

**LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA
REGIÃO DO RESERVATÓRIO
DA UHE FOZ DO CHAPECÓ**

RELATÓRIO TÉCNICO

Março – Agosto de 2011

Preparado para



e elaborada pela



Setembro de 2011

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS.....	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. OPERAÇÃO DA ESFC e RSFC-P3 ENTRE MARÇO – AGOSTO DE 2011.....	6
3. ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E RSFC-P3 NO SEMESTRE MARÇO - AGOSTO DE 2011.....	8
4. MANUTENÇÃO DAS ESTAÇÕES ADICIONAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ	14
4.1 Manutenção da estação RSFC-P3	14
4.2 Manutenção da estação uniaxial RSFC-P2	16
5. CONCLUSÕES.....	18

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Calendário de operação da ESFC no semestre Março - Agosto 2011, mostrando os intervalos sem operação. A ESFC operou 86% no intervalo do presente relatório. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste.6
- Figura 2.** Calendário de operação da estação instalada no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (RSFC-P3) entre janeiro e junho de 2011, mostrando os intervalos em operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste. No primeiro intervalo de operação a componente norte-sul (verde) não funcionou.....7
- Figura 3.** Mapa mostrando a localização do epicentro do sismo nº1 da **Tabela 1** (círculo amarelo) com relação à Barragem Foz do Chapecó e às estações ESFC e RSFC-P3, e localização das Pedreiras 1 e 2, onde ocorrem alguns eventos sísmicos detectados por essas estações. Fonte (Google Earth)..... 10
- Figura 4.** Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:05,1 (UT), localizada a aproximadamente 40 km a SW da Barragem, registrado na estação RSFC-P3..... 10
- Figura 5.** Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:06,9 (UT), localizado a aproximadamente 40 km a SW da Barragem, registrado na estação ESFC. 11
- Figura 6.** Provável sismo regional com magnitude 2,4 m_d , ocorrido em 12.04.2011 as 16:24:09 (UT), localizado a aproximadamente 170 Km a SW da estação RSFC-P3. 11
- Figura 7.** Telessismo de magnitude 6,6 m_w , ocorrido na região Sul do México próximo da cidade San Juan em 07.04.2011 as 13:11:12,4 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC. 12
- Figura 8.** Telessismo de magnitude 5,1 m_b , ocorrido no norte da Argentina, próximo da cidade Santiago Del Estero em 17.04.2011 as 01:24:33,2 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC. 13
- Figura 9.** Telessismo de magnitude 6,5 m_w , ocorrido no norte do Chile em 20.06.2011 as 16:36:01,05 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC..... 13
- Figura 10.** Telessismo de magnitude 7,2 m_w , ocorrido ao Sul da Baía de Bistol, placa do pacífico em 24.06.2011 as 03:25:25,3 hora UT, que foi registrado na estação ESFC. 14
- Figura 11.** Multímetro mostrando a voltagem da bateria que alimenta o sismógrafo Guralp na estação RSFC-P3. Note que a bateria estava com 4,249 Volts, o que não é suficiente para o operar. o sismógrafo Guralp, que necessita no mínimo de 10 Volts..... 15
- Figura 12.** Foto mostrando a bateria, o controlador novo e o multímetro que indica a voltagem da bateria. Após a troca do controlador e a recarga da bateria, a estação voltou a operar normalmente. Note que a bateria esta com 13,443 Volts, esta voltagem é suficiente para o funcionamento do sismógrafo Guralp..... 15
- Figura 13.** Foto mostrando em destaque a voltagem da bateria da estação RSFC-P2. Note no visor do multímetro, 1,552 Volts apenas, a bateria estava com esta voltagem. Neste nível de carga o controlador solar não é eficaz para recarregar a bateria..... 16
- Figura 14.** Foto mostrando o multímetro, note em seu visor a voltagem da bateria após ser recarregada, 12,518 Volts. Esta voltagem é suficiente para a estação RSFC-P2 transmita os dados via telemetria..... 17
- Figura 15.** Dados registrados com o sistema telemétrico da estação RSFC-P2. A transmissão de dados reiniciou por volta das 18:00 hs do dia 30 de agosto de 2011. Na primeira linha de registro desta figura mostra-se o arquivo da hora 06 com duração de uma hora, as demais linhas são os arquivos das 07, 08 e 09 horas UT do dia 31.09.2011. 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 .Relação de eventos sísmicos locais registrados na estação ESFC e RSFC-P3 durante o semestre Março – Agosto 2011, com seus epicentros localizados com o programa WAP.	9
Tabela 2 . Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados e registrados na ESFC no semestre Março - Agosto 2011.....	12

LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA REGIÃO DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO CHAPECÓ

RELATÓRIO TÉCNICO

Março – Agosto 2011

1. INTRODUÇÃO

O serviço “Levantamentos da Atividade Sísmica na região do Reservatório da UHE Foz do Chapecó”, solicitado pela **Foz do Chapecó Energia S.A.** está sendo executado pela empresa **BERROCAL ASSOCIADOS, Soluções e Inovações Geofísicas Ltda.** Este serviço tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região desse reservatório e nas regiões vizinhas, em um raio de 100 km com centro no local da Barragem da UHE Foz do Chapecó – SC/RS, que foi construída nas coordenadas 27° 08’ 22,75” Sul e 53° 02’ 50,59” Oeste, no Rio Uruguai, próximo do extremo oeste da divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Neste relatório técnico são descritas as principais atividades relacionadas com a operação da Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) durante o semestre Março - Agosto de 2011, também são descritas as atividades relativas a manutenção das estações adicionais da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, e se apresentam os resultados da interpretação da análise e processamento dos dados sísmicos registrados pela ESFC e RSFC-P3.

Neste semestre foram efetuadas as seguintes viagens técnicas a Foz do Chapecó, com os respectivos integrantes:

- 1) Entre 17 e 19 de março de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues);
- 2) Entre 18 e 21 de maio de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues); e
- 3) Entre 29 e 31 de agosto de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues).

2. OPERAÇÃO DA ESFC E RSFC-P3 ENTRE MARÇO – AGOSTO DE 2011

No trimestre Julho - Setembro 2010 a eficiência de operação da ESFC foi de 99,7%, a maior porcentagem de eficiência trimestral conseguida até o presente relatório. Durante os meses de junho e julho de 2011 houve uma parada em cada mês no registrador da ESFC após a coleta de dados, estas falhas foram percebidas somente após 10 e 11 dias, respectivamente, quando foi feita uma nova coleta dos dados, estes intervalos sem dados podem ser vistos na **Figura 1** e por esse motivo, no semestre Março – Agosto de 2011, correspondente a este relatório, a eficiência da ESFC caiu para 86%.



Figura 1. Calendário de operação da ESFC no semestre Março - Agosto 2011, mostrando os intervalos sem operação. A ESFC operou 86% no intervalo do presente relatório. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste.

Na **Figura 2** se apresenta o calendário de operação da estação RSFC-P3 que foi instalada no dia 15 de janeiro de 2011, para operar no intervalo pós-enchimento do Reservatório Foz do Chapecó, que começou em 22 de agosto de 2010.

O sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade modelo CMG-6TD da Guralp, foi instalado nesta estação como uma medida de emergência, já que nessa época ainda não tinha sido resolvido o problema com a transmissão de dados por telemetria dos sismógrafos de período curto, que foram adquiridos para instalar a Rede Sismográfica de Foz de Chapecó.

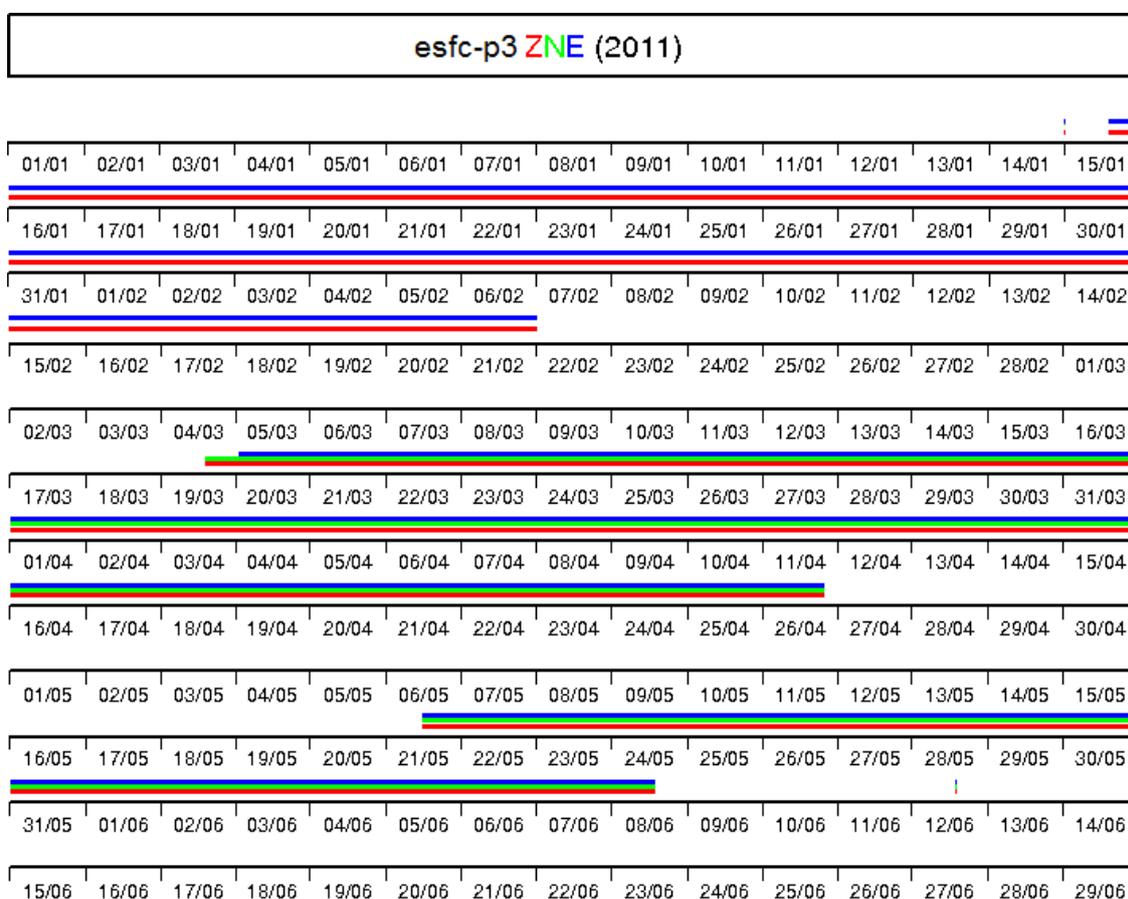


Figura 2. Calendário de operação da estação instalada no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (RSFC-P3) entre janeiro e junho de 2011, mostrando os intervalos em operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste. No primeiro intervalo de operação a componente norte-sul (verde) não funcionou.

A estação RSFC-P3 ficou sem operar em três ocasiões, entre os dias 22 de fevereiro e 19 de março devido ao preenchimento total da memória do disco desse sismógrafo naquela ocasião, e entre 26 de abril e 21 de maio de 2011, fato este que foi constatado durante a visita realizada a Foz do Chapecó no mês de maio, quando se encontrou o controlador do painel solar queimado, o qual foi consertado nesta ocasião.

Desde 21 de maio de 2011 o sismógrafo Guralp da estação RSFC-P3 operou até 08 de junho de 2011, devido a descarga da bateria que alimenta a estação. A região onde está instalada esta estação passou por um longo período de chuva, sendo assim, o painel solar não recarregou a bateria o suficiente, resultando na descarga da mesma. Durante a última visita realizada no mês de agosto, foi feita uma manutenção corretiva nesta estação e o sismógrafo voltou a operar normalmente.

No mês de maio foi reinstalada a estação RSFC-P2 com transmissão telemétrica para a ESFC; o sismógrafo desta estação tem uma autonomia de registro de aproximadamente 15 dias de dados para o seu sismógrafo triaxial, porém após a instalação da estação telemétrica RSFC-P2, essa autonomia baixou para 10 dias. Por esse motivo a coleta de dados passou a ser efetuada semanalmente. Os dados eram coletados e transmitidos para o Laboratório de Sismologia da **BERROCAL & ASSOCIADOS** pelo Eng. *Ruy*, atualmente são enviados pelo funcionário *Sandro Tetsuo Emoto* da FCE.

A instalação, na estação RSFC-P2 do sistema telemétrico, terminou no dia 20 de maio de 2011 a partir de quando o sismógrafo *eentec* ficou funcionando normalmente. Na primeira remessa de dados depois de dez dias, foi constatado que os dados enviados da estação telemétrica RSFC-P2, haviam sido registrados por cinco dias no sismógrafo de seis canais, além disso, durante estes cinco dias de registro foram percebidas algumas falhas no sinal após o terceiro dia; estas falhas não ocorreram no intervalo imediatamente após a instalação dessa estação.

3. ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E RSFC-P3 NO SEMESTRE MARÇO - AGOSTO DE 2011

No semestre Março – Agosto 2011, que está sendo considerado neste relatório, ocorreram alguns sismos de provável origem natural na área de influência do Reservatório Foz do Chapecó. Durante esse intervalo ocorreram dois eventos sísmicos, sendo um local e um regional, considerados como prováveis sismos de origem natural. Também foram registrados 9 eventos

sísmicos, que foram considerados como prováveis explosões em pedreiras ou obras de engenharia, que existem ao redor do reservatório Foz do Chapecó.

Para análise dos dados foi utilizado o programa *WAP* (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. Os resultados da análise dos dados registrados nas estações ESFC e RSFC-P3 são apresentados na **Tabela 1**, onde está indicada a data e hora de origem dos sismos naturais e os seguintes parâmetros: distância epicentral (em km), back-azimute (em graus) e duração do registro (em segundos).

Tabela 1 .Relação de sismos naturais registrados na estação RSFC-P3 durante o semestre Março – Agosto 2011, com seus epicentros localizados com o programa WAP.

Nº	Data	Ho (UT)	Lat	Long	Δ (km)	bcAz	D(s)	m_d	Observações
1	08/04/11	14:47:05.1	-27,363	-52,364	52,17	258.8	43.5	2,1	Figura 4
2	08/04/11	19:36:07.6	-27.865	-54.527	192.12	249.9	-	-	Figura 5

OBS. Ho (UT): hora de origem em tempo universal (3 horas adiantadas com relação à hora oficial do Brasil); Δ (km) é a distância epicentral com relação a RSFC-P3; **Bc-Az**, é o back-azimute ou direção de chegada das ondas sísmicas na estação RSFC-P3; m_d é o valor da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma dessa estação.

Na **Figura 3** é apresentado o epicentro do sismo 1 da **Tabela 1** e nas **Figuras 4 e 5** os registros deste sismo nas estações RSFC-P3 e ESFC, cujo epicentro foi determinado a uma distância de 40 quilômetros a SW da Barragem Foz do Chapecó, onde se observa que o registro na estação RSFC-P3 é claro (**Figura 4**) e que na estação ESFC o registro deste evento está comprometido pelo ruído local, como mostrado na **Figura 5**. Embora o registro desse sismo não esteja claro na estação ESFC, pode ser observado a existência de energia sísmica correspondente as ondas superficiais (entre 2840 e 2645 na **Figura 5**).



Figura 3. Mapa mostrando a localização do epicentro do sismo nº1 da Tabela 1 (círculo amarelo) com relação à Barragem Foz do Chapecó e às estações ESFC e RSFC-P3, e localização das Pedreiras 1 e 2, onde ocorrem alguns eventos sísmicos detectados por essas estações. Fonte (Google Earth).

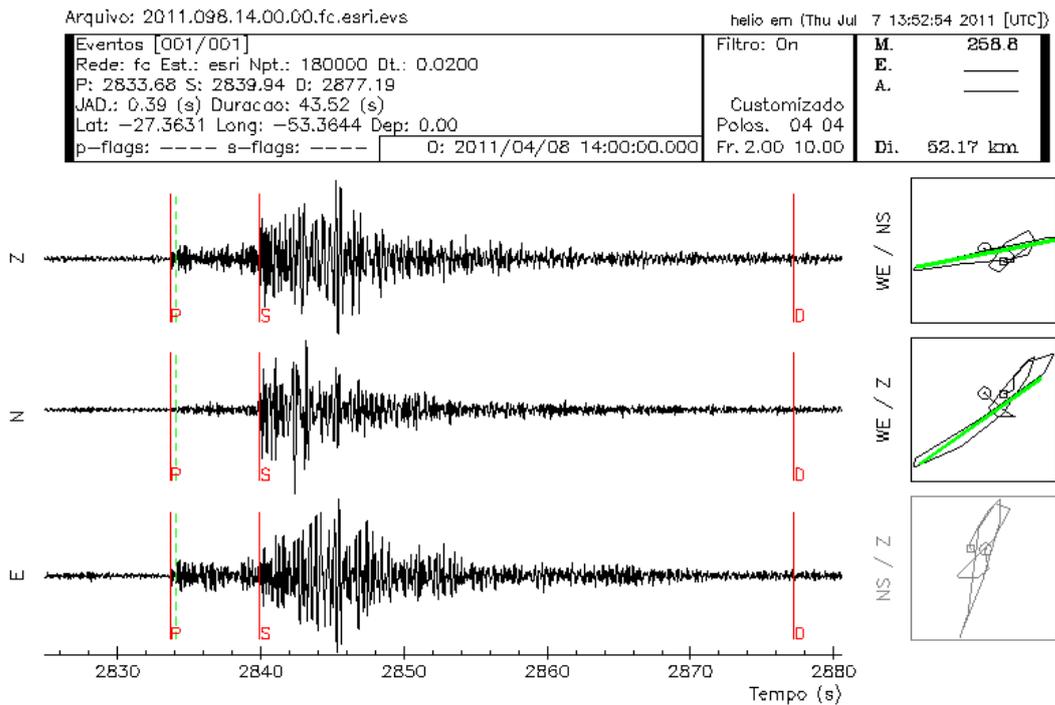


Figura 4. Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:05,1 (UT), localizada a aproximadamente 40 km a SW da Barragem, registrado na estação RSFC-P3.

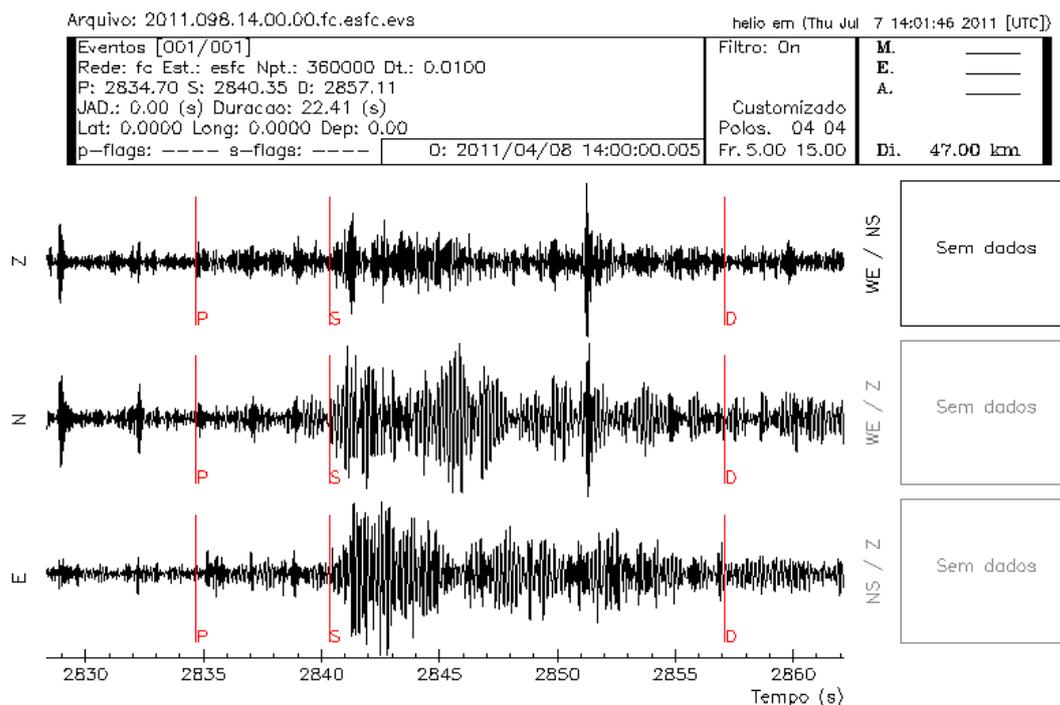


Figura 5. Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:06,9 (UT), localizado a aproximadamente 40 km a SW da Barragem, registrado na estação ESFC.

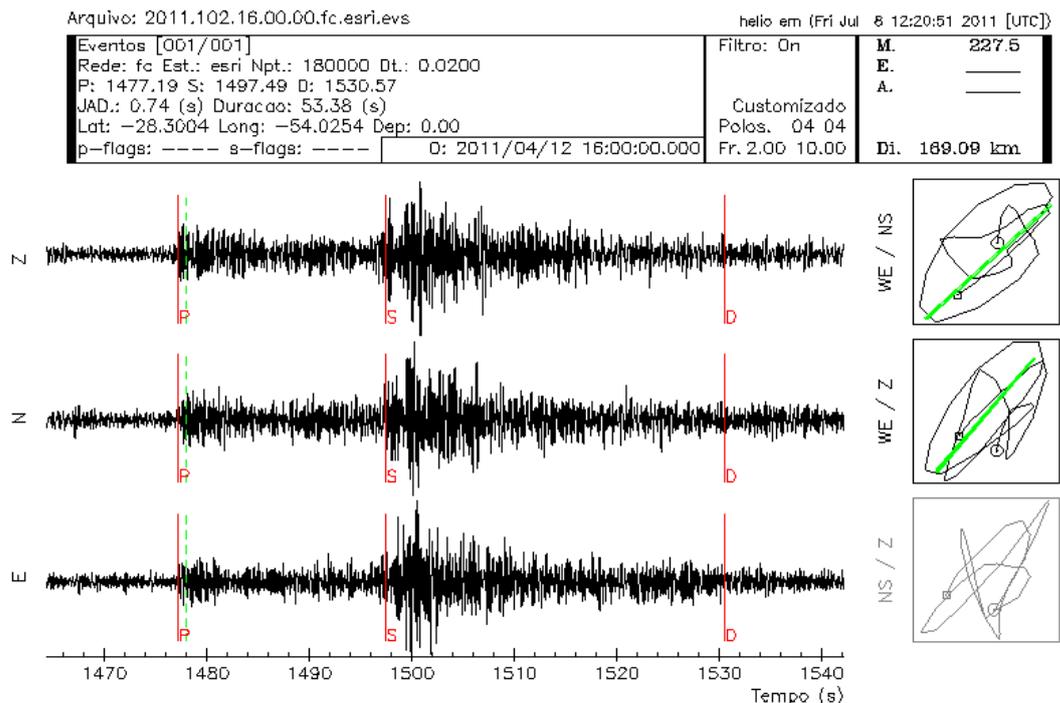


Figura 6. Provável sismo regional com magnitude 2.4 m_d , ocorrido em 12.04.2011 as 16:24:09 (UT), localizado a aproximadamente 170 Km a SW da estação RSFC-P3.

No intervalo analisado no presente Relatório, alguns telessismos foram muito bem registrados na ESFC, como se mostra na **Tabela 2** e nas **Figuras 7, 8, 9, e 10**. Estes eventos são apresentados para mostrar que a estação ESFC está operando normalmente.

Tabela 2. Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados e registrados na ESFC no semestre Março - Agosto 2011.

N°	Data	Ho(UT)	Lat	Long	h (km)	m_b	Epicentro	Observações
1	07/04/11	13:11:22,40	-17,20	-94,34	166	6,6	Sul do México	Figura 7
2	17/04/11	01:24:33,22	-27,63	-63,19	563	5,1	Norte da Argentina	Figura 8
3	20/06/11	16:36:01,05	-21,70	-68,23	127	6,5	Norte do Chile	Figura 9
4	24/06/11	03:09:39,48	52,06	-171,83	52	7,2	Ilhas do Pacífico	Figura 10

OBS. Ho (UT) é a hora de origem em Tempo Universal; h é a profundidade do foco em km; m_b é a magnitude na escala de Richter.

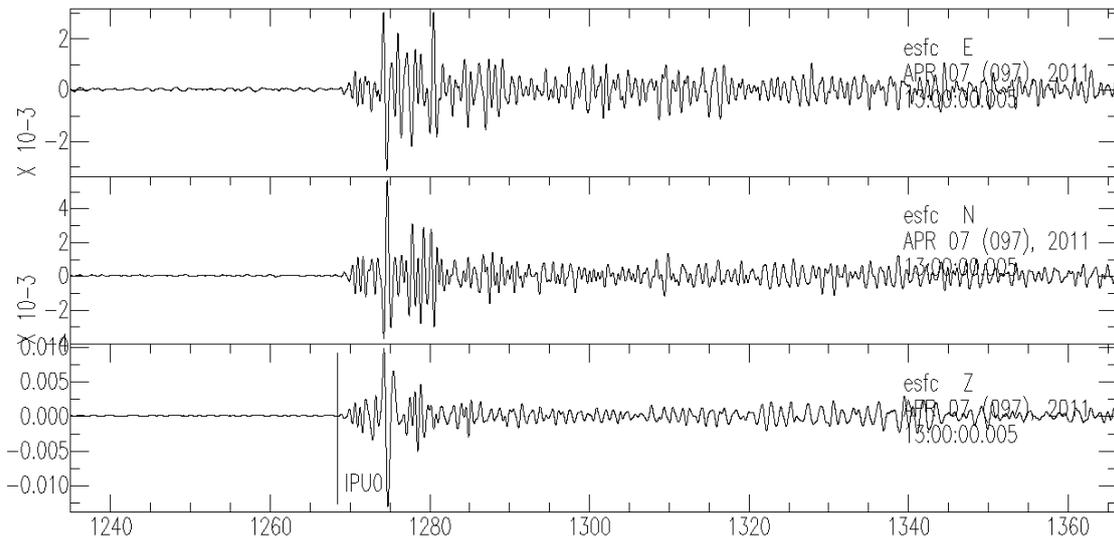


Figura 7. Telessismo de magnitude 6,6 m_w , ocorrido na região Sul do México próximo da cidade San Juan em 07.04.2011 as 13:11:12.4 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC.

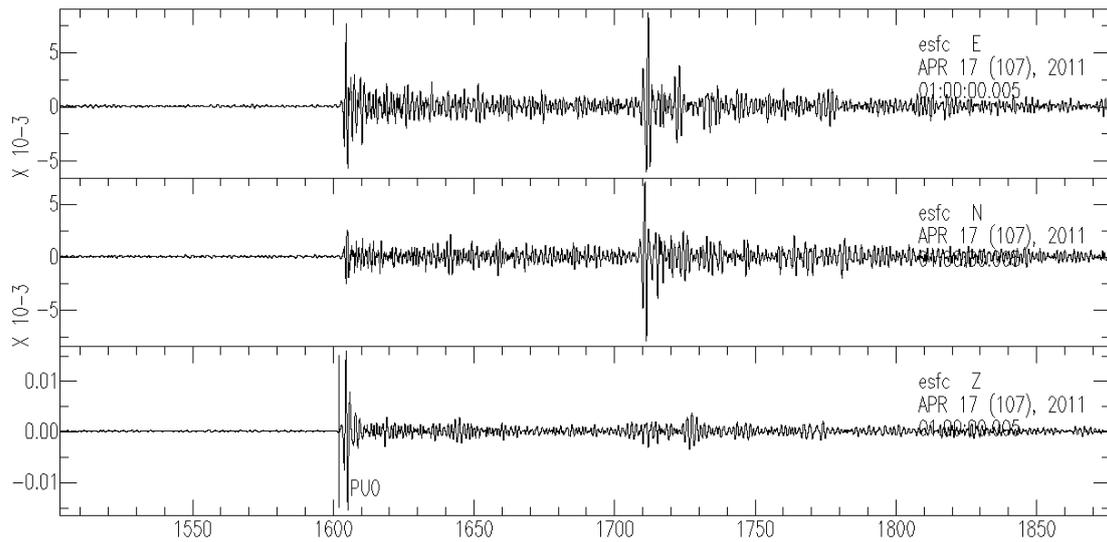


Figura 8. Telessismo de magnitude 5,1 m_b , ocorrido no norte da Argentina, próximo da cidade Santiago Del Estero em 17.04.2011 as 01:24:33,2 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.

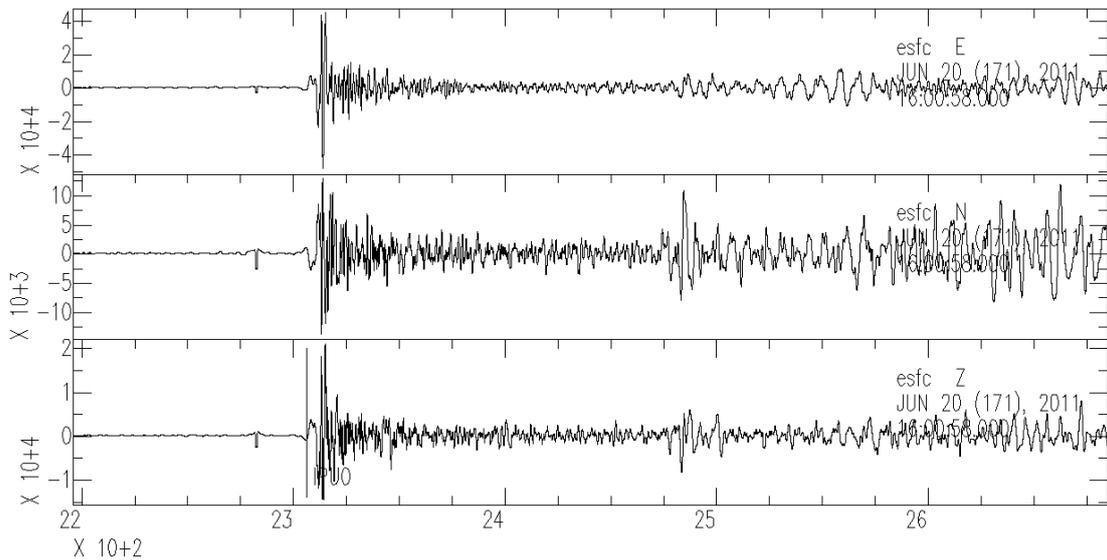


Figura 9. Telessismo de magnitude 6,5 m_w , ocorrido no norte do Chile em 20.06.2011 as 16:36:01.05 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.

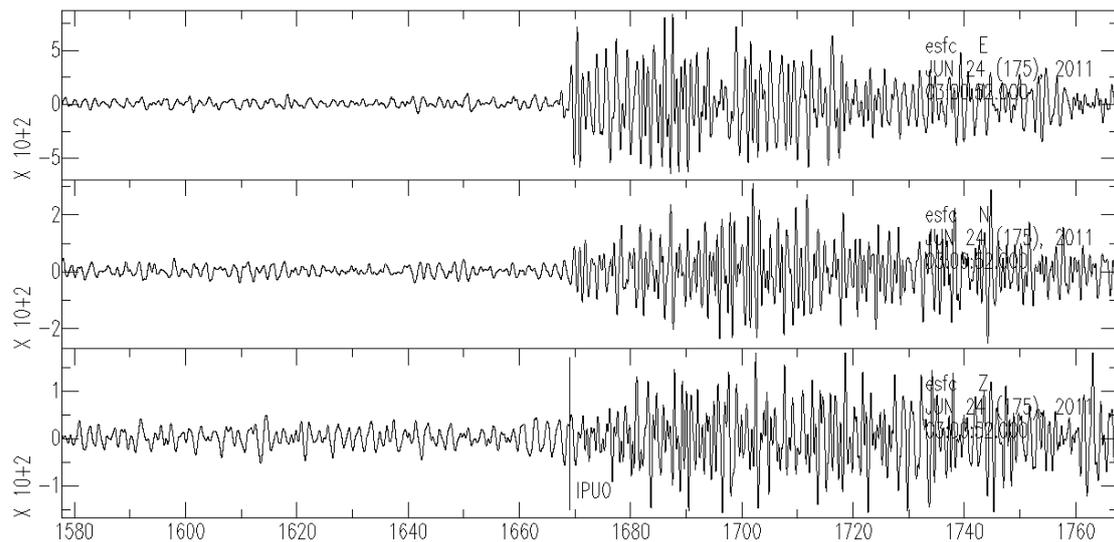


Figura 10. Telessismo de magnitude 7,2 m_w , ocorrido ao Sul da Baía de Bistol, placa do pacífico em 24.06.2011 as 03:25:25,3 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.

4. MANUTENÇÃO DAS ESTAÇÕES ADICIONAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ

4.1 Manutenção da estação RSFC-P3

Durante a visita realizada a Foz do Chapecó no mês de janeiro, foram encontrados alguns problemas nas estações RSFC-P2 e RSFC-P3 com relação a transmissão de dados para a Estação Central de Registro, localizada na ESFC, portanto foi decidido instalar na estação RSFC-P3, um sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade, para substituir os sismógrafos uniaxiais que não tinham condições de serem instalados.

O sismógrafo Guralp foi configurado, para armazenar aproximadamente 90 dias em modo cíclico, assim ele continuará registrando mesmo que a memória esteja totalmente preenchida, pois os dados mais antigos serão sobrescritos na medida que for necessário.

Durante a visita a Foz do Chapecó em agosto de 2011, foi verificado que a estação RSFC-P3 estava sem operar desde o dia 08 de junho, após revisar o funcionamento dos componentes da estação, foi encontrado que a bateria

responsável por manter a estação funcionando estava descarregada, ver **Figura 11**. A estação passou por reparos e voltou a operar normalmente após a recarga na bateria e a substituição do controlador do painel solar, como se mostra na **Figura 12**.



Figura 11. Multímetro mostrando a voltagem da bateria que alimenta o sismógrafo Guralp na estação RSFC-P3. Note que a bateria estava com 4,249 Volts, o que não é suficiente para o operar. o sismógrafo Guralp, que necessita no mínimo de 10 Volts.

Figura 12. Foto mostrando a bateria, o controlador novo e o multímetro que indica a voltagem da bateria. Após a troca do controlador e a recarga da bateria, a estação voltou a operar normalmente. Note que a bateria esta com 13,443 Volts, esta voltagem é suficiente para o funcionamento do sismógrafo Guralp.



4.2 Manutenção da estação uniaxial RSFC-P2

Na visita realizada a Foz do Chapecó, em maio de 2011, foi efetuado a instalação do sismógrafo uniaxial no abrigo da estação RSFC-P2, na qual participaram o geofísico Hélio Teixeira e o técnico Sergio Rodrigues, da **BERROCAL & ASSOCIADOS**.

A estação RSFC-P2, como se indica anteriormente, operou com algumas falhas na transmissão por cinco dias e após este período parou de funcionar. Durante a visita realizada no mês de agosto a Foz do Chapecó, foi constatado que a bateria estava descarregada, com apenas 1,552 Volts (**Figura 13**), o qual seria o principal motivo para interromper a transmissão de dados.



Figura 13. Foto mostrando em destaque a voltagem da bateria da estação RSFC-P2. Note no visor do multímetro, 1,552 Volts apenas, a bateria estava com esta voltagem. Neste nível de carga o controlador solar não é eficaz para recarregar a bateria.

A estação passou pelos reparos necessários e voltou a operar novamente. Note na **Figura 14** a voltagem da bateria após ser recarregada, 12,518 Volts medido na bateria com um multímetro.

Figura 14. Foto mostrando o multímetro, note em seu visor a voltagem da bateria após ser recarregada, 12,518 Volts. Esta voltagem é suficiente para a estação RSFC-P2 transmita os dados via telemetria.

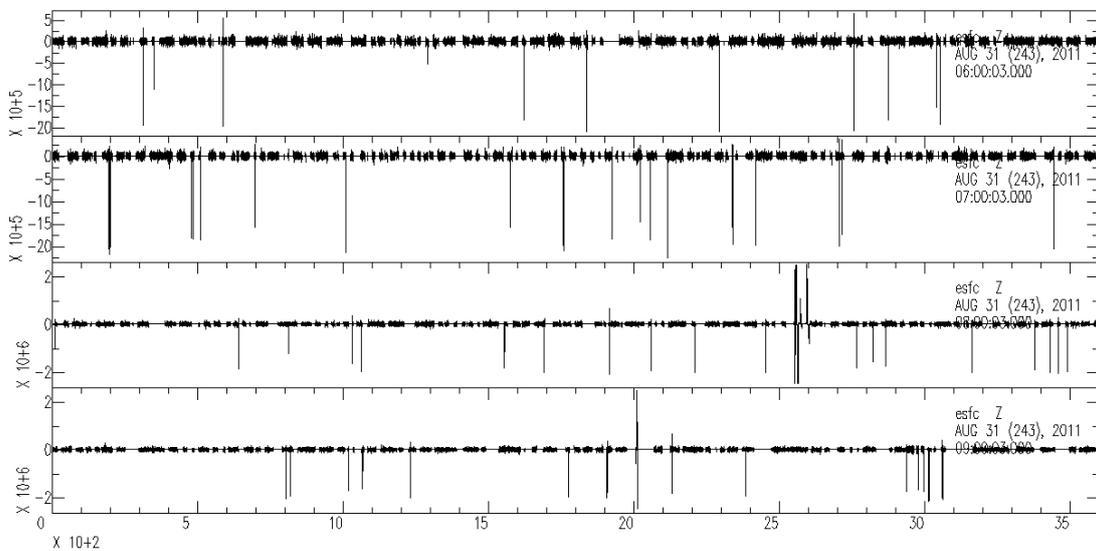


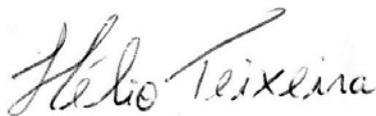
Figura 15. Dados registrados com o sistema telemétrico da estação RSFC-P2. A transmissão de dados reiniciou por volta das 18:00 hs do dia 30 de agosto de 2011. Na primeira linha de registro desta figura mostra-se o arquivo da hora 06 com duração de uma hora, as demais linhas são os arquivos das 07, 08 e 09 horas UT do dia 31.09.2011.

A manutenção na estação RSFC-P2 terminou no dia 30 de agosto de 2011, desde então os dados estão sendo enviados e registrados no registrador *eentec* que esta instalado na estação principal ESFC. A primeira remessa de dados ainda não foi enviada para nosso sistema, somente após a análise destes dados é possível verificar se as falhas na transmissão persistiram.

5. CONCLUSÕES

- 5.1 A Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) operou com uma eficiência de 86% no semestre Março – Agosto de 2011.
- 5.2 No intervalo do presente relatório ocorreu um sismos local e um sismo regional, os quais foram considerados eventos naturais e não correspondem a uma atividade induzida pelo reservatório. Também foram auscultados 9 explosões que tiveram seus epicentros correspondentes as pedreiras conhecidas na região.
- 5.3 Desde 15 janeiro de 2011, foi instalado no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (estação RSFC-P3) o sismógrafo Guralp de banda larga e de alta sensibilidade o qual está operando atualmente para substituir as estações complementares uniaxiais dessa rede. Essa estação (RSFC-P3) registrou os dois eventos sísmicos que ocorreram no intervalo deste relatório. Esta estação não obteve uma alta eficiência semelhante a estação ESFC, entretanto, o motivo das paradas da estação foram tempestade de raios que queimaram o controlador no mês de maio e um longo período de chuva, que resultou na descarga da bateria em Junho.
- 5.4 Em maio de 2011 foi instalado o sismógrafo uniaxial no ponto P2 da RSFC, infelizmente o sistema telemétrico operou, com algumas falhas no sinal, aproximadamente cinco dias. Esta estação passou por reparos e voltou a operar, entretanto não se sabe ainda se as falhas na transmissão persistiram, porque os dados registrados desde a sua instalação (31.08.2011) ainda não foram enviados para nosso sistema.

São Paulo, 15 de setembro de 2011



Hélio Teixeira
Sismólogo



Jesus Berrocal
Sismólogo

ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

BOLETIM SÍSMICO Nº 8

JANEIRO - MARÇO 2011

Preparado para



elaborada pela



São Paulo, junho de 2011

ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

BOLETIM SÍSMICO No. 8

JANEIRO - MARÇO DE 2011

No presente Boletim Sísmico são apresentados os resultados da análise dos dados registrados na Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) e no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC-P3), no trimestre JANEIRO – MARÇO de 2011.

A ESFC começou a operar em 04 de maio de 2009. Com exceção do primeiro intervalo de dois meses de operação dessa estação, quando a eficiência de operação foi menor que 50%, devido a duas longas paralisações provocadas pelo período de chuvas, a eficiência da ESFC tem sido maior que 86% nos trimestres seguintes, atingindo, no trimestre Julho - Setembro 2009, uma eficiência maior que 98% e no trimestre anterior ao presente boletim, essa eficiência foi de 91%. No trimestre JANEIRO–MARÇO, correspondente a este boletim, a eficiência da ESFC foi de 80%, como se mostra na **Figura 1**.

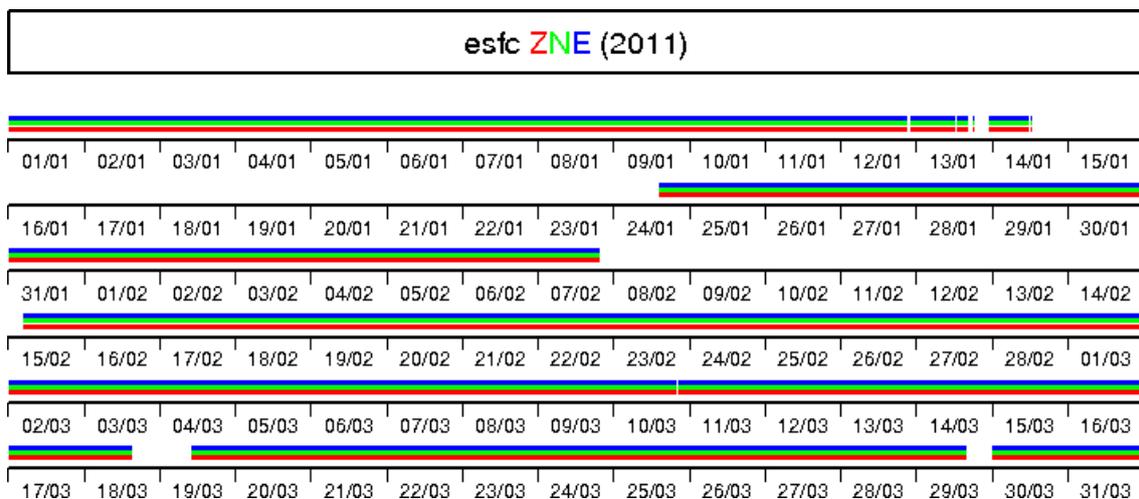


Figura 1- Calendário de operação da ESFC nos trimestre Janeiro - Março 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. A ESFC operou 80% do intervalo analisado.

No trimestre Janeiro – Março 2011, começou a ocorrer alguns defeitos técnicos no registrador da ESFC, que provocaram a paralisação da estação por alguns dias, em várias oportunidades, como pode ser visto na **Figura 1**.

Na **Figura 2** se apresenta o calendário de operação da estação ESFC-P3 que foi instalada no dia 15 de janeiro de 2011, para operar após o enchimento do Reservatório Foz do Chapecó. O sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade modelo CMG-6TD da Guralp, é o mesmo instalado anteriormente no ponto 2. Este equipamento foi instalado nessa estação como uma medida de emergência, já que nessa época ainda não tinha sido resolvido o problema com as frequências dos sismógrafos de período curto, que foram adquiridos para instalar a Rede Sismográfica de Foz de Chapecó. Esse sismógrafo Guralp instalado na estação ESFC-P3 operou até 21 de fevereiro, porque foi preenchida completamente a memória do disco desse sismógrafo. Os dados registrados correspondentes a este trimestre foram recuperados durante a visita dos técnicos de nossa empresa efetuada entre 17/03 e 19/03 de 2011.

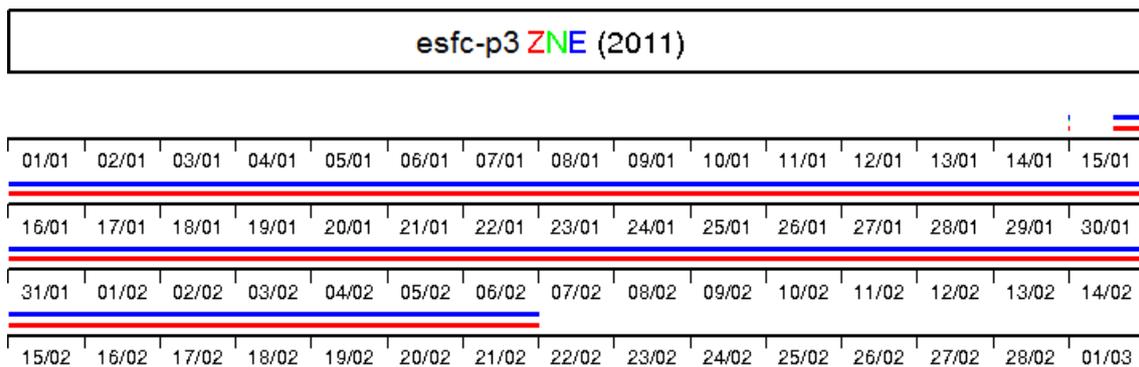


Figura 2- Calendário de operação da ESFC-P3 no trimestre Janeiro - Março 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, e azul, componente leste-oeste. A componente norte-sul não registrou nenhum dado, porque o sismógrafo apresentou um problema técnico.

Para análise dos dados foi utilizado o programa WAP (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. Os resultados da análise das duas estações (ESFC e ESFC-P3) são apresentados na **Tabela 1**, onde está indicada a data e hora de chegada da onda P dos eventos sísmicos registrados na estação ESFC-P3 e os seguintes parâmetros: distância da barragem (em

km), epicentro, tempo de chegada da onda P e magnitude calculada em função da duração do evento.

Tabela 1- Relação de eventos sísmicos locais registrados na estação ESFC e ESFC-P3 durante o trimestre Janeiro – Março 2011, com seus epicentros localizados com o programa WAP.

Nº	Data	Tempo (P)	Lat.	Long.	Dist. Barragem	m_d	Observação	Figura
1	21-jan	18:06:55,69	-	-	~20 Km	1,8	explosão	Fig. 4
2	24-jan	15:53:56,40	-27,22	-52,88	18 km SE	0,6	sismo local	Fig. 5a
3	26-jan	18:58:46,89	-28,07	-52,16	125 km ONN	1,7	sismo local	Fig. 6a
4	27-jan	17:45:32,18	-27,24	-52,50	55 km ESE	2,2	sismo local	Fig. 7a
5	2-fev	17:05:24,37	-27,22	-53,31	28 km WSW	1,7	sismo local	Fig. 8a
6	2-jan	22:21:59,08	-25,48	-51,71	227 km NN	-	sismo regional	Fig. 9a
7	8-fev	21:30:23,47	-	-	137 km Leste P3	1,7	possível exp.	Fig. 10
8	11-fev	21:47:02,54	-	-	127 Km Leste P3	1,7	possível exp.	Fig. 11
9	15-fev	16:28:24,61	-26,17	-52,16	139 km	1,7	sismo local	Fig. 12a
10	15-fev	18:38:11,96	-27,07	-52,90	16 km NE	1,7	sismo local	Fig. 13a
11	19-fev	07:43:26,84	-27,32	-52,64	44 km WS	1,6	sismo local	Fig.14a

OBS. Tempo (UT): hora de chegada da onda P em tempo universal (3 horas adiantadas com relação à hora oficial do Brasil); **Lat.** e **Long.** são as coordenadas do epicentro; m_d é o valor médio da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma.

A determinação dos epicentros dos eventos 1, 7 e 8 ficou comprometida, porque o sinal registrado destes eventos na estação ESFC foi afetado pelo ruído de fundo, e mesmo com a utilização da estação ESFC-P3 não foi possível realizar esta determinação com precisão, lembrando que a estação ESFC-P3 não registrou dados na componente norte-sul.

Durante o trimestre Janeiro – Março 2011 foram registrados alguns sismos locais na estação e um sismo regional na estação ESFC. Foram localizadas duas prováveis explosões. Os epicentros dessas explosões e dos sismos locais são apresentados no mapa da **Figura 3** e os registros dos eventos no formato SAC, são mostrados a partir da **Figuras 4**.

Foram registrados pela ESFC, no trimestre Janeiro – Março 2011, vários telessismos e um sismo regional ocorrido próximo de Guarapuava-PR na região sul do Brasil.

Tabela 2- Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados, registrados na ESFC no trimestre Janeiro - Março 2011.

N°	Dia	Ho (UT)	Lat.	Long.	Prof.km	mb	Origem	Figura
1	1-jan	09:56:58,06	-26,79	-63,09	576	7,0	Santiago – ARG	Fig. 15
2	2-jan	20:20:17,69	-38,37	-73,35	24	7,1	Araucania – Chile	Fig. 16
3	6-mar	12:31:59,70	-18,04	-69,34	118	6,3	Tarapaca – Chile	Fig. 17
4	11-mar	05:46:24,61	38,30	142,32	32	9,0	Japão	Fig. 18

OBS. Ho (UT) é a hora de origem em Tempo Universal; h é a profundidade do foco em km; m_b é a magnitude na escala de Richter.

No intervalo do presente Boletim, ocorreram eventos sísmicos locais, alguns destes eventos, tiveram seus epicentros a poucos quilômetros da margem do reservatório. Devido a pouca precisão na localização dos epicentros, alguns desses eventos podem corresponder a prováveis sismos induzidos pelo reservatório, principalmente o sismo n° 2 localizado mais próximos da barragem.

A estação ESFC-P3 apresentou ótimos registros, o que foi importante para determinação dos epicentros dos eventos locais, com magnitude variando de 0,6 a 2,2 m_d (ver **Tabela 1**), isto nos garante que a estação ESFC-P3 pode registrar pequenos sismos com magnitude m_d ≥ 0,6, que possam ocorrer no reservatório.

São Paulo 06 de junho de 2011



Jesus Berrocal
Sismólogo



Hélio Augusto C. Teixeira
Técnico Analista

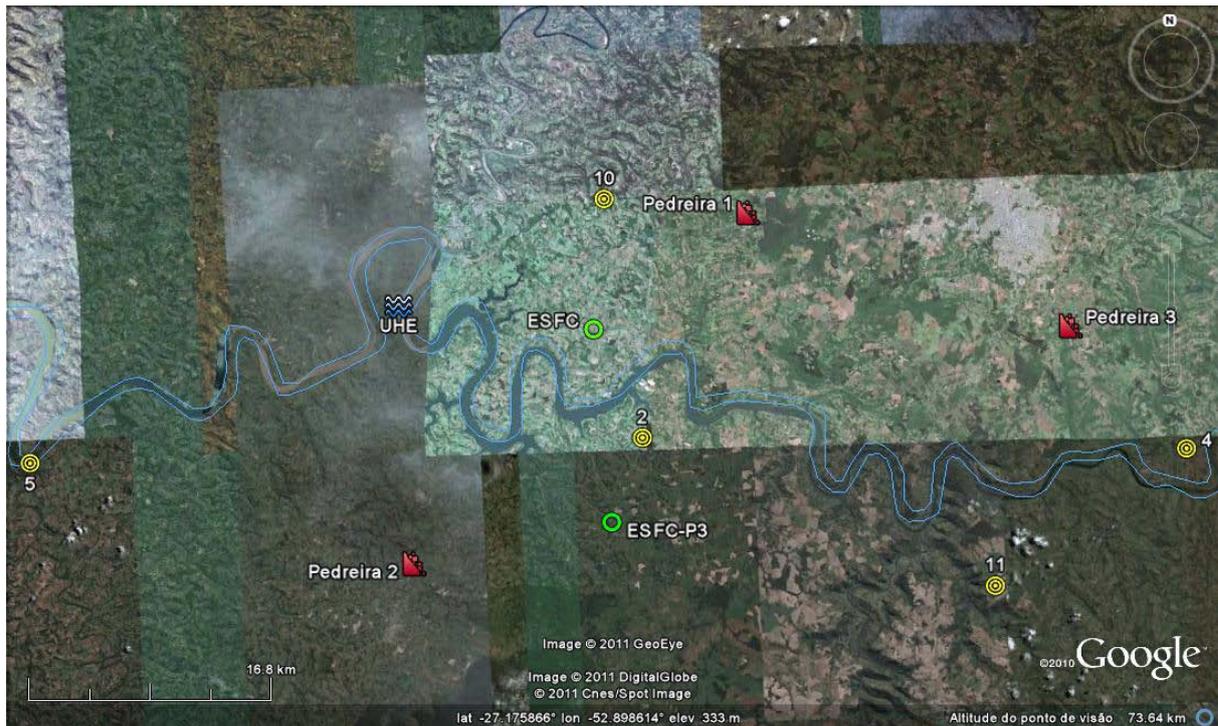


Figura 3.- Mapa mostrando a localização dos epicentros dos eventos sísmicos próximos, relacionados na **Tabela 1** (círculos amarelos), a localização da Barragem Foz do Chapecó, das estações ESFC e ESFC-P3, da Pedreira 1, localizada na beira da estrada BR-283, da Pedreira 2, localizada na beira da estrada RS-324 e da pedreira 3 próximo a estrada BR-480, utilizando o Google Earth.

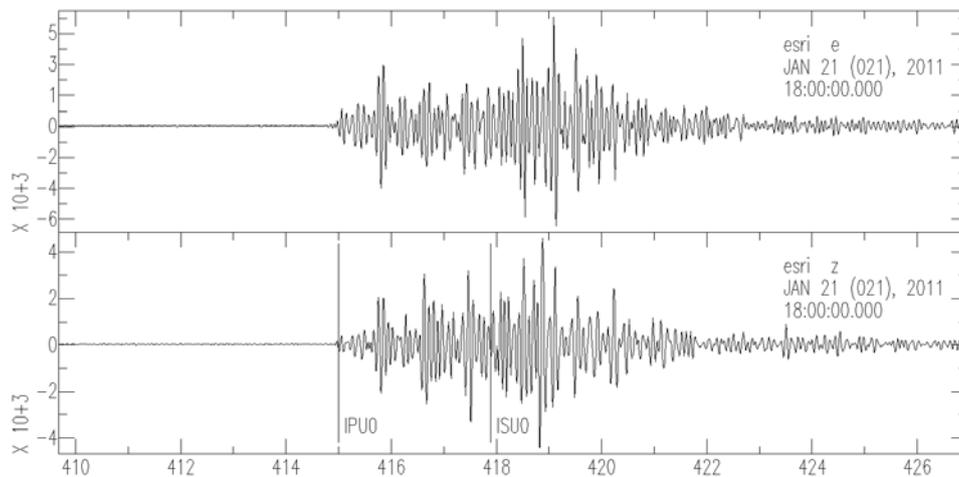


Figura 4.- Provável explosão, ocorrida em 21.01.2011 às 18:06 h (UT) na estação ESFC-P3, localizada a aproximadamente 20 km da barragem.

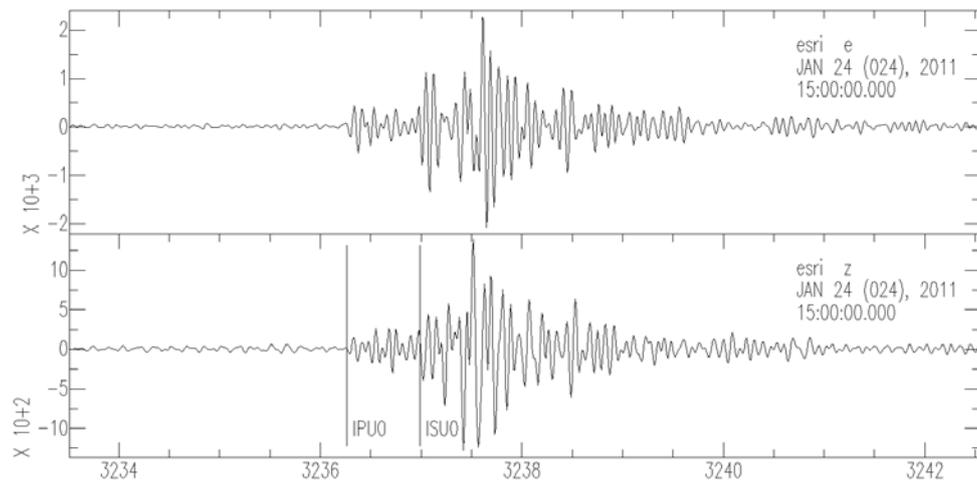


Figura 5a.- Sismo local, ocorrido em 24.01.2011 as 15:53 h (UT), localizado a aproximadamente 18 km SE da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

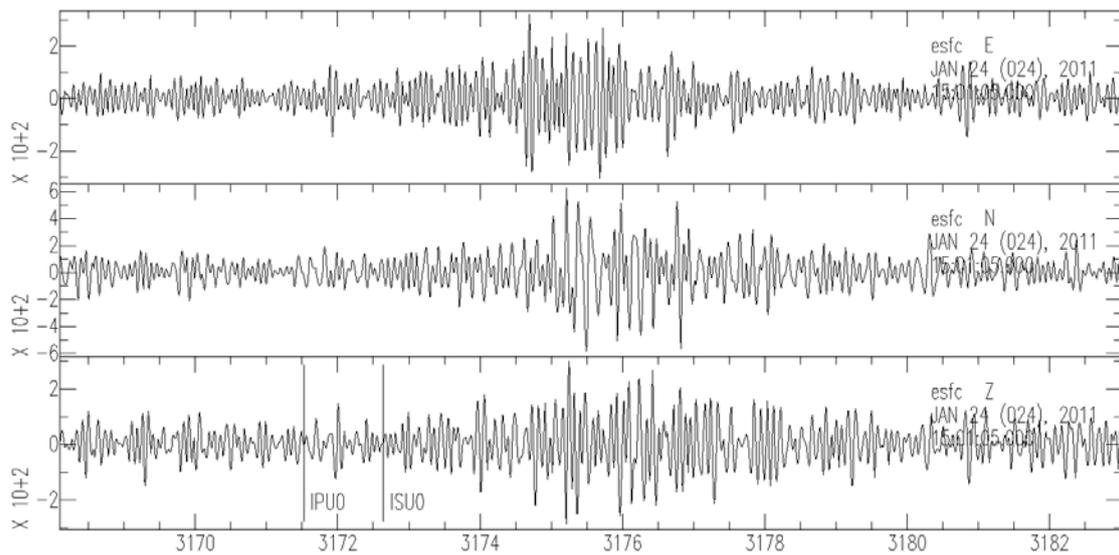


Figura 5b.- Sismo local, ocorrido em 24.01.2011 as 15:53 h (UT), localizada a aproximadamente 18 km SE da barragem, registrado na estação ESFC.

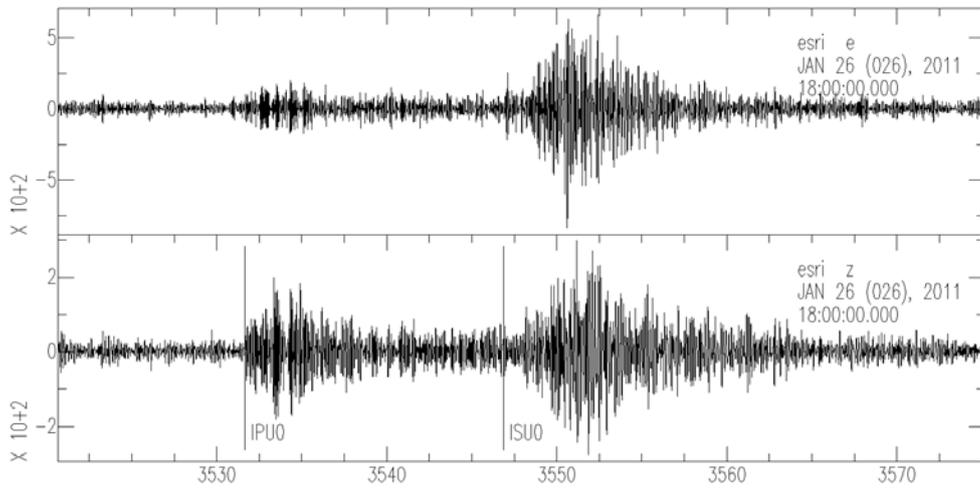


Figura 6a.- Sismo local, ocorrido em 26.01.2011 as 18:58 h (UT), localizado a aproximadamente 125 km ONN da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

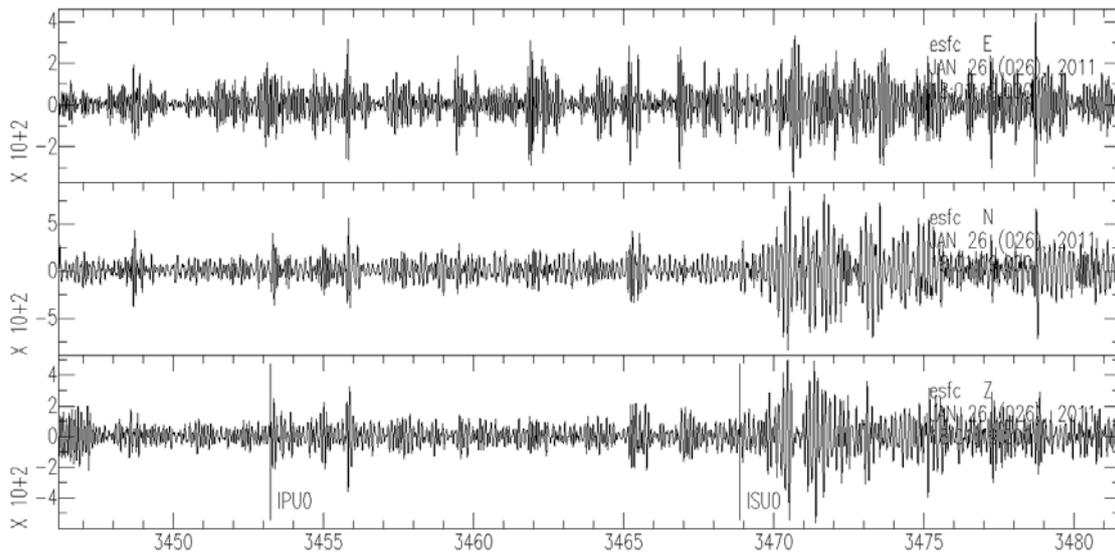


Figura 6b.- Sismo local, ocorrido em 26.01.2011 as 18:58 h (UT), localizado a aproximadamente 125 km ONN da barragem, registrado na estação ESFC.

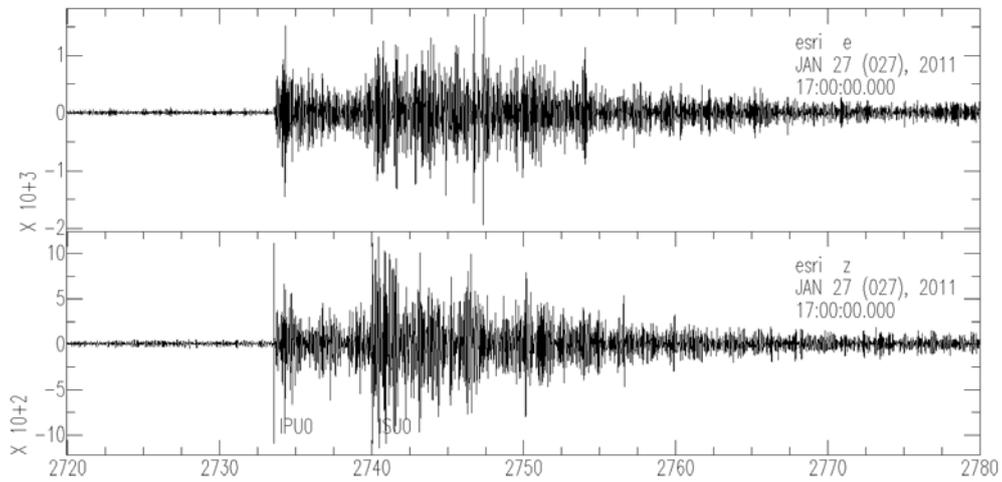


Figura 7a.- Sismo local, ocorrido em 27.01.2011 as 17:45 h (UT), localizado a aproximadamente 55 km ESE da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

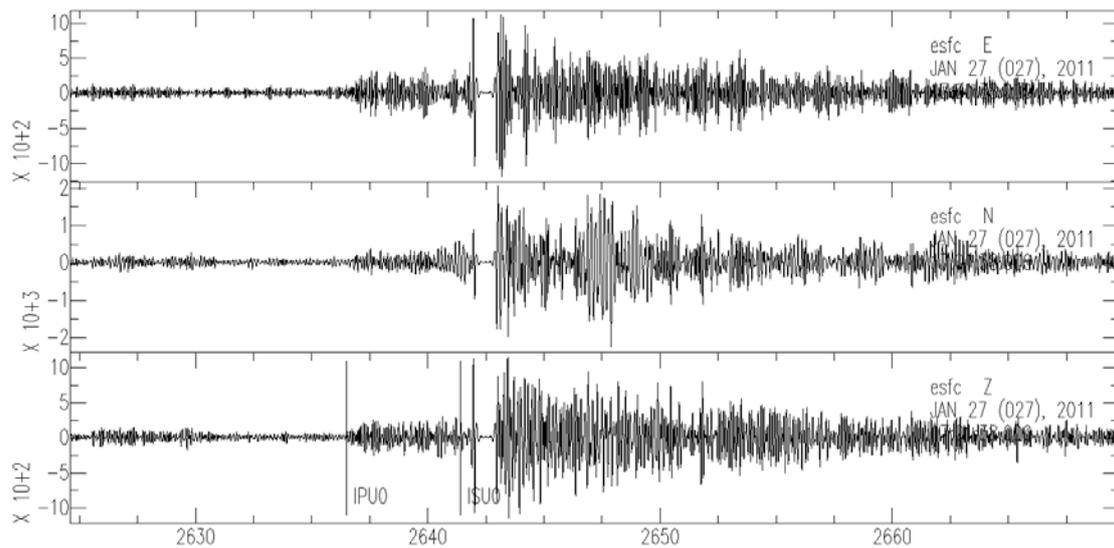


Figura 7b.- Sismo local, ocorrido em 27.01.2011 as 17:45 h (UT), localizado a aproximadamente 55 km ESE da barragem, registrado na estação ESFC.

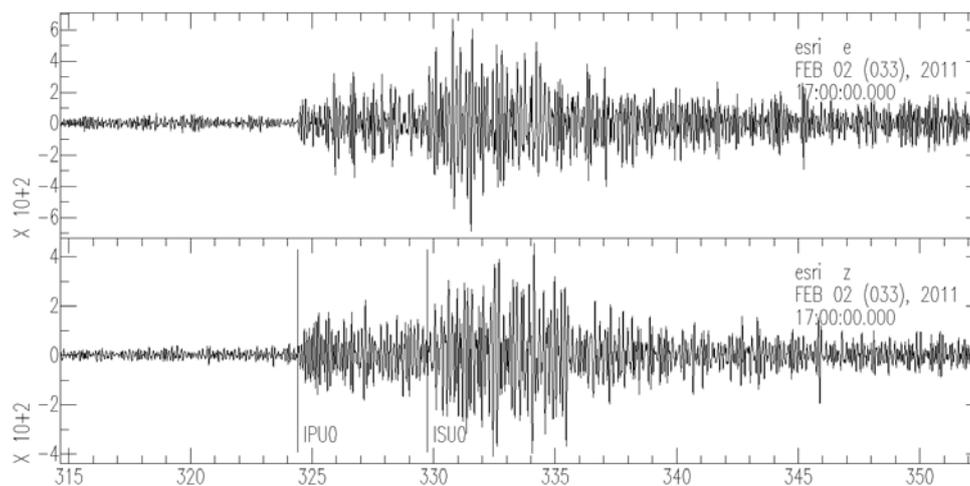


Figura 8a.- Sismo local, ocorrido em 02.02.2011 as 17:05 h (UT), localizado a aproximadamente 28 km ESE da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

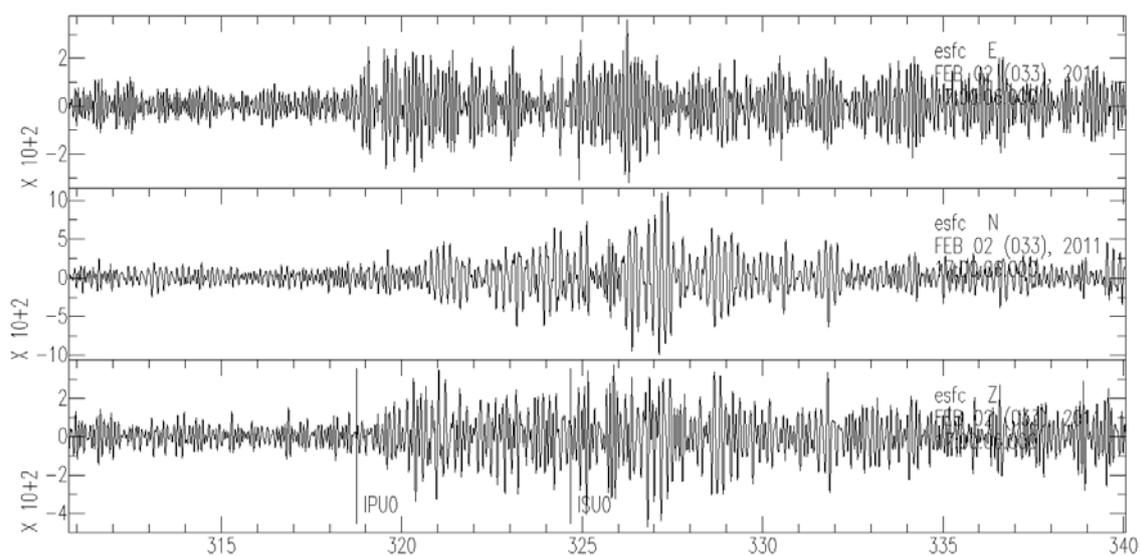


Figura 8b.- Sismo local, ocorrido em 02.02.2011 as 17:05 h (UT), localizado a aproximadamente 28 km WSW da barragem, registrado na estação ESFC.

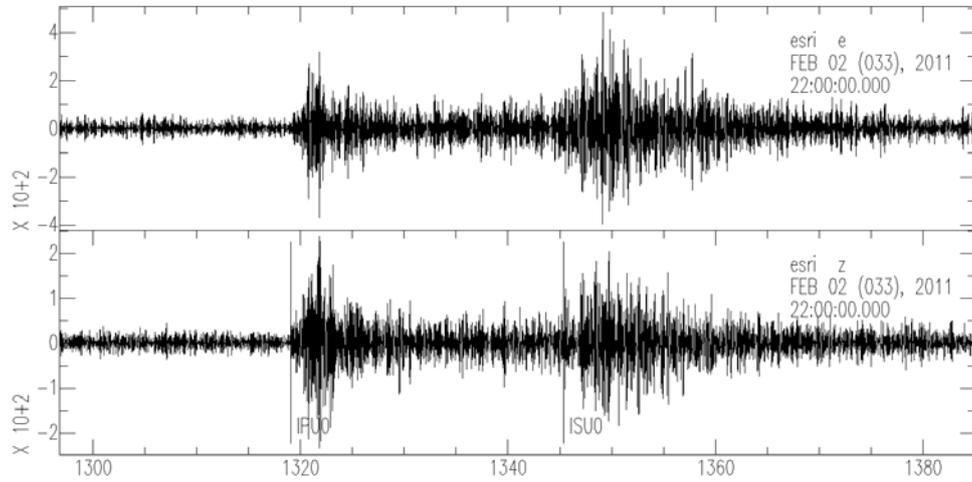


Figura 9a.- Sismo regional, ocorrido em 02.02.2011 as 22:21 h (UT), localizado a aproximadamente 221 km NN da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

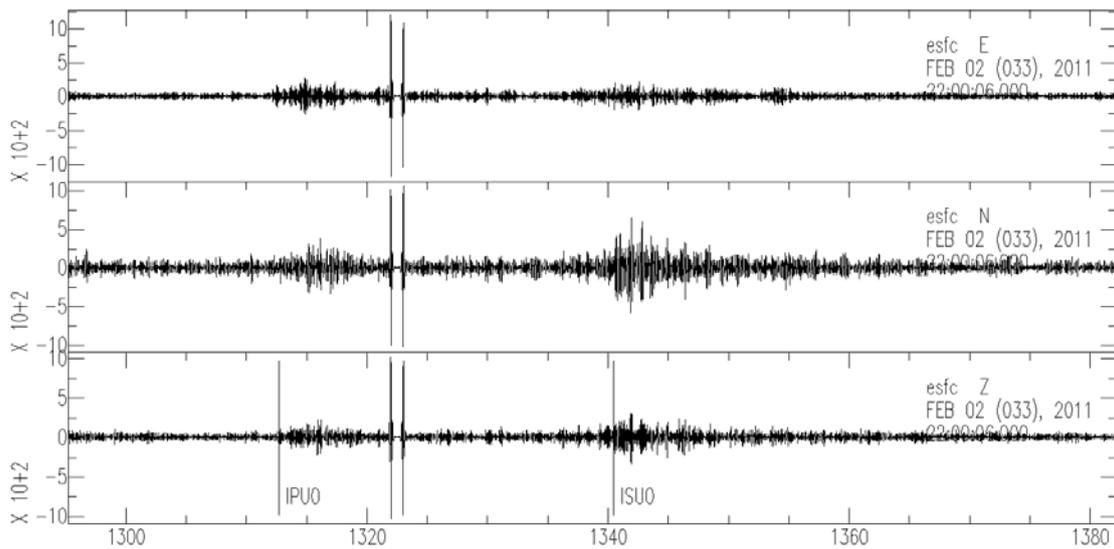


Figura 9b.- Sismo regional, ocorrido em 02.02.2011 as 22:21 h (UT), localizado a aproximadamente 221 km NN da barragem, registrado na estação ESFC.

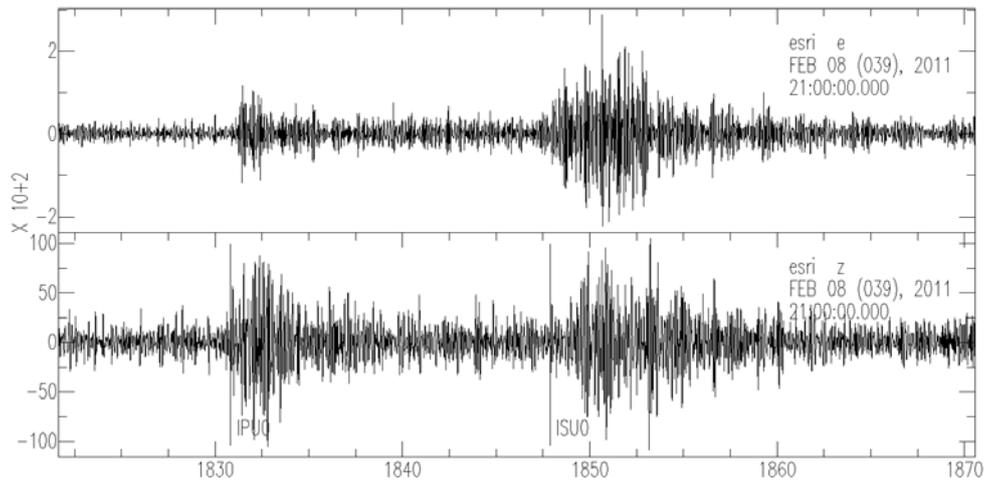


Figura 10.- Provável explosão, ocorrida em 08.02.2011 as 21:30 h (UT), localizada a aproximadamente 127 km na direção leste da estação ESFC-P3.

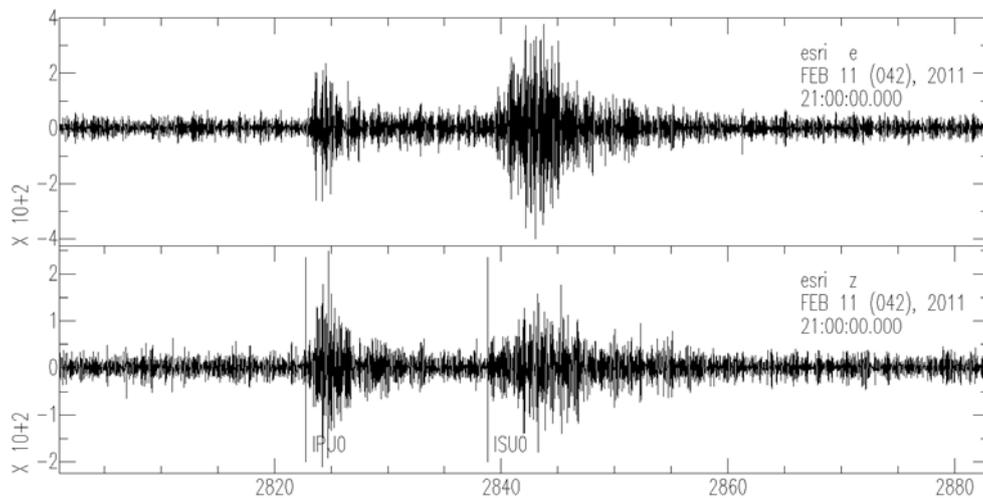


Figura 11.- Provável explosão, ocorrida em 11.02.2011 as 21:47 h (UT), localizada a aproximadamente 137 km na direção leste da estação ESFC-P3.

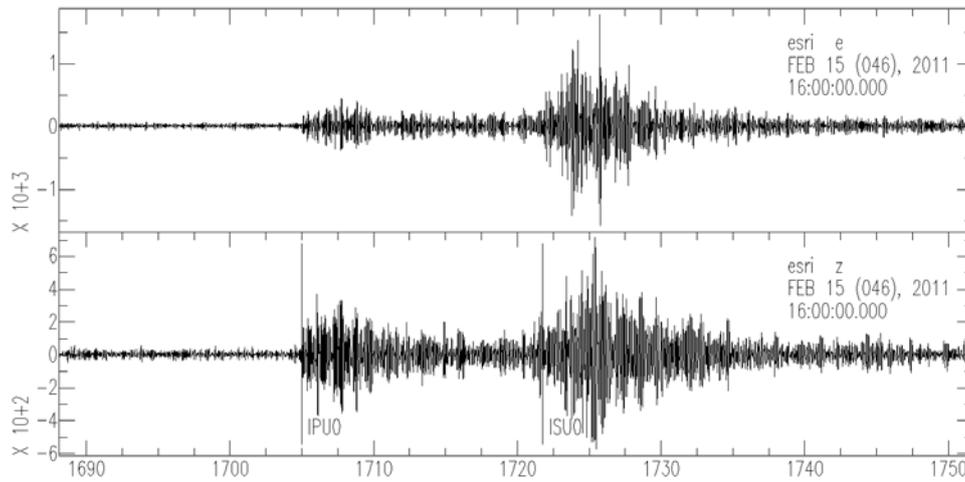


Figura 12a.- Sismo regional, ocorrido em 15.02.2011 as 16:28 h (UT), localizado a aproximadamente 139 km da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

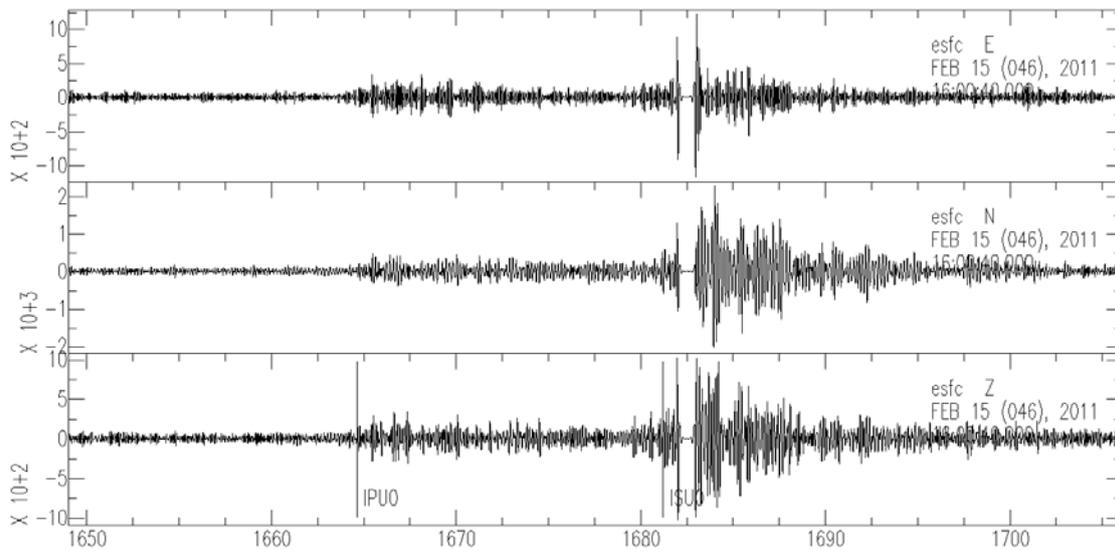


Figura 12b.- Sismo regional, ocorrida em 15.02.2011 as 16:28 h (UT), localizado a aproximadamente 139 km da barragem, registrado na estação ESFC.

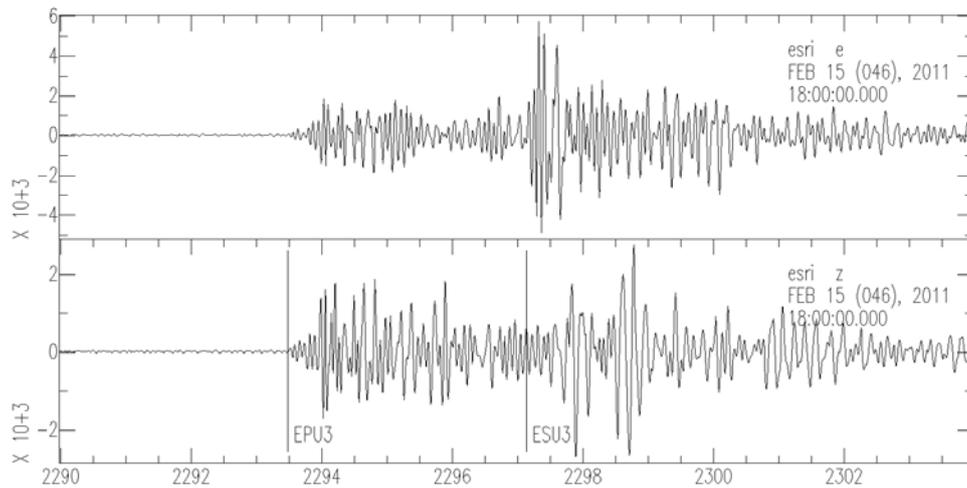


Figura 13a.- Sismo local, ocorrido em 15.02.2011 às 18:38 h (UT), localizado a aproximadamente 16 km NE da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

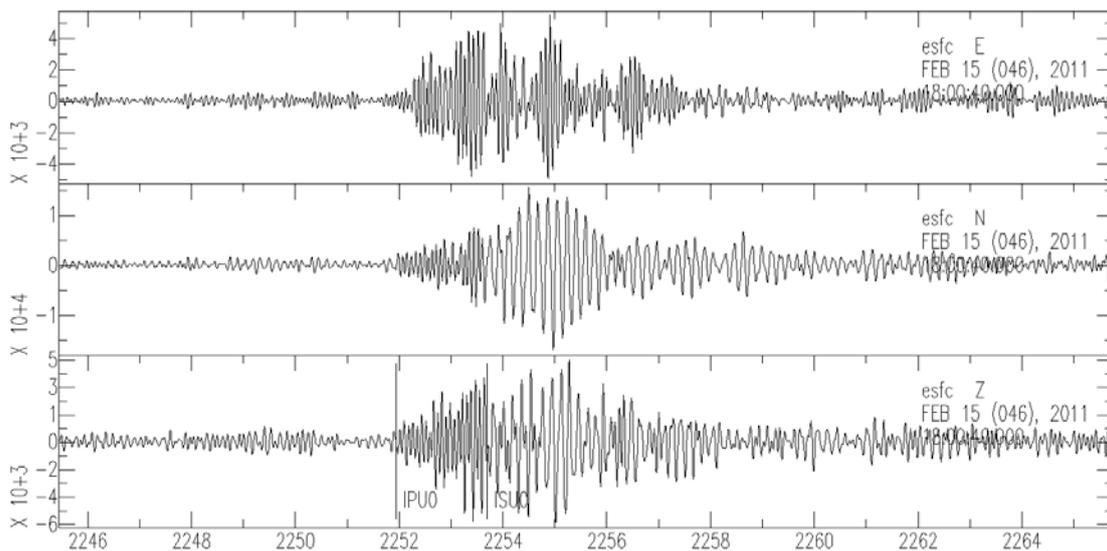


Figura 13b.- Sismo local, ocorrido em 15.02.2011 às 18:38 h (UT), localizado a aproximadamente 16 km NE da barragem, registrado na estação ESFC.

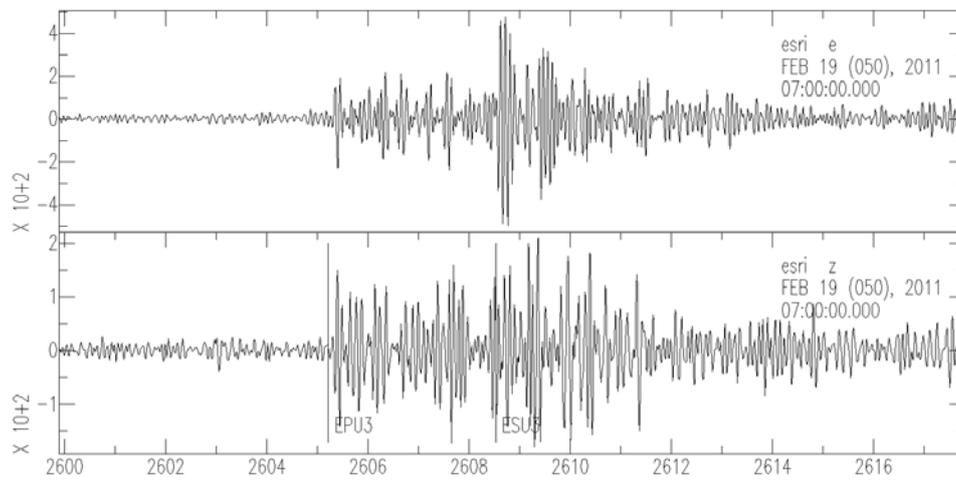


Figura 14a.- Sismo local, ocorrido em 19.02.2011 as 07:43 h (UT), localizado a aproximadamente 44 km WS da barragem, registrado na estação ESFC-P3.

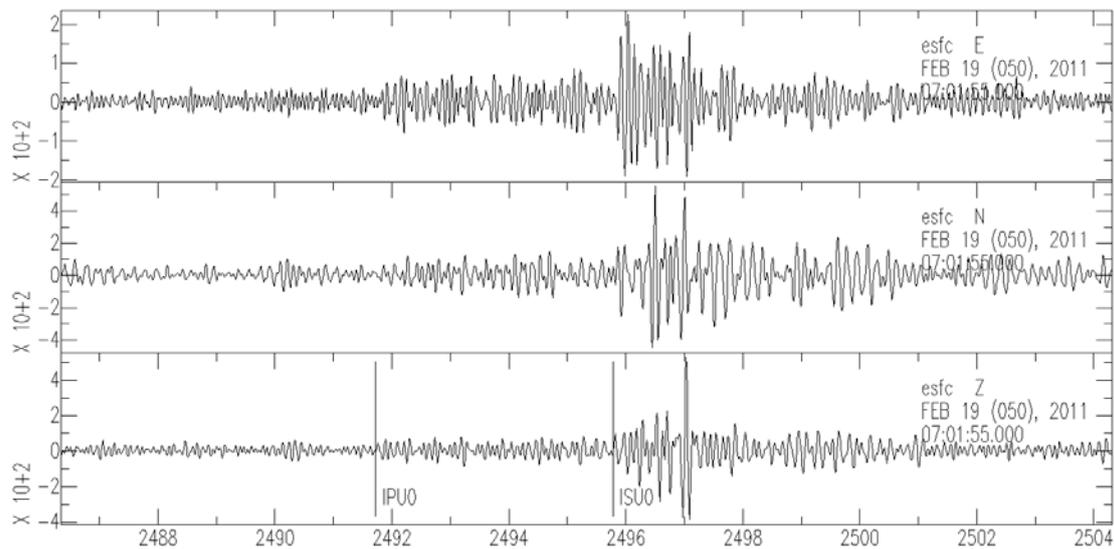


Figura 14b.- Sismo local, ocorrido em 19.02.2011 as 07:43 h (UT), localizado a aproximadamente 44 km WS da barragem, registrado na estação ESFC.

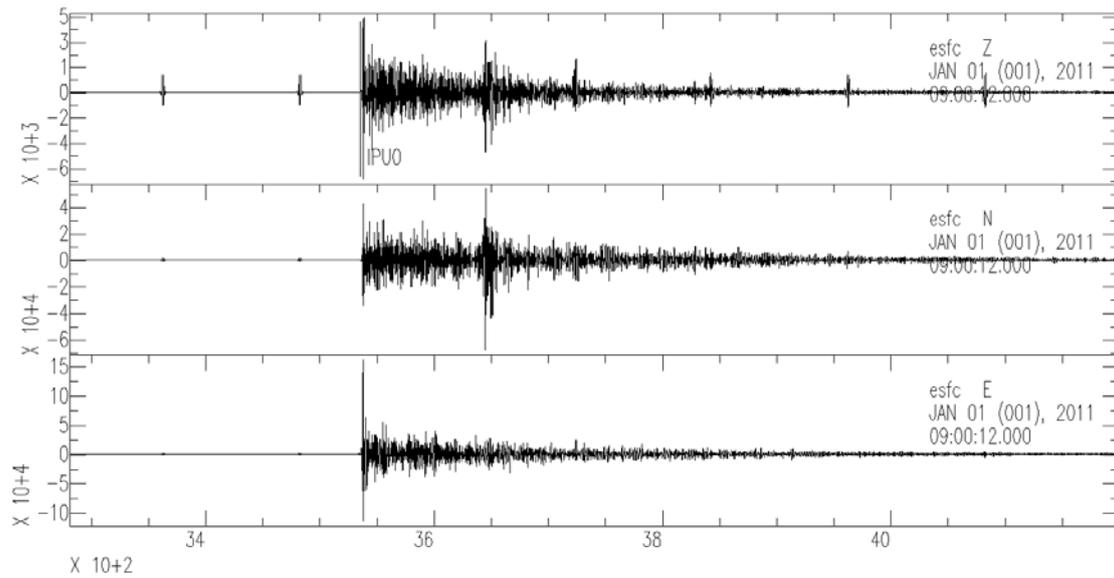


Figura 15- Telessismo de magnitude m_b 7,0 ocorrido na região Santiago del estero – Argentina em 01 de janeiro de 2011, as 09:56:58 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC.

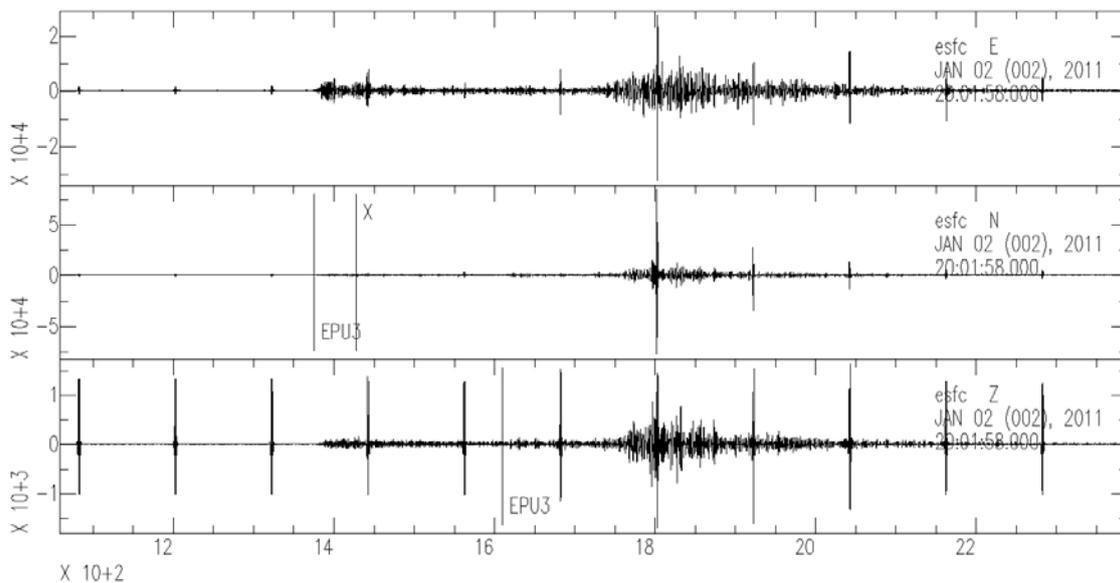


Figura 16- Telessismo de magnitude 7,1 m_b , ocorrido na cidade de Araucária no Chile em 02 de janeiro de 2011 as 20:20:17 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.

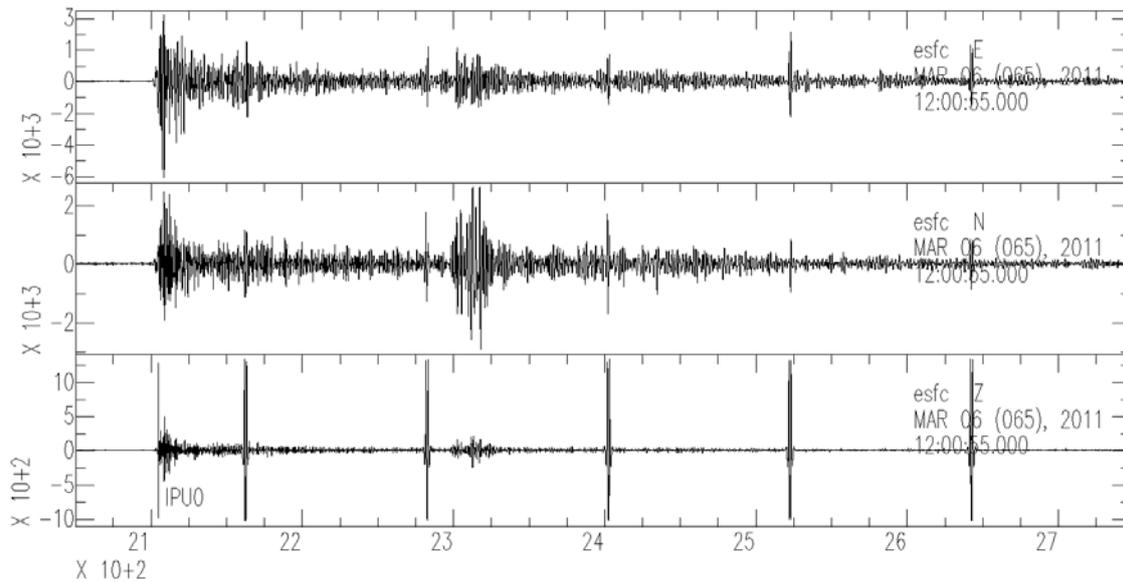


Figura 17- Telessismo de magnitude 6,3 m_b , ocorrido na cidade de Taparaca no Chile em 06 de março de 2011 as 12:31:59 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.

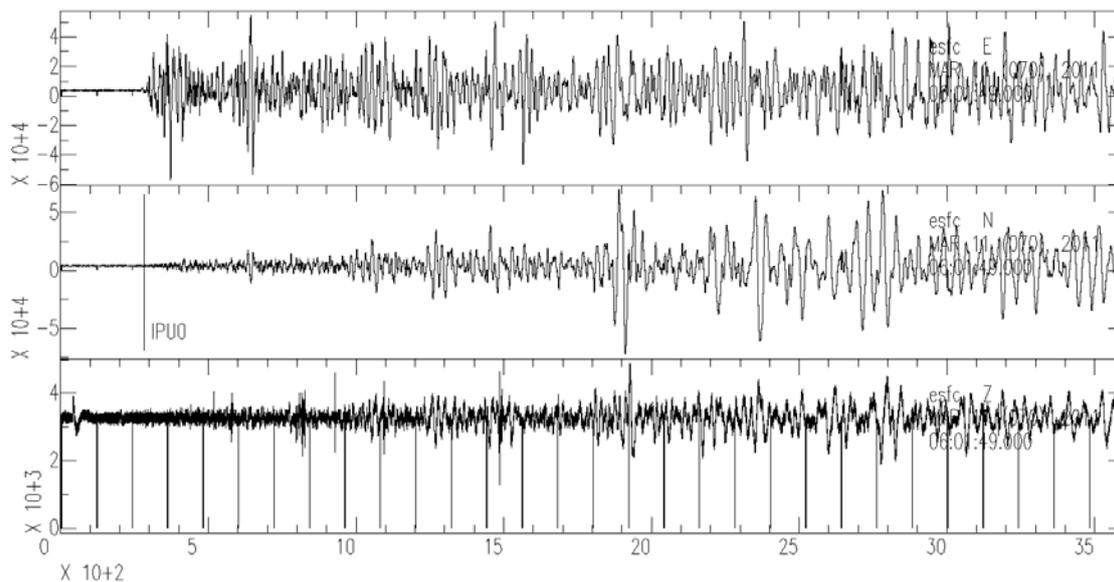


Figura 18- Telessismo de magnitude 9,1 m_b , ocorrido no litoral japonês em 11 de março de 2011 as 05:46:24 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.

**LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA
REGIÃO DO RESERVATÓRIO
DA UHE FOZ DO CHAPECÓ**

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 5

Boletim Sísmico No. 9

Preparado para



e elaborada pela



São Paulo, 18 de Agosto de 2011

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS.....	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. OPERAÇÃO DA ESFC e RSFC-P3 NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2011	6
3. ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E RSFC-P3 NO SEMESTRE JANEIRO - JUNHO DE 2011	8
4. INSTALAÇÃO De DUAS ESTAÇÕES ADICIONAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECO	11
4.1 Instalação do sismógrafo triaxial Guralp.....	11
4.2 Instalação do sismógrafo uniaxial na estação RSFC-P2	14
5. CONCLUSÕES.....	18
A N E X O 1 : Boletim Sísmico N° 9	20

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Calendário de operação da ESFC nos semestre Janeiro - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A ESFC operou 83% do primeiro semestre de 2011.6
- Figura 2.** Calendário de operação da estação instalada no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (RSFC-P3) no primeiro semestre de 2011, mostrando os intervalos em operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste.8
- Figura 3.** Mapa mostrando a localização do principal evento sísmico ocorrido no primeiro semestre de 2011 (círculo amarelo), a localização da Barragem Foz do Chapecó, das estações ESFC e RSFC-P3, das Pedreiras 1 e 2, utilizando o Google Earth.9
- Figura 4.** Sismo local com magnitude $m_d=0,6$, ocorrido em 24.01.2011 as 15:53 h (UT) ou 13:53 h (hora de verão do Brasil), localizado a aproximadamente 18 km SE da barragem, registrado na estação RSFC-P3 (a). Este evento também foi registrado na estação ESFC (b), entretanto a qualidade do sinal está muito inferior ao registro da estação RSFC-P3. Note no mapa da **Figura 3** o evento de número 2 (círculo amarelo). Este evento foi apresentado anteriormente no Boletim Técnico N° 8.10
- Figura 5.** Vista do abrigo, construído de alvenaria, na porção superior é mostrado o notebook utilizado na configuração o sismógrafo Guralp. Na porção inferior do abrigo é mostrado o controlador de tensão do painel solar e a bateria que é carregado pelo painel solar. Na parte inferior a esquerda é possível visualizar o sismógrafo Guralp, que estava sendo testado antes da sua instalação no abrigo.12
- Figura 6.** Vista do abrigo para o sensor vertical de período curto do sistema telemétrico, também construído de alvenaria, onde foi instalado o sismógrafo Guralp. Note que este sismógrafo foi protegido pelo recipiente laranja e uma camada de lã de vidro para evitar possíveis mudanças bruscas de pressão e de temperatura.12
- Figura 7.** Teste para comprovar o funcionamento do sismógrafo Guralp, depois de efetuadas todas as instalações. Observe as componentes (Z e EW) do sensor, trabalhando corretamente, nesta ocasião, em janeiro 2011, a componente NS ficou travada.13
- Figura 8.** Multímetro mostrando a voltagem da bateria que alimenta o sismógrafo Guralp na estação RSFC-P3. Note que a bateria estava com 5,771 Volts, o que não é suficiente para o operar. o sismógrafo Guralp, que necessita no mínimo de 10 Volts.14
- Figura 9.** Foto mostrando a bateria, o controlador e o multímetro que indica a voltagem da bateria. Após o conserto do controlador a estação voltou a operar normalmente. Note que a bateria esta com 12,55 Volts, esta voltagem é a correta para operar o sismógrafo Guralp.14
- Figura 10.** Foto mostrando a estação RSFC-P2 onde foi instalado um sismômetro uniaxial de período curto, marca *eentec* e o sistema rádio-telemétrico para a transmissão dos dados até a Estação Central de Registro localizada na mesma cabine da ESFC.15
- Figura 11.** Foto mostrando com detalhe a bateria e o controlador de carga do painel solar que fazem parte da fonte de alimentação da estação RSFC-P2.15
- Figura 12.** Foto mostrando o abrigo do sensor *eentec* da estação RSFC-P2 com o geofone uniaxial instalado em cima de um afloramento de rocha.16
- Figura 13.** Detalhe dos preparativos para receptionar as ondas de rádio da estação RSFC-P2. Note o teste de posicionamento da antena fixada no mastro e a verificação de sua orientação com a bússola.16

- Figura 14.** Foto mostrando o Rack da Estação Central de Registro, instalada na bancada da estação ESFC. No Rack estão instalados os receptores UHF de radio e os demoduladores para converter o sinal, que é transmitido em frequência modulada para amplitude modulada, e os envia para serem registrados nos canais adicionais do registrador *eentec*. Note a seta verde apontando para os leds verdes muito fracos, e a seta vermelha indicando o led vermelho apagado, esta situação indica que os dados estão chegando corretamente provenientes da estação RSFC-P2.17
- Figura 15.** Dados registrados com o sistema telemétrico da estação RSFC-P2. A transmissão de dados iniciou por volta das 10:50 hs do dia 19 de maio de 2011, como se mostra na primeira linha de registro desta figura. Após quatro horas estes dados foram coletados na estação ESFC, onde são recepcionados e armazenados no registrador *eentec*.17
- Figura 16.** Calendário de operação da ESFC nos trimestre Abril - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul, componente leste -oeste. A ESFC operou 86% do intervalo analisado.21
- Figura 17.** Calendário de operação da RSFC-P3 nos trimestre Abril - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A estação operou apenas 26 dias neste trimestre devido a queima do controlador do painel solar que carrega a bateria, fonte de alimentação da estação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul, componente leste -oeste.22
- Figura 18.** Mapa mostrando a localização do epicentro do evento sísmico relacionados na Tabela 1 (círculo amarelo), a localização da Barragem Foz do Chapecó, da estação ESFC e RSFC-P3, das Pedreiras 1 e 2, onde algumas explosões foram identificadas. Fonte (Google Earth).25
- Figura 19.** Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:05,1 (UT), localizada a aproximadamente 40 km a SW da barragem, registrado na estação RSFC-P3.25
- Figura 20.** Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08 de Abril de 2011 as 14:47:06,9 (UT), localizado a aproximadamente 40 km a SW da barragem, registrado na estação ESFC.26
- Figura 21.** Provável sismo regional ocorrido em 12 de Abril de 2011 as 16:24:09 (UT), localizado a aproximadamente 170 Km a SW da estação RSFC-P3, local onde foi registrado este evento.26
- Figura 22.** Telessismo de magnitude 6,6 m_w , ocorrido na região Sul do México próximo da cidade San Juan em 07 de abril de 2011, as 13:11:12,4 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC.27
- Figura 23.** Telessismo de magnitude 5,1 m_b , ocorrido no norte da Argentina, próximo da cidade Santiago Del Estero em 17 de abril de 2011 as 01:24:33,2 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.27
- Figura 24.** Telessismo de magnitude 6,5 m_w , ocorrido no norte do Chile em 20 de junho de 2011 as 16:36:01,05 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.28
- Figura 25.** Telessismo de magnitude 7,2 m_w , ocorrido ao Sul da Baía de Bistol, placa do pacífico em 24 de junho de 2011 as 03:25:25,3 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 .Relação de eventos sísmicos locais registrados na estação ESFC e RSFC-P3 durante o trimestre Abril – Junho 2011, com seus epicentros localizados com o programa WAP.23

Tabela 2 . Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados e registrados na ESFC no trimestre Abril - Junho 2011.24

LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA REGIÃO DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO CHAPECÓ

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 5

Boletim Sísmico Nº 9, Abril / Junho 2011

1. INTRODUÇÃO

O serviço “Levantamentos da Atividade Sísmica na região do Reservatório da UHE Foz do Chapecó”, solicitado pela **Foz do Chapecó Energia S.A.** está sendo executado pela empresa **BERROCAL ASSOCIADOS, Soluções e Inovações Geofísicas Ltda.** Este serviço tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região desse reservatório e nas regiões vizinhas, em um raio de 100 km com centro no local da Barragem da UHE Foz do Chapecó – SC/RS, que foi construída nas coordenadas 27° 08' 22,75" Sul e 53° 02' 50,59" Oeste, no Rio Uruguai, próximo do extremo oeste da divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Neste relatório técnico são descritas as principais atividades relacionadas com a operação da Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) durante o primeiro e segundo trimestres de 2011, também são descritas as atividades relativas à instalação das estações adicionais da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, e se apresentam os resultados da interpretação dos resultados da análise e processamento dos dados sísmicos registrados pela ESFC e RSFC-P3 no trimestre Abril- Junho de 2011, os quais estão contidos no Boletim Sísmico Nº 9, apresentado no **Anexo 1** do presente Relatório Técnico. No **Anexo 2** se apresentam os Comentários sobre o Documento DAT-MA Nº 0444/2011V.

Neste semestre foram efetuadas as seguintes viagens técnicas a Foz do Chapecó, com os respectivos integrantes:

- 1) Entre 15 e 19 de janeiro de 2011 (J. Berrocal, S. Rodrigues e D. Schramm)
- 2) Entre 17 e 19 de março de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues); e
- 3) Entre 18 e 21 de maio de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues).

2. OPERAÇÃO DA ESFC E RSFC-P3 NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2011

No Boletim Sísmico N^o. 6, que contém os dados do trimestre Julho - Setembro 2010, submetido à FCE em novembro 2010, informou-se que a eficiência de operação da ESFC foi de 99,7%, a maior porcentagem de eficiência trimestral conseguida até o presente relatório. No Boletim Sísmico N^o 9 (**Anexo 1**), elaborado com dados registrados na ESFC e RSFC-P3 no trimestre Abril – Junho 2011, se informa através de uma mensagem do funcionário *Sandro Tetsuo Emoto* da FCE que houve uma parada no registrador da ESFC após a coleta de dados, esta falha foi percebida somente após 10 dias quando foi feita uma nova coleta dos dados, este intervalo sem dados pode ser visto na **Figura 1**. Por esse motivo, no semestre Janeiro – Junho, correspondente a este boletim, a eficiência da ESFC caiu para 83%.



Figura 1. Calendário de operação da ESFC nos semestre Janeiro - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A ESFC operou 83% do primeiro semestre de 2011.

Na **Figura 2** se apresenta o calendário de operação da estação RSFC-P3 que foi instalada no dia 15 de janeiro de 2011, para operar no intervalo pós-enchimento do Reservatório Foz do Chapecó, que começou em 22 de agosto de 2010.

O sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade modelo CMG-6TD da Guralp, foi instalado nessa estação como uma medida de emergência, já que nessa época ainda não tinha sido resolvido o problema com a transmissão de dados por telemetria dos sismógrafos de período curto, que foram adquiridos para instalar a Rede Sismográfica de Foz de Chapecó. Esse sismógrafo Guralp da estação RSFC-P3 operou até 26 de abril de 2011, fato este que foi constatado durante a visita realizada a Foz do Chapecó, em maio de 2011, quando se encontrou que o controlador do painel solar estava queimado o qual é responsável por recarregar a bateria que alimenta a estação, portanto a estação ficou sem operar do dia 26 de abril até 21 de maio, data na qual foi constatado e resolvido esse problema.

O intervalo sem dados entre os dias 23 de fevereiro e 19 de março ocorreu devido ao preenchimento total da memória do disco desse sismógrafo naquela ocasião. Os dados posteriores a 21 de maio serão coletados na próxima visita técnica, que está agendada para o mês de agosto de 2011, estes dados serão analisados e apresentados no Boletim N° 10 referente ao trimestre Julho – Setembro de 2011.

Como mencionado no Relatório Técnico No. 1, a ESFC tem uma autonomia de registro determinada pelo tamanho da memória do registrador, que tem capacidade de armazenamento de 15 dias de dados para uma única estação, porém após a instalação da estação telemétrica RSFC-P2 esta autonomia baixou para 10 dias. Por esse motivo a coleta de dados passou a ser efetuada semanalmente. Os dados são coletados e transmitidos para o Laboratório de Sismologia da **BERROCAL & ASSOCIADOS** pelo funcionário *Sandro* da FCE, utilizando mesmo procedimento citado no Relatório Técnico n° 3.

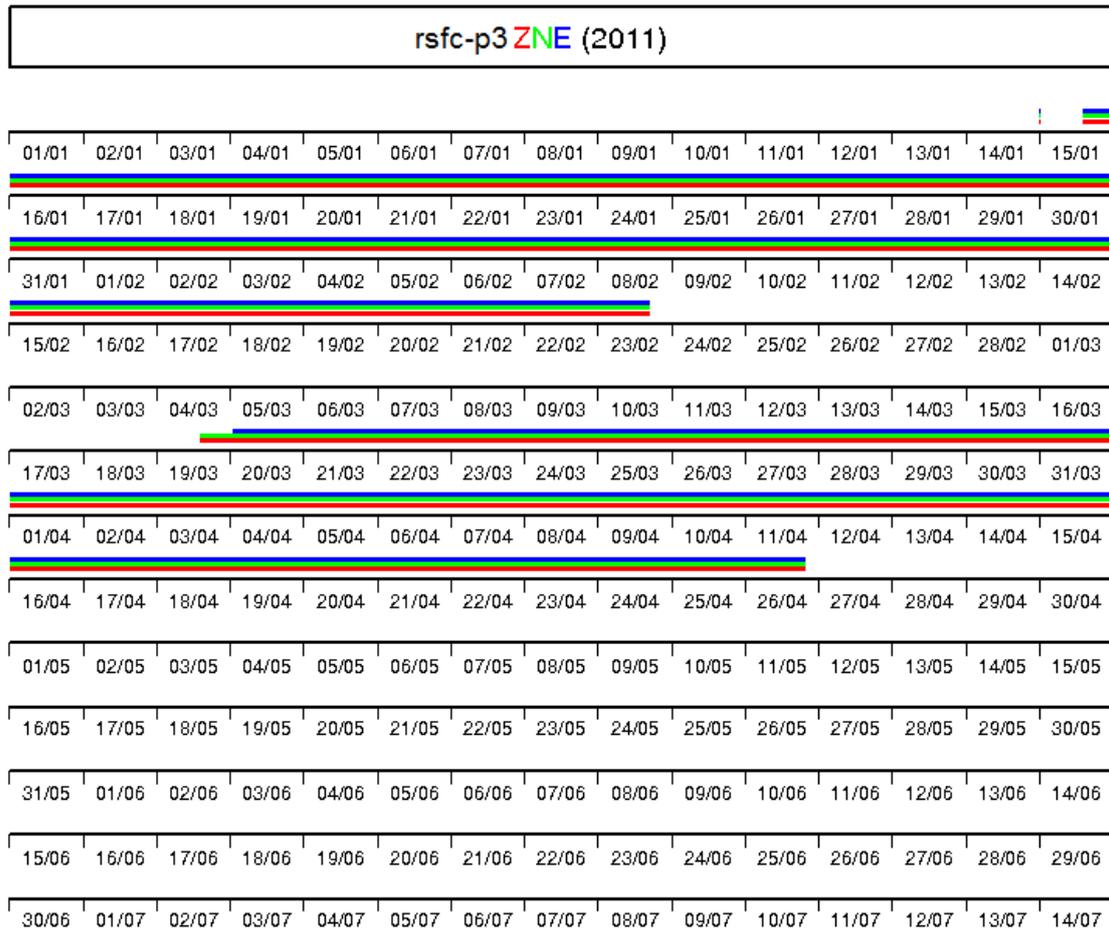


Figura 2. Calendário de operação da estação instalada no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (RSFC-P3) no primeiro semestre de 2011, mostrando os intervalos em operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul componente leste-oeste.

3. ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E RSFC-P3 NO SEMESTRE JANEIRO - JUNHO DE 2011

No semestre Janeiro – Junho 2011, que está sendo analisado neste relatório, ocorreram alguns sismos de provável origem natural na área de influência do Reservatório Foz do Chapecó. Conforme se informa no Boletim Sísmico N° 8 e N° 9, durante esse intervalo ocorreram seis eventos sísmicos locais que foram identificados como prováveis sismos naturais, sendo que um destes (evento N° 2, Boletim Sísmico N° 8) foi considerado como provável sismo induzido por ter seu epicentro localizado a poucos quilômetros da margem do reservatório. Também foram registrados **15** eventos sísmicos, que foram considerados como

prováveis explosões em pedreiras ou obras de engenharia que existem ao redor do reservatório Foz do Chapecó.

No dia 15 Janeiro de 2011, foi instalado no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó o sismógrafo Guralp de banda larga e de alta sensibilidade, que se menciona no item anterior, para substituir temporariamente, as estações complementares uniaxiais dessa rede. Essa estação (RSFC-P3) registrou os seis eventos sísmicos locais que ocorreram no semestre Janeiro – Junho 2011, como se descreve com detalhe no Boletim Sísmico N° 8 e N°9.

Na **Figura 3** e **Figura 4** é apresentado a localização e o registro do evento sísmico N° 2 relacionado no Boletim Sísmico N° 8, cujo epicentro não foi determinado com precisão devido ao evento ser muito fraco (magnitude $m_d=0,6$), de modo que o seu registro na estação ESFC não é claro, como pode ser visto na **Figura 4b**. Este evento poderia corresponder a um provável sismo induzido pelo reservatório, considerando a incerteza na determinação de seu epicentro, como foi comentado no Boletim Sísmico N° 8.



Figura 3. Mapa mostrando a localização do principal evento sísmico ocorrido no primeiro semestre de 2011 (círculo amarelo), a localização da Barragem Foz do Chapecó, das estações ESFC e RSFC-P3, das Pedreiras 1 e 2, utilizando o Google Earth.

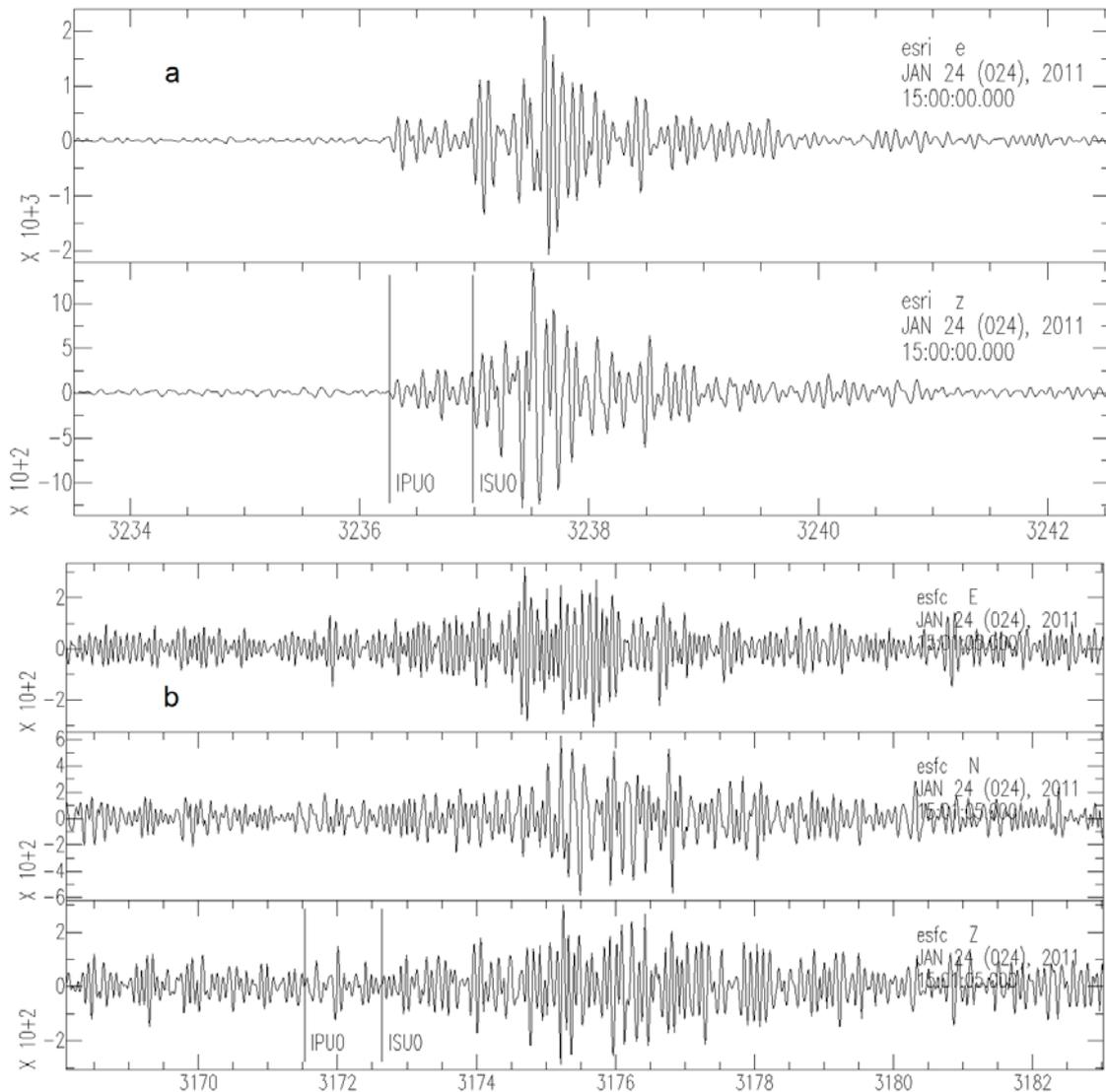


Figura 4. Sismo local com magnitude $m_d=0,6$, ocorrido em 24.01.2011 as 15:53 h (UT) ou 13:53 h (hora de verão do Brasil), localizado a aproximadamente 18 km SE da barragem, registrado na estação RSFC-P3 (a). Este evento também foi registrado na estação ESFC (b), entretanto a qualidade do sinal está muito inferior ao registro da estação RSFC-P3. Note no mapa da **Figura 3** o evento de número 2 (círculo amarelo). Este evento foi apresentado anteriormente no Boletim Técnico N° 8.

No primeiro semestre de 2011 ocorreram alguns eventos locais na área do Reservatório Foz do Chapecó, quando estavam funcionando as estações ESFC e RSFC-P3.

No intervalo analisado no presente Relatório, alguns telessismos foram muito bem registrados na ESFC, como se mostra nas **Figuras 22, 23, 24, e 25** no

Anexo 1, deste Relatório, estes telessismos posteriormente serão utilizados em estudos da estrutura do interior da Terra debaixo do local onde está instalada a ESFC. Estes telessismos são selecionados pela sua distância, na maioria dos casos, que não seja maior que 90° , para poder ser utilizados nos estudos mencionados acima.

Durante os meses de abril e maio o sistema telemétrico e os equipamentos da estação principal ESFC passaram por testes no Laboratório de Sismologia da **BERROCAL & ASSOCIADOS**, o resultado foi satisfatório, pois indicou que o sistema telemétrico, e o conjunto sensor e registrador *eentec* da estação ESFC estavam operando normalmente. O período que o sensor e registrador *eentec* estavam em teste em São Paulo, a estação ESFC operou com um sensor e registrador REF TEK triaxial de alta sensibilidade, com as mesmas características do sismógrafo da *eentec*. O sismógrafo REF TEK operou no intervalo de 18 de março a 18 de maio de 2011.

No mês de maio as estações da RSFC foram visitadas para reinstalação do sismógrafo *eentec*, e um rack, contendo o equipamento para a recepção dos dados telemétricos, dentro da cabine da estação da ESFC, nessa oportunidade foram coletados os dados dos sismógrafo *Guralp* instalado na estação RSFC-P3, e foi efetuada a reinstalação dos equipamentos com enlace telemétrico da estação RSFC- P2, como se detalha a seguir.

4. INSTALAÇÃO DE DUAS ESTAÇÕES ADICIONAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ

4.1 Instalação do sismógrafo triaxial Guralp

Durante a visita realizada a Foz do Chapecó no mês de janeiro, foram encontrados alguns problemas nas estações RSFC-P2 e RSFC-P3 com relação a transmissão de dados para a Estação Central de Registro, localizada na ESFC, portanto foi decidido instalar na estação RSFC-P3, um sismógrafo

triaxial de banda larga e de alta sensibilidade, para substituir os sismógrafos uniaxiais que não tinham condições de serem instalados.

O abrigo da estação RSFC-P3, já se encontrava construído, conforme se mostra nas fotos apresentadas nas **Figuras 5 a 7**, onde são descritos alguns detalhes dessa instalação efetuada na visita de janeiro 2011.:



Figura 5. Vista do abrigo, construído de alvenaria, na porção superior é mostrado o notebook utilizado na configuração o sismógrafo Guralp. Na porção inferior do abrigo é mostrado o controlador de tensão do painel solar e a bateria que é carregado pelo painel solar. Na parte inferior a esquerda é possível visualizar o sismógrafo Guralp, que estava sendo testado antes da sua instalação no abrigo.

Figura 6. Vista do abrigo para o sensor vertical de período curto do sistema telemétrico, também construído de alvenaria, onde foi instalado o sismógrafo Guralp. Note que este sismógrafo foi protegido pelo recipiente laranja e uma camada de lã de vidro para evitar possíveis mudanças bruscas de pressão e de temperatura.



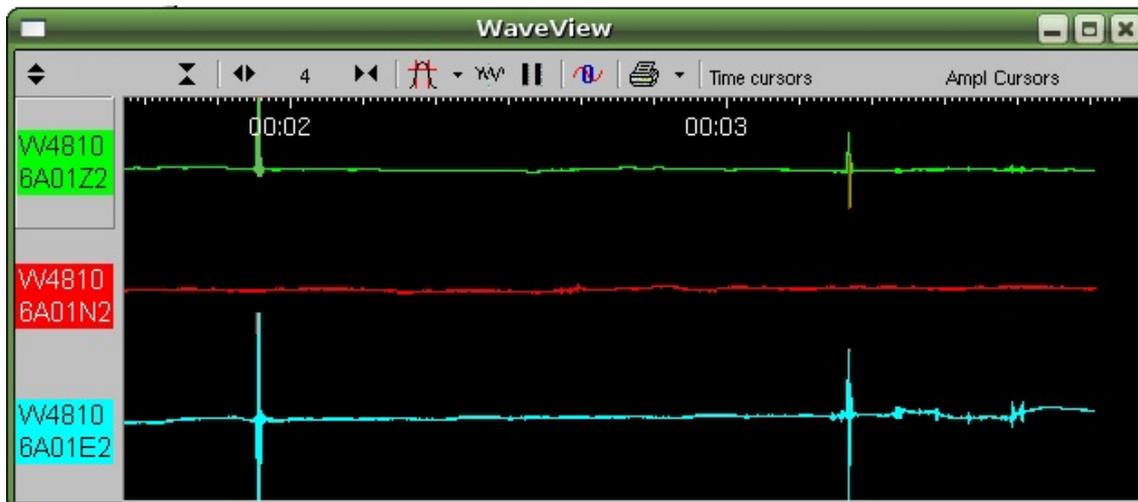


Figura 7. Teste para comprovar o funcionamento do sismógrafo Guralp, depois de efetuadas todas as instalações. Observe as componentes (Z e EW) do sensor, trabalhando corretamente, nesta ocasião, em janeiro 2011, a componente NS ficou travada.

A memória do sismógrafo Guralp foi totalmente preenchida antes do previsto, devido, provavelmente, a maior amplitude do ruído de fundo, de modo que a memória se esgotou após registrar aproximadamente 39 dias. Estes dados foram copiados durante a visita a Foz do Chapecó em março de 2011 por técnicos **BERROCAL E ASSOCIADOS**. O sismógrafo Guralp foi configurado, nesta oportunidade, para armazenar aproximadamente 90 dias em modo cíclico, assim ele continuará registrando mesmo que a memória esteja totalmente preenchida, pois os dados mais antigos serão sobrescritos na medida que for necessário.

Durante a visita a Foz do Chapecó em maio de 2011, foi verificado que a estação RSFC-P3 estava sem operar desde o dia 26 de abril, após revisar o funcionamento das componentes da estação, foi encontrado que a bateria responsável por manter a estação funcionando estava descarregada, devido a queima do controlador do painel solar, o qual é responsável por controlar a carga da bateria.



Figura 8. Multímetro mostrando a voltagem da bateria que alimenta o sismógrafo Guralp na estação RSFC-P3. Note que a bateria estava com 5,771 Volts, o que não é suficiente para o operar. o sismógrafo Guralp, que necessita no mínimo de 10 Volts.

Figura 9. Foto mostrando a bateria, o controlador e o multímetro que indica a voltagem da bateria. Após o conserto do controlador a estação voltou a operar normalmente. Note que a bateria esta com 12,55 Volts, esta voltagem é a correta para operar o sismógrafo Guralp.



4.2 Instalação do sismógrafo uniaxial na estação RSFC-P2

Na visita realizada a Foz do Chapecó, em maio de 2011, foi efetuado a instalação do sismógrafo uniaxial no abrigo da estação RSFC-P2, na qual participaram o geofísico Hélio Teixeira e o técnico Sergio Rodrigues, da **BERROCAL & ASSOCIADOS**.

Nas legenda das fotos mostradas a seguir são mencionados alguns detalhes dessa instalação:



Figura 10. Foto mostrando a estação RSFC-P2 onde foi instalado um sismômetro uniaxial de período curto, marca *eentec* e o sistema rádio-telemétrico para a transmissão dos dados até a Estação Central de Registro localizada na mesma cabine da ESFC.



Figura 11. Foto mostrando com detalhe a bateria e o controlador de carga do painel solar que fazem parte da fonte de alimentação da estação RSFC-P2.



Figura 12. Foto mostrando o abrigo do sensor *eentec* da estação RSFC-P2 com o geofone uniaxial instalado em cima de um afloramento de rocha.



Figura 13. Detalhe dos preparativos para receber as ondas de rádio da estação RSFC-P2. Note o teste de posicionamento da antena fixada no mastro e a verificação de sua orientação com a bússola.

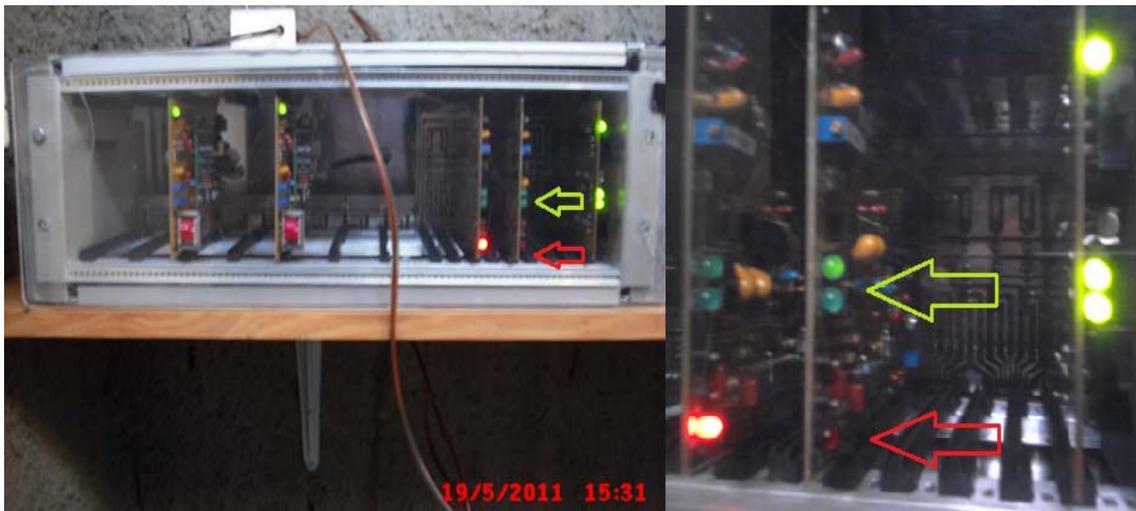


Figura 14. Foto mostrando o Rack da Estação Central de Registro, instalada na bancada da estação ESFC. No Rack estão instalados os receptores UHF de radio e os demoduladores para converter o sinal, que é transmitido em frequência modulada para amplitude modulada, e os envia para serem registrados nos canais adicionais do registrador *eentec*. Note a seta verde apontando para os leds verdes muito fracos, e a seta vermelha indicando o led vermelho apagado, esta situação indica que os dados estão chegando corretamente provenientes da estação RSFC-P2.

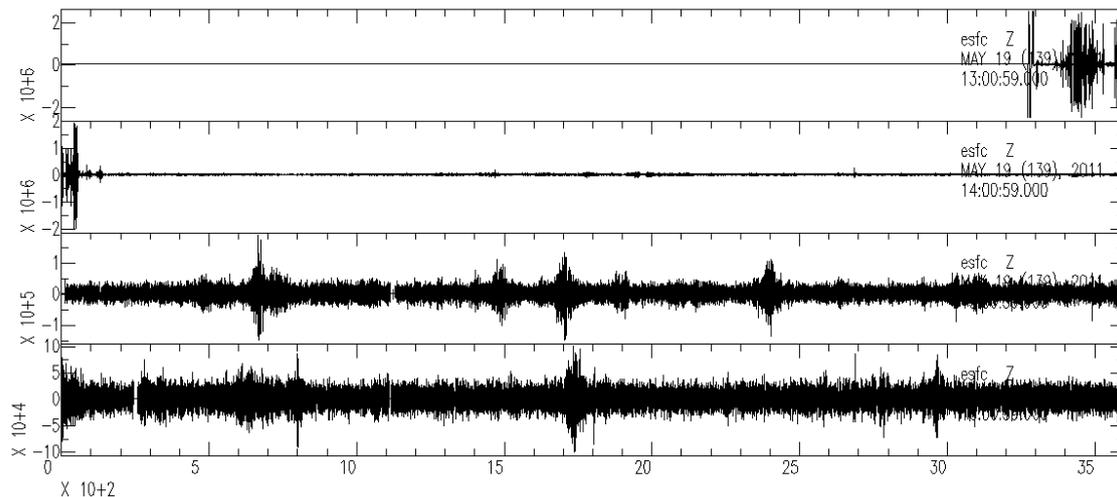


Figura 15. Dados registrados com o sistema telemétrico da estação RSFC-P2. A transmissão de dados iniciou por volta das 10:50 hs do dia 19 de maio de 2011, como se mostra na primeira linha de registro desta figura. Após quatro horas estes dados foram coletados na estação ESFC, onde são recebidos e armazenados no registrador *eentec*.

A instalação, na estação RSFC-P2 do sistema telemétrico, terminou no dia 20 de maio de 2011 a partir de quando o sismógrafo *eentec* ficou funcionando normalmente. Na primeira remessa de dados enviada pelo Eng. Ruy, depois de dez dias, foi constatado que os dados enviados da estação telemétrica RSFC-P2, haviam sido registrados por um período de cinco dias no sismógrafo de seis canais, além disso, durante estes cinco dias de registro foram percebidas algumas falhas no sinal após o terceiro dia de registro, estas falhas não foram constatadas no registro analisado imediatamente após a instalação da estação como mostrado na **Figura 15**.

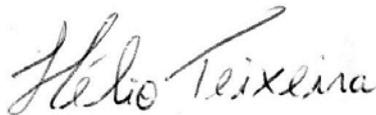
O Funcionário Sandro da FCE responsável pela coleta dos dados encaminhou uma foto do Rack do sistema telemétrico, a partir desta foto é possível verificar que as luzes dos leds não estão de acordo com as da **Figura 14**, o que indica que os dados não estão sendo receptados pela antena.

5. CONCLUSÕES

- 5.1 A Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) operou com uma eficiência de 80% no trimestre Janeiro – Março e 86% no trimestre Abril – Junho.
- 5.2 No primeiro semestre de 2011, ocorreram alguns sismos locais na área do Reservatório Foz do Chapecó, sendo que um evento de magnitude $m_d=0,6$ ocorrido em 24.01.2011 as 15:53 h (UT) teve seu epicentro a 18 km SE da barragem e a uns 2 km da borda do Reservatório Foz do Chapecó. A determinação do epicentro não foi precisa devido ao evento ser muito fraco de modo que não foi registrado claramente em ESFC. Este evento poderia corresponder a um provável sismo induzido pelo reservatório, considerando a incerteza na determinação de seu epicentro. Entretanto, como no trimestre Abril – Junho 2011 não ocorreram outros eventos sísmicos nas proximidades desse epicentro, podemos inferir que esse evento não foi um sismo induzido por esse reservatório. Mesmo assim, essa área onde ocorreu este sismo ficará sob observação.

- 5.3 Desde 15 janeiro de 2011, foi instalado no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (estação RSFC-P3) o sismógrafo de banda larga e de alta sensibilidade o qual está operando atualmente para substituir as estações complementares uniaxiais dessa rede. Essa estação (RSFC-P3) registrou todos os seis eventos sísmicos locais que ocorreram no primeiro semestre de 2011, como se informou no Boletim Sísmico N°8 e N°9.
- 5.4 Em maio de 2011 foi instalado o sismógrafo uniaxial no ponto P2 da RSFC, infelizmente o sistema telemétrico operou, com algumas falhas no sinal, aproximadamente cinco dias. De acordo com a análise destes dados e informações do Rack do sistema telemétrico, a provável falha pode estar na transmissão/recepção, porque o sismógrafo de seis canais da *eentec* registrou os dados normalmente. Está planejada uma visita técnica em agosto de 2011 para tentar resolver esse problema.

São Paulo, 18 de Agosto de 2011



Hélio Teixeira
Sismólogo



Jesus Berrocal
Sismólogo

A N E X O 1

ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ

BOLETIM SÍSMICO Nº 9

ABRIL – JUNHO DE 2011

Agosto de 2011

ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

BOLETIM SÍSMICO Nº 9

ABRIL - JUNHO DE 2011

No presente Boletim Sísmico são apresentados os resultados da análise dos dados registrados na Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) e no Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (RSFC-P3), no trimestre ABRIL – JUNHO de 2011.

A ESFC começou a operar em 04 de maio de 2009. Com exceção do primeiro intervalo de dois meses de operação dessa estação, quando a eficiência de operação foi menor que 50%, devido a duas longas paralisações provocadas pelo período de chuvas, a eficiência da ESFC tem sido maior que 86% nos trimestres seguintes, atingindo, no trimestre Julho - Setembro 2009, uma eficiência maior que 98% e no trimestre anterior ao presente boletim, essa eficiência foi de 80%. No trimestre Abril–Junho, correspondente a este boletim, a eficiência da ESFC foi de 86%, como se mostra na **Figura 16**.

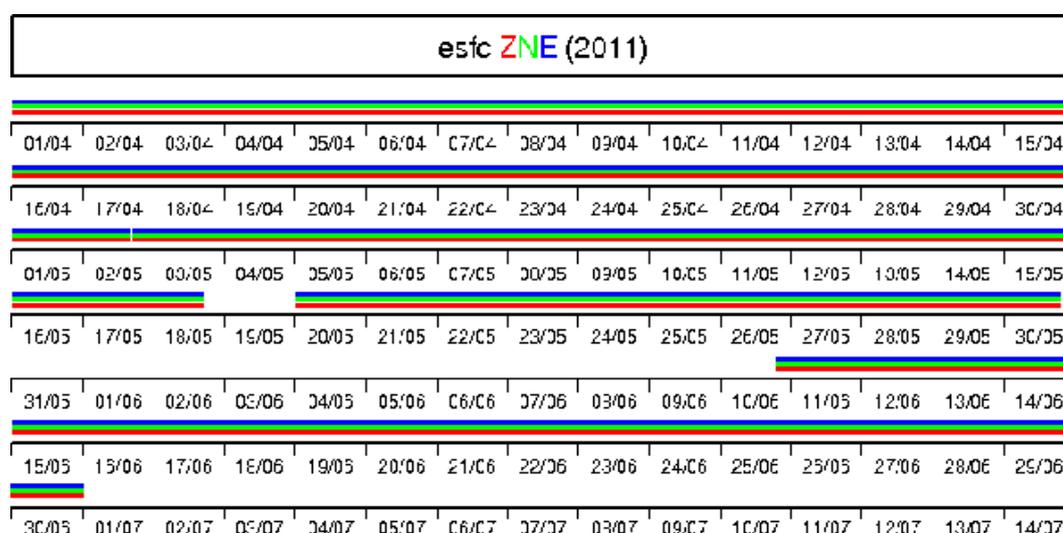


Figura 16. Calendário de operação da ESFC nos trimestre Abril - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul, componente leste –oeste. A ESFC operou 86% do intervalo analisado.

No trimestre Abril – Junho 2011, o registrador da ESFC ficou desligado por 11 dias corridos, o que provocou a paralisação da estação, como pode ser visto na **Figura 16** e na mensagem enviada pelo funcionário Sandro da FCE responsável pela coleta de dados.

Na **Figura 17** sé apresentado o calendário de operação da estação RSFC-P3 que foi instalada no dia 15 de janeiro de 2011, para operar após o enchimento do Reservatório Foz do Chapecó. O sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade modelo CMG-6TD da Guralp, é o mesmo instalado anteriormente no ponto P2. Esse sismógrafo Guralp instalado na estação RSFC-P3 operou até 26 de abril, porque foi constatado a queima do controlador do painel solar que carrega a bateria, fonte de alimentação do sismógrafo Guralp. Portanto o intervalo de dados registrado foi de 17 de março até 26 de abril. Os dados registrados correspondentes a este trimestre foram recuperados pelos técnicos de nossa empresa, durante a visita realizada as estações da RSFC, entre 18 e 21 de maio de 2011.

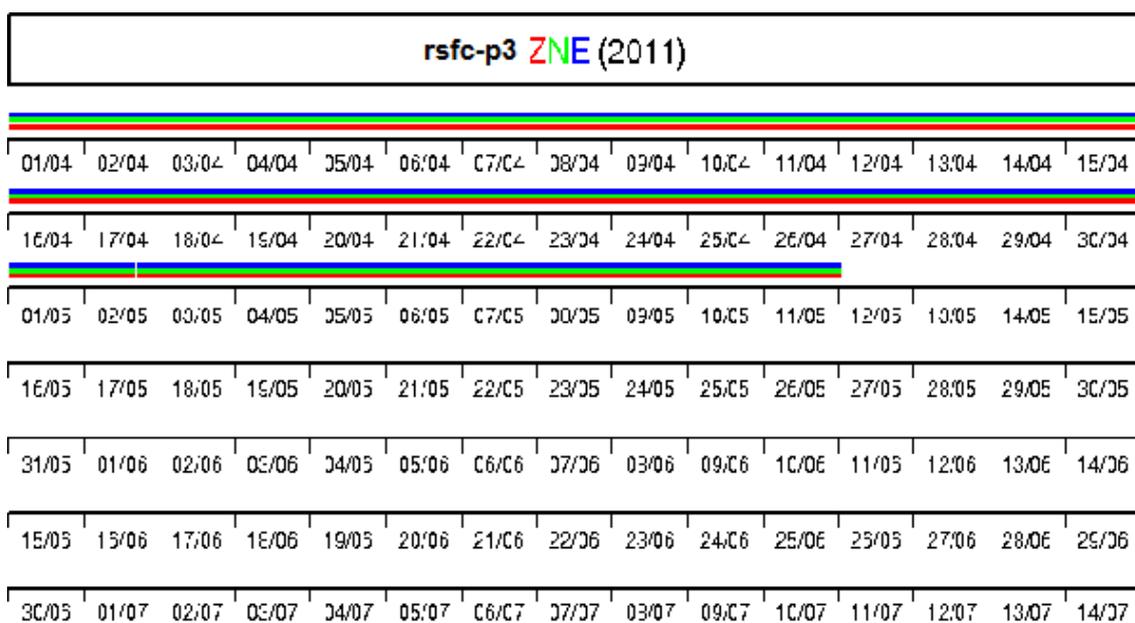


Figura 17. Calendário de operação da RSFC-P3 nos trimestre Abril - Junho 2011, mostrando os intervalos sem operação. A estação operou apenas 26 dias neste trimestre devido a queima do controlador do painel solar que carrega a bateria, fonte de alimentação da estação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde componente norte-sul e azul, componente leste –oeste.

Durante a visita técnica realizada no mês de maio, foi instalado um ponto de telemetria, ponto P2, este durante o intervalo da visita funcionou corretamente, entretanto após cinco dias o sistema telemétrico parou de funcionar por algum problema técnico desconhecido até o momento. Este problema foi verificado durante a análise destes dados e de acordo com os leds do Rack verificado através de uma foto tirada pelo funcionário Sandro encaminha a **BERROCAL & ASSOCIADOS**.

Para análise dos dados foi utilizado o programa WAP (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. Os resultados da análise dos dados registrados nas estações ESFC e RSFC-P3 são apresentados na **Tabela 1**, onde está indicada a data e hora de origem dos eventos sísmicos e os seguintes parâmetros: distância epicentral (em km), back-azimute (em graus) e duração do registro (em segundos).

Tabela 1 .Relação de eventos sísmicos locais registrados na estação ESFC e RSFC-P3 durante o trimestre Abril – Junho 2011, com seus epicentros localizados com o programa WAP.

Nº	Data	Ho (UT)	Lat	Long	Δ (km)	bcAz	D(s)	m_d	Observações
1	08/04/11	14:47:05.1	-27,363	-52,364	52,17	258.8	43.5	2,1	Figura 19
2	08/04/11	19:36:07.6	-27.865	-54.527	192.12	249.9	-	-	Figura 21

OBS. Ho (UT): hora de origem em tempo universal (3 horas adiantadas com relação à hora oficial do Brasil); Δ (km) é a distância epicentral com relação a RSFC-P3; **Bc-Az**, é o back-azimute ou direção de chegada das ondas sísmicas na estação RSFC-P3; m_d é o valor da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma dessa estação.

Durante o trimestre Abril - Junho 2011 foi auscultado nas estações ESFC e RSFC-P3 um provável sismo local e um sismo regional. Além desses eventos, também foram registrados 9 explosões cujos epicentros são próximos a uma pedreira, que esta localizada a aproximadamente 25 km NW da barragem. Foram registrados pela ESFC, no trimestre Abril – Junho 2011, vários telessismos como se mostra na **Tabela 2** e nas **Figuras 22 a 25**.

Tabela 2. Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados e registrados na ESFC no trimestre Abril - Junho 2011.

Nº	Data	Ho(UT)	Lat	Long	h (km)	m _b	Epicentro	Observações
1	07/04/11	13:11:22,40	-17,20	-94,34	166	6,6	Sul do México	Figura 22
2	17/04/11	01:24:33,22	-27,63	-63,19	563	5,1	Norte da Argentina	Figura 23
3	20/06/11	16:36:01,05	-21,70	-68,23	127	6,5	Norte do Chile	Figura 24
4	24/06/11	03:09:39,48	52,06	-171,83	52	7,2	Ilhas do Pacífico	Figura 25

OBS. Ho (UT) é a hora de origem em Tempo Universal; h é a profundidade do foco em km; m_b é a magnitude na escala de Richter.

No intervalo do presente Boletim, ocorreu apenas um evento sísmico local e um evento regional, este evento local não está relacionado a uma possível atividade induzida provocada pelo reservatório.

Devido a incerteza na localização dos epicentros dos eventos registrados na estação ESFC, algumas das explosões auscultadas não tiveram seus epicentros coincidentes com a localização da Pedreira 1, entretanto estes eventos foram confirmados como explosões, porque possuem características únicas nos registros e horários típicos de detonações (próximo das 12 e 18 hs).

A estação RSFC-P3 apresentou ótimos registros durante o período que operou, o que foi importante para determinação dos epicentros dos eventos identificados como explosões, através de seus registros foi possível identificar a pedreira provável responsável pelas detonações.

São Paulo 18 de Agosto de 2011



Hélio Teixeira
Sismólogo



Jesus Berrocal
Sismólogo

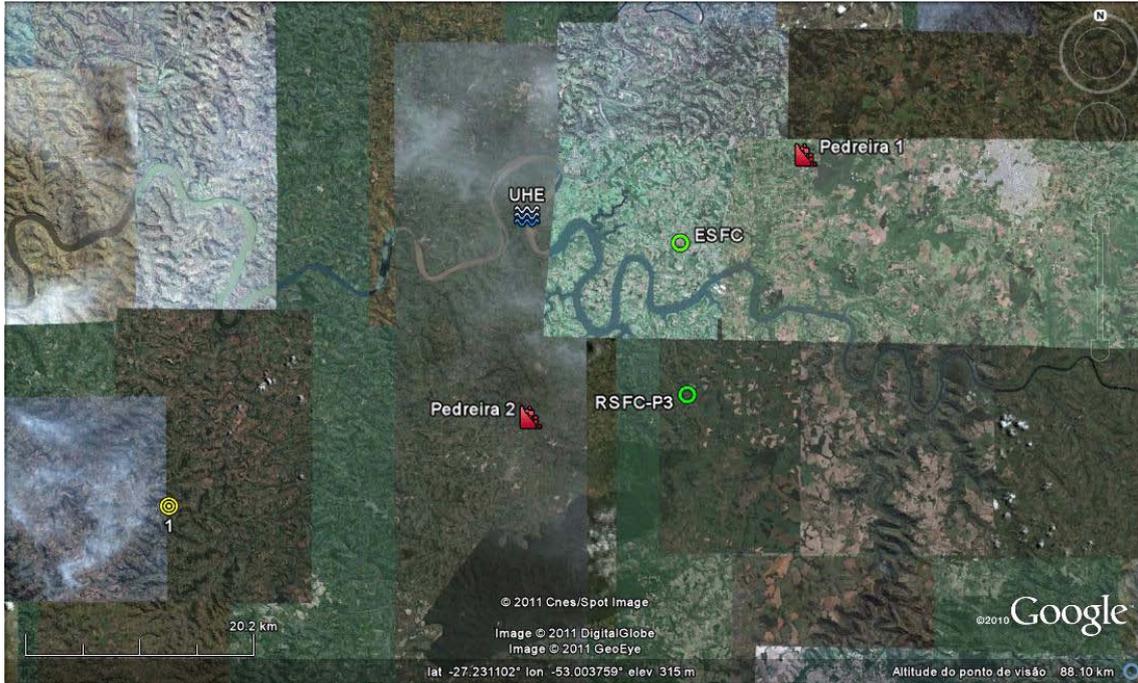


Figura 18. Mapa mostrando a localização do epicentro do evento sísmico relacionados na Tabela 1 (círculo amarelo), a localização da Barragem Foz do Chapecó, da estação ESFC e RSFC-P3, das Pedreiras 1 e 2, onde algumas explosões foram identificadas. Fonte (Google Earth).

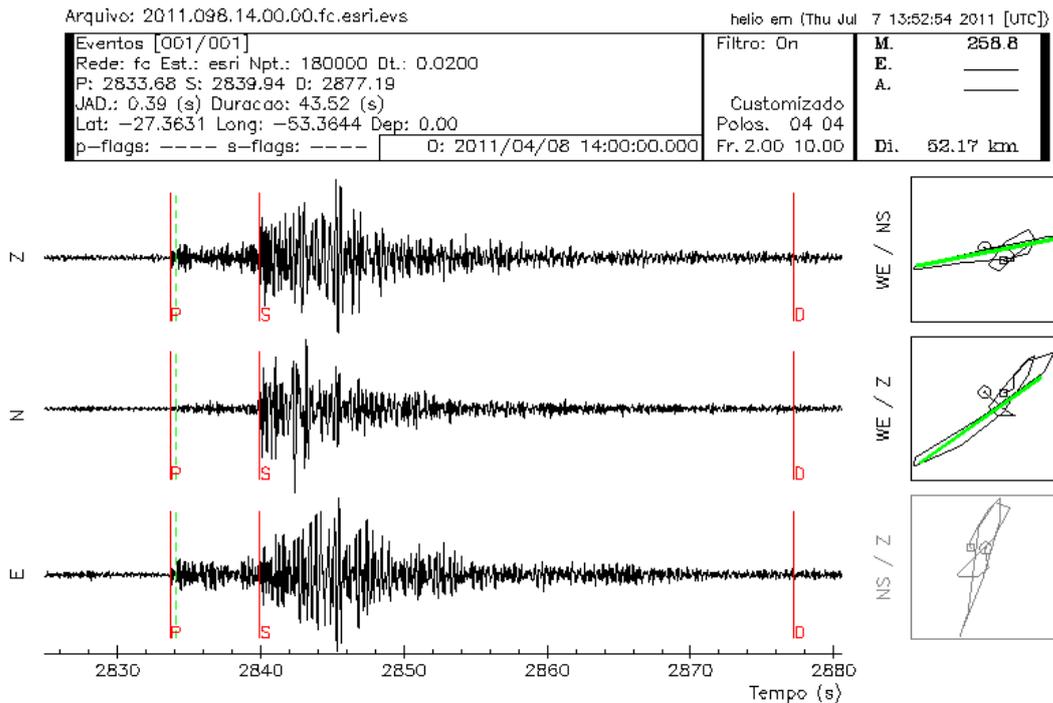


Figura 19. Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08.04.2011 as 14:47:05,1 (UT), localizada a aproximadamente 40 km a SW da barragem, registrado na estação RSFC-P3.

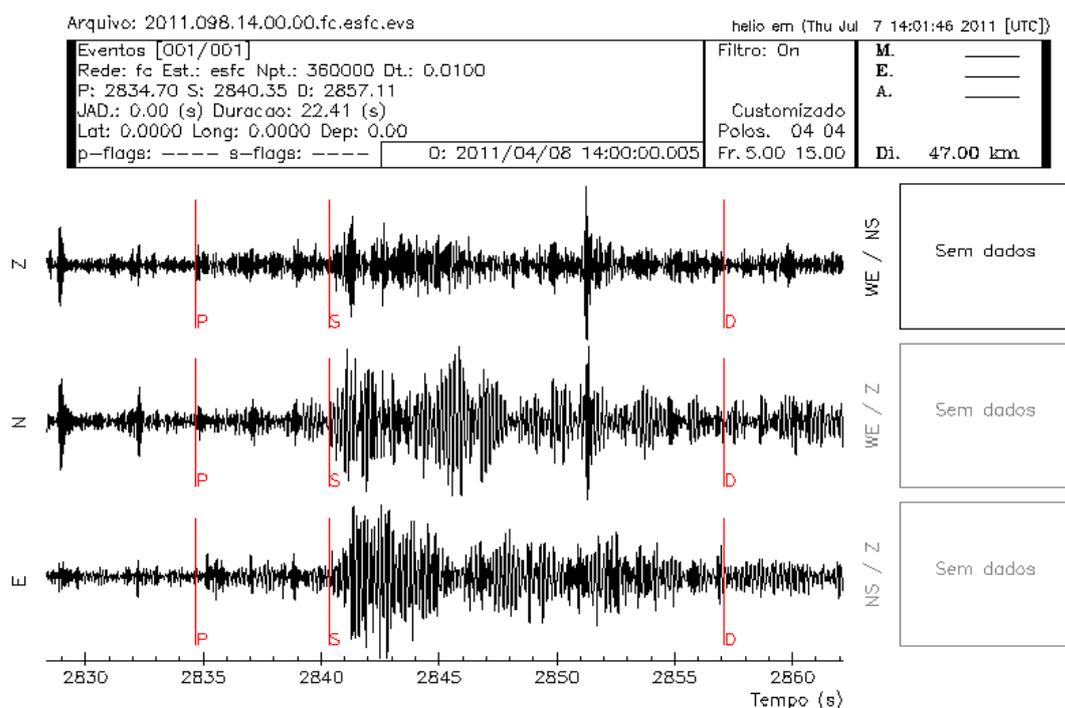


Figura 20. Provável sismo local com magnitude 2,1 m_d , ocorrido em 08 de Abril de 2011 as 14:47:06,9 (UT), localizado a aproximadamente 40 km a SW da barragem, registrado na estação ESFC.

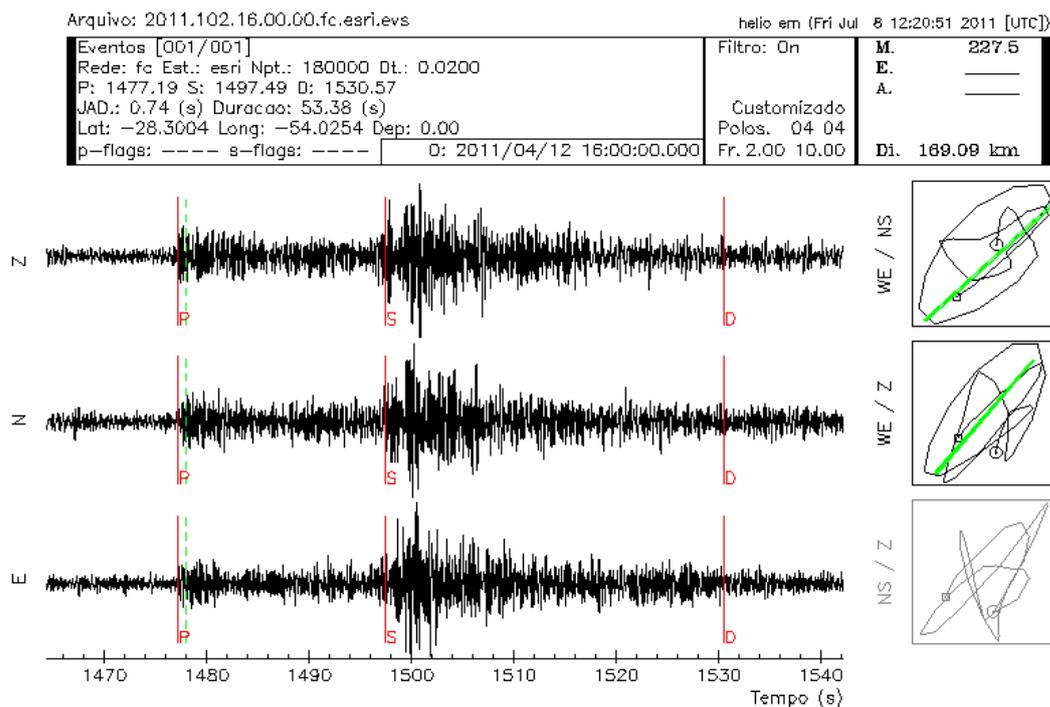


Figura 21. Provável sismo regional ocorrido em 12 de Abril de 2011 as 16:24:09 (UT), localizado a aproximadamente 170 Km a SW da estação RSFC-P3, local onde foi registrado este evento.

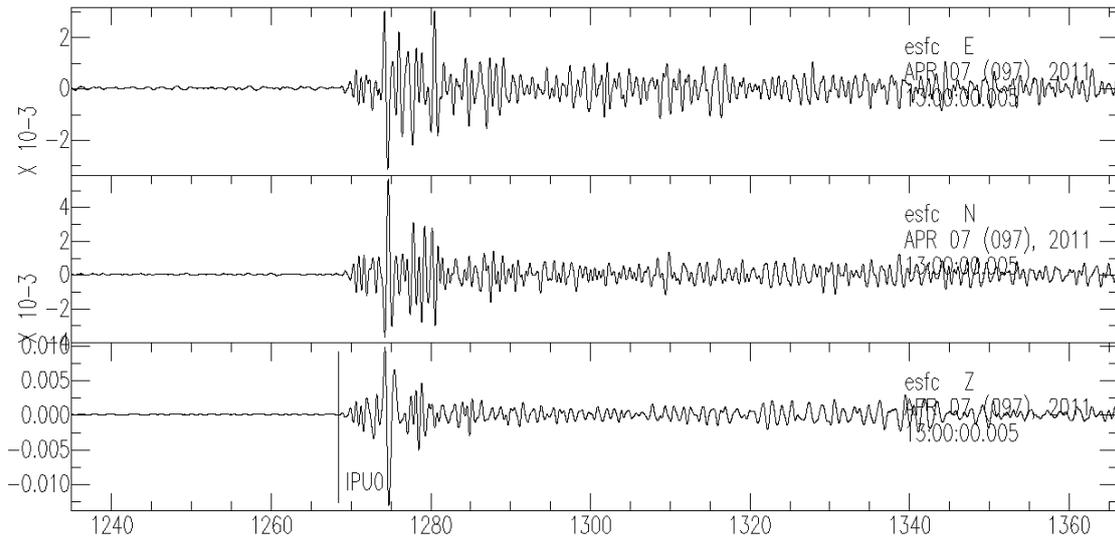


Figura 22 .Telessismo de magnitude 6,6 m_w , ocorrido na região Sul do México próximo da cidade San Juan em 07 de abril de 2011, as 13:11:12.4 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC.

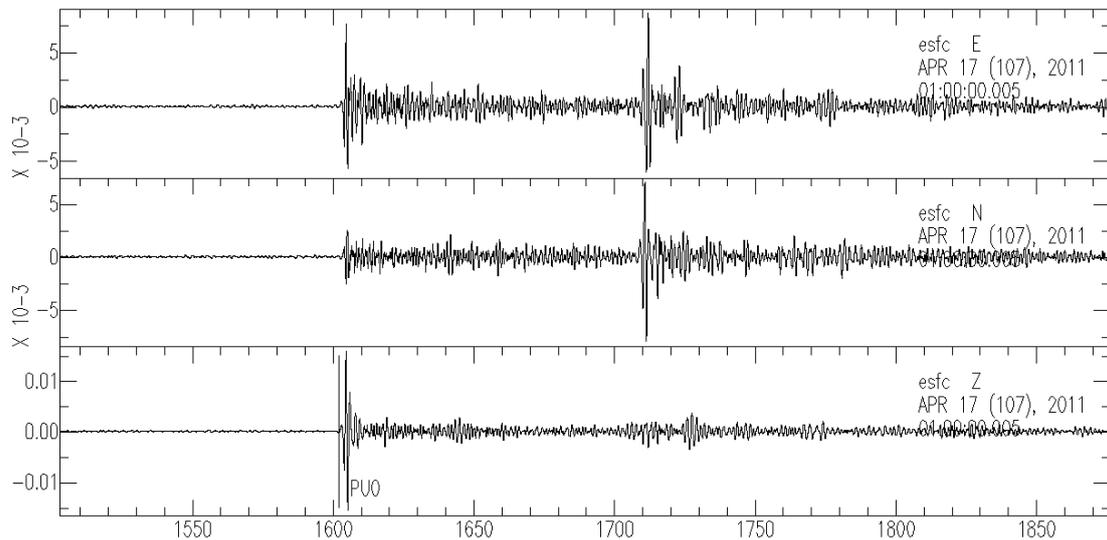


Figura 23 .Telessismo de magnitude 5,1 m_b , ocorrido no norte da Argentina, próximo da cidade Santiago Del Estero em 17 de abril de 2011 as 01:24:33,2 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.

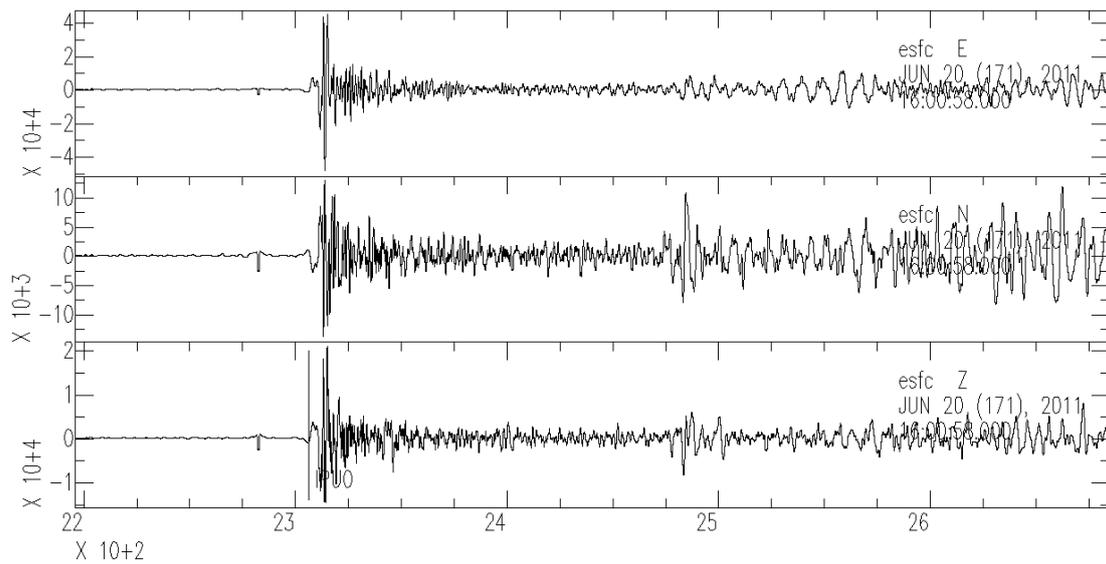


Figura 24 .Telessismo de magnitude 6,5 m_w , ocorrido no norte do Chile em 20 de junho de 2011 as 16:36:01.05 hora UT, que foi registrado nitidamente na estação ESFC.

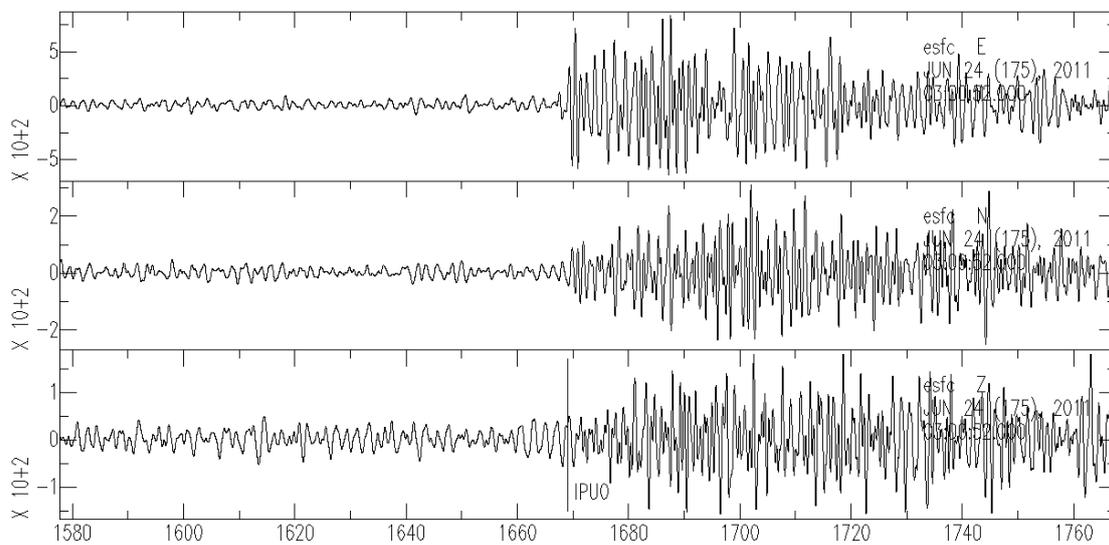


Figura 25 .Telessismo de magnitude 7,2 m_w , ocorrido ao Sul da Baía de Bistol, placa do pacífico em 24 de junho de 2011 as 03:25:25,3 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.