

9º Boletim do Monitoramento Sismográfico dos Reservatórios Hidrelétricos da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) - Estação Sismográfica da UHE Sobradinho (SOB 02), registros obtidos no período de 16.01.14 a 15.03.14



Atende aos Termos do Contrato de Prestação de Serviço nº. CTNI - 92.2009.6220.00 entre a empresa G2 MEIO AMBIENTE e a CHESF

**EUGÊNIO FRAZÃO**  
Diretor Executivo - G2 MEIO AMBIENTE

---

---

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>2. RESULTADOS DA ATIVIDADE SÍSMICA.....</b>	<b>03</b>
2.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM SOBRADINHO (SOB 02).....	03
2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE SOBRADINHO (SOB 02).....	16
2.3. CONCLUSÕES.....	20
<b>3. EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>21</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

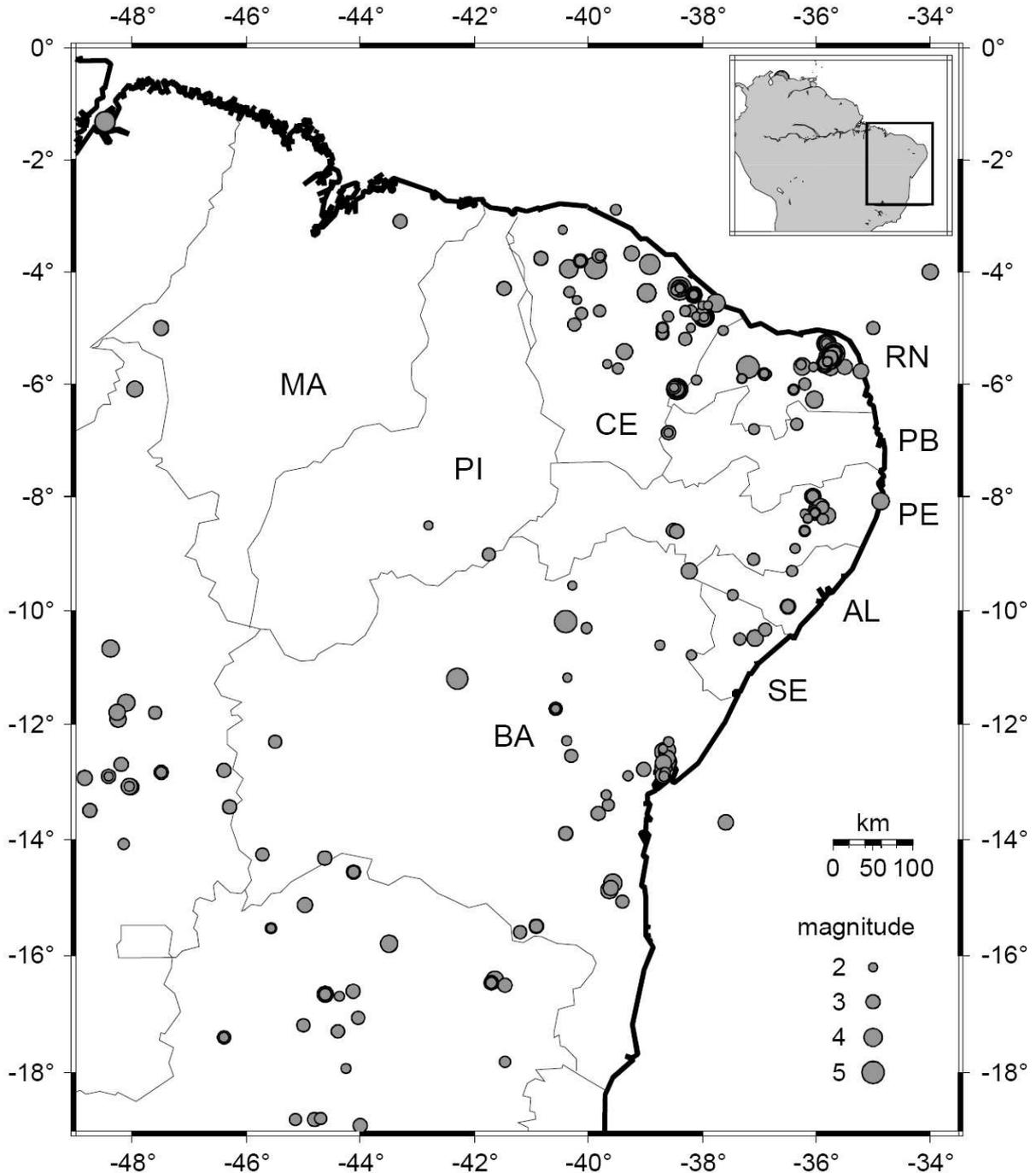
Os estudos sismológicos na área do reservatório da UHE Sobradinho estão sendo executados pela empresa G2 Meio Ambiente - Soluções em Geologia, Geofísica e Meio Ambiente Ltda., no âmbito do contrato nº. CTNI-92.2009.6220.00. Neste contrato encontra-se também inserido o monitoramento sismográfico dos reservatórios das UHE's Xingó, Luiz Gonzaga (Itaparica) e Castelo Branco (Boa Esperança).

No boletim nº. 09 informamos sobre as atividades sísmicas que estão sendo monitoradas no Reservatório Hidrelétrico da CHESF durante o período de 16.01.14 a 15.03.14. Neste boletim se apresentam os principais resultados da auscultação sismográfica que está sendo executada na área do reservatório da UHE Sobradinho, com dados do sismógrafo digital.

A região Nordeste do Brasil é a principal área de atividade sísmica do país, principalmente a borda da Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e leste do Ceará). 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).

Embora, até o momento, não tenha ocorrido nenhum sismo catastrófico na região nordeste do Brasil, duas das características da sismicidade do Nordeste tornam os efeitos dos sismos mais salientes: de um lado, os sismos são rasos com, no máximo, 12 km de profundidade; e do outro, a atividade sísmica costuma ocorrer na forma de enxame, cuja duração pode se estender por anos (Ferreira *et al.*, 1998). A primeira característica faz com que, por exemplo, sismos de magnitude da ordem de 3,8  $m_b$  (magnitude calculada com ondas P e S) causem rachaduras em edificações. A segunda característica faz com que o efeito psicológico de uma sequencia de sismos, mesmo de baixa magnitude, praticamente só ouvidos pelos habitantes, cause pânico na população.

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 MM (Fig. 01). Esses eventos têm causado sérios danos nas edificações como colapso parcial de casas e extensas rachaduras nas paredes. Os tremores citados acima foram sentidos numa área de raio da ordem de 600 km, a partir do epicentro (Ferreira & Assumpção, 1983; Takeya *et al.*, 1989). Esta intensa atividade sísmica não é nova, tem sido constatada na região desde 1808 e, certamente, deve continuar (Fig. 01).



**Figura 01:** Mapa da sismicidade do Nordeste do Brasil (sismos desde 1808).

A importância deste projeto é fornecer subsídios para uma melhor estimativa de risco sísmico e a compreensão da correlação entre a atividade sísmica e os reservatórios. Dessa forma, pretende-se estudar a sismicidade natural, por meio de redes regionais e locais, e também a sismicidade induzida por reservatórios, em especial o reservatório da UHE Sobradinho. Para entender melhor a correlação entre a sismicidade e a bacia serão feitos estudos da estrutura crustal da região.

## 2. RESULTADOS DA ATIVIDADE SÍSMICA

Para a análise dos dados produzidos pelas estações e determinação de seus resultados foram utilizados os seguintes programas para as seguintes atividades específicas:

- ZZX\_4 (R-SENSORS): para a visualização e conversão de dados;
- SeisGram2K (Seismogram Viewer v.6.0): para a visualização, análise preliminar e edição das imagens dos sismogramas digitais;
- COMPASS - Strong Motion (Interactive Weak and Strong Motion Data Processing Software): para a visualização, processamento final e edição das imagens dos sismogramas digitais.

Os dados produzidos pela estação sismográfica de Sobradinho (SOB 02), foram para efeito de análise, divididos em eventos locais, eventos regionais e eventos distantes (telessismos), em relação à estação registradora. Na categoria de eventos locais encontram-se sismos cujas distâncias epicentrais estão abaixo de 100 quilômetros da estação sismográfica.

### 2.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM SOBRADINHO (SOB 02)

No período de 16 de janeiro a 15 março de 2014, a rede sismográfica da UHE de Sobradinho (SOB 02) registrou 12 eventos de telessismos (Tab. 01).

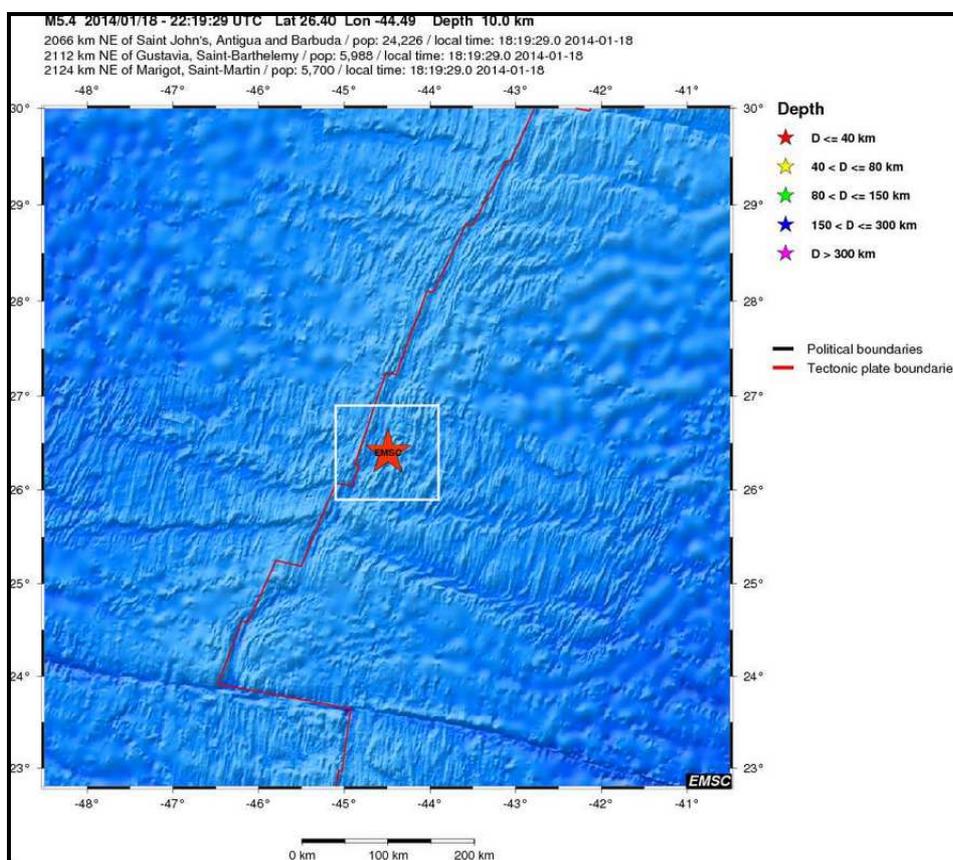
Além da distância epicentral, outro fator importante na escolha dos telessismos para o cálculo da função do receptor é a sua magnitude, pois quanto maior a razão sinal-ruído, menor será o erro na determinação da Ps. Para este trabalho, um dos critérios adotados para a escolha do telessismo foi ter magnitude igual ou maior que 5 m<sub>b</sub>.

**Tabela 01:** Eventos sismográficos registrados pela estação de Sobradinho (SOB 02).

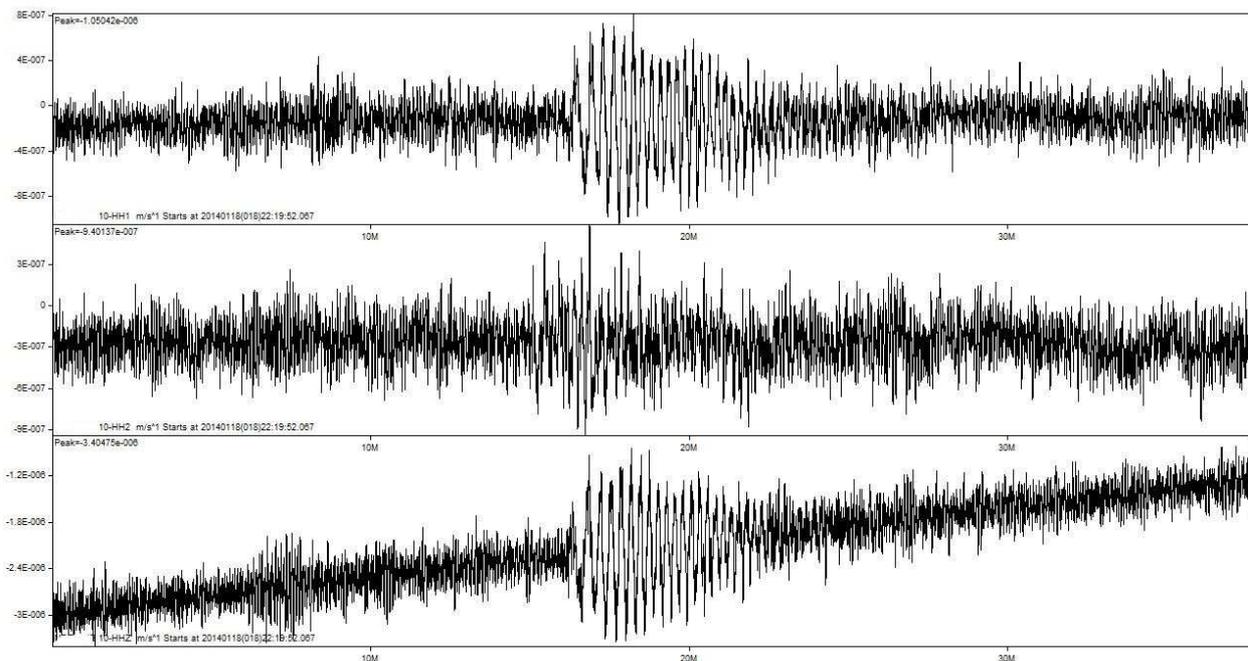
ANO	MÊS	DIA	HORA (UTC)	MIN	SEG(P)	S-P	DIST (km)	AZM	MAG	OBS.
2014	01	18	22	27	46			26.40 °N 44.49 °W	5.4	NORTHERN MID-ATLANTIC RIDGE Fonte EMSC
2014	01	20	03	11	12			40.63 °S 175.78 °E	6.2	NORTH ISLAND OF NEW ZEALAND Fonte EMSC
2014	01	26	05	17	26			3.84 °S 80.85 °W	5.5	PERU-ECUADOR BORDER REGION Fonte EMSC
2014	01	27	16	47	18			19.22 °S 63.99 °W	5.5	CHUQUISACA, BOLIVIA Fonte EMSC
2014	02	02	09	11	26			32.93 °S 177.80 °W	6.5	SOUTH OF KERMADEC ISLANDS Fonte EMSC
2014	02	07	08	59	40			32.93 °S 177.80 °W	5.0	SOUTH OF KERMADEC ISLANDS Fonte EMSC
2014	02	12	09	21	39			36.01 °N 82.67 °E	6.9	SOUTHERN XINJIANG, CHINA Fonte EMSC

2014	02	18	09	33	42			14.71 °N 59.02 °W	6.5	EAST OF MARTINIQUE, WINDWARD IS. Fonte EMSC
2014	02	18	23	42	08			14.23 °S 75.72 °W	5.9	NEAR COAST OF CENTRAL PERU Fonte EMSC
2014	03	02	20	31	59			27.47 °N 127.32 °E	6.5	RYUKYU ISLANDS, JAPAN Fonte EMSC
2014	03	02	22	26	24			12.59 °N 87.63 °W	6.2	NEAR COAST OF NICARAGUA Fonte EMSC
2014	03	10	05	31	31			40.73 °N 124.97 °W	6.9	OFFSHORE NORTHERN CALIFORNIA Fonte EMSC

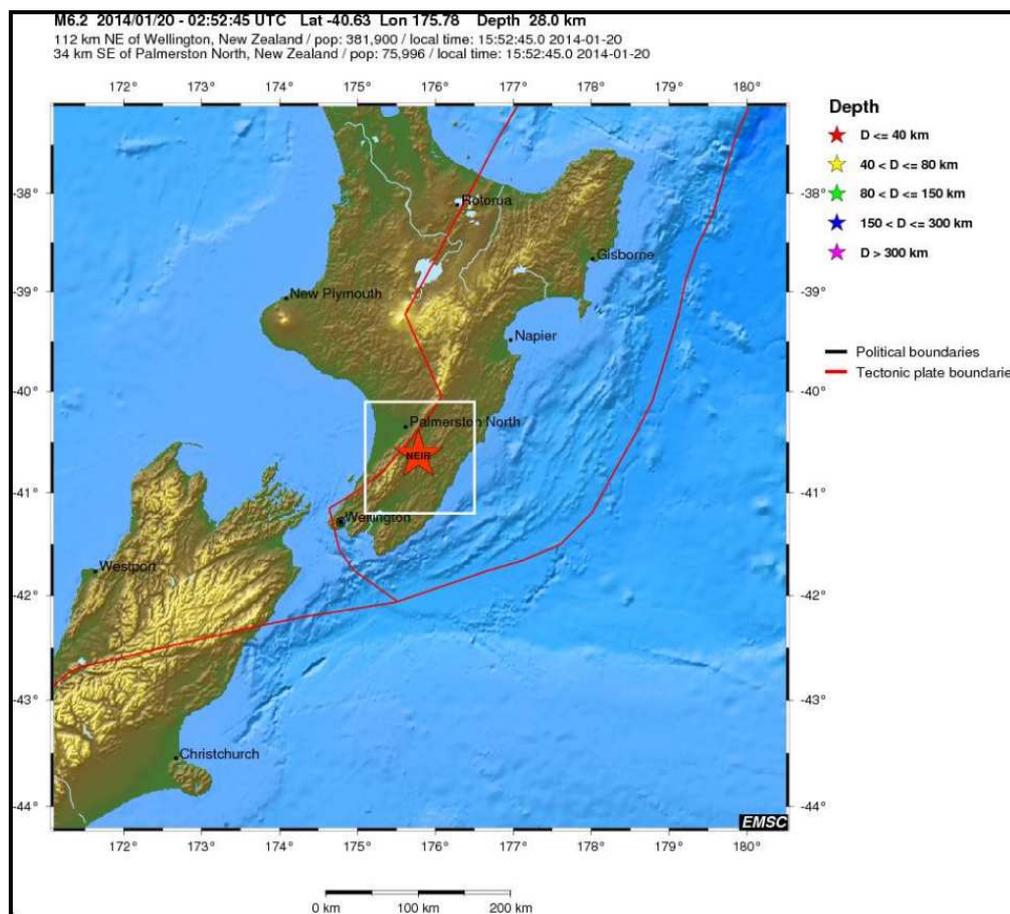
As figuras 02 a 25 são telessismos registrados na estação sismográfica de Sobradinho (SOB 02) ocorridos em Northern Mid-Atlantic Ridge (Figs. 02 e 03); em North Island of New Zealand (Figs. 04 e 05); em Peru-Ecuador Border Region (Figs. 06 e 07); em Chuquisaca, Bolivia (Figs. 08 e 09); em South of Kermadec Islands (Figs. 10 e 11); em South of Kermadec Islands (Figs. 12 e 13); em Southern Xinjiang, China (Figs. 14 e 15); em East of Martinique, Windward Is (Figs. 16 e 17); em Near Coast of Central Peru (Figs. 18 e 19); em Ryukyu Islands, Japan (Figs. 20 e 21); em Near Coast of Nicaragua (Figs. 22 e 23) e em Offshore Northern California (Figs. 24 e 25).



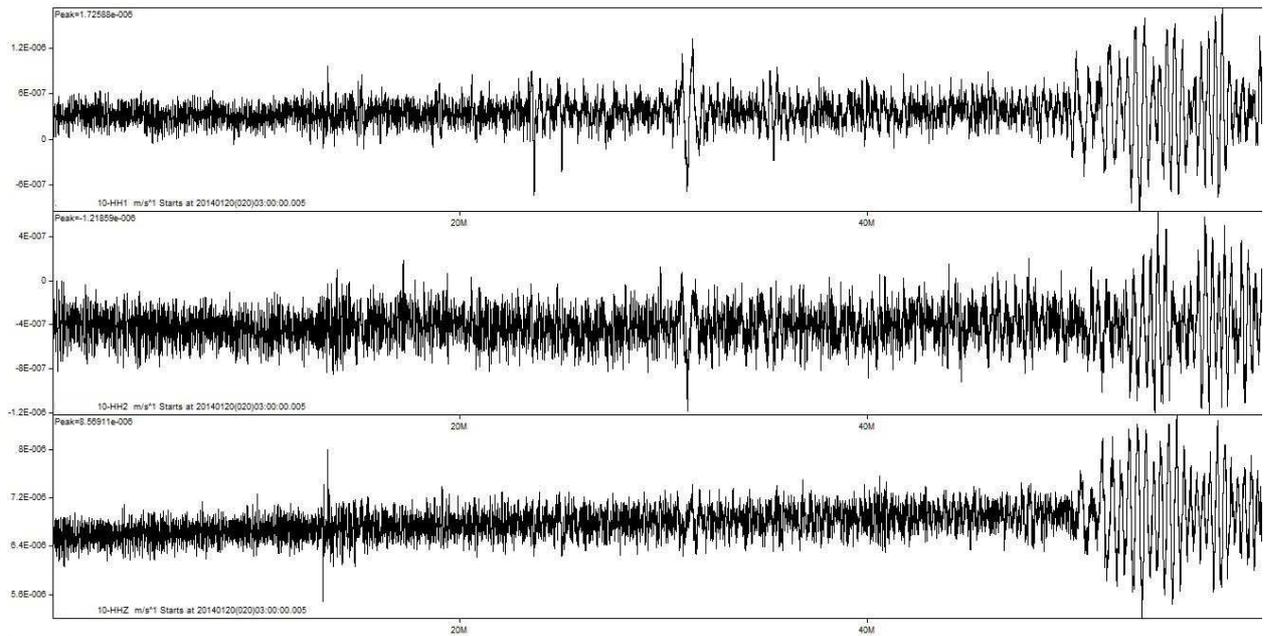
**Figura 02:** Sismo registrado em Northern Mid-Atlantic Ridge com magnitude 5,4<sub>m</sub> pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



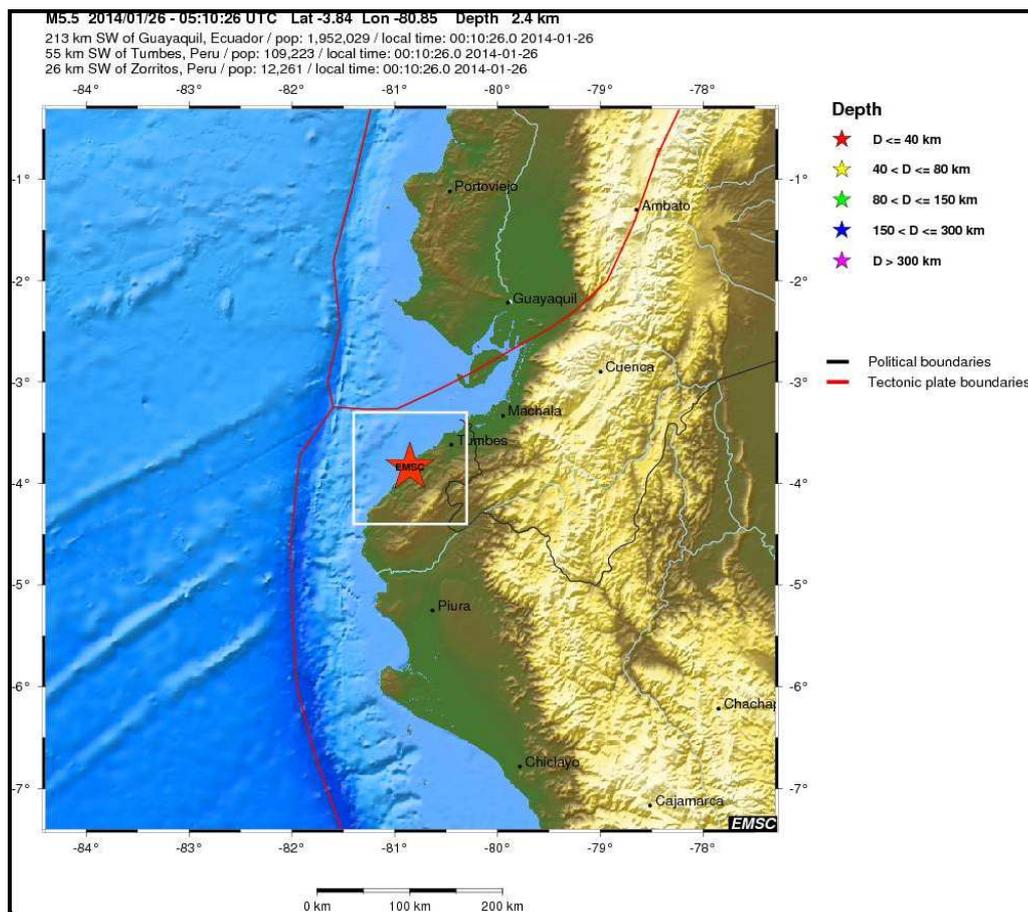
**Figura 03:** Registro do evento telessismo ocorrido em Northern Mid-Atlantic Ridge com magnitude  $5,4_m_b$ , no dia 18.01.14 às 22:27:46 (UTC).



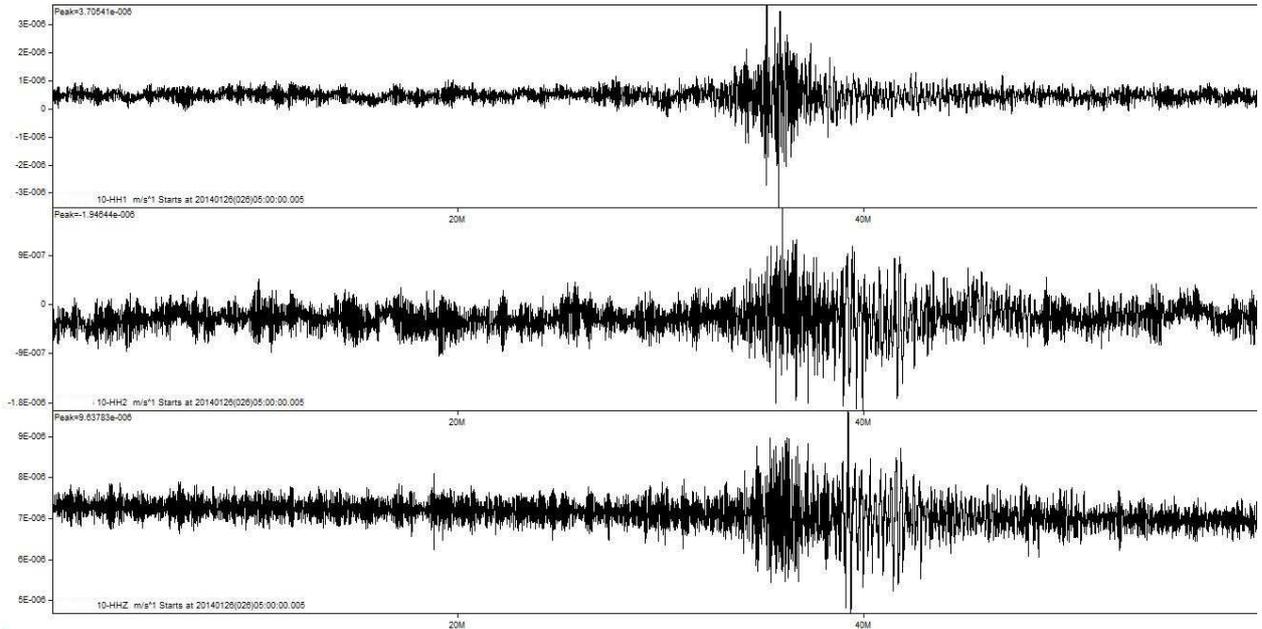
**Figura 04:** Sismo registrado em North Island of New Zealand com magnitude  $6,2_m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



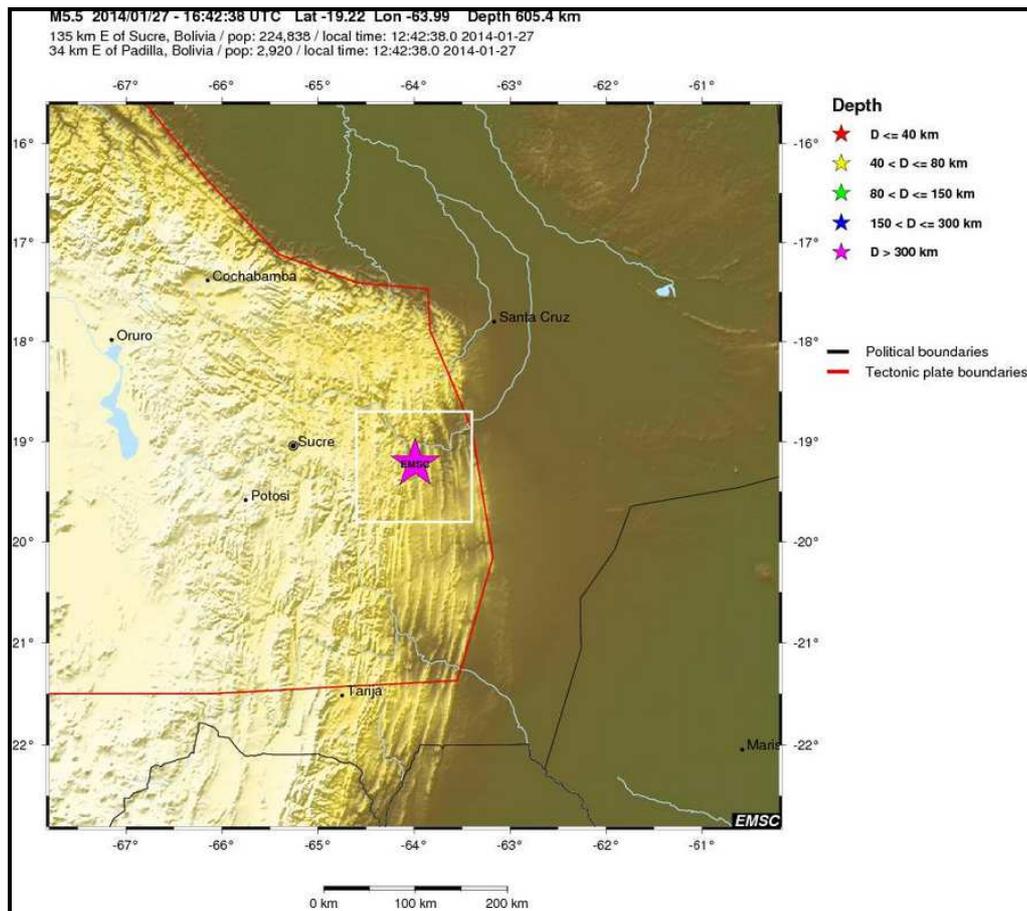
**Figura 05:** Registro do evento telessismo ocorrido em North Island of New Zealand com magnitude  $6,2m_b$ , no dia 20.01.14 às 03:11:12 (UTC).



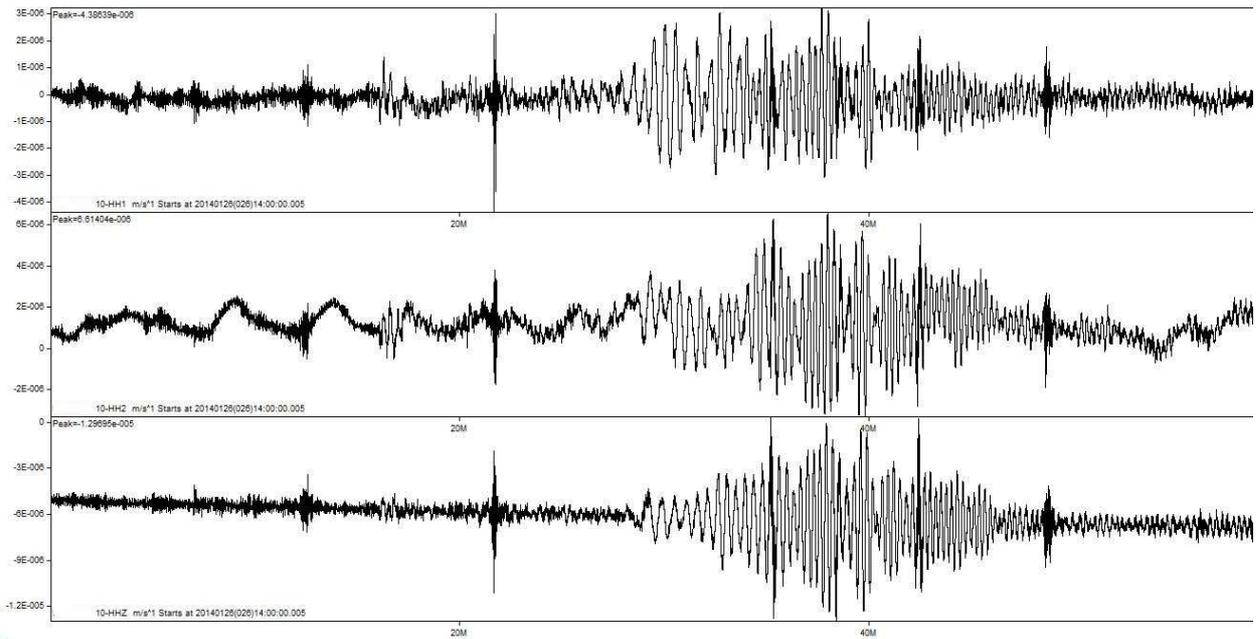
**Figura 06:** Sismo registrado em Peru-Ecuador Border Region com magnitude  $5,5m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



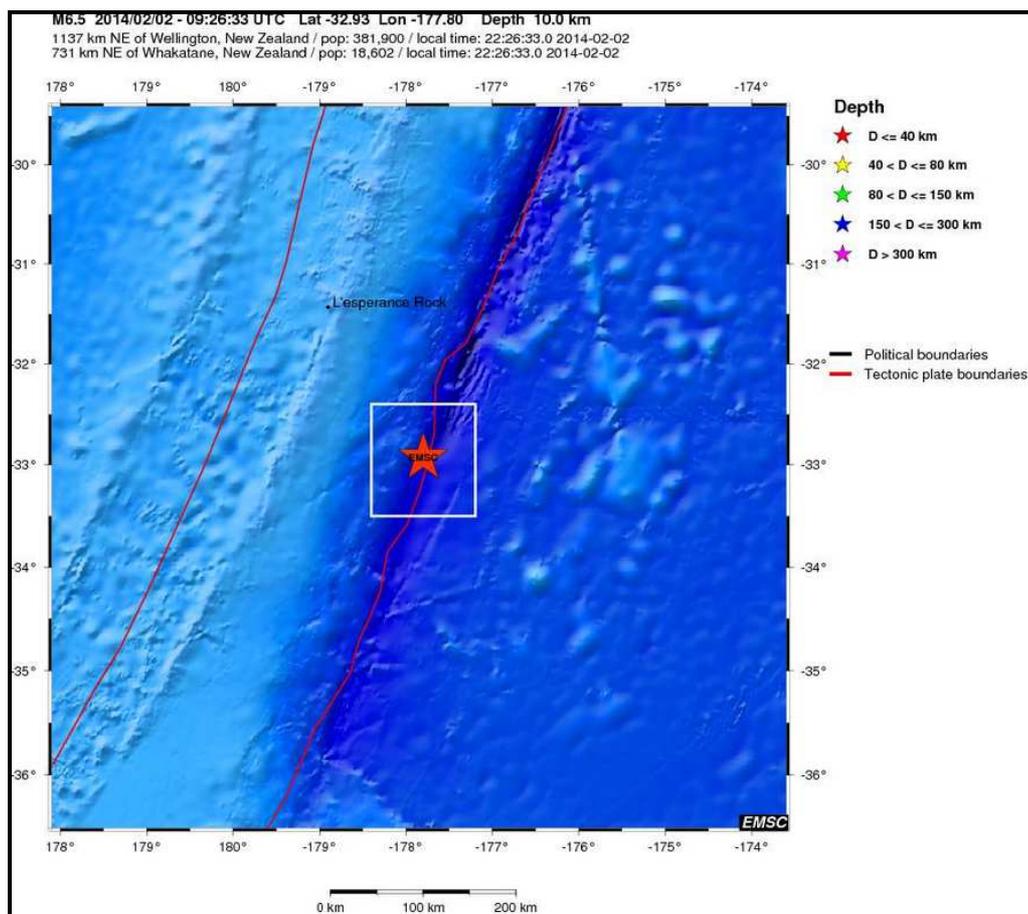
**Figura 07:** Registro do evento telessismo ocorrido em Peru-Ecuador Border Region com magnitude  $5,5_m_b$ , no dia 26.01.14 às 05:17:26 (UTC).



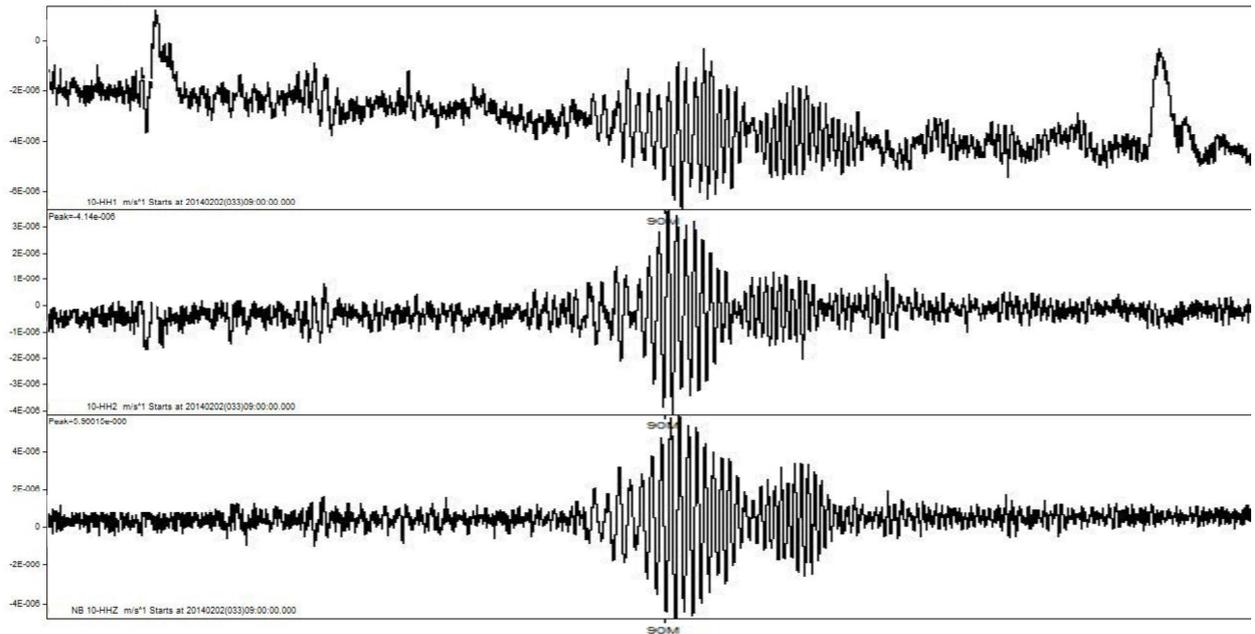
**Figura 08:** Sismo registrado em Chuquisaca, Bolívia com magnitude  $5,5_m_b$ , pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



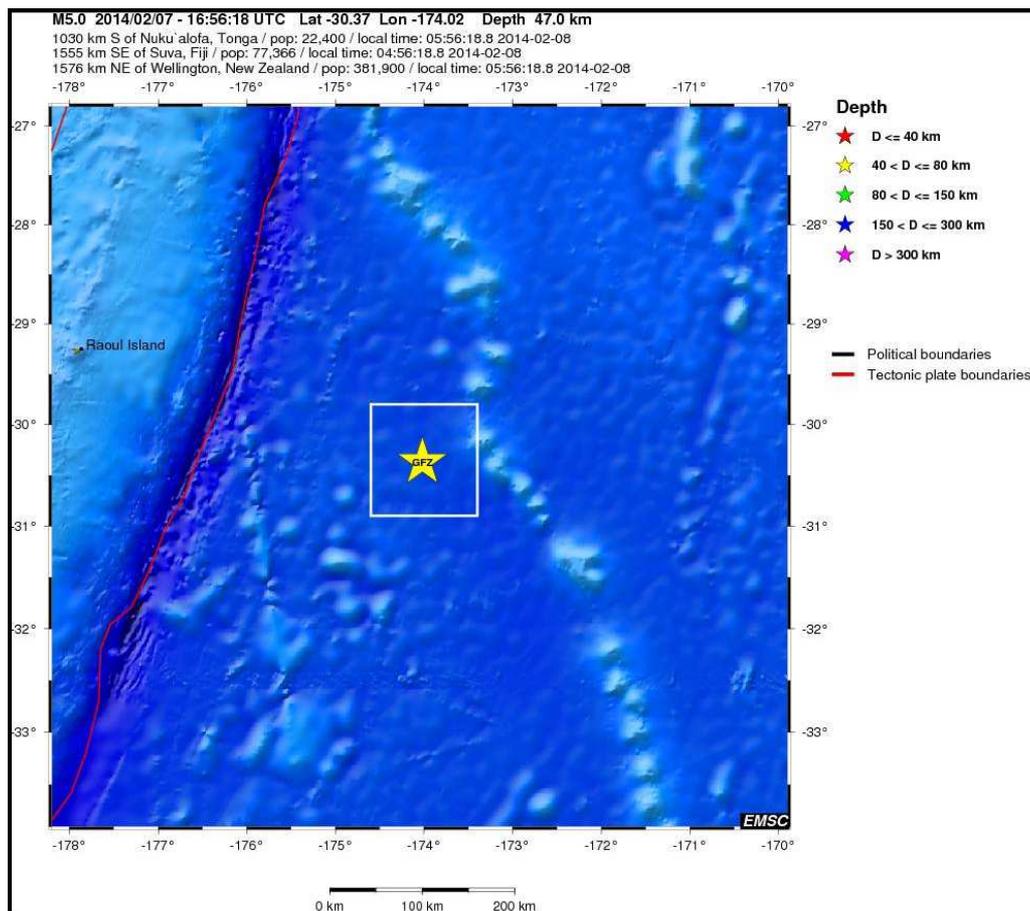
**Figura 09:** Registro do evento telessismo ocorrido em Chuquisaca, Bolívia com magnitude  $5,5_m_b$ , no dia 27.01.14 às 16:47:18 (UTC).



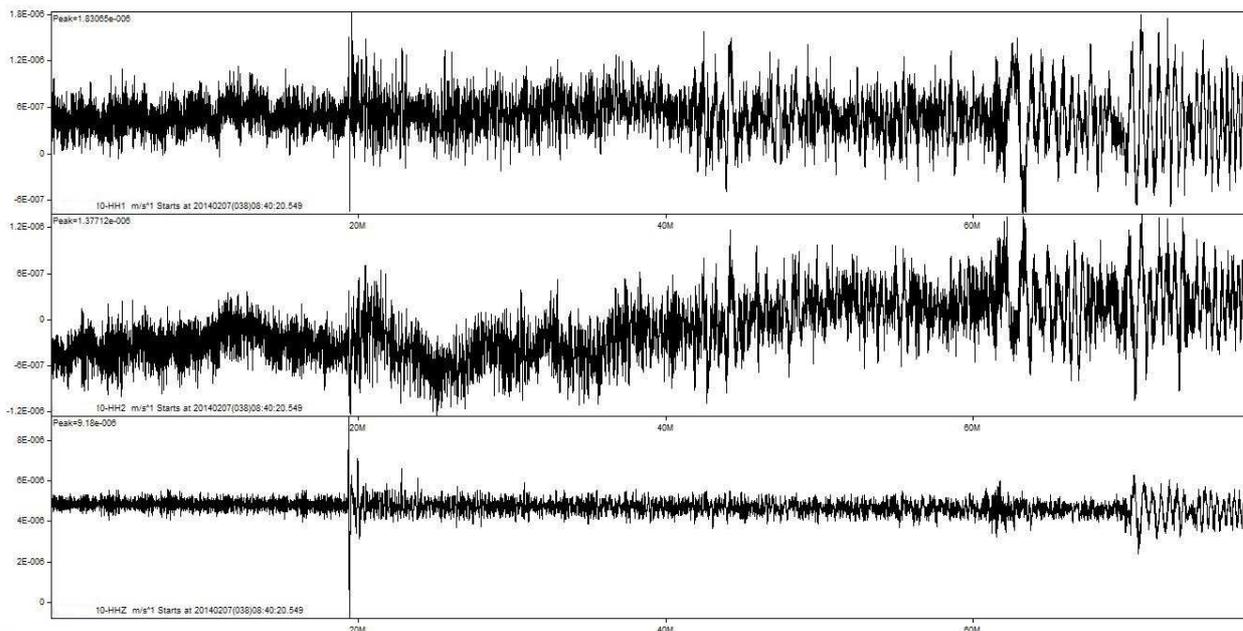
**Figura 10:** Sismo registrado em South of Kermadec Islands com magnitude  $6,5_m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



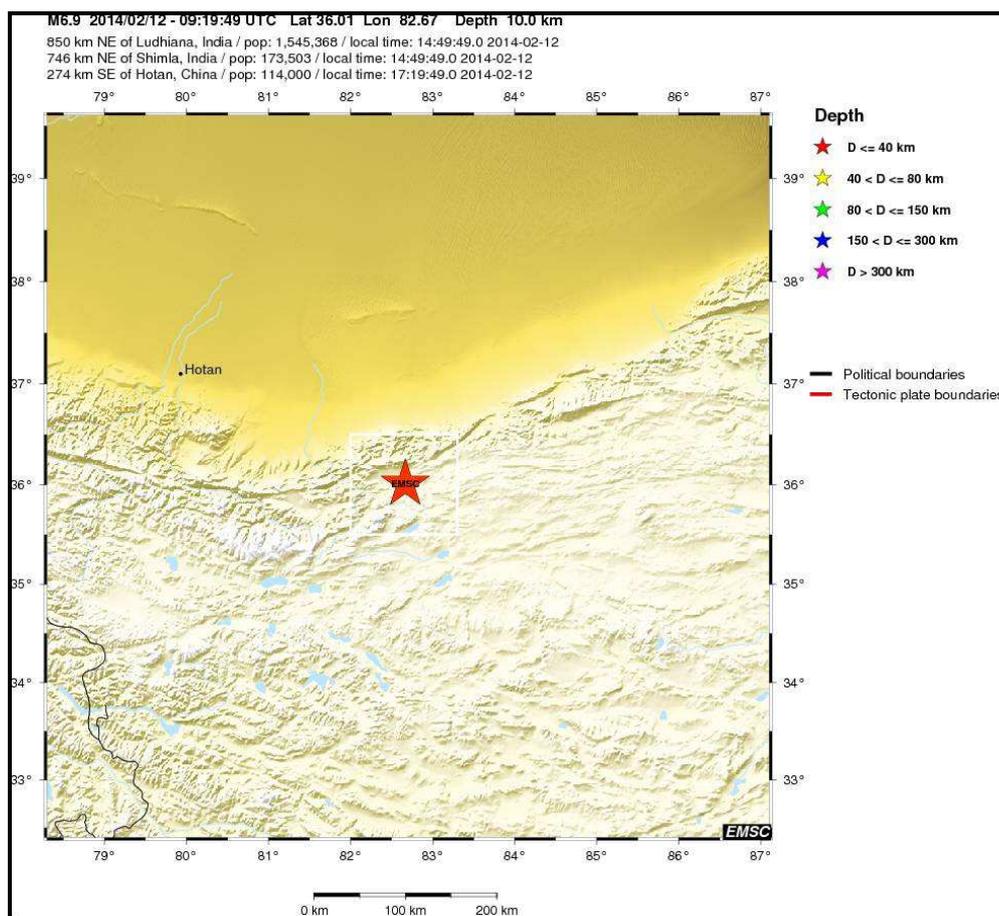
**Figura 11:** Registro do evento telessismo ocorrido em South of Kermadec Islands com magnitude  $6,5m_b$ , no dia 02.02.14 às 09:11:26 (UTC).



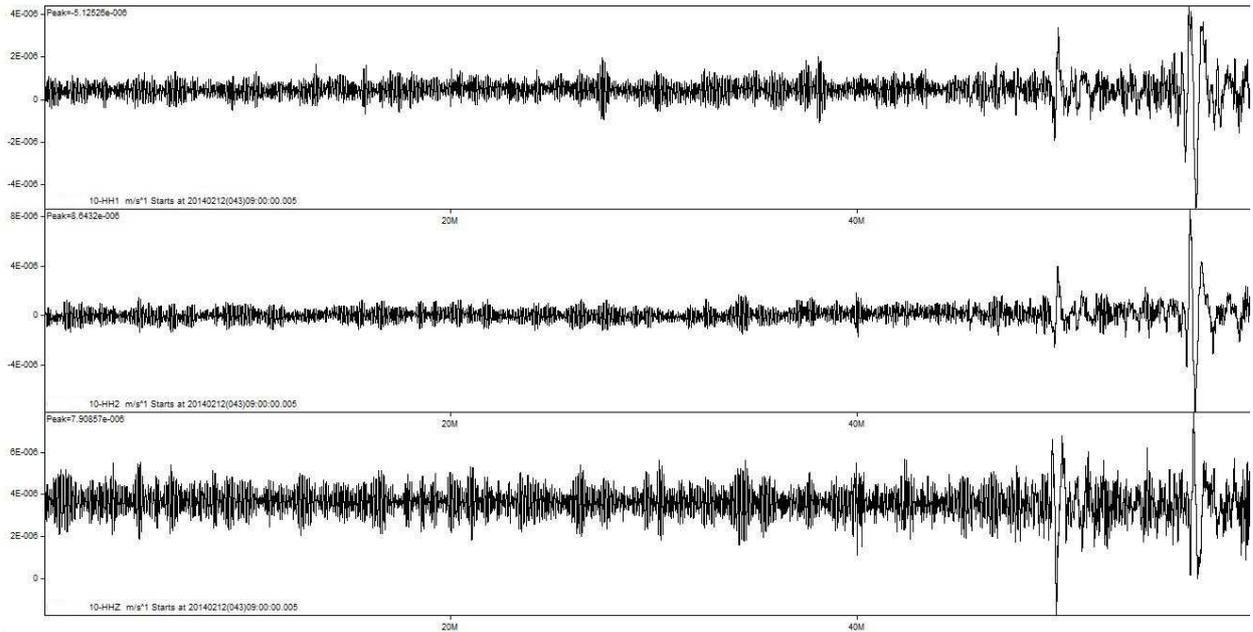
**Figura 12:** Sismo registrado em South of Kermadec Islands com magnitude  $5,0m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



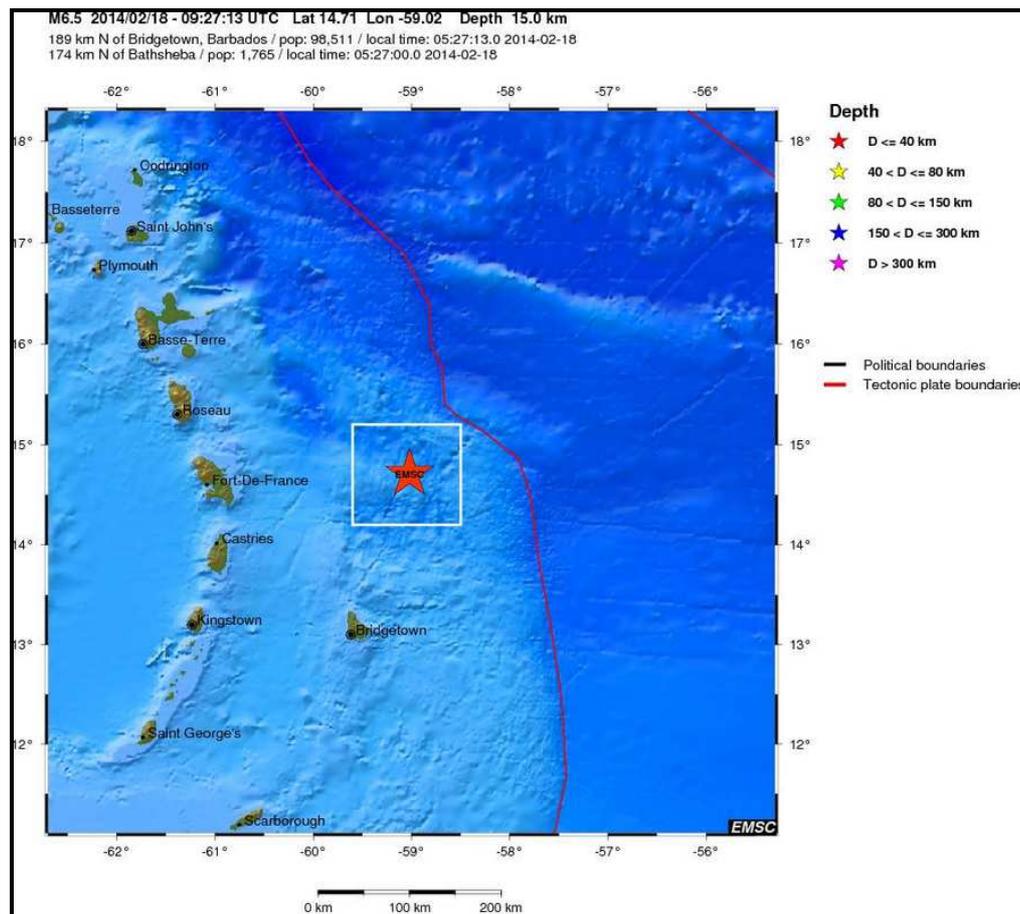
**Figura 13:** Registro do evento telessismo ocorrido em South of Kermadec Islands com magnitude 5,0<sub>b</sub>, no dia 07.02.14 às 08:59:40 (UTC).



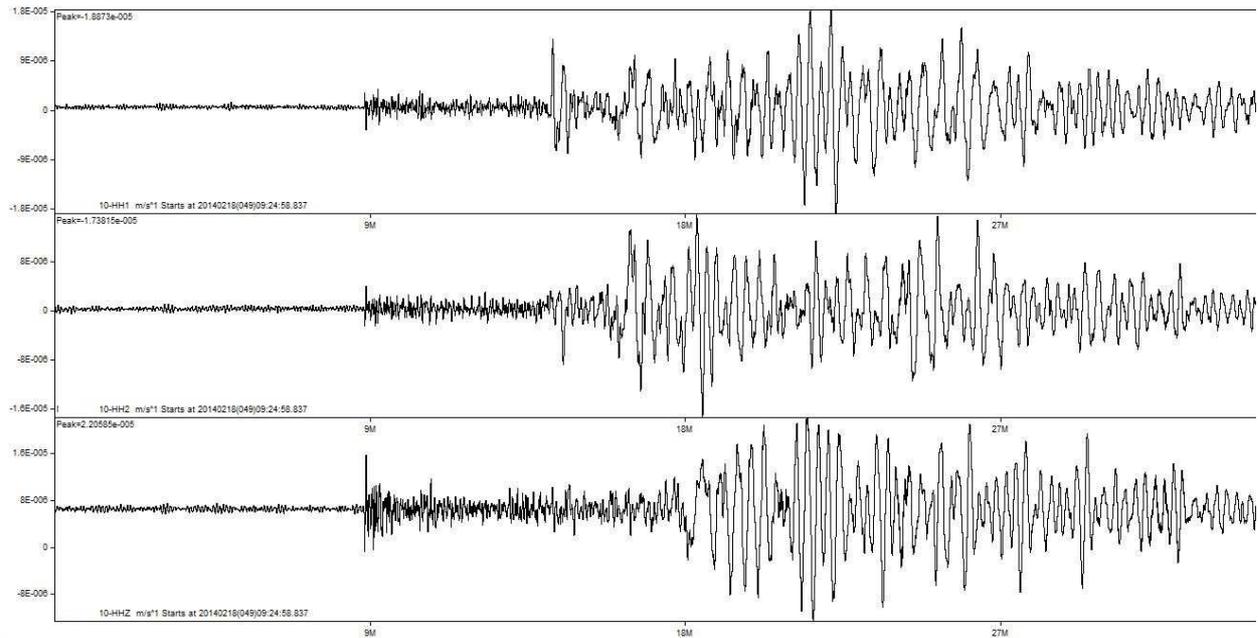
**Figura 14:** Sismo registrado em Southern Xinjiang, China com magnitude 6,9<sub>b</sub>, pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



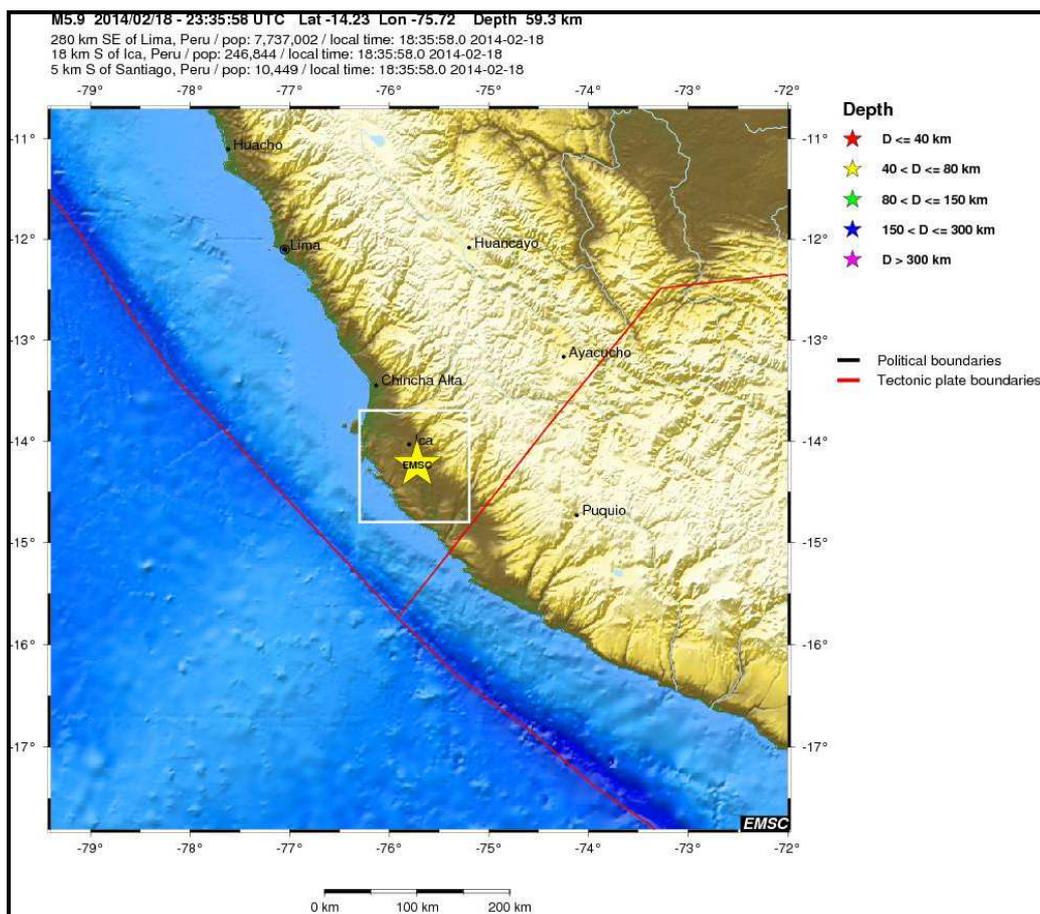
**Figura 15:** Registro do evento telessismo ocorrido em Southern Xinjiang, China com magnitude  $6,9m_b$ , no dia 12.02.14 às 09:21:39 (UTC).



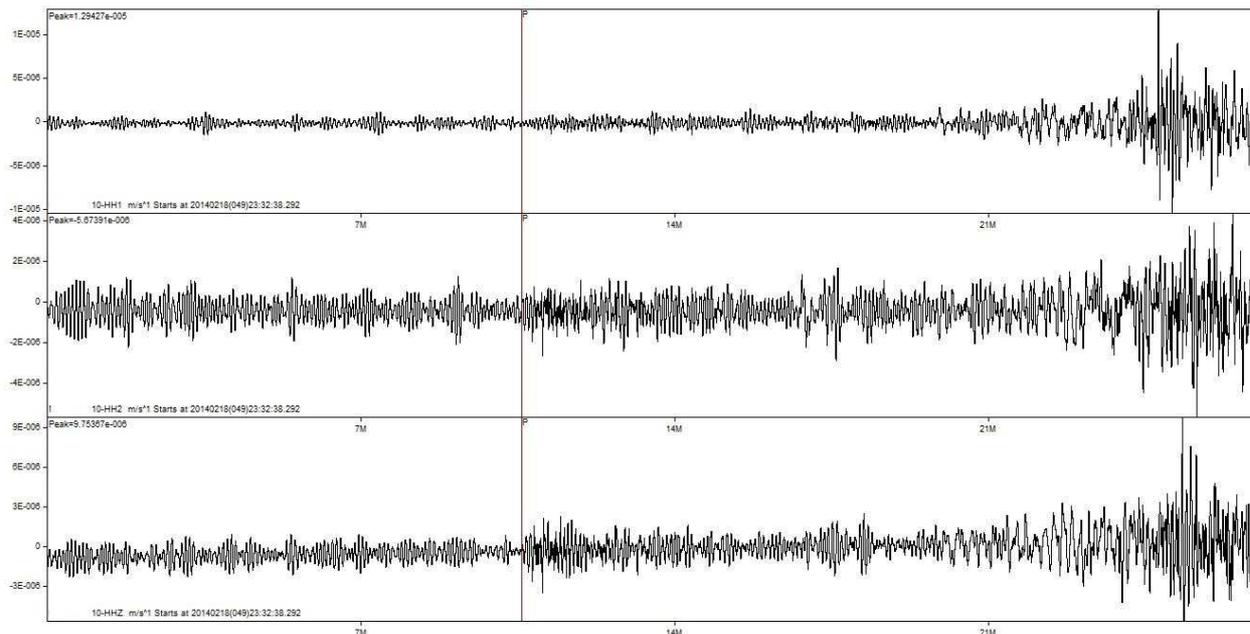
**Figura 16:** Sismo registrado em East of Martinique, Windward Is com magnitude  $6,5m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



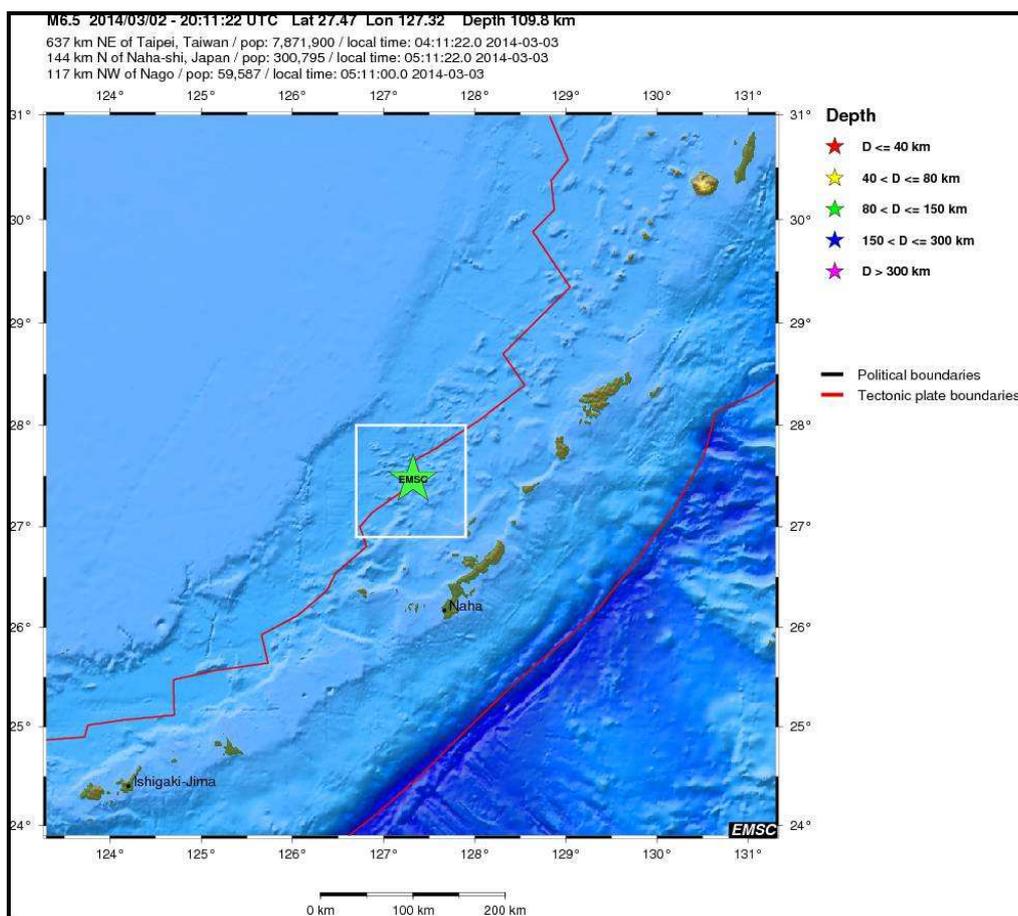
**Figura 17:** Registro do evento telessismo ocorrido em East of Martinique, Windward Is com magnitude  $6,5m_b$ , no dia 18.02.14 às 09:33:42 (UTC).



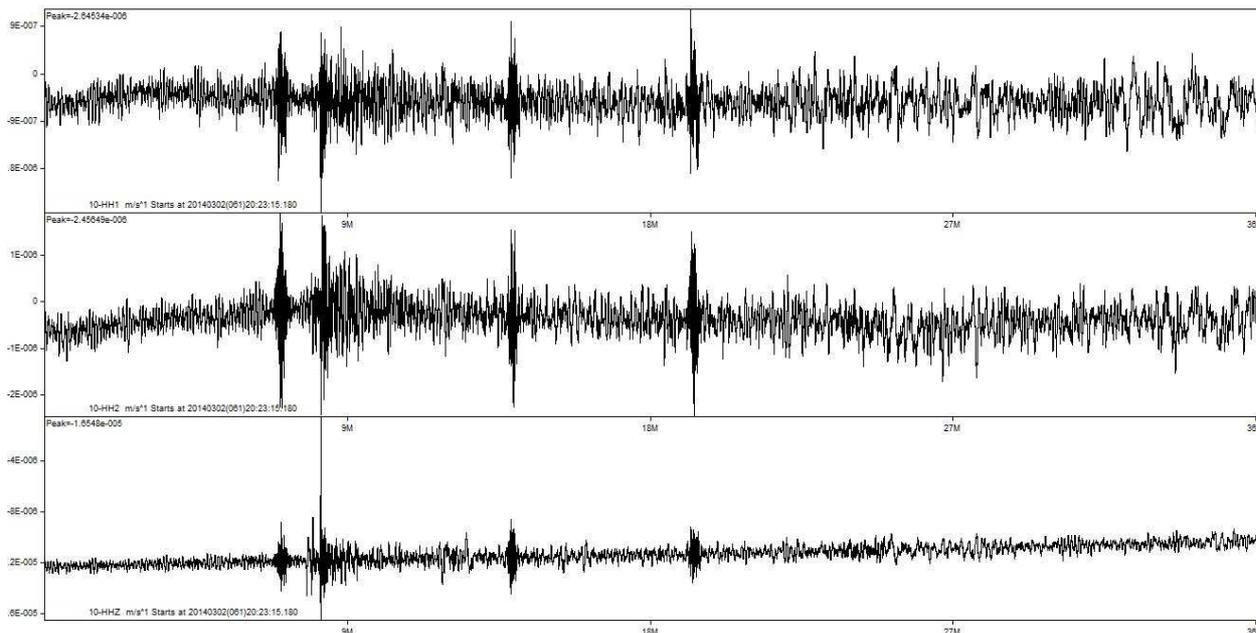
**Figura 18:** Sismo registrado em Near Coast of Central Peru com magnitude  $5,9m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



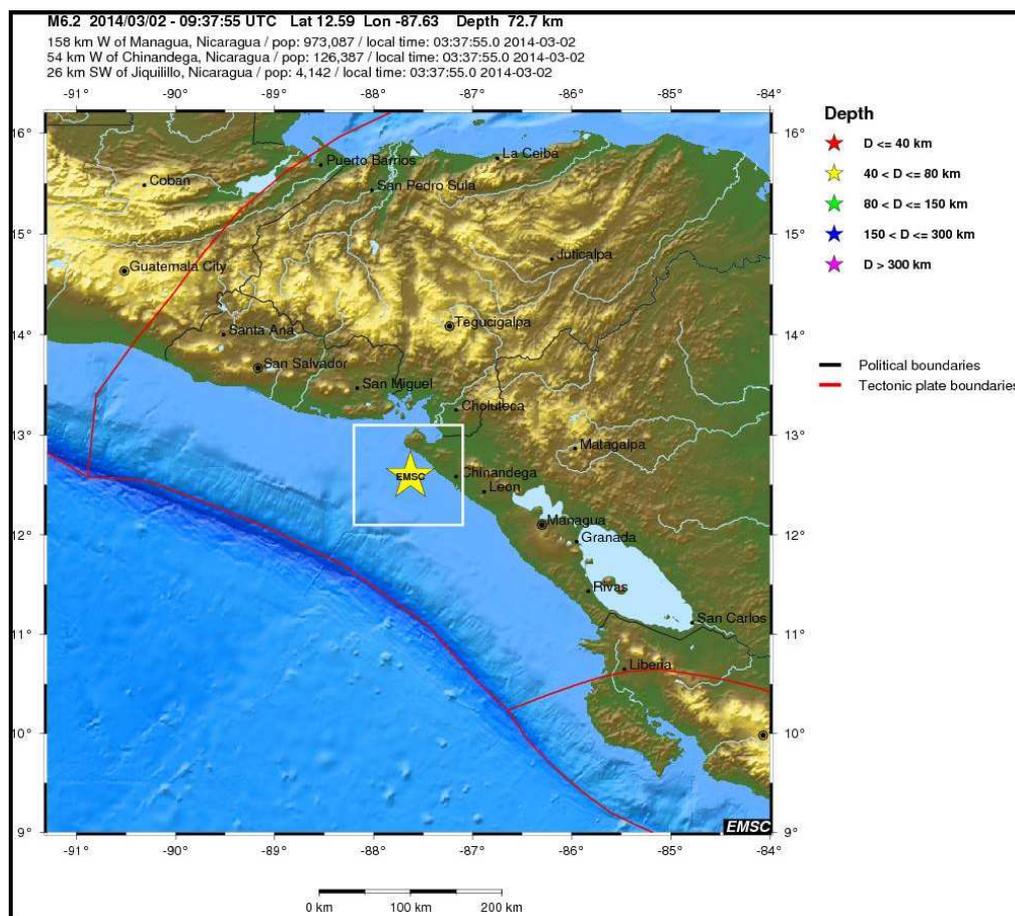
**Figura 19:** Registro do evento telessismo ocorrido em Near Coast of Central Peru com magnitude  $5,9m_b$ , no dia 18.02.14 às 23:42:08 (UTC).



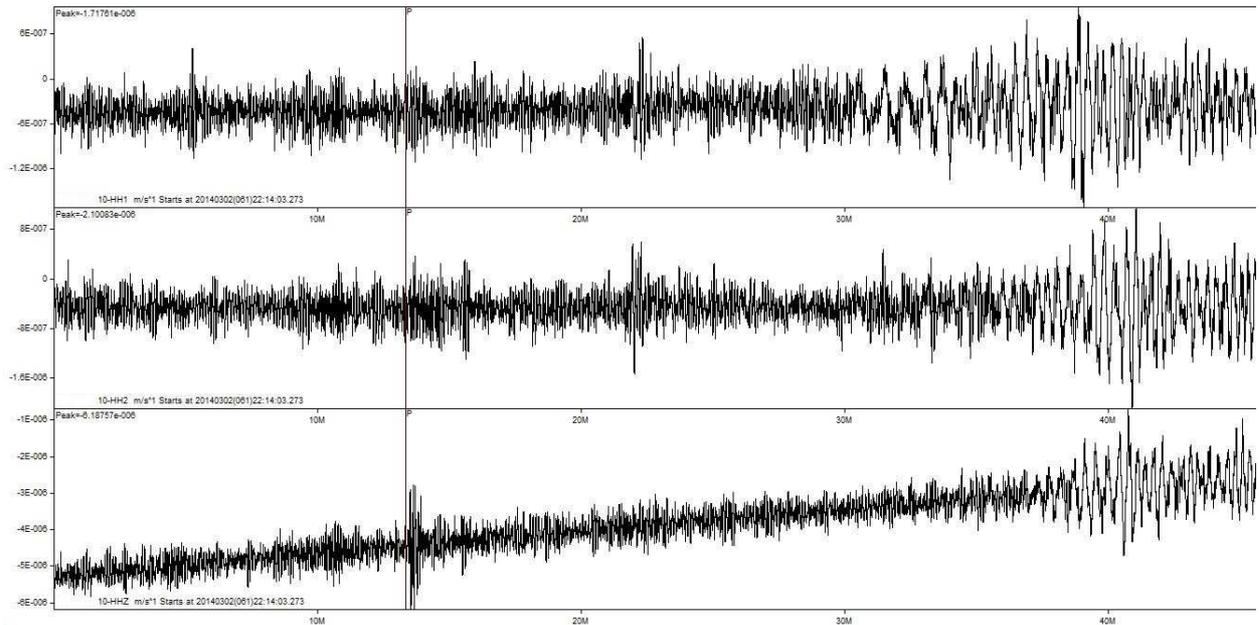
**Figura 20:** Sismo registrado em Ryukyu Islands, Japan com magnitude  $6,5m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



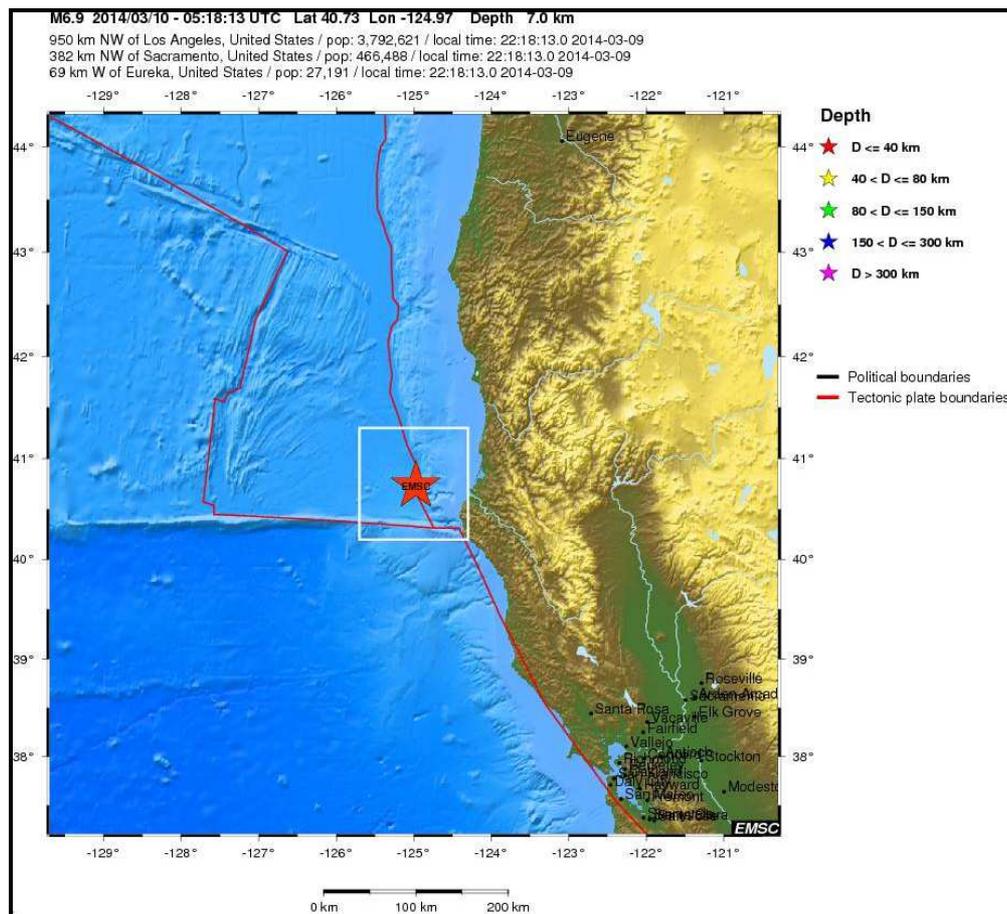
**Figura 21:** Registro do evento telessismo ocorrido em Ryukyu Islands, Japan com magnitude  $6,5_m_b$ , no dia 02.03.14 às 20:31:01 (UTC).



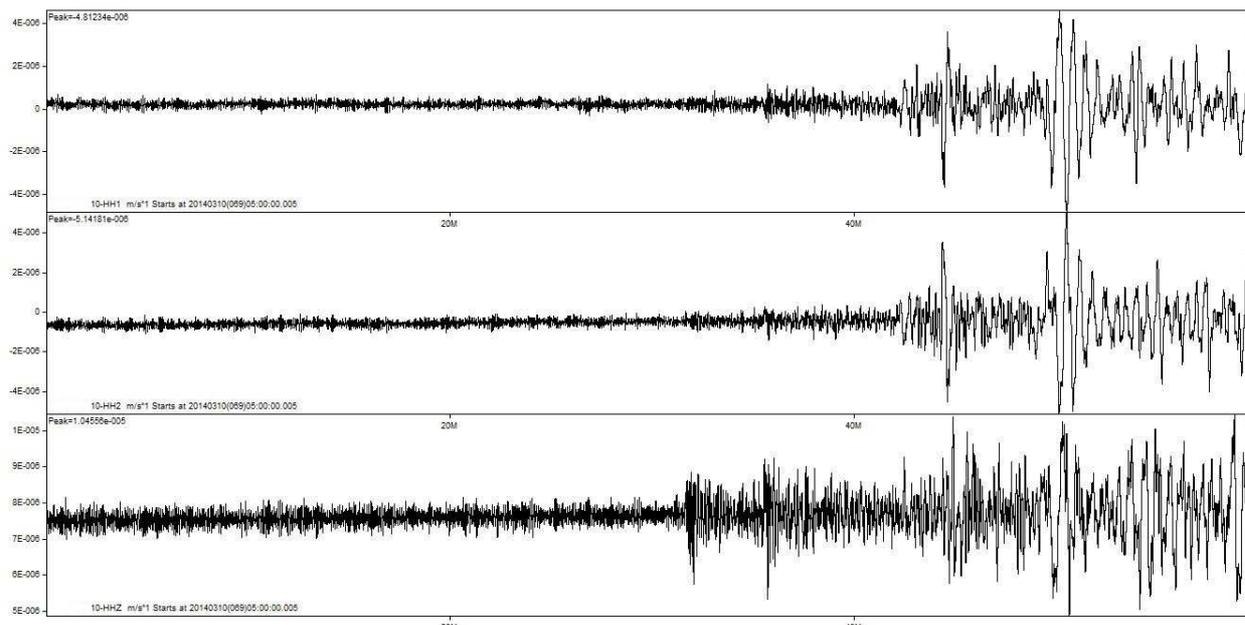
**Figura 22:** Sismo registrado em Near Coast of Nicaragua com magnitude  $6,2_m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



**Figura 23:** Registro do evento telessismo ocorrido em Near Coast of Nicaragua com magnitude  $6,2_m_b$ , no dia 02.03.14 às 22:26:24 (UTC).



**Figura 24:** Sismo registrado em Offshore Northern California com magnitude  $6,9_m_b$  pela estação SOB 02 (Fonte: EMSC).



**Figura 25:** Registro do evento telessismo ocorrido em Offshore Northern California com magnitude 6,9<sub>m</sub>, no dia 10.03.14 às 05:31:31 (UTC).

## 2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE SOBRADINHO (SOB 02)

A manutenção preventiva da estação sismográfica de Sobradinho (SOB 02) é realizada a cada 4 meses. Durante a vistoria é verificado se o painel solar de 80W esta gerando energia normalmente, além desse teste é feita a medição da resistência dos fios que interligam a bateria ao controlador de carga, para certificar que a bateria estar sendo carregada normalmente pelo painel solar.

O objetivo principal da manutenção preditiva é a verificação “*in situ*” do funcionamento do equipamento, antecipando eventuais problemas que possam causar a parada na gravação dos registros sismológicos. Durante a visita de manutenção preventiva conforme mencionado no 8º Boletim Sismográfico da UHE de Sobradinho (SOB 02) o abrigo da estação sismográfica foi alvo de sinais de vandalismo com tentativa de arrombamento e a porta perfurada por projétil de arma de fogo (Fig. 26) na ocasião os cadeados antigos foram substituídos por novos e foram entregues cópias das chaves ao Sr. Tetéu.

No último dia 12.03.2014 tivemos perda no sinal da estação sismológica de Sobradinho (SOB 02) referente ao contrato nº. CTNI-92.2009.6220.00 do Monitoramento Sismográfico dos Reservatórios das UHE’s Xingó, Luiz Gonzaga (Itaparica), Sobradinho e Boa Esperança.

Então no mesmo dia 12.03.2014 foi realizado contato telefônico com o Sr. Tetéu (morador local responsável pelo abrigo de Sobradinho), onde ele nos informou que o abrigo havia sido arrombado. Portanto, no dia seguinte 13.03.14 (quinta-feira) foi desmobilizada uma

equipe com 02 (dois) técnicos para o local onde confirmaram o arrombamento a estação sismográfica SOB 02. No primeiro momento se fez uma avaliação do arrombamento e se contabilizou os prejuízos causados com o furto do painel fotovoltaico de 80W, bateria estacionária de 70A, controlador de energia e transmissor (Fig. 27). Após a inspeção foi realizada a retirada de todo equipamento (registrador, cabos, GPS trimble e sismômetro) do abrigo e feito o boletim de ocorrência na delegacia de Casa Nova/BA.

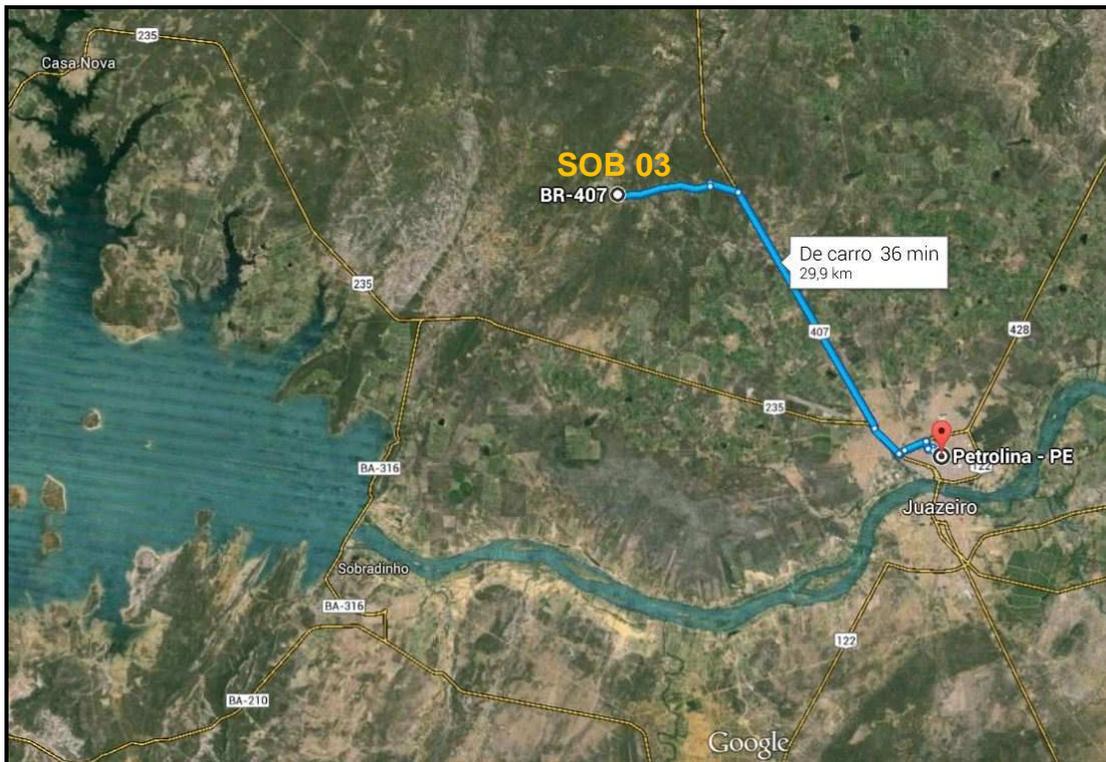
Já sabendo do ocorrido e da incerteza se o equipamento havia sido roubado ou não. Levamos outro conjunto de sismógrafo da R-Sensors semelhante ao instalado na estação SOB 02 operando na mesma faixa de frequência e um abrigo de estação temporária com um novo conjunto energia independente (placa fotovoltaica, bateria e controlador de energia). Portanto, para não ocorrer à falta de medição de dados sismográficos na região instalamos no dia 15.03.2014 uma estação temporária (Lat -09.2465°S / Long -40.6804°W) equidistante cerca de 30km da cidade de Petrolina/PE (Fig. 28), este novo local de instalação da estação de UHE de Sobradinho é seguro e com baixo nível de ruído. O equipamento está instalado sobre um lajedo de rocha cristalina com aproximadamente 70m de comprimento e 20m de largura (Fig. 29), este local já havia sido visitado anteriormente e escolhido para o período da instalação da estação temporária na região.



**Figura 26:** Sismógrafo em perfeitas condições de funcionamento mesmo com os sinais de vandalismo no abrigo da estação sismográfica de Sobradinho (SOB 02).



**Figura 27:** Arrombamento ocorrido no dia 12.03.14 no abrigo da estação sismográfica de Sobradinho (SOB 02).



**Figura 28:** Localização da nova estação sismográfica de Sobradinho (SOB 03).



**Figura 29:** Instalação da nova estação sismográfica temporária em substituição da estação SOB 02.

### 2.3. CONCLUSÕES

No período de 16.01.14 a 15.03.14 foram registrados 12 (doze) telessismos com magnitudes de  $5,4m_b$  em Northern Mid-Atlantic Ridge;  $6,2m_b$  em North Island of New Zealand;  $5,5m_b$  em Peru-Ecuador Border Region;  $5,5m_b$  em Chuquisaca, Bolivia;  $6,5m_b$  em South of Kermadec Islands;  $5,0m_b$  em South of Kermadec Islands;  $6,9m_b$  em Southern Xinjiang, China;  $6,5m_b$  em East of Martinique, Windward Is;  $5,9m_b$  em Near Coast of Central Peru;  $6,5m_b$  em Ryukyu Islands, Japan;  $6,2m_b$  em Near Coast of Nicaragua e com  $6,9m_b$  em Offshore Northern California.

Durante este período de medição na estação SOB 02 não foi registrado nenhum evento natural e/ou artificial próximo a UHE de Sobradinho.

Em anexo é apresentado 01 (um) DVD com os registros obtidos pelo sismógrafo da estação sismográfica da UHE Sobradinho (SOB 02) com os dados gravados em arquivos a cada 1h, no período de 16.01.14 a 15.03.14.

### 3. EQUIPE TÉCNICA

TÉCNICOS DE NÍVEL SUPERIOR		
NOME	FUNÇÃO	REGISTRO PROFISSIONAL
Eugênio Frazão	Diretor Executivo	RG 3.427.380 SSP/PA
Dr. Aderson F. do Nascimento	Coordenador	RG 2347597 SSP/RN
Eduardo A. S. de Menezes	Responsável Técnico	CREA/RN 211083550-8
Dr. Anderson Targino Ferreira	Responsável Técnico	CREA/RN 210008956-3

TÉCNICOS DE NÍVEL MÉDIO		
NOME	FUNÇÃO	REGISTRO PROFISSIONAL
Bruno Pires Frazão	Técnico de Campo	RG 3.461.130 SSP/PA
Flavio Souto da Costa	Técnico de Campo	RG 367221 ITEP/RN

Natal, 28 de Março de 2014.



**Eugênio Frazão**  
Diretor Executivo - G2 MEIO AMBIENTE



**Dr. Anderson Targino Ferreira**  
Responsável Técnico - CREA/RN 210008956-3

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, J.M & ASSUMPÇÃO, M. (1983). Sismicidade do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, **1**: 67-88.

FERREIRA, J.M., OLIVEIRA, R.T, ASSUMPÇÃO, M., MOREIRA, J.A.M., PEARCE, R.G. & TAKEYA, M.K. (1995). Correlation of seismicity and water level in the Açú reservoir - an exemple from Northeast Brazil. *Bull Seism. Soc Am.*, **85**: 1483-1489.

FERREIRA, J.M., OLIVEIRA, R.T, TAKEYA, M.K. & ASSUMPÇÃO, M. (1998). Superposition of local and regional stresses in the northeast Brazil: evidence from focal mechanisms around the Potiguar marginal basin. *Geophys. J. Int.*, **134**: 341-355.

SEEBER, L. & ARMBRUSTER, J. G. (1988). Seismicity along the Atlantic seabord of the U.S.: intraplate neotectonics and earthquake hazard. In: *The Atlantic Continental Margin: U.S., The Geology of North America*. R.E. Sheridan & J.A. Grow (eds.), *Geological Society of America, Boulder*, p. 565-582.

TAKEYA, M.K., FERREIRA, J.M., PEARCE, R.G., ASSUMPÇÃO, M., COSTA, J.M. & SOPHIA, C.M. (1989). The 1986-1987 intraplate earthquake sequence near João Câmara, northeast Brazil - evolution of seismicity. *Tectonophysics*, **167**, 117-131.

# ANEXO



