

7º Boletim do Monitoramento Sismográfico dos Reservatórios Hidrelétricos da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) - Estação Sismográfica da UHE Xingó (XIN 01), registros obtidos no período de 16.09.13 a 15.11.13



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

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. RESULTADOS DA ATIVIDADE SÍSMICA.....	03
2.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM XINGÓ (XIN 01).....	03
2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE XINGÓ (XIN 01).....	16
2.3. CONCLUSÕES.....	17
3. EQUIPE TÉCNICA.....	18
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXO.....	20

1. INTRODUÇÃO

Os estudos sismológicos na área do reservatório da UHE Xingó 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 Luiz Gonzaga (Itaparica), Sobradinho e Castelo Branco (Boa Esperança).

No boletim nº. 07 informamos sobre as atividades sísmicas que estão sendo monitoradas na área do reservatório hidrelétrico de Xingó (XIN 01) durante o período de 16.09.13 a 15.11.13. Neste boletim se apresentam os principais resultados da auscultação sismográfica que está sendo executada na área do reservatório da UHE Xingó, 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 sequência 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).

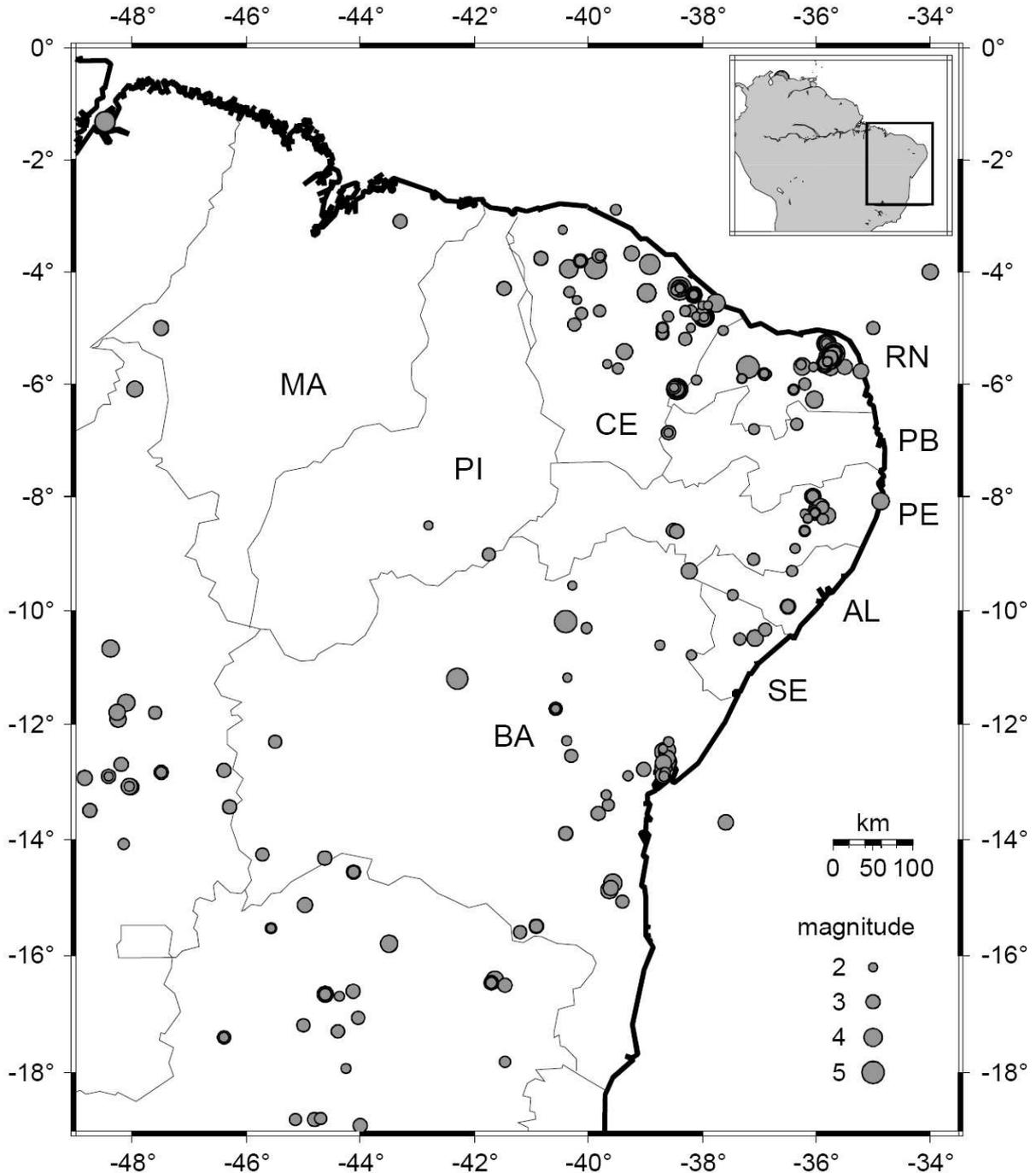


Figura 01: Mapa da sismicidade do Nordeste do Brasil (sismos desde 1808).

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 de Xingó. 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 da UHE Xingó (XIN 01), 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 (XIN 01).

2.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM XINGÓ (XIN 01)

No período de 16 de setembro a 15 de novembro de 2013, a rede sismográfica da UHE Xingó (XIN 01) registrou 10 eventos de telessismos e 04 eventos regionais naturais ocorridos no município de Pedra Preta / RN (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 M_b . Para este trabalho, um dos critérios adotados para a escolha do telessismo foi ter magnitude igual ou maior que 5 m_b .

Tabela 01: Eventos sismográficos registrados pela estação de Xingó (XIN 01).

ANO	MÊS	DIA	HORA (UTC)	MIN	SEG(P)	S-P	DIST (km)	AZM / Localização	Mb	OBS.
2013	09	24	11	49	35			27.07°N 65.56°E	7.7	PAKISTAN
2013	09	25	16	46	34			15.91°S 74.63°W	7.0	NEAR COAST OF SOUTHERN PERU
2013	09	28	08	01	52			27.24°N 65.56°E	6.8	PAKISTAN
2013	10	12	02	16	36			10.86°N 62.37°W	6.0	OFFSHORE SUCRE, VENEZUELA
2013	10	12	13	08	23			35.56°N 23.31°E	6.4	CRETE, GREECE
2013	10	15	00	32	12			9.92°N 124.10°E	7.1	BOHOL, PHILIPPINES
2013	10	23	22	39	42			-5,4545°S -36,1304°W	3.0	Pedra Preta/RN
2013	10	24	19	34	23			58.24°S 12.92°W	6.7	EAST OF SOUTH SANDWICH ISLANDS
2013	10	25	11	10	46			-5,4545°S -36,1304°W	3.7	Pedra Preta/RN

2013	10	25	11	13	59			-5,4545°S -36,1304°W	3.5	Pedra Preta/RN
2013	10	25	17	29	58			37.22°N 144.69°E	7.1	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN
2013	10	29	15	19	43			-5,4545°S -36,1304°W	3.2	Pedra Preta/RN
2013	10	30	03	05	43			35.32°S 73.02°W	6.5	OFFSHORE MAULE, CHILE
2013	10	31	23	11	09			30.29°S 71.57°W	6.5	COQUIMBO, CHILE

As figuras 02 a 21 são telessismos registrados na estação sismográfica de Xingó (XIN 01) ocorridos em Pakistan (Figs. 02 e 03); em Near Coast of Southern Peru (Figs. 04 e 05); em Pakistan (Figs. 06 e 07); em Offshore Sucre, Venezuela (Figs. 08 e 09); em Crete, Greece (Figs. 10 e 11); em Bohol, Philippines (Figs. 12 e 13); em East of South Sandwich Islands (Figs. 14 e 15); em Off East Coast of Honshu, Japan (Figs. 16 e 17); em Offshore Maule, Chile (Figs. 18 e 19) e em Coquimbo, Chile (Figs. 20 e 21).

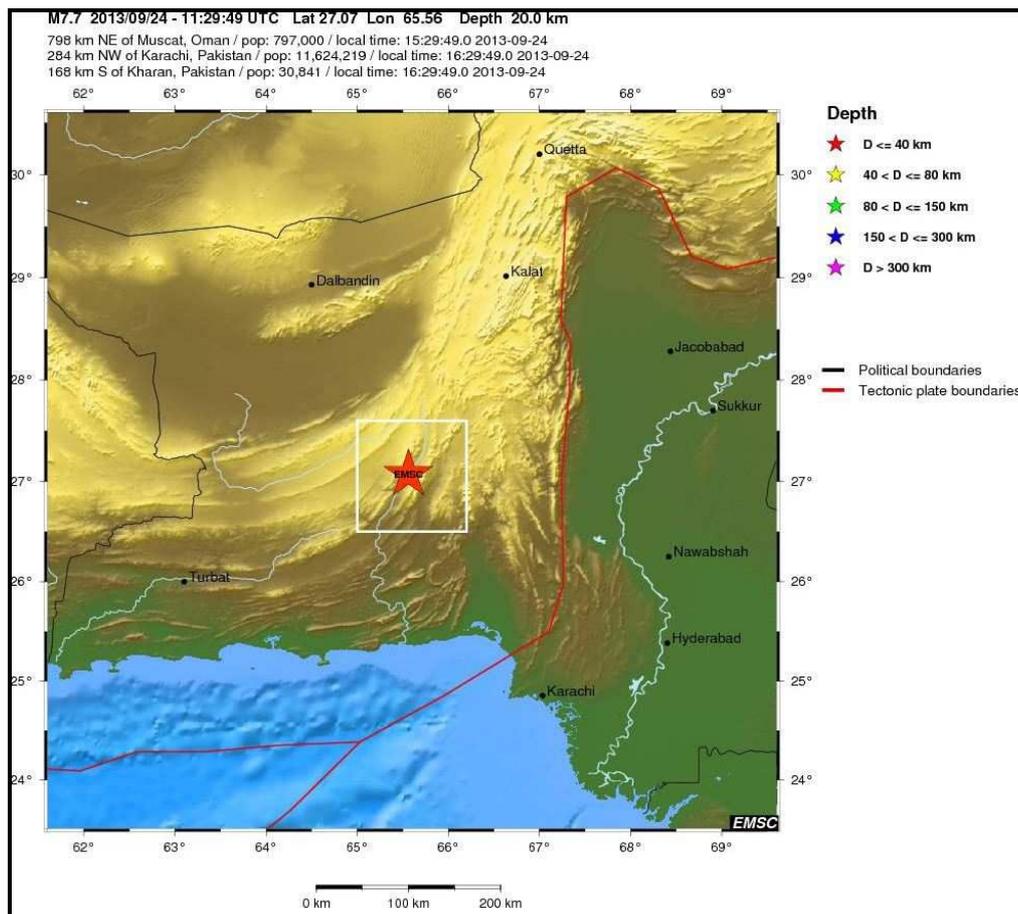


Figura 02: Sismo registrado em Pakistan com magnitude 7,7_m, pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

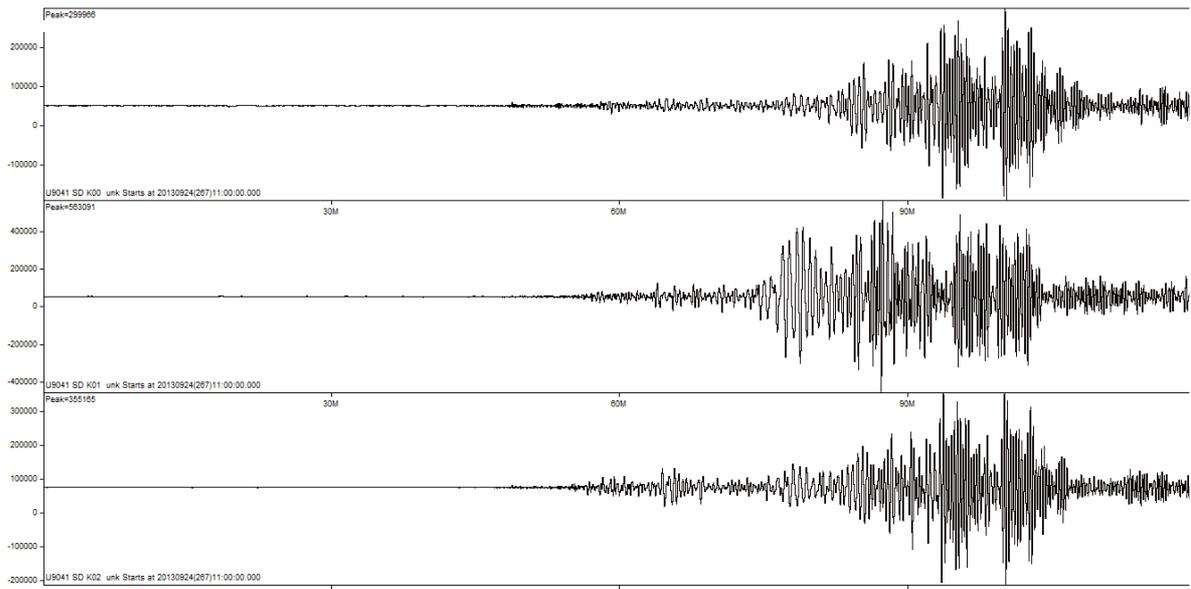


Figura 03: Registro do evento telessismo ocorrido em Pakistan com magnitude 7,7_m, no dia 24.09.13 às 11:49:35 (UTC).

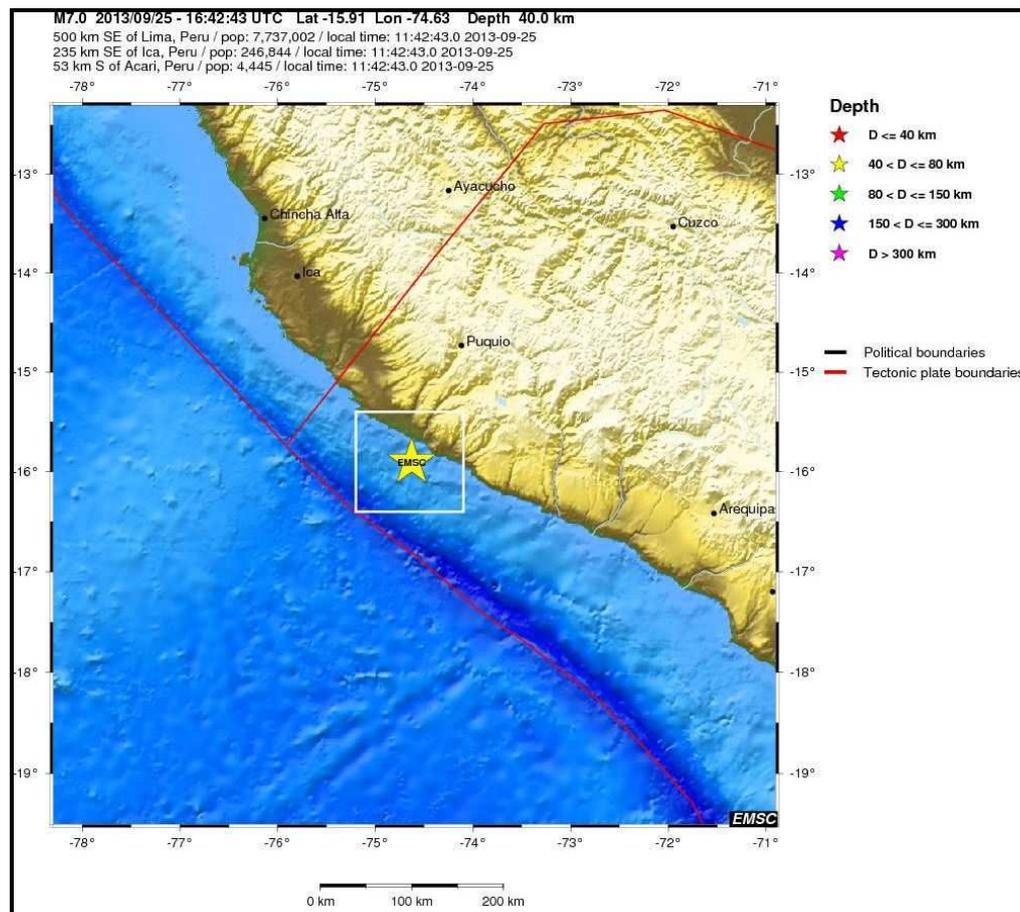


Figura 04: Sismo registrado em Near Coast of Southern Peru com magnitude 7,0_m, pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

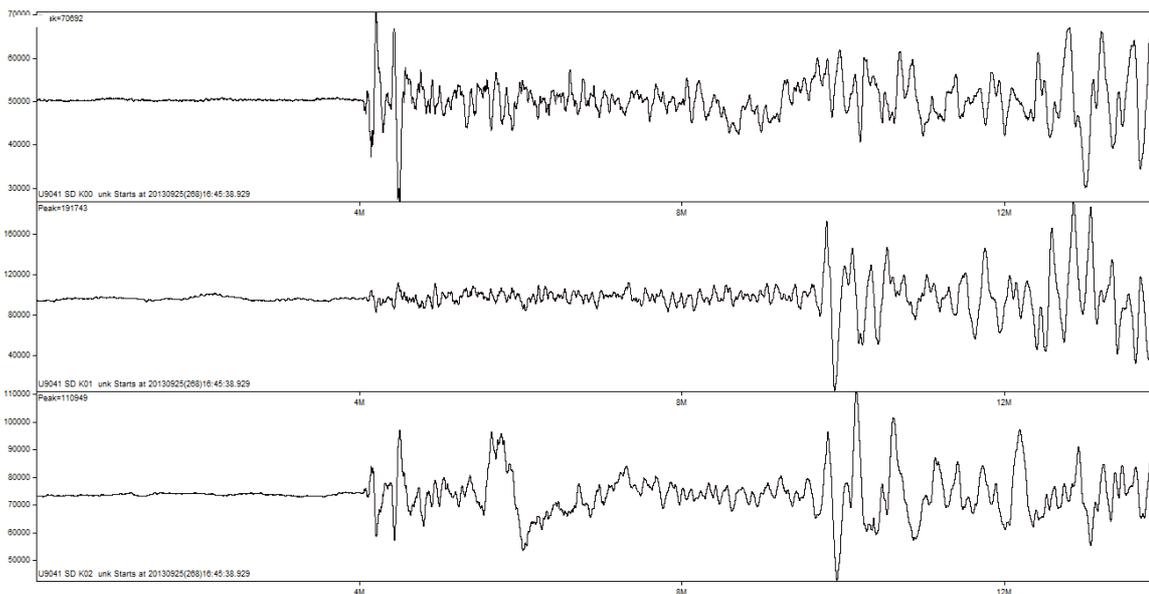


Figura 05: Registro do evento telessismo ocorrido em Near Coast of Southern Peru com magnitude 7,0_{m_b}, no dia 25.09.13 às 16:46:34 (UTC).

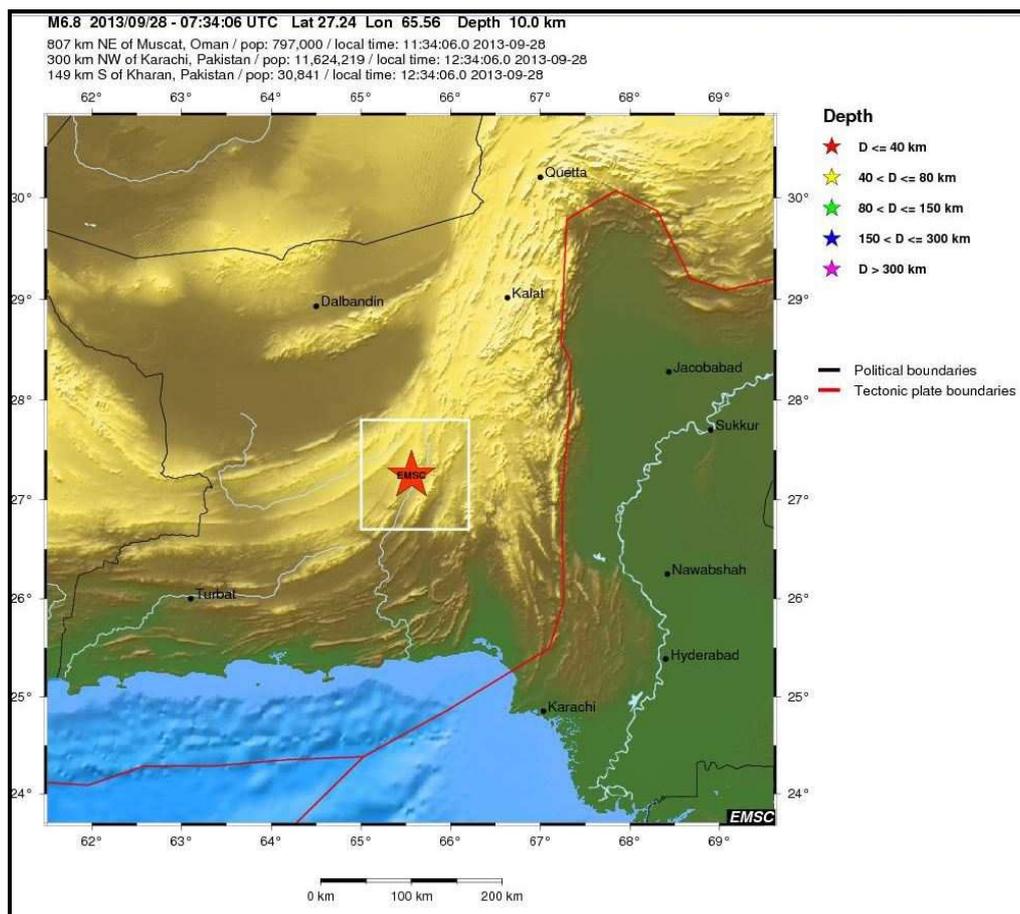


Figura 06: Sismo registrado em Pakistan com magnitude 6,8_{m_b}, pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

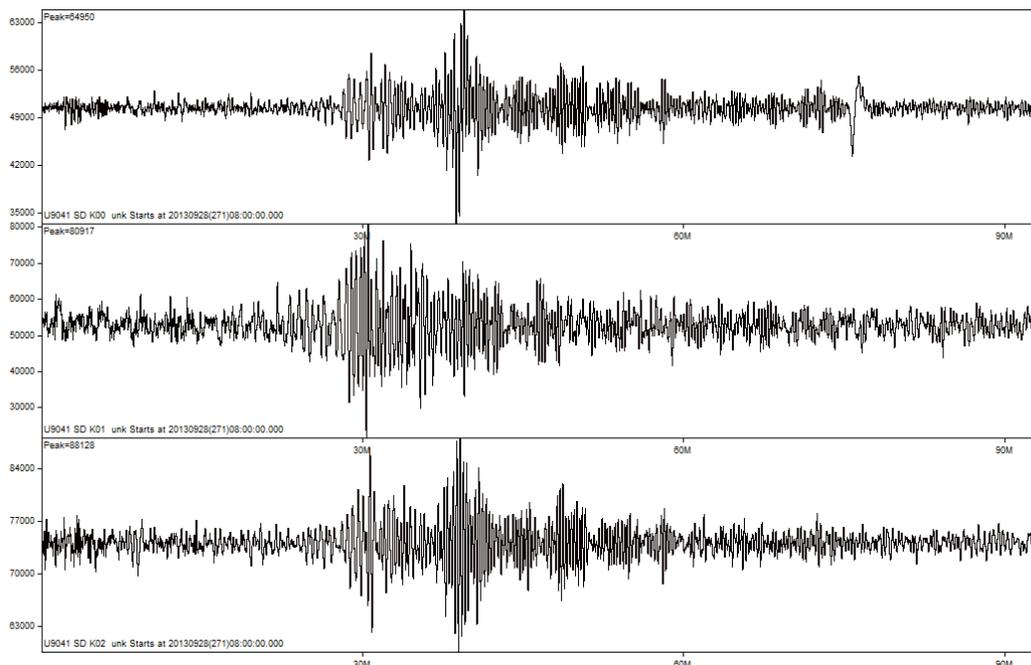


Figura 07: Registro do evento telessismo ocorrido em Pakistan com magnitude $6,8m_b$, no dia 28.09.13 às 08:01:52 (UTC).

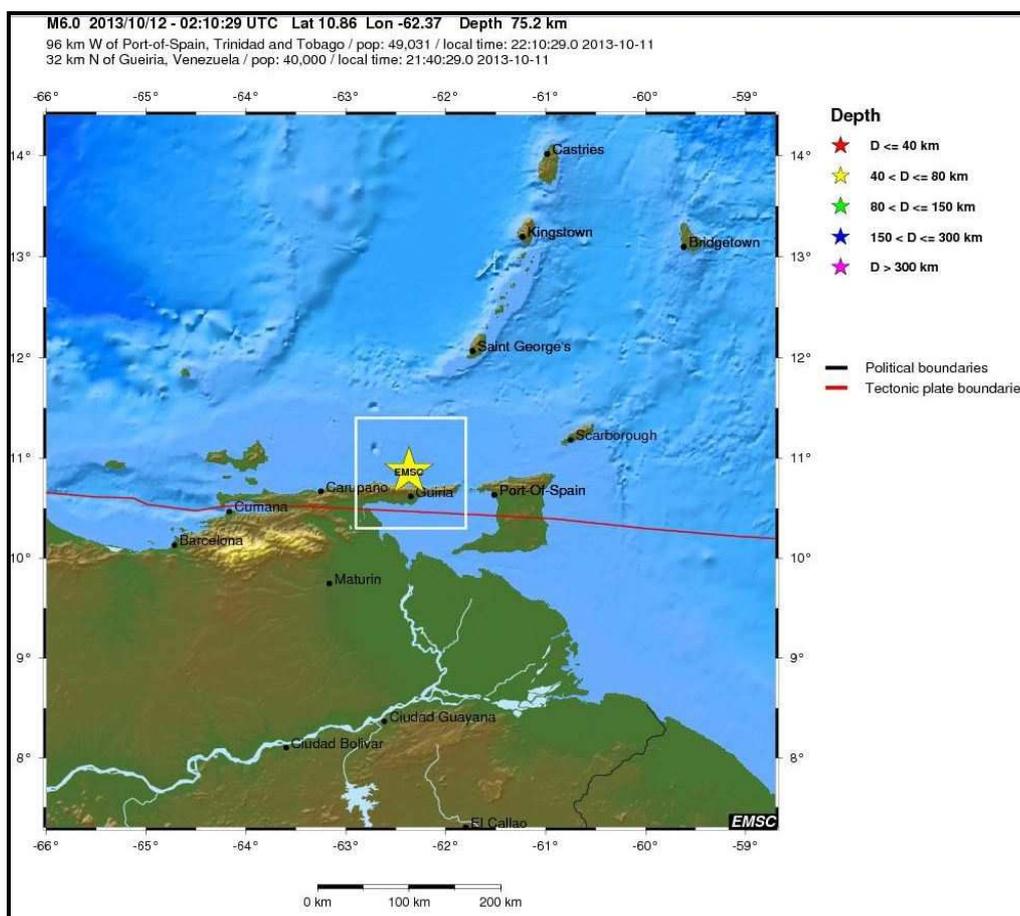


Figura 08: Sismo registrado em Offshore Sucre, Venezuela com magnitude $6,0m_b$ pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

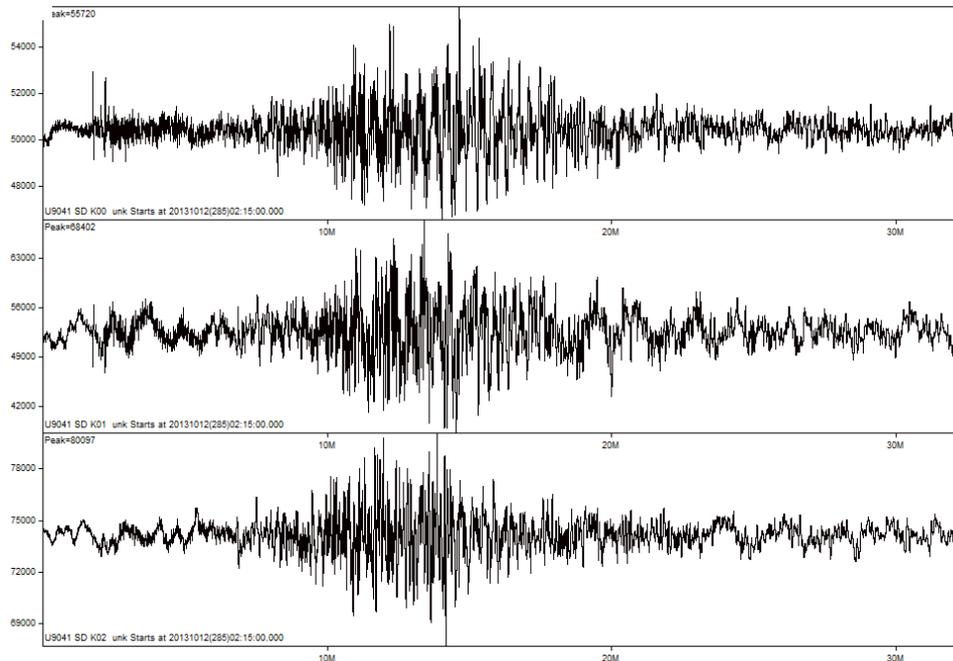


Figura 09: Registro do evento telessismo ocorrido em Offshore Sucre, Venezuela com magnitude 6,0 m_b , no dia 12.10.13 às 02:16:36 (UTC).

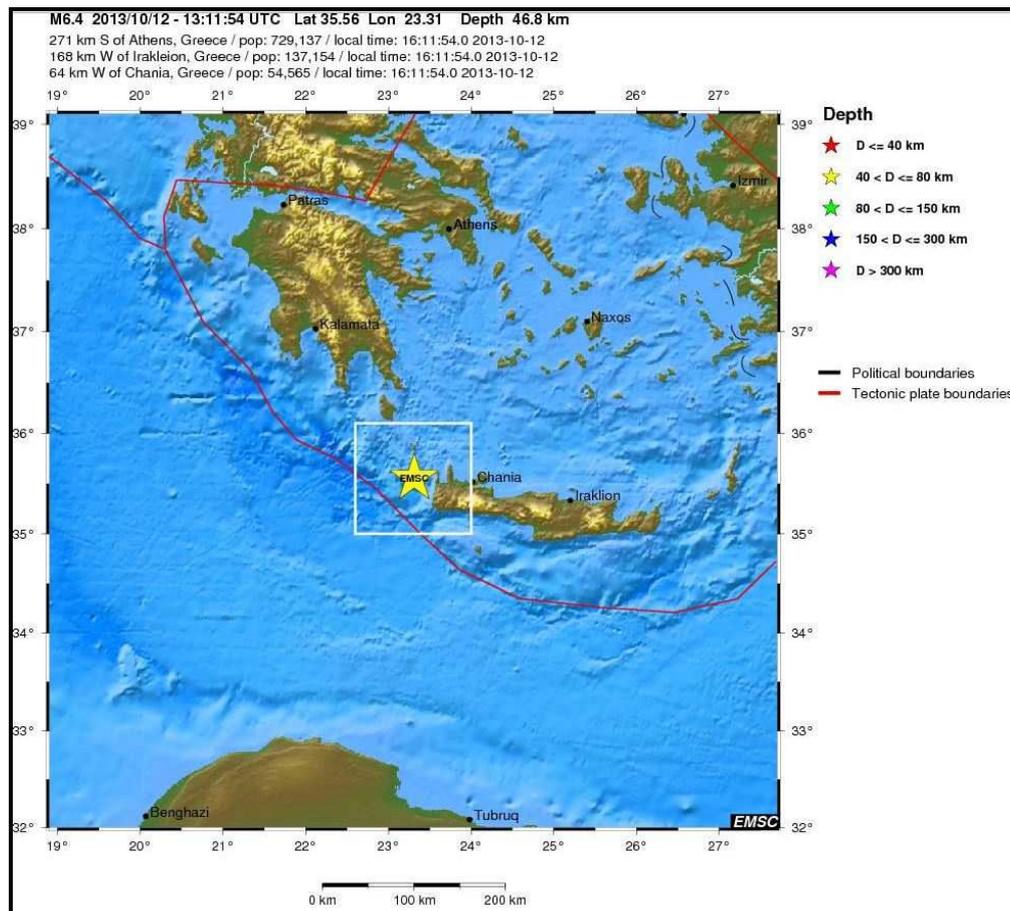


Figura 10: Sismo registrado em Crete, Greece com magnitude 6,4 m_b , pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

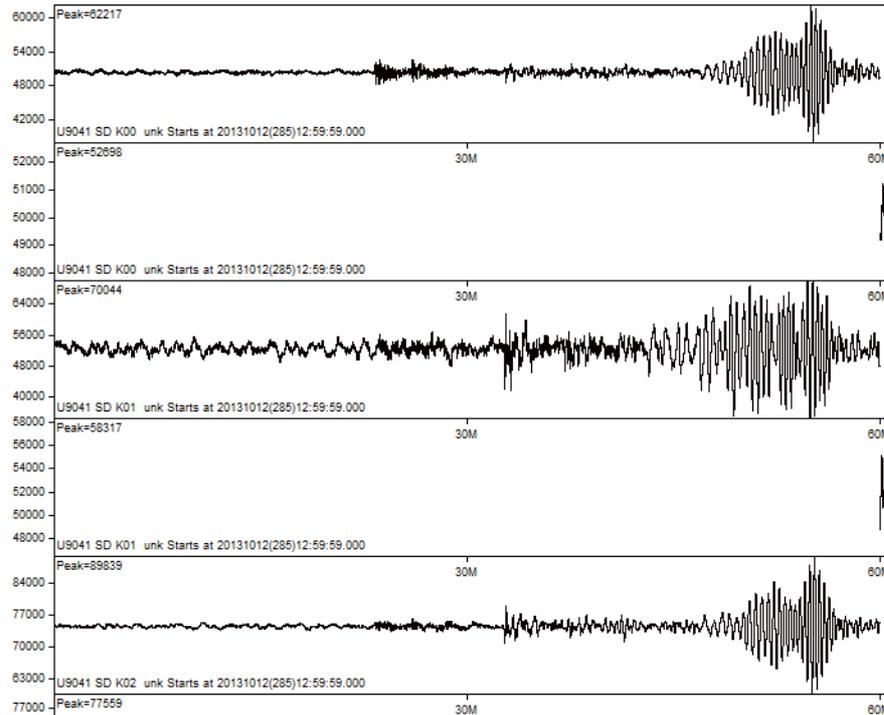


Figura 11: Registro do evento telessismo ocorrido em Crete, Greece com magnitude 6,4 m_b , no dia 12.10.13 às 23:08:23 (UTC).

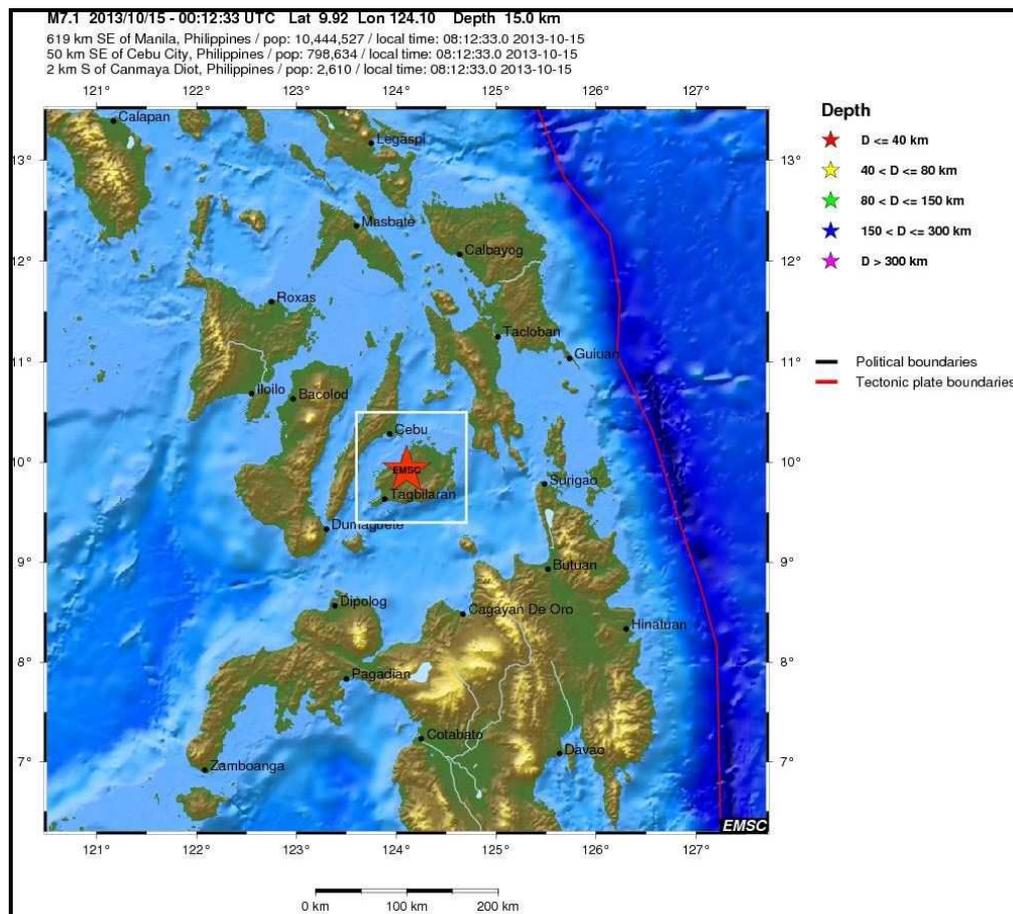


Figura 12: Sismo registrado em Bohol, Philippines com magnitude 7,1 m_b pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

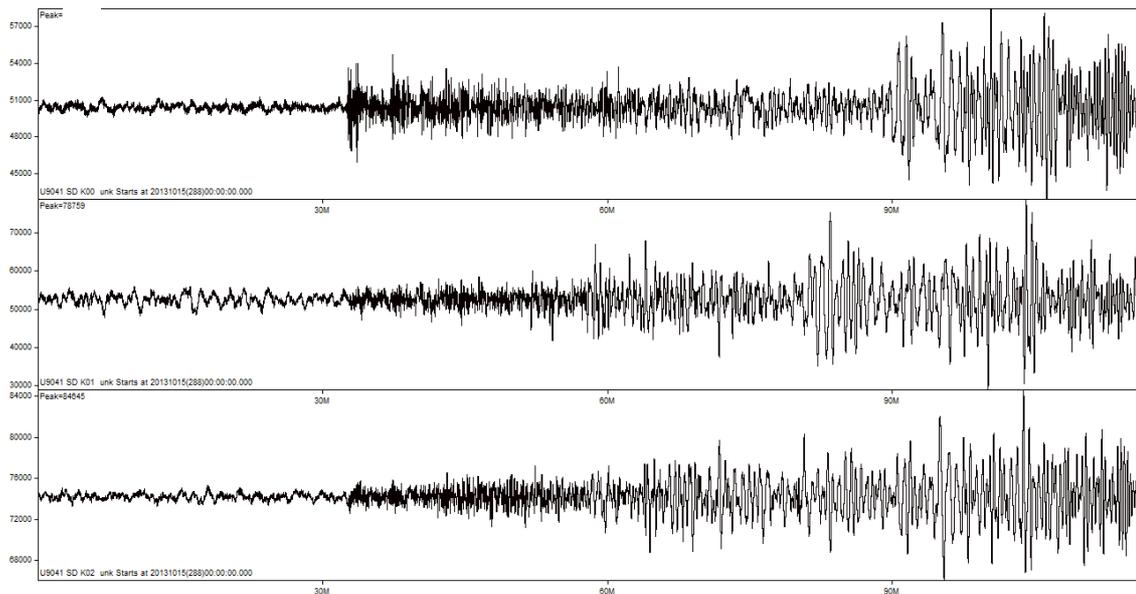


Figura 13: Registro do evento telessismo ocorrido em Bohol, Philippines com magnitude $7,1m_b$, no dia 15.10.13 às 00:32:12 (UTC).

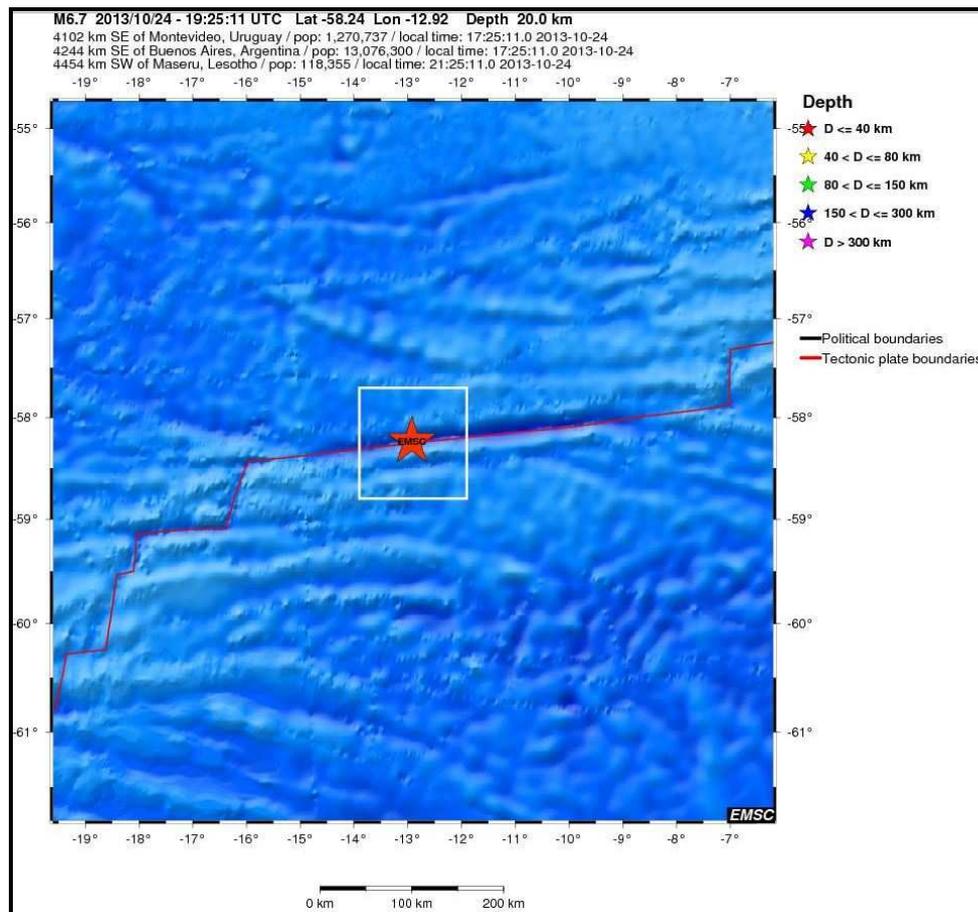


Figura 14: Sismo registrado em East of South Sandwich Islands com magnitude $6,7m_b$ pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

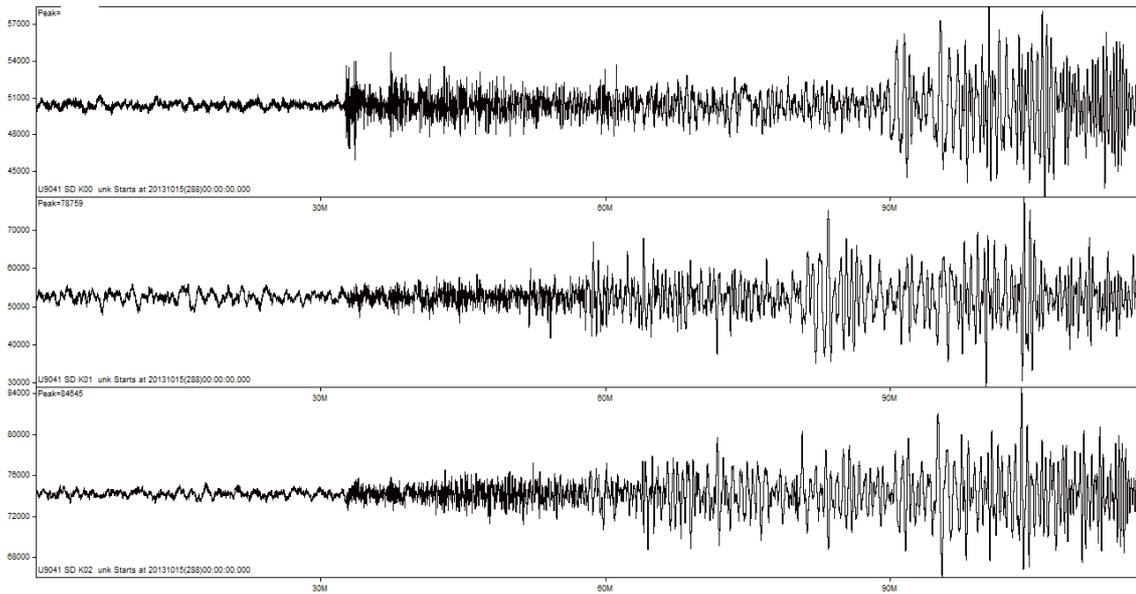


Figura 15: Registro do evento telessismo ocorrido em East of South Sandwich Islands com magnitude 6,7 m_b , no dia 24.10.13 às 19:34:23 (UTC).

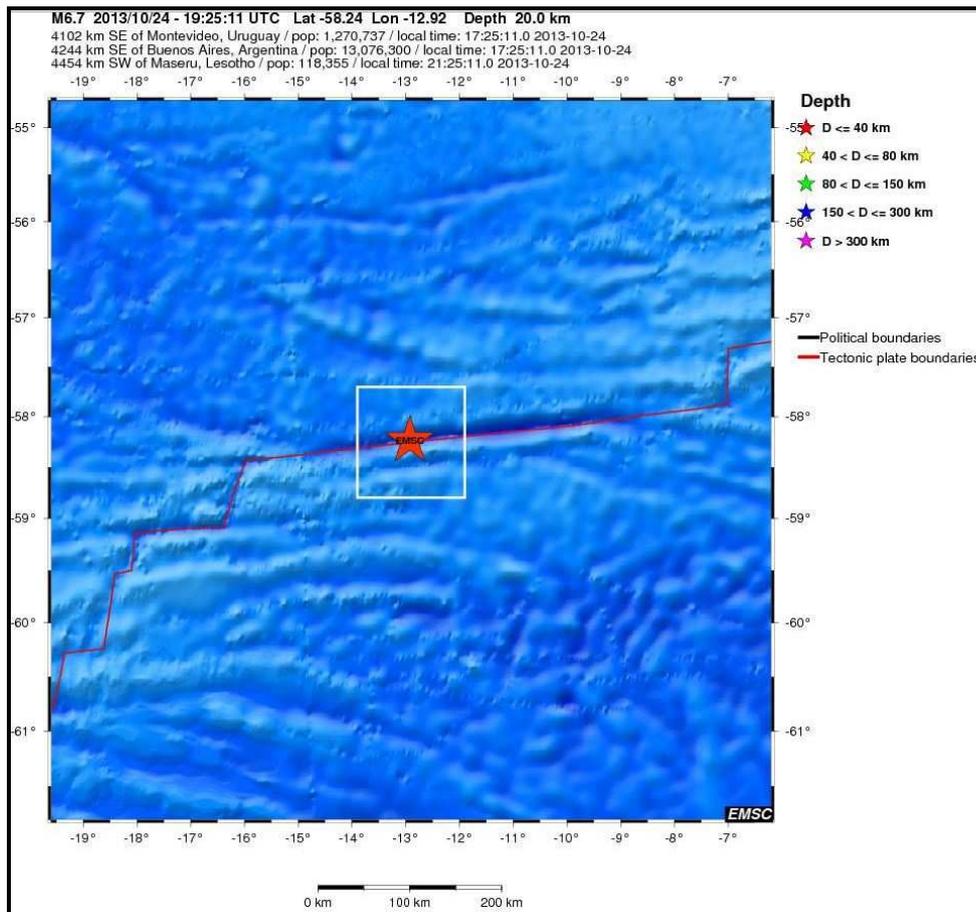


Figura 16: Sismo registrado em Off East Coast of Honshu, Japan com magnitude 7,1 m_b pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

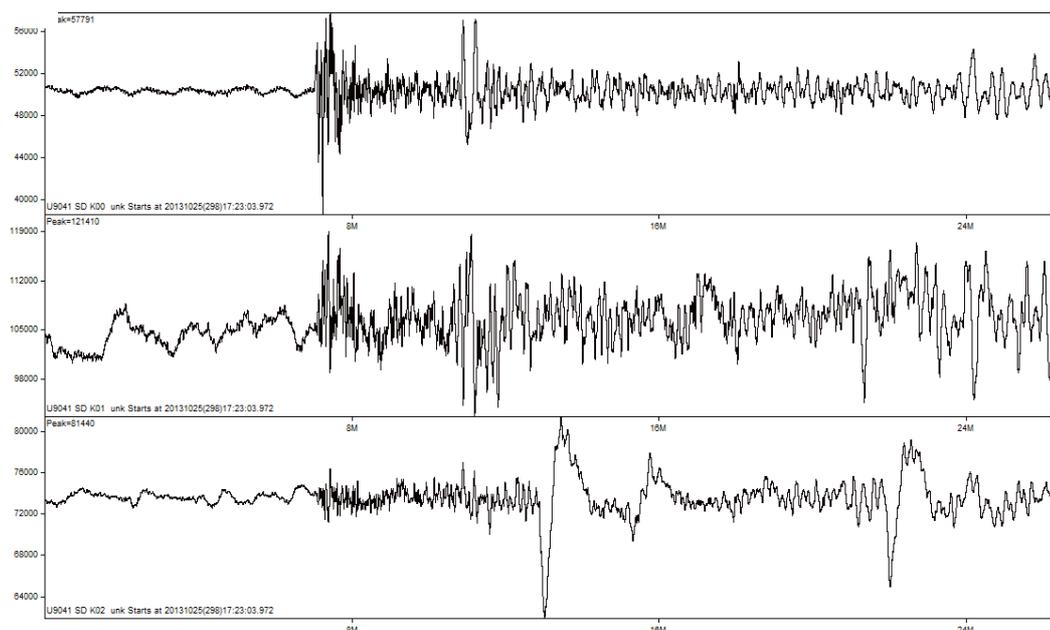


Figura 17: Registro do evento telessismo ocorrido em Off East Coast of Honshu, Japan com magnitude 7,1 m_b , no dia 25.10.13 às 17:29:58 (UTC).

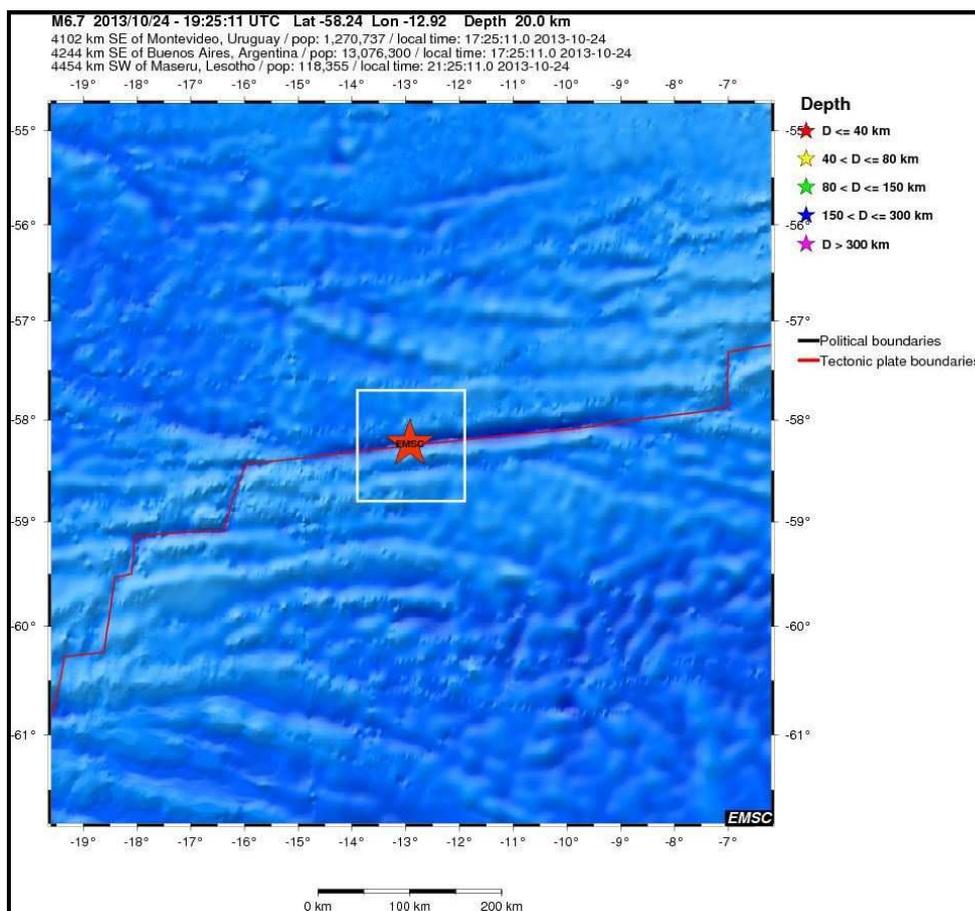


Figura 18: Sismo registrado em Offshore Maule, Chile com magnitude 6,5 m_b pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

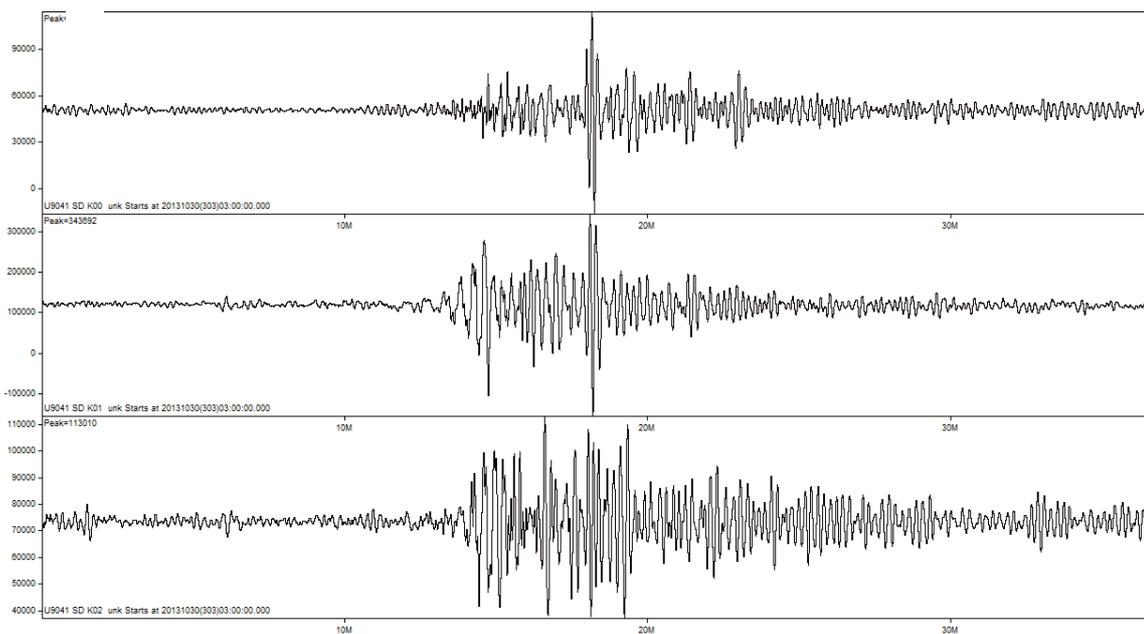


Figura 19: Registro do evento telessismo ocorrido em Offshore Maule, Chile com magnitude $6,5_m_b$, no dia 30.10.13 às 03:05:43 (UTC).

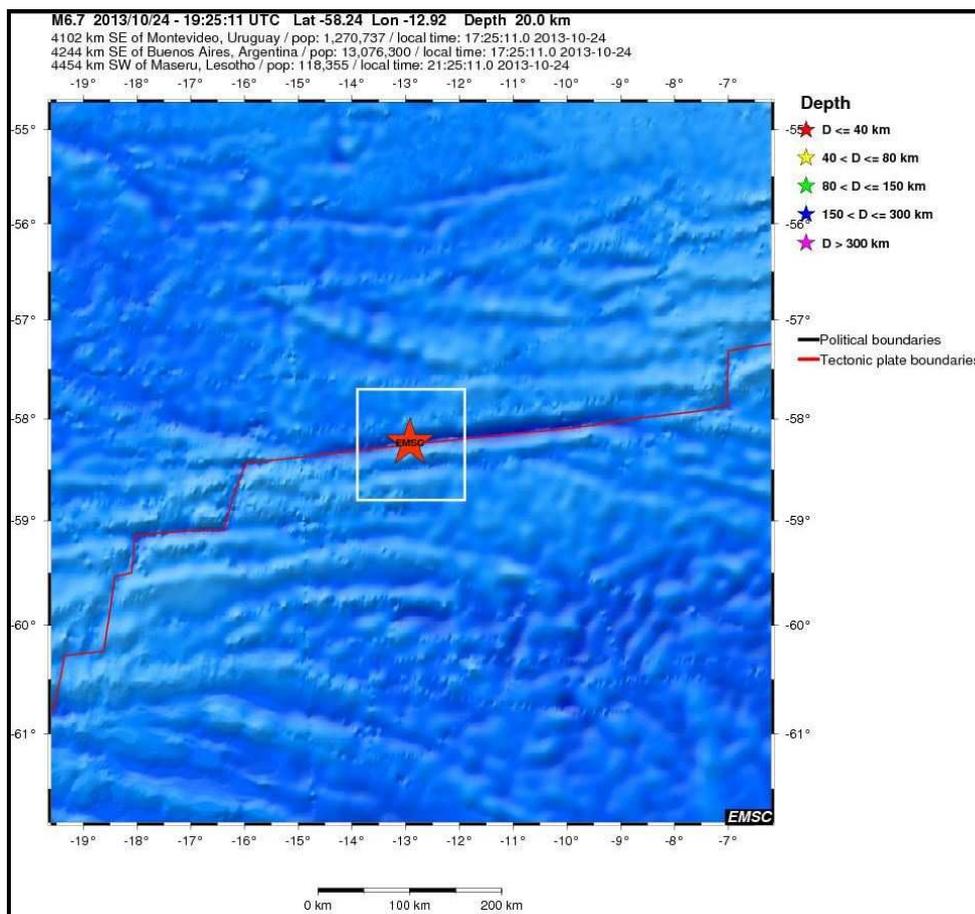


Figura 20: Sismo registrado em Coquimbo, Chile com magnitude $6,5_m_b$ pela estação XIN 01 (Fonte: EMSC).

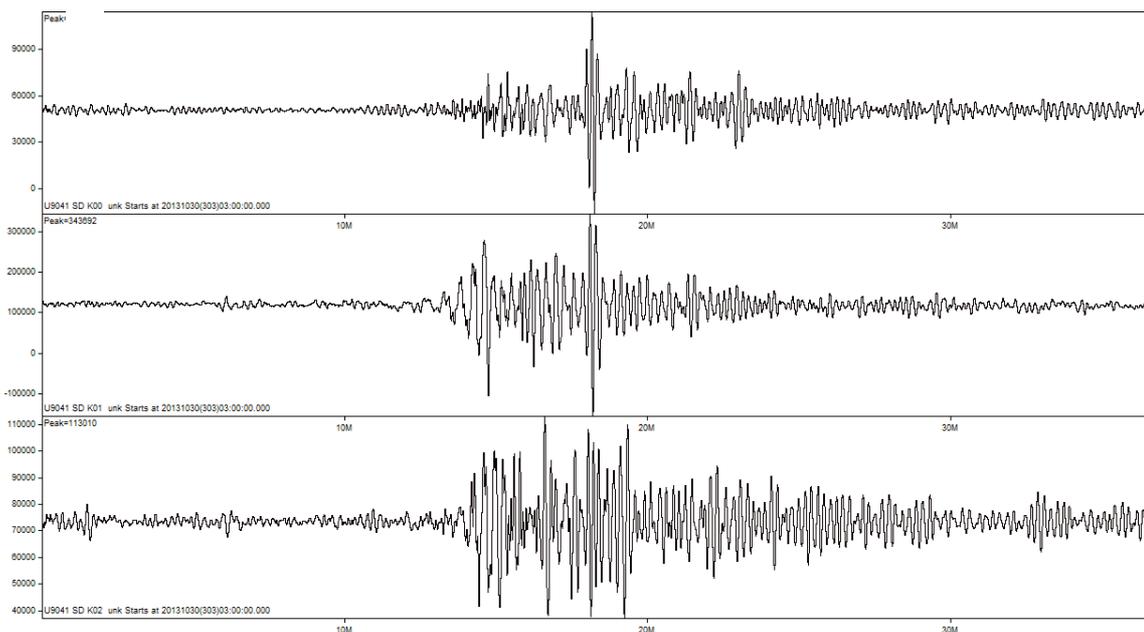


Figura 21: Registro do evento telessismo ocorrido em Coquimbo, Chile com magnitude $6,5_m_b$, no dia 31.10.13 às 23:11:09 (UTC).

As figuras 22 a 25 mostram a localização e os registros dos eventos naturais regionais ocorridos no município de Pedra Preta no estado do Rio Grande do Norte.

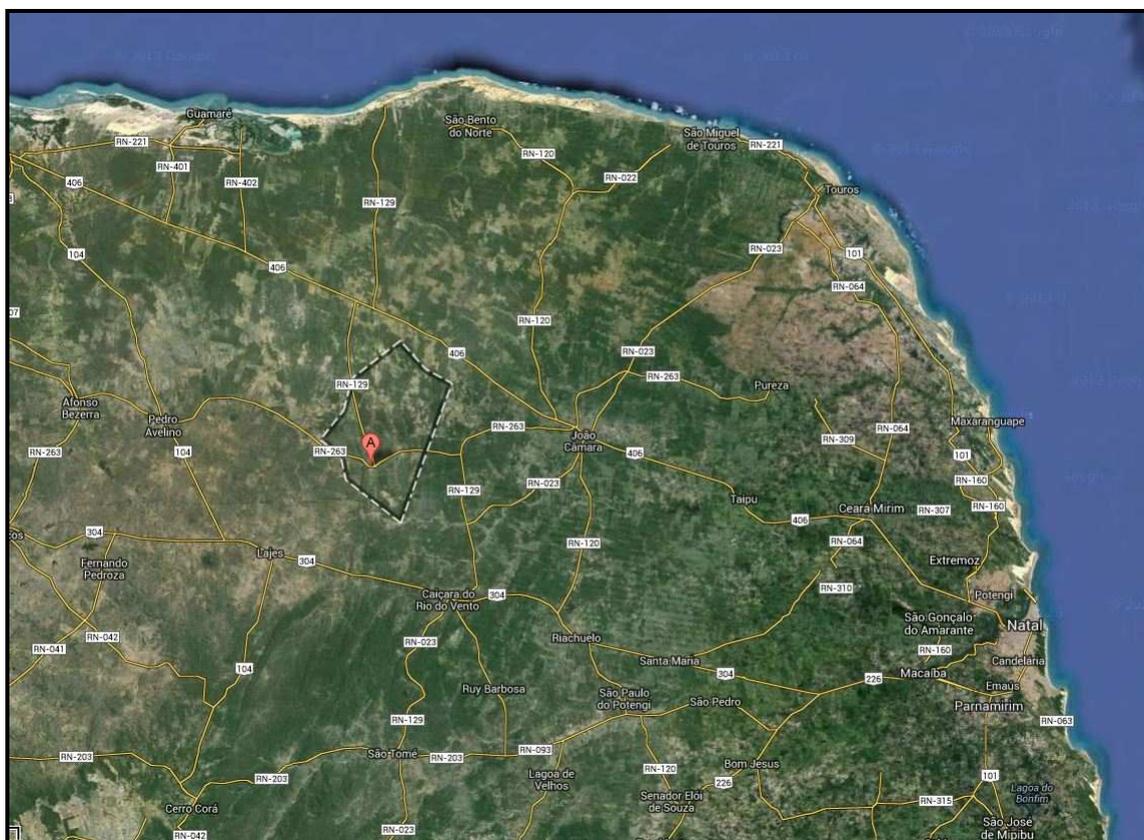


Figura 22: Mapa com a localização do epicentro do evento regional natural no município de Pedra Preta/RN ($-5,4545^\circ\text{S}$ / $-36,1304^\circ\text{W}$), registrado pela estação XIN 01 (Rede Sismográfica da CHESF).

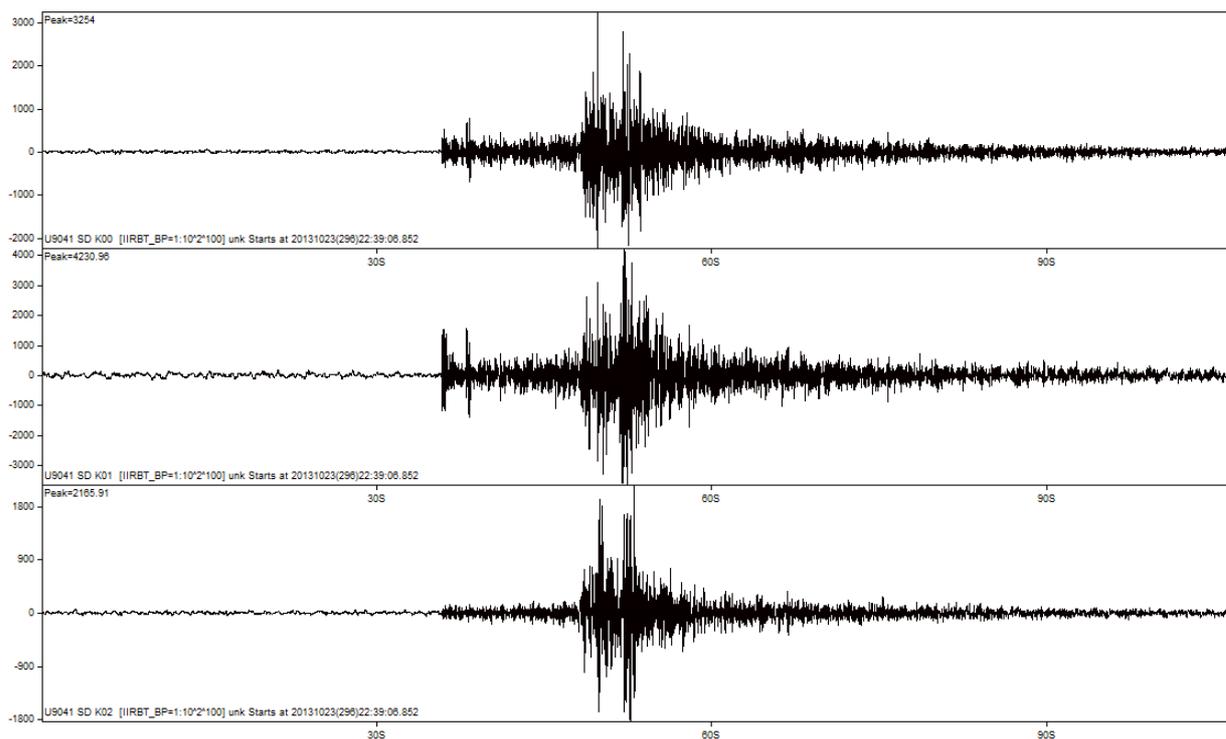


Figura 23: Registro de um evento natural regional na estação XIN 01 ocorrido em Pedra Preta/RN, com magnitude de $3,0m_b$, em 23.10.13 às 22:39:42 (UTC).

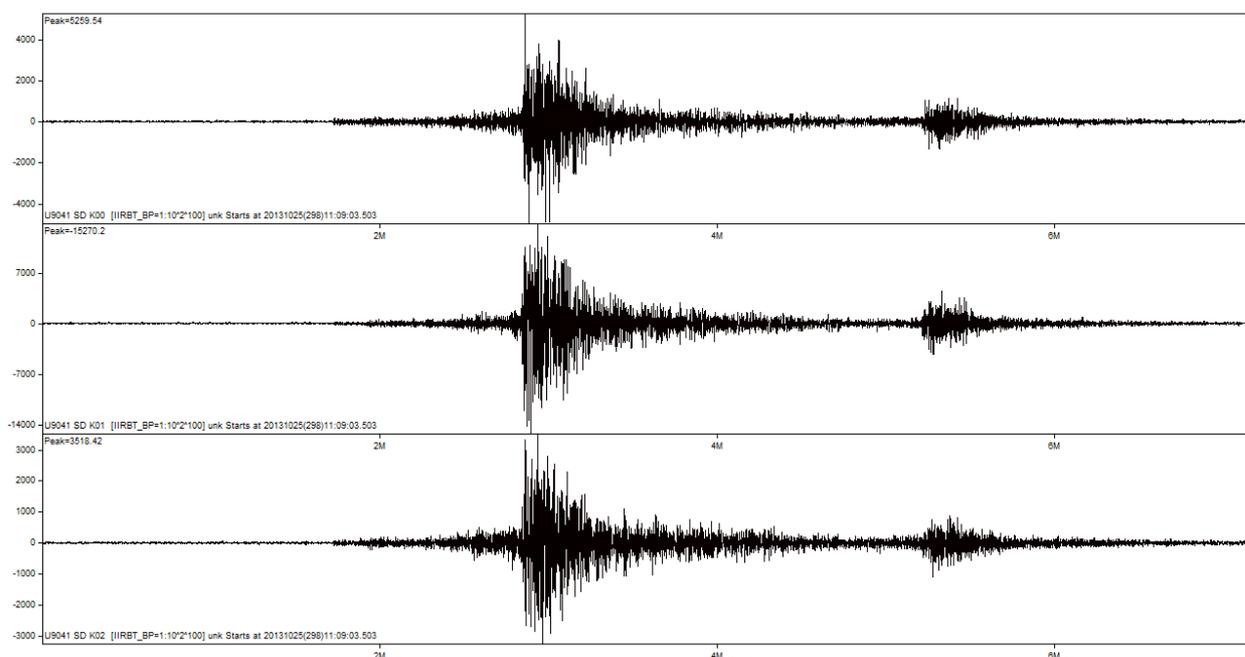


Figura 24: Registro de dois eventos naturais regionais na estação XIN 01 ocorrido em Pedra Preta/RN, sendo um com magnitude de $3,7m_b$ às 11:10:46 (UTC) e outro com magnitude de $3,5m_b$ às 11:13:59 (UTC), ambos ocorridos em 25.10.13.

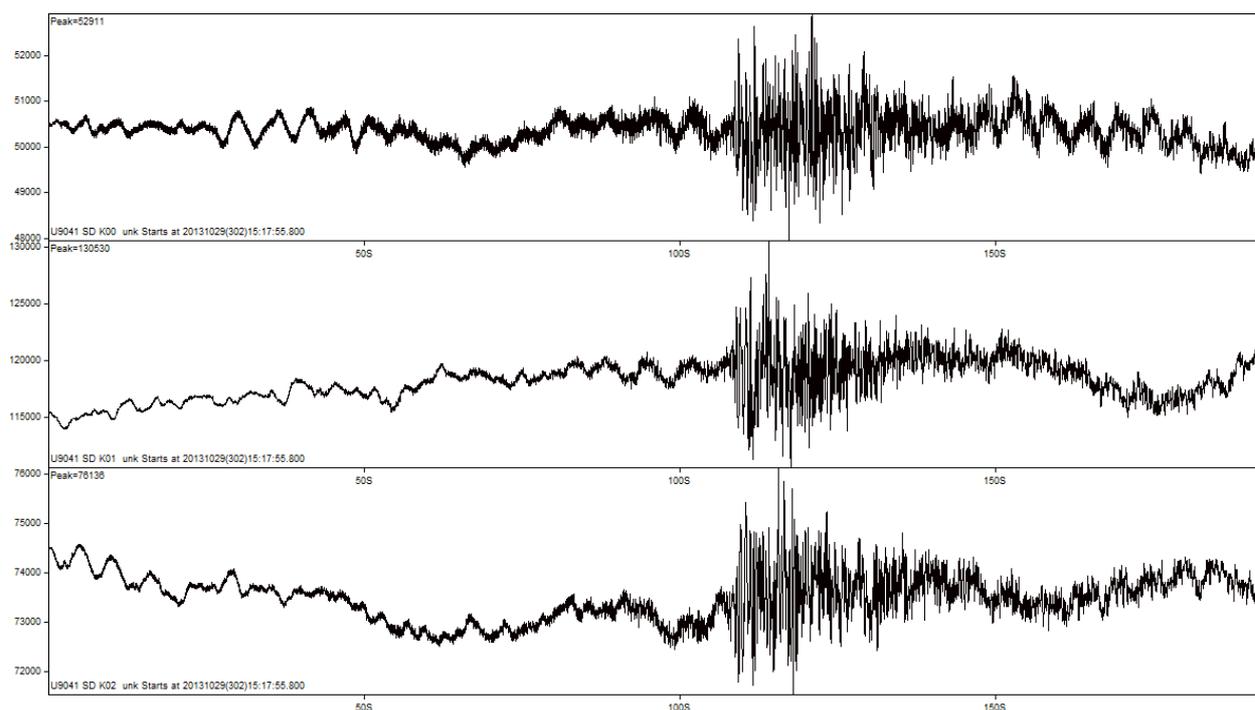


Figura 25: Registro de um evento natural regional na estação XIN 01 ocorrido em Pedra Preta/RN, com magnitude de $3,2m_b$, em 29.10.13 às 15:19:43 (UTC).

2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE XINGÓ (XIN 01)

A manutenção preventiva da estação sismográfica da UHE Xingó (XIN 01) é realizada a cada 4 meses. Durante a vistoria é verificado se o painel solar de 80Wp 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.

2.3. CONCLUSÕES

No período de 16.09.13 a 15.11.13 foram registrados 10 (dez) telessismos com magnitudes de $7,7m_b$ em Pakistan; $7,0m_b$ em Near Coast of Southern Peru; $6,8m_b$ em Pakistan; $6,0m_b$ em Offshore Sucre, Venezuela; $6,4m_b$ em Crete, Greece; $7,1m_b$ em Bohol, Philippines; $6,7m_b$ em East of South Sandwich Islands; $7,1m_b$ em Off East Coast of Honshu, Japan; $6,5m_b$ em Offshore Maule, Chile e com $6,5m_b$ em Coquimbo, Chile.

Com relação aos eventos naturais regionais registrados na estação XIN 01 ocorrido em Pedra Preta / RN são comuns nessa região. Segundo o Laboratório de Sismologia da UFRN, a atividade sísmica em Pedra Preta vem ocorrendo desde dezembro de 2010, em duas áreas distintas do município. O motivo da atividade no local seriam duas falhas sismogênica na região.

Tem sido comum o registro de eventos sísmicos no Nordeste e apesar de fraca magnitude os abalos têm se mostrado persistentes. Algumas falhas estão ativas, mas ainda não há dados suficientes para uma completa explicação do regime tectônico. Estas situações sismogênicas intraplaca também ocorrem em outras regiões brasileiras, como por exemplo, a divisa litorânea entre as Regiões Sul e Sudeste, porém carecem ainda de uma boa formulação teórica. A princípio é possível dizer que são respostas à tensão a que todas as placas tectônicas estão submetidas a partir dos movimentos constantes das mesmas, porém há efeitos locais de distribuição dessa tensão que, em geral, são poucos conhecidos.

Em anexo é apresentado 01 (um) DVD com os registros obtidos pelo sismógrafo da estação sismográfica da UHE Xingó (XIN 01) com os dados gravados em arquivos a cada 1h, no período de 16.09.13 a 15.11.13.

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, 02 de Dezembro de 2013.


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

