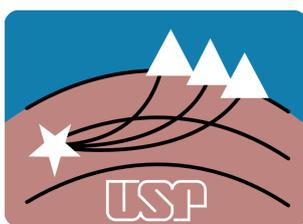


# **Tremores de Dezembro de 2015 / Janeiro de 2016 em Londrina - PR**



**Centro de Sismologia da  
Universidade de São Paulo**

## **Relatório Técnico N° 2**

**22/01/2016**

**Elaborado pelo Centro de Sismologia da USP – IAG/IEE\***

**(\*) Serviço Técnico de Exploração Geofísica e Geológica do Instituto de Energia e Ambiente da  
USP**

## Tremores de Dezembro de 2015 / Janeiro de 2016 em Londrina – PR

### 1. Introdução

Em 14/12/2015, o Centro de Sismologia da USP foi consultado pelo professor José Paulo Peccinini Pinese, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), sobre ocorrência de tremores próximos a esta cidade. Desde então, o Centro de Sismologia passou a fazer buscas manuais para localizar eventos nos registros de estações próximas à região, onde foram encontrados dois eventos sísmicos pequenos, ocorridos em 14 de Dezembro de 2015 e 01 de Janeiro de 2016 (Tabela 1). Outro evento recente ocorrido esta semana também foi incluído na Tabela 1.

Na primeira semana de Janeiro de 2016 uma equipe técnica do Centro de Sismologia da USP instalou quatro estações sismográficas temporárias, LDAO (no Bairro Califórnia), e LDAW, LDASE e LDAE, em outras partes de Londrina. Estas estações registraram novos eventos ocorridos em Janeiro e continuam em operação. Apenas a estação LDASE\* está transmitindo os dados em tempo real para o Centro de Sismologia em São Paulo. Os registros das estações locais, referentes ao período entre 06 e 12/01/2016, foram coletados e são analisados neste Relatório.

(\*) Os dados de LDASE foram utilizados para a elaboração do Relatório N°1, disponibilizado no endereço [www.sismo.iag.usp.br/reports](http://www.sismo.iag.usp.br/reports) no dia 12/01/2016 (CS-USP,2016).

### 2. Epicentros e magnitudes

Foram calculados os epicentros dos maiores tremores, mostrados na Tabela 2 e no mapa da Figura 1.

**Tabela 1** - Pequenos tremores identificados pela Rede Sismográfica Brasileira (RSBR) com estações regionais.

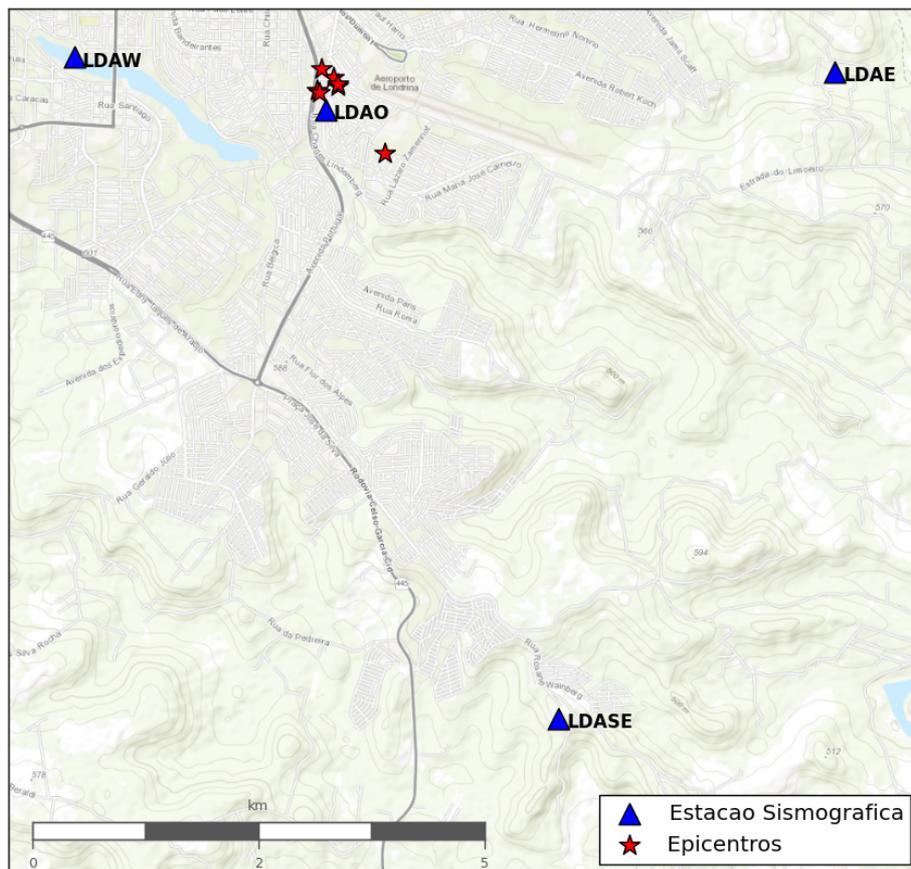
Data e Hora (Local)	LAT (+/- 5 km)	LON (+/- 5 km)	Prof.* (km)	Magnitude (mR)
14/12/2015 06:16:06	-23.35	-51.15	0.0	1.8
01/01/2016 16:49:34	-23.38	-51.15	0.0	1.9
21/01/2016 14:13:10	-23.33	-51.12	0.0	1.9

(\*) profundidade fixada em 0 km. Não há dados suficientes para se determinar as profundidades.

**Tabela 2** – Tremores bem registrados pela rede local entre 06 e 12/01/2016. Margem de erro +/-200m

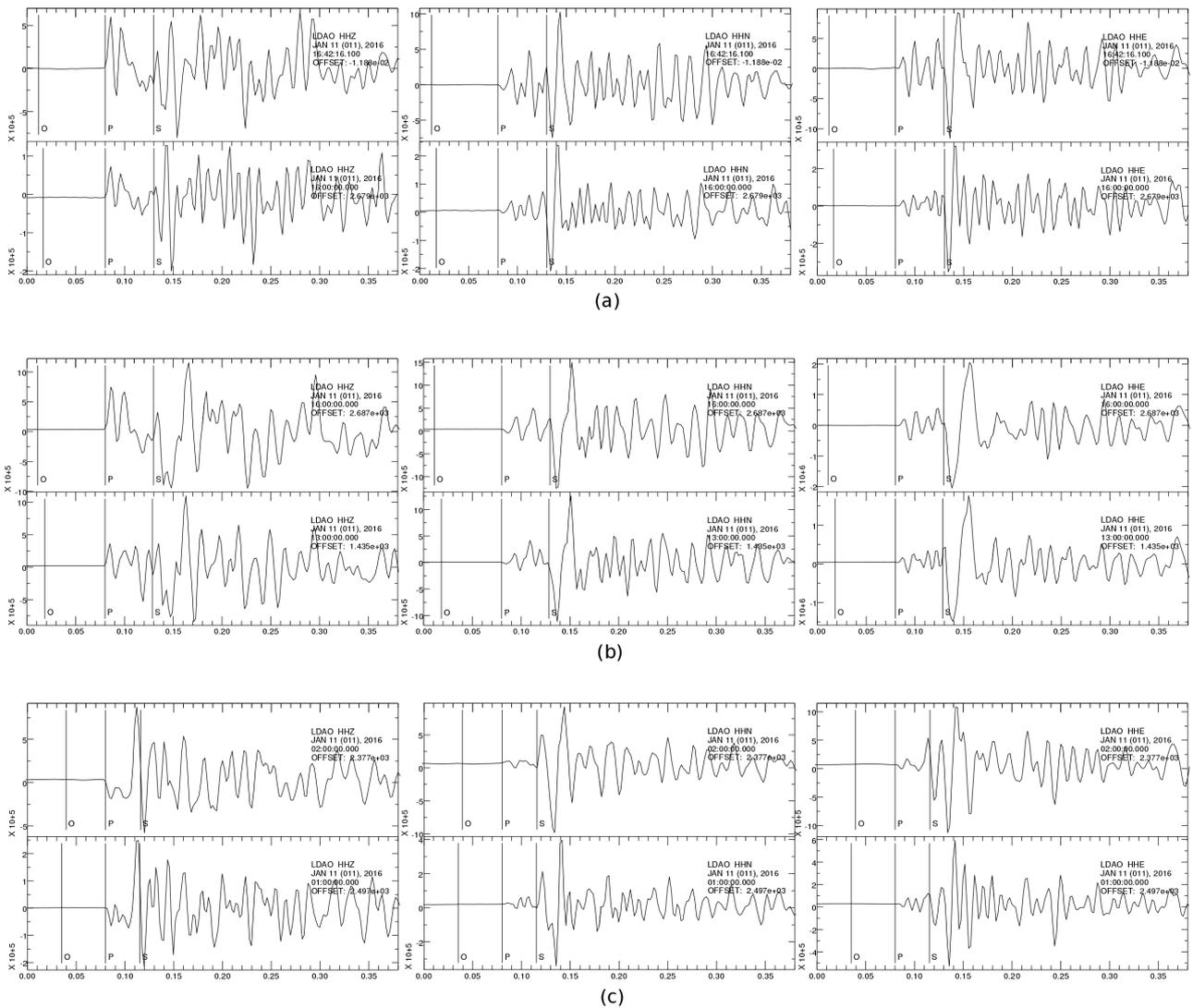
Número	Data e Hora (Local)	LAT (+/- 200m)	LON (+/- 200m)	Prof.* (km)	Magnitude (MLv)
1	10/01/2016 23:41:37	-23.3305	-51.1452	0.1	1.3
2	11/01/2016 00:39:37	-23.3307	-51.1450	0.1	1.6
3	11/01/2016 11:23:56	-23.3300	-51.1430	0.1	1.3
4	11/01/2016 14:42:16	-23.3292	-51.1435	0.1	1.7
5	11/01/2016 14:44:39	-23.3283	-51.1448	0.1	1.1
6	11/01/2016 14:44:48	-23.3298	-51.1430	0.1	1.5
7	12/01/2016 10:42:09	-23.3367	-51.1377	0.1	1.6

(\*) profundidade aproximada. A profundidade dos eventos foi menor que 250 m, dado que a diferença entre a chegada das ondas S e P em LDAO foi de aproximadamente 50 milissegundos.



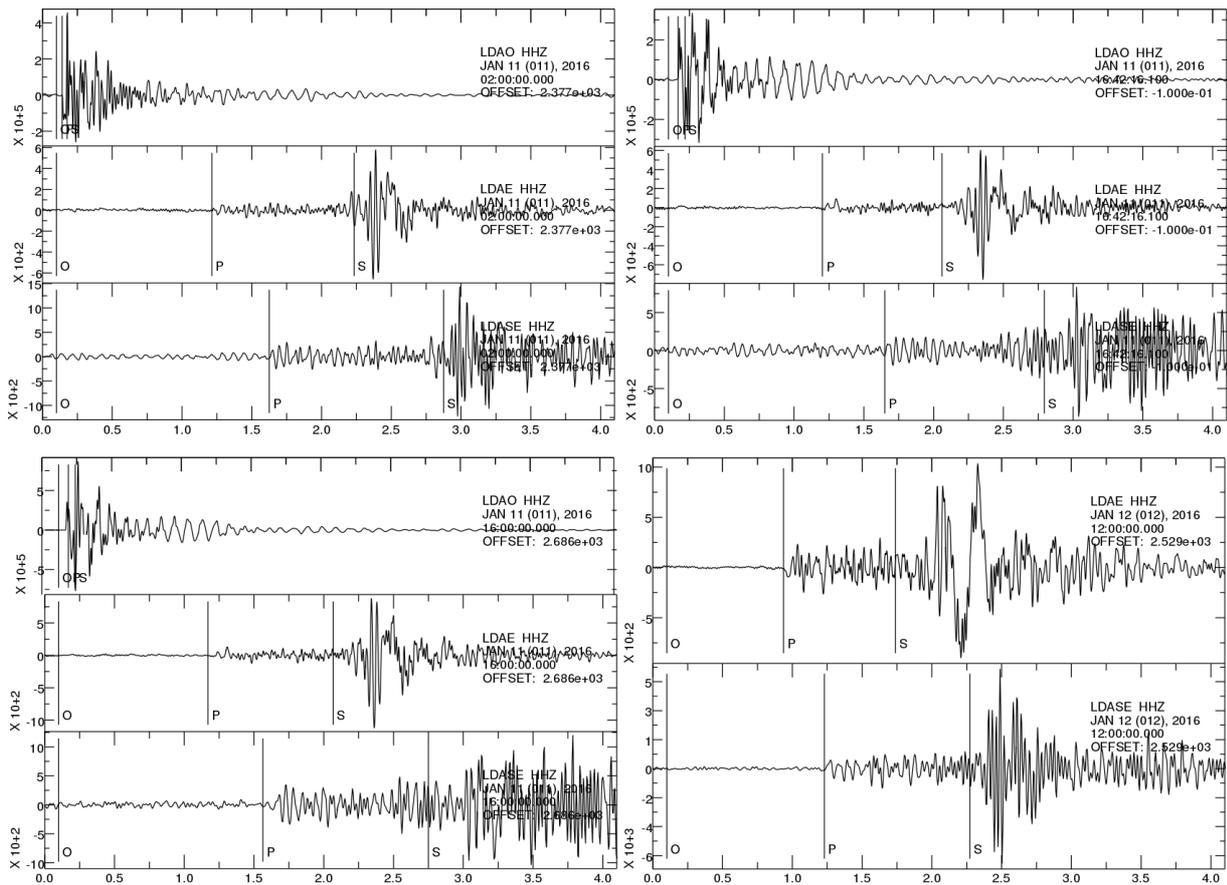
**Figura 1** - Mapa da região com a localização dos epicentros ocorridos em Janeiro de 2016.

As Figuras 2a, 2b e 2c mostram os registros das três componentes - vertical (Z), Norte (N) e Leste (E) - de seis eventos na estação LDAO, alinhadas pela onda P (onda longitudinal, primeira onda a chegar). Observa-se grande amplitude da onda S (onda transversal, chegada secundária), comparada com a onda P, o que mostra que se tratam de tremores de terra e não “explosões”. Quando comparadas na mesma estação, as formas de ondas são muito semelhantes para cada conjunto (a), (b) e (c). Nos sismos em (a) e (b), as diferenças entre os tempos das ondas S e P são menores que 0.05 seg, o que indica que estes têm epicentros praticamente no mesmo local, com diferenças menores que 100m. Em (c), o mecanismo de falha é evidentemente diferente, pois a movimentação na componente Z se deu para baixo, além de os epicentros estarem ligeiramente mais próximos de LDAO (S-P =0.036 seg).



**Figura 2** - Registros de eventos ocorridos no município de Londrina-PR na estação LDAO. Os registros estão agrupados por similaridade. a) sismos 3 e 6 da Tabela 2; b) sismos 4 e 5; c) 1 e 2. Coluna da esquerda = componente Z, do meio = componente N, direita = componente E.

A Figura 3 mostra os registros da componente Z dos eventos de magnitude maior (sismos 2, 4, 6 e 7 da Tabela 2) alinhadas pela hora origem. Observa-se que a diferença entre os tempos da onda S e P nas estações LDASE e LDAE são menores para o evento ocorrido no dia 12/01/2016, o que mostra que este evento ocorreu em uma área distinta dos demais.



**Figura 3** - Registros da componente Z dos eventos ocorridos no município de Londrina-PR nas estações LDAO, LDAE e LDASE. À esquerda, sismos 2 (acima) e 4 da Tabela 2 e, à direita os sismos 6 e 7. LDAO não registrou o evento 7, ocorrido no dia 12/01/2016, pois estava desligada.

### 3. Discussão

Tremores de magnitude pequena ( $< 4$ ) não são incomuns no Brasil e podem ocorrer em qualquer região. Os tremores podem ser causados por concentração de tensões geológicas de origem natural, presentes em toda a crosta terrestre. Regiões de interior de placa tectônica, embora muito mais estável que as regiões de borda de placa, não estão totalmente livres de tremores de terra. Por exemplo, no Chile ocorrem tremores com magnitudes 5 todas as semanas, ao passo que no Brasil apenas uma vez a cada 5 anos, em média. Portanto não há motivos para descartar os tremores ocorridos em Londrina como tendo origem natural.

Um sismo de magnitude  $\sim 2$  corresponde a uma ruptura numa área de no máximo 100 metros, com deslocamentos da ordem de um milímetros (e.g., Nuttli, 1983). Portanto, o mais provável é que os tremores estejam ocorrendo em pequenas fraturas geológicas, com apenas 100 m ou menos de extensão cada uma.

Devido à pequena profundidade focal, tremores naturais com magnitudes baixas como estas também podem causar vibrações fortes e serem bem sentidos por moradores da área epicentral. Por exemplo, os tremores de Bebedouro, SP, de 2005, tiveram magnitude máxima 2,9 (escala  $m_R$ ) mas ocorreram a poucas centenas de profundidade provocando trincas em algumas casas (Assumpção et al., 2010). Os Tremores ocorridos em Londrina, tem profundidades menores que 250 m (deduzido da pequena diferença de tempo entre as ondas S e P em LDAO:  $S-P=0.05s$ ). O foco dos tremores, portanto, deve estar na camada de basalto da Formação Serra Geral.

#### 4. Conclusão

Entre dezembro de 2015 e Janeiro de 2016, ocorreram pequenos tremores de terra com magnitudes entre 1.1 e 1.9 e epicentros localizados na região da cidade de Londrina, o que explicam as vibrações sentidas pelos moradores, principalmente nos bairros Califórnia e São Fernando. Na sequência de janeiro/2016 foram identificadas mais de uma área epicentral, relativamente próximas, uma no bairro Califórnia (com maior número de eventos) e outra no bairro São Fernando.

As conclusões principais, por enquanto, são:

- a) Os estrondos ouvidos e sentidos em Londrina não são explosões e sim pequenos tremores de terra com foco na camada de rocha basáltica, abaixo da camada de solo. Os tremores são causados pelo deslocamento repentino, de apenas alguns milímetros, de bloco de rocha ao longo de fraturas geológicas.
- b) Pequenos tremores de terra como esses não são raros no Brasil e podem ocorrer em qualquer local do país. Infelizmente os tremores de terra ou terremotos (sejam pequenos ou grandes) são imprevisíveis, e não há como saber até quando esta atividade continuará ocorrendo ou se vai diminuir, pois não há como prever a evolução dos tremores.
- c) Tampouco é possível saber se ocorrerá algum tremor de magnitude maior do que os já ocorridos até agora.
- d) A grande maioria dos tremores de terra têm origem natural, pois são causados pelas altas pressões geológicas a que estão submetidas as camadas de rocha na crosta terrestre.
- e) Ainda são necessárias mais investigações para melhor caracterizar os diversos focos e a orientação das fraturas que provocaram os tremores. Isso inclui melhoria da precisão dos epicentros listados na Tabela 2.

Diante dessas conclusões preliminares, as estações temporárias da rede LDA continuarão operando por mais algumas semanas permitindo uma análise mais prolongada para avançar no estudo.

#### Referências:

- Assumpção, M., T. H. Yamabe, J. R. Barbosa, V. Hamza, A. E. V. Lopes, L. Balancin, & M. B. Bianchi, 2010. Seismic activity triggered by water wells in the Paraná Basin, Brazil, *Water Resour. Res.*, 46, W07527, doi:10.1029/2009WR008048.
- CS-USP Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo, 2016. Registro dos tremores de Londrina na estação LDASE. Publicado no dia 12/01/2016, <http://www.moho.iag.usp.br/reports/20160112/>
- Nuttli, O., 1983. Average seismic source parameter relations for midplate earthquakes. *Bull Seism. Soc. Am.* 73, 519-535.

São Paulo, 22 de janeiro de 2016

Centro de Sismologia da USP

