, *Resumos Expandidos*. Rio de Janeiro (RJ), v. 2: 961-964.

Riccomini, C., 1997. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 27, nº 2:153-162.

Yamabe, T. H., 1999. Estudos Geofísicos para Explicar a Sísmica Induzida e Orientar a Exploração de Água Subterrânea em Nuporanga-SP. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Yamabe, T.H. & Hamza, V. M., 1996. Geothermal investigation in the area of induced seismic activity, Northern São Paulo State, Brazil. *Tectonophysics*, 253: 209-225.

Yamabe, T.H. & Berrocal, J., 1991. A origem da atividade sísmica de Presidente Prudente (SP): induzida ou natural? 2º Congresso Internacional da Sociedade de Geofísica, *Resumos Expandidos*. Salvador(BA), Brasil, vol. 2: 521-528.