



# Estudo da Sismicidade Induzida no Reservatório de Miranda, MG

Marcelo Assumpção, Marlon Pirchiner, José Roberto Barbosa

Depto. de Geofísica, Inst. Astronômico e Geofísico, USP

## RESUMO

Sismos induzidos pelo reservatório de Miranda, MG, foram registrados desde o início do enchimento do lago em agosto de 1997. Três estações sismográficas foram instaladas pelo Observatório Sismológico da UnB e quatro pelo IAG-USP para se estudar em detalhe esta atividade. Os epicentros situam-se por volta de 20 km a montante da barragem com hipocentros a profundidades da ordem de 1km. As estações sismográficas também registraram as detonações de um perfil de refração sísmica profunda. Espera-se refinar o modelo de velocidades crustais e obter mecanismos focais dos sismos induzidos para melhor entender os esforços neotectônicos nesta região do triângulo mineiro onde ocorre a maior concentração de sismos induzidos no Brasil.

## INTRODUÇÃO

O reservatório hidrelétrico de Miranda, na região do triângulo mineiro, é um dos casos mais recentes de Sismicidade Induzida por Reservatórios (SIR). Esta região, situada na borda NE da bacia do Paraná onde predominam os derrames basálticos da formação Serra Geral, apresenta a maior concentração de SIR no Brasil, tendo já ocorrido quatro casos anteriores, entre os quais os dois maiores sismos induzidos no Brasil (Porto Colômbia / Volta Grande, com magnitude 4,2 em 1974, e Nova Ponte com magnitude 4,0 em 1998).

O reservatório de Miranda, com profundidade máxima de 82m e volume de  $1,1 \text{ km}^3$ , teve seu enchimento iniciado em 2 de agosto de 1997. (Gomide, 1999). Em 4 de agosto, a UnB instalou a primeira estação próxima à barragem –MIR1. Entre agosto e setembro de 1997 MIR1 registrou 384 microtremores, enquanto analógica. A atividade sísmica diminuiu nos meses subsequentes, com oscilações na frequência mensal, atingindo uma média de menos de dez sismos por mês no final de 1998 (Márza et al., 1999). Até março de 1999 a maior magnitude foi 2,4 registrada em abril de 1998.

Num projeto conjunto com a UnB para estudos mais detalhados da sismicidade induzida em Miranda, o IAG-USP instalou mais duas estações digitais (Ref-Tek) de três componentes – MIR3 e MIR4 – em julho de 1998, e outras duas no final de outubro – MIR5 e MIR6. Já no início de 1999 a UnB instalou a última estação digital, também de três componentes – MIR7; as estações do IAG/USP permaneceram até meados de fevereiro de 1999.

Estações de três componentes permitem uma maior precisão na identificação da onda S, além de determinar o ângulo de incidência da onda P na superfície sob a estação, o que ajuda a determinar com mais precisão os hipocentros, o modelo de velocidades sísmicas na área e também estudar o mecanismo de falhamento.

Embora Miranda tenha apresentado até o presente sismos de baixa magnitude, este estudo ajudará a compreender melhor outros casos de SIR na região de Minas Gerais, através de um maior conhecimento das tensões neotectônicas do SE do Brasil, que deverá ser obtido através do estudo dos mecanismos focais dos sismos induzidos.

## DISTRIBUIÇÃO DOS EPICENTROS

A Fig. 1 mostra a distribuição dos epicentros durante o período de julho de 1998 a fevereiro de 1999.

O modelo preliminar de velocidades sísmicas foi determinado em duas etapas: inicialmente determinou-se, através de um diagrama de Wadati, que a melhor razão entre as velocidades P e S é  $V_p/V_s = 1,65$ . Com este valor fixo, foi escolhida a velocidade  $V_p$ , num modelo simples de semi-espaço, que minimizasse os resíduos de tempo de percurso nas localizações hipocentrais. A melhor velocidade foi  $V_p = 6,0 \text{ km/s}$ . O melhor modelo de duas camadas foi  $5,9 \text{ km/s}$  com uma espessura de 1km para a 1ª camada e  $6,2 \text{ km/s}$  para a 2ª camada. Com este modelo, os hipocentros da Fig. 1 têm um resíduo médio de 0,02s. As profundidades encontradas variaram entre 0 e 1 km.

Dados mais recentes das estações MIR1 e MIR7 estão sendo analisados para melhorar um pouco mais o modelo de velocidades.

Sismos Induzidos em Miranda Jul/98 a Fev/99

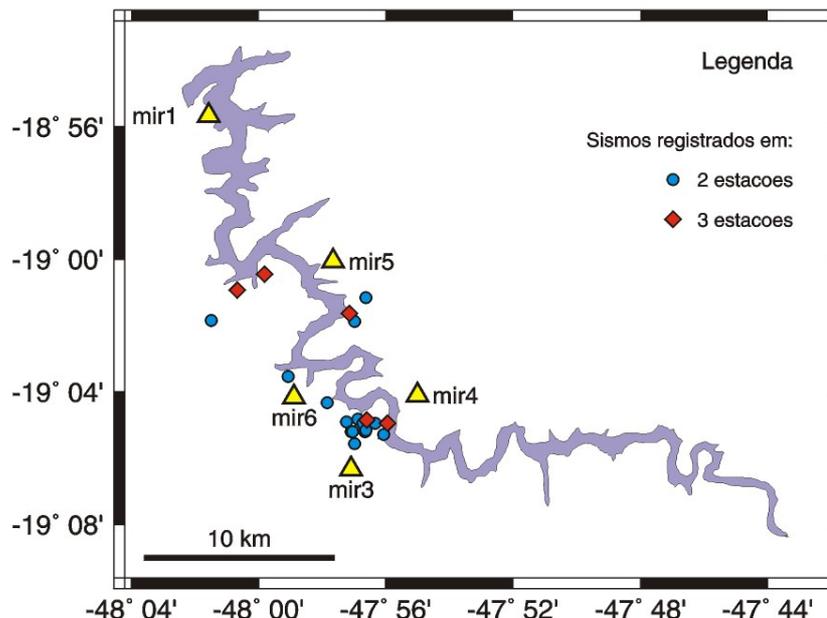


Figura 1 – Sismos induzidos em Miranda, MG, no período de Julho de 1998 a Fevereiro de 1999. Eventos com rms menor ou igual a 0,04s.

Embora alguns eventos tenham sido registrados por apenas duas estações (Fig. 1), foi possível localizar os epicentros utilizando a direção de chegada pela análise das três componentes da onda P. Nota-se uma concentração de epicentros entre as estações MIR3 e MIR4. Estes eventos próximos de MIR3 e MIR4 tiveram a onda S bem impulsiva, o que deve possibilitar a determinação de mecanismos focais individuais.

REFRAÇÃO SÍSMICA PROFUNDA

Próximo aos reservatórios de Miranda e de Nova Ponte foi realizada uma linha de refração sísmica profunda (Perosi, 1999). A Fig. 2a mostra a localização das detonações e das estações sísmográficas nos dois reservatórios. A Fig. 2b mostra uma seção sísmica com as detonações registradas. Embora o pequeno número de registros não permita uma determinação independente da estrutura crustal na região, estes dados serão um complemento importante aos dados da linha sísmica propriamente, uma vez que as estações sísmográficas dos reservatórios têm menor ruído do que as estações temporárias usadas na linha de refração sísmica. Apenas como comparação, a Fig. 2b mostra os tempos de percurso do modelo crustal médio para a região do sul de Minas, chamado modelo "MG", determinado com sismos na parte sul do cráton do São Francisco e Faixa Brasília (Assumpção, 1994). Pode-se ver que há indicações de uma reflexão no meio da crosta (PiP) mais cedo do que a do modelo MG, o que indica uma descontinuidade mais rasa. A reflexão crítica da descontinuidade de Moho (PmP perto de 120km) parece um pouco mais atrasada do que o modelo MG.

Refração Sísmica Profunda em MG  
Data 1998/250 - Hora GMT

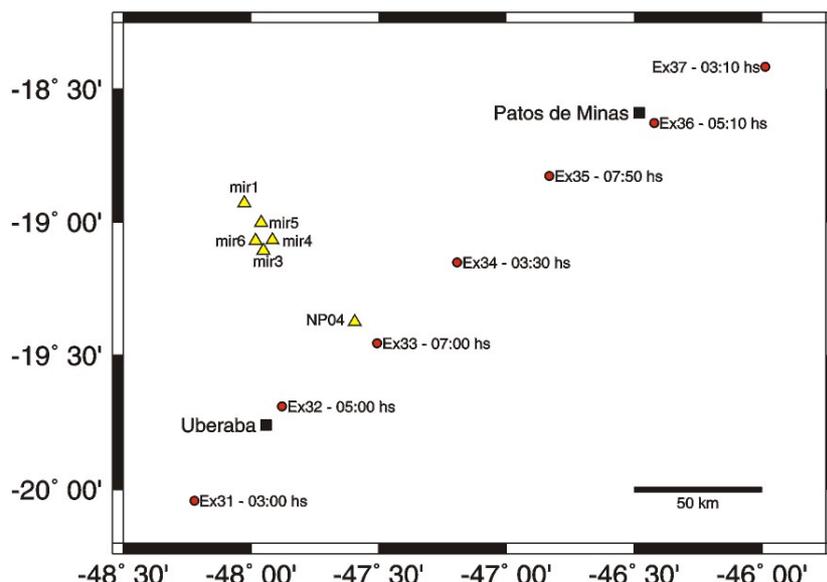


Figura 2a – Linha Sísmica de Refração Profunda na Região do Triângulo Mineiro.

Estas observações serão usadas em conjunto com os dados da linha sísmica para se obter um modelo da estrutura crustal nesta região. Este modelo crustal será importante para que se possa usar os registros dos sismos de Miranda nas estações de Nova Ponte e vice-versa.

## Composite Section (1-10Hz)

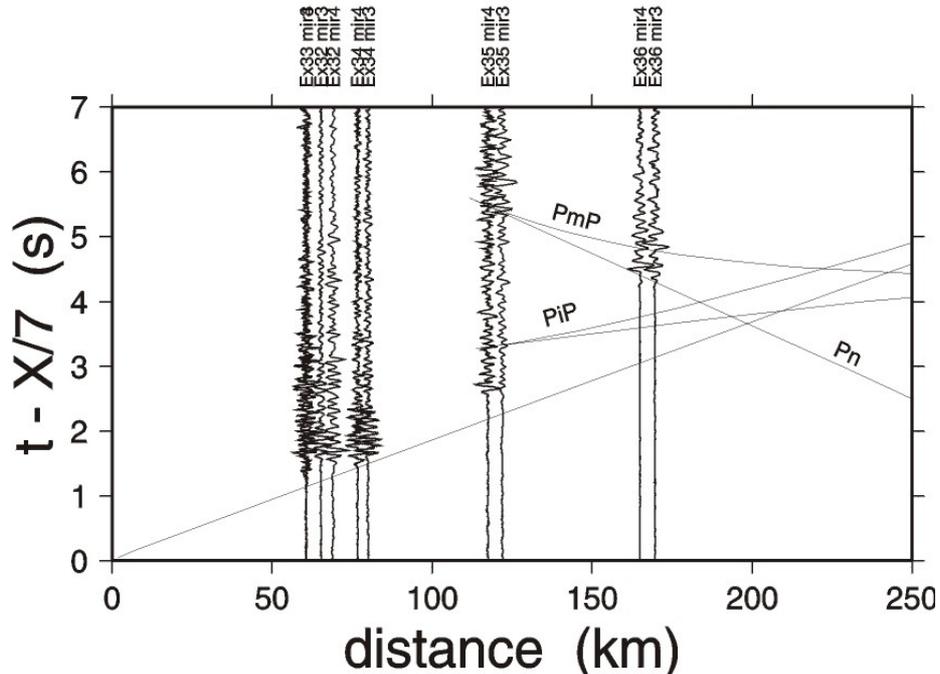


Figura 2b – Seção Sísmica para as explosões registradas nas estações MIR3 e MIR4. As linhas são os tempos de percurso do modelo “MG” para o sul de Minas Gerais

### CONCLUSÕES

Sismos induzidos de Miranda, MG, foram bem registrados por várias estações locais. Estes dados estão sendo analisados para se obter mecanismos focais e melhor conhecer os esforços neotectônicos atuantes nesta parte do Brasil.

### REFERÊNCIAS

- Assumpção, A., 1994. A preliminary crustal model for SE Brazilian shield based on local earthquakes in southern Minas Gerais. *Regional Seismol. Assembly in S. America., Brasília-DF, Abstract, 78.*
- Gomide, L.C., 1999. *Nature and history of reservoir induced seismicity in Brazil. M.Sc. thesis, University of South Carolina, Columbia, SC, USA.*
- Mârza, V.I., L.V. Barros, J.E.P. Soares, J.M. Carvalho, D.P. Fontenelle, C.N. Chimpliganond, D.F. Caixeta, I.P. Gomes, G.O. Furtado, A.L. Carim, I.F. Souza, E.H. Caliman & J.B. Barros, 1999. Aspectos da sismicidade induzida por reservatórios no Brasil. *Congresso Brasileiro de Grandes Barragens, ABGE, Belo Horizonte, 1999, Anais.*
- Perosi, F.A., J.A. Berrocal, C. Fernandes & A.C. Medrado, 1999. Experimento de refração sísmica profunda nas interfaces Bacia do Paraná - Dobramentos Brasília - Cráton do São Francisco: resultados preliminares. *VI Congr.Int. SBGf, Anais, Rio de Janeiro, 1999.*

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CEMIG e aos colegas da UnB pelo apoio e colaboração. Trabalho realizado com o apoio da FAPESP (proc. N° 97/03640-6 e 98/15814-1) e do CNPq (30.227/79).