



Universidade de Brasília - UnB

RELATÓRIO TRIMESTRAL
Monitoramento Sismológico da UHE Cana Brava (GO)

OUTUBRO-DEZEMBRO/2013

Brasília, 02 de abril de 2014.



CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO - CDT

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	2
3. DESEMPENHO OPERACIONAL DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS.....	2
4. ANÁLISE DOS DADOS	6
4.1. Eventos detectados no período outubro-dezembro/2013	7
4.1.1. Eventos locais	7
a) Eventos Artificiais (possíveis explosões)	7
b) Eventos Naturais	22
4.1.2. Eventos regionais.....	26
a) Eventos Artificiais (possíveis explosões)	27
4.1.3. Telessismos	40
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS	42
ANEXO I	43

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1 – Gráfico com a quantidade de explosões registradas durante o período outubro-dezembro/2013 e seus respectivos horários (UTC).	19
Figura 2 - Mapa com a localização das estações SSV2, CAN1 e CAN3, das possíveis explosões e da cidade de Minaçu, onde se encontra a mineradora SAMA S/A.	20
Figura 3 - Formas de onda da possível explosão local registrada no dia 03/12/13, às 17:25:36,0 UTC (CAN1) com magnitude estimada em 2,9 mD.	22
Figura 4 - Formas de onda do sismo natural local ocorrido em Estrela do Norte (GO) registrado pelas estações CAN1, CAN3 e SSV2 no dia 02/11/13, às 05:33:47,0 UTC (CAN1) com magnitude estimada em 3,3 mD.	25
Figura 5 - Mapa com a localização dos sismos naturais locais (estrelas vermelhas) e das estações SSV2, CAN1 e CAN3.	26
Figura 6 - Formas de onda de uma possível explosão regional registrada no dia 13/11/13, às 18:19:57,4 UTC (CAN1).	35
Figura 7 - Mapa com a localização das estações SSV2, CAN1 e CAN3, com a indicação das possíveis explosões e das áreas de mineração.	36
Figura 8 - Formas de onda do sismo natural regional ocorrido na cidade de Porangatu (GO), registrado no dia 17/11/13, às 03:36:11,4 UTC (CAN1) com magnitude estimada em 3,3 mD.	38
Figura 9 - Mapa com os epicentros dos sismos naturais regionais registrados pelas estações SSV2, CAN1 e CAN3 durante o período de outubro a dezembro de 2013.	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês de outubro de 2013.	3
Tabela 2 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês de novembro de 2013.	3
Tabela 3 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês dezembro de 2013.	3
Tabela 4 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de outubro de 2013.	4
Tabela 5 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de novembro de 2013.	4
Tabela 6 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de dezembro de 2013.	4
Tabela 7 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de outubro de 2013.	5
Tabela 8 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de novembro de 2013.	5
Tabela 9 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de dezembro de 2013.	5
Tabela 10 - Possíveis explosões locais registradas no período de outubro a dezembro de 2013.	7
Tabela 11 - Eventos naturais locais registrados no período de outubro a dezembro de 2013.	23
Tabela 12 - Possíveis explosões regionais registradas no período de outubro a dezembro de 2013.	27
Tabela 13 - Sismos naturais regionais registrados no período de outubro a dezembro de 2013.	37

APRESENTAÇÃO

Este relatório descreve os trabalhos realizados para a Companhia Energética TRACTEBEL ENERGIA S.A. no âmbito do contrato firmado com o Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT) da Universidade de Brasília, relacionados à consultoria especializada para atender ao Programa de Monitoramento Sismológico do reservatório da Usina Hidrelétrica Cana Brava, oficialmente inaugurada em agosto de 1998.

São apresentados os resultados da análise dos dados produzidos pelas estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3, instaladas na área de influência do reservatório da UHE Cana Brava (GO), correspondentes ao período de outubro a dezembro de 2013.

A análise dos dados produzidos no período pelas estações sismográficas foi realizada utilizando os programas Scream (Seismometer Configuration, Real time Acquisition and Monitoring) da empresa Güralp Systems Ltd (Guralp, 2007). e Geotool (Miljanovic, 2007). Este, por sua vez, também foi utilizado para localização epicentral/hipocentral de eventos por meio da ferramenta LocSat. Os mapas foram elaborados com o programa GMT (Generic Mapping Tools – Wessel & Smith, 1995).

Participaram da elaboração deste relatório: Diogo Farrapo Albuquerque (analista), responsável pela análise dos dados, elaboração das tabelas e mapas, Juraci Mário de Carvalho (coordenador técnico) e Darlan Portela Fontenele, que revisaram todas as informações apresentadas, o desempenho operacional das estações sismográficas e também a conferência dos dados, tabelas, figuras, mapas e revisão gramatical do texto.

1. INTRODUÇÃO

A análise dos dados produzidos pelas estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3 no trimestre de outubro a dezembro de 2013 consistiu na determinação dos parâmetros sísmicos básicos, a saber: horário de origem, localização epicentral/hipocentral (latitude, longitude e profundidade) e magnitude dos eventos. A localização epicentral, juntamente com o cálculo de magnitude, respondem às duas primeiras indagações feitas logo após a ocorrência de um tremor de terra, ou seja, qual o seu tamanho (magnitude) e onde ocorreu (epicentro).

Para efeito de análise, os eventos foram classificados de acordo com suas distâncias epicentrais (distância da fonte em relação à estação registradora) em locais (até 150 km), regionais (entre 150 km e 1.500 km) e em distantes ou telessísmicos (acima de 1.500 km).

Outro aspecto considerado na análise e interpretação dos dados foi quanto à discriminação dos eventos, isto é, foi preciso, embora nem sempre tenha sido possível, diferenciar eventos naturais (tectônicos) de eventos artificiais (explosões). Este último difere-se do primeiro no que diz respeito a algumas características dos sinais relacionadas ao tipo de fonte.

O registro de uma explosão apresenta algumas particularidades nem sempre observáveis, uma vez que depende da carga utilizada, da distância entre os pontos de detonações e a estação, da sensibilidade do equipamento (sismógrafo) e do nível de ruído local. Ressalta-se que alguns padrões de sinal de uma explosão podem estar presentes também em um sinal originado de uma fonte sismotectônica. Por isso, nem sempre é possível discriminar com clareza esses dois tipos de eventos.

2. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

Os dados produzidos pelas estações SSV2, CAN1 e CAN3 foram analisados com o auxílio dos programas *Scream* (*Seismometer Configuration, Real time Acquisition and Monitoring*) e *Geotool* (Miljanovic, 2007), usado para localizar os eventos por meio da ferramenta *LocSat*.

As magnitudes dos eventos locais foram calculadas usando uma equação de magnitude de duração (m_D) e, para o cálculo das magnitudes dos sismos regionais (m_R), utilizou-se a equação desenvolvida por Assumpção (1983).

3. DESEMPENHO OPERACIONAL DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS

Durante todo o período, as estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3 apresentaram funcionamento excelente, com uma média de dados recebidos acima de 99%. Todavia, houve uma redução no volume de dados recebidos nos dias 05/10 (SSV2 e CAN3), 04, 05 e 06/11 (CAN1), ocasionado por uma falha momentânea de conexão com computador localizado na Universidade de Brasília.

As tabelas de 1 a 9 apresentam o desempenho operacional das estações SSV2, CAN1 e CAN3 relativo aos meses de outubro a dezembro de 2013, respectivamente.

Tabela 1 – Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês de outubro de 2013.

SSV2 – Outubro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
		1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 57%
6 100%	7 100%	8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%
13 100%	14 100%	15 100%	16 100%	17 100%	18 100%	19 100%
20 100%	21 100%	22 100%	23 100%	24 100%	25 100%	26 100%
27 100%	28 100%	29 100%	30 100%	31 100%		

Tabela 2 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês de novembro de 2013.

SSV2 – Novembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
					1 100%	2 100%
3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%
10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%
17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%	22 100%	23 100%
24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%	29 100%	30 100%

Tabela 3 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação SSV2 no mês dezembro de 2013.

SSV2 – Dezembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%
8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%
15 100%	16 100%	17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%
22 100%	23 100%	24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%
29 100%	30 100%	31 100%				

Tabela 4 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de outubro de 2013. A estação entrou em operação em 30 de outubro de 2013.

CAN1 – Outubro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30 54%	31 100%		

Tabela 5 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de novembro de 2013.

CAN1 – Novembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
					1 100%	2 100%
3 100%	4 66%	5 3%	6 48%	7 100%	8 100%	9 100%
10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%
17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%	22 100%	23 100%
24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%	29 100%	30 100%

Tabela 6 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN1 no mês de dezembro de 2013.

CAN1 – Dezembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%
8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%
15 100%	16 100%	17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%
22 100%	23 100%	24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%
29 100%	30 100%	31 100%				

Tabela 7 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de outubro de 2013.

CAN3 – Outubro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
		1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 57%
6 100%	7 100%	8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%
13 100%	14 100%	15 100%	16 100%	17 100%	18 100%	19 100%
20 100%	21 100%	22 100%	23 100%	24 100%	25 100%	26 100%
27 100%	28 100%	29 100%	30 100%	31 100%		

Tabela 8 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de novembro de 2013.

CAN3 – Novembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
					1 100%	2 100%
3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%
10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%
17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%	22 100%	23 100%
24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%	29 100%	30 100%

Tabela 9 - Desempenho operacional, em porcentagem diária de dados recebidos, da Estação CAN3 no mês de dezembro de 2013.

CAN3 – Dezembro/2013						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%
8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%
15 100%	16 100%	17 100%	18 100%	19 100%	20 100%	21 100%
22 100%	23 100%	24 100%	25 100%	26 100%	27 100%	28 100%
29 100%	30 100%	31 100%				

4. ANÁLISE DOS DADOS

No período de outubro a dezembro de 2013, as estações SSV2, CAN1 e CAN3 detectaram 350 (trezentos e cinquenta) eventos sísmicos, sendo 207 (duzentos e sete) locais (possíveis explosões e eventos naturais) e 143 (cento e quarenta e três) eventos regionais (possíveis explosões e eventos naturais).

Devido ao fim do serviço de envio de boletins sísmicos via e-mail pelo *National Earthquake Information Service* (NEIS), do *United States Geological Survey* (USGS), não foi possível determinar os parâmetros dos sismos distantes registrados pelas estações SSV2, CAN1 e CAN3, que antes eram obtidos a partir das listas QED (*Quick Epicenter Determinations*), fornecidas semanalmente. Algumas alternativas para contornar esse problema estão sendo estudadas, mas ainda não há previsão para uma solução definitiva devido à complexidade do programa que deve ser construído para fazer os cálculos necessários. No entanto, cabe ressaltar que esse produto não influi no monitoramento da atividade sísmica a nível local e regional, a mais importante para o programa de monitoramento sismográfico da UHE Cana Brava.

Na localização epicentral, além das leituras das fases primárias (P) e secundárias (S), utilizou-se também, quando possível, o azimute como parâmetro de localização. Os eventos que não puderam ser localizados apresentaram baixa relação sinal-ruído, isto é, não apresentaram chegadas claras e impulsivas da fase P ou esta foi sobreposta por alguma fonte de ruído.

A discriminação entre eventos locais naturais e locais artificiais (explosões) se fundamentou nos horários de ocorrência (ver relatórios anteriores), nas polaridades da primeira chegada da onda P e na densidade espectral de energia nas baixas frequências. Explosões, por terem fontes superficiais, geralmente produzem ondas de superfície de maior energia, além de geralmente não possuírem um registro claro da fase S.

4.1. Eventos detectados no período outubro-dezembro/2013

4.1.1. Eventos locais

No período outubro-dezembro/2013, as estações SSV2, CAN1 e CAN3 registraram 207 (duzentos e sete) eventos locais, dos quais 182 (cento e oitenta e dois) foram classificados como possíveis explosões e 25 (vinte e cinco) como naturais (tectônicos).

a) Eventos Artificiais (possíveis explosões)

A Tabela 10 apresenta as datas, horários de registro, distâncias epicentrais e as magnitudes de duração calculadas para as possíveis explosões locais detectadas no período, que apresentam como característica principal a semelhança entre suas formas de onda, que pode indicar a provável origem das fontes sísmicas artificiais. Do total, 89 (oitenta e nove) puderam ser localizadas. O mesmo não foi possível para as demais, devido à insuficiência de informações, como polaridade clara de chegada da fase P nas três componentes e/ou registro em mais de uma estação sismográfica utilizadas na análise.

Tabela 10 - Possíveis explosões locais registradas no período de outubro a dezembro de 2013.

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
1	01/10/13	CAN3	14:55:50,0	52	2,7	-	-
		SSV2	14:55:55,3	79			
2	01/10/13	CAN3	15:29:21,9	48	2,8	-	-
		SSV2	15:29:26,3	70			
3	02/10/13	CAN3	14:52:02,8	47	2,0	-	-
		SSV2	14:52:07,7	63			
4	02/10/13	CAN3	20:04:22,0	38	1,9	-	-
5	03/10/13	CAN3	14:39:26,3	111	2,1	-	-
		SSV2	14:39:21,1	88			
6	03/10/13	CAN3	17:18:53,9	50	-	-	-
		SSV2	17:18:58,9	70			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
7	03/10/13	CAN3	17:19:37,2	48	2,4	-	-
		SSV2	17:19:41,2	67			
8	03/10/13	CAN3	17:21:19,7	49	2,8	-	-
		SSV2	17:21:23,5	83			
9	03/10/13	CAN3	18:10:18,3	89	2,4	-	-
		SSV2	18:10:24,5	117			
10	03/10/13	CAN3	19:10:35,4	93	2,5	-	-
		SSV2	19:10:40,2	115			
11	04/10/13	CAN3	15:13:13,7	49	-	-	-
		SSV2	15:13:18,3	73			
12	04/10/13	CAN3	15:14:05,4	48	2,1	-	-
		SSV2	15:14:10,5	72			
13	04/10/13	CAN3	15:25:52,0	48	1,9	-	-
		SSV2	15:25:56,7	75			
14	05/10/13	CAN3	17:26:08,8	48	2,4	-	-
		SSV2	17:26:13,9	69			
15	07/10/13	CAN3	17:19:13,1	48	-	-	-
		SSV2	17:19:18,1	63			
16	07/10/13	CAN3	17:20:12,4	50	2,6	-	-
		SSV2	17:20:17,7	67			
17	07/10/13	CAN3	20:39:48,5	111	2,2	-	-
		SSV2	20:39:44,3	84			
18	08/10/13	CAN3	14:52:09,1	48	-	-	-
		SSV2	14:52:14,2	66			
19	08/10/13	CAN3	14:53:25,9	48	2,4	-	-
		SSV2	14:53:30,5	77			
20	08/10/13	CAN3	15:04:29,5	48	2,1	-	-
		SSV2	15:04:34,9	68			
21	09/10/13	CAN3	14:43:13,2	49	-	-	-
		SSV2	14:43:18,2	67			
22	09/10/13	CAN3	14:44:17,7	47	2,3	-	-
		SSV2	14:44:22,7	71			
23	09/10/13	CAN3	14:59:12,7	47	-	-	-
		SSV2	14:59:16,9	70			
24	09/10/13	CAN3	14:59:46,1	50	2,0	-	-
		SSV2	14:59:50,2	83			
25	10/10/13	CAN3	19:44:00,1	60	2,1	-	-
		SSV2	19:44:04,2	92			
26	11/10/13	CAN3	14:07:37,9	106	2,2	-	-
		SSV2	14:07:33,5	92			
27	11/10/13	CAN3	14:36:57,3	50	2,2	-	-
		SSV2	14:37:02,5	66			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
28	11/10/13	CAN3	14:59:15,6	45	2,5	-	-
		SSV2	14:59:19,9	66			
29	11/10/13	CAN3	18:12:17,0	21	2,6	-	-
		SSV2	18:12:19,5	35			
30	12/10/13	CAN3	14:29:57,4	46	2,0	-	-
		SSV2	14:30:02,4	70			
31	12/10/13	CAN3	15:27:49,5	46	2,4	-	-
		SSV2	15:27:54,8	74			
32	12/10/13	CAN3	15:29:51,9	48	2,2	-	-
		SSV2	15:29:57,2	66			
33	14/10/13	CAN3	15:12:10,0	48	-	-	-
		SSV2	15:12:14,9	68			
34	14/10/13	CAN3	15:14:04,6	52	-	-	-
		SSV2	15:14:10,0	66			
35	14/10/13	CAN3	15:15:16,3	50	2,6	-	-
		SSV2	15:15:20,7	77			
36	14/10/13	CAN3	20:31:56,2	70	1,4	-	-
37	16/10/13	CAN3	14:33:14,8	49	2,2	-	-
		SSV2	14:33:20,1	61			
38	16/10/13	CAN3	14:45:38,3	48	2,0	-	-
		SSV2	14:45:43,7	67			
39	16/10/13	CAN3	15:14:18,0	49	2,1	-	-
		SSV2	15:14:23,2	69			
40	16/10/13	CAN3	19:23:41,7	91	2,6	-	-
41	17/10/13	SSV2	14:05:56,5	85	2,0	-	-
42	17/10/13	CAN3	14:47:02,9	46	2,4	-	-
		SSV2	14:47:07,5	69			
43	19/10/13	CAN3	14:27:04,6	48	-	-	-
		SSV2	14:27:09,0	74			
44	19/10/13	CAN3	14:27:40,3	51	2,2	-	-
		SSV2	14:27:44,8	71			
45	19/10/13	CAN3	14:46:23,2	52	-	-	-
		SSV2	14:46:28,2	66			
46	19/10/13	CAN3	14:47:23,8	50	1,9	-	-
		SSV2	14:47:29,3	70			
47	21/10/13	CAN3	14:10:11,6	49	2,4	-	-
		SSV2	14:10:16,8	75			
48	21/10/13	CAN3	14:11:45,7	49	2,5	-	-
		SSV2	14:11:50,4	76			
49	21/10/13	CAN3	16:16:14,5	46	2,6	-	-
		SSV2	16:16:18,6	67			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
50	21/10/13	CAN3	16:19:27,4	47	2,1	-	-
		SSV2	16:19:32,0	69			
51	22/10/13	CAN3	13:40:41,1	48	2,4	-	-
		SSV2	13:40:45,7	71			
52	22/10/13	CAN3	14:20:01,6	115	2,1	-	-
		SSV2	14:19:57,3	95			
53	23/10/13	CAN3	13:28:33,9	47	2,6	-	-
		SSV2	13:28:37,8	70			
54	23/10/13	CAN3	13:30:24,0	49	2,0	-	-
		SSV2	13:30:28,6	69			
55	23/10/13	CAN3	18:20:36,0	91	2,4	-	-
		SSV2	18:20:42,2	120			
56	23/10/13	CAN3	20:39:21,7	96	2,2	-	-
		SSV2	20:39:20,4	81			
57	24/10/13	CAN3	13:24:43,3	48	2,7	-	-
		SSV2	13:24:47,5	77			
58	24/10/13	CAN3	18:10:31,3	55	2,6	-	-
		SSV2	18:10:36,4	66			
59	24/10/13	CAN3	19:08:39,8	120	2,1	-	-
		SSV2	19:08:36,8	88			
60	24/10/13	CAN3	19:13:01,0	124	2,6	-	-
		SSV2	19:12:57,2	115			
61	25/10/13	CAN3	13:33:02,2	48	2,4	-	-
		SSV2	13:33:07,6	66			
62	25/10/13	CAN3	13:34:49,7	50	2,5	-	-
		SSV2	13:34:54,6	75			
63	26/10/13	CAN3	12:58:29,8	50	1,7	-	-
		SSV2	12:58:35,0	67			
64	26/10/13	CAN3	13:10:33,0	50	2,2	-	-
		SSV2	13:10:37,6	75			
65	26/10/13	CAN3	14:18:43,2	48	2,4	-	-
		SSV2	14:18:46,7	80			
66	28/10/13	CAN3	13:10:47,8	50	-	-	-
		SSV2	13:10:52,9	64			
67	28/10/13	CAN3	13:11:46,0	49	2,6	-	-
		SSV2	13:11:52,4	88			
68	29/10/13	CAN3	13:31:43,0	22	2,9	-	-
		SSV2	13:31:45,5	37			
69	29/10/13	CAN3	13:55:10,8	53	2,6	-	-
		SSV2	13:55:16,0	67			
70	29/10/13	CAN3	16:21:37,3	46	2,3	-	-
		SSV2	16:21:42,1	66			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
71	30/10/13	CAN1	13:35:35,9	26	2,0	-13,53° ± 9,5 km	-48,40° ± 21,2 km
		CAN3	13:35:39,5	52			
		SSV2	13:35:43,7	79			
72	30/10/13	CAN1	16:40:16,8	81	1,5	-	-
73	31/10/13	CAN1	13:00:49,6	21	2,0	-13,32° ± 3,4 km	-48,01° ± 13,3 km
		CAN3	13:00:53,1	52			
		SSV2	13:00:58,7	60			
74	31/10/13	CAN1	14:01:57,4	23	2,4	-13,48° ± 11,5 km	-48,27° ± 9,0 km
		CAN3	14:02:01,2	48			
		SSV2	14:02:06,4	67			
75	01/11/13	CAN1	13:38:07,3	24	2,0	-	-
76	01/11/13	CAN1	13:39:49,5	27	2,0	-	-
77	01/11/13	CAN1	19:01:16,2	148	2,3	-	-
78	01/11/13	CAN1	19:07:29,5	149	2,3	-	-
79	01/11/13	CAN1	19:10:21,0	147	2,1	-	-
80	02/11/13	CAN1	13:32:05,0	24	2,1	-13,30° ± 2,9 km	-47,95° ± 8,9 km
		CAN3	13:32:08,8	49			
		SSV2	13:32:10,7	90			
81	02/11/13	CAN1	13:45:27,9	22	-	-13,31° ± 3,4 km	-47,95° ± 10,2 km
		CAN3	13:45:31,7	50			
		SSV2	13:45:34,8	82			
82	02/11/13	CAN1	13:46:16,1	22	2,2	-13,32° ± 3,7 km	-47,99° ± 14,3 km
		CAN3	13:46:19,8	52			
		SSV2	13:46:23,4	76			
83	02/11/13	CAN1	14:19:44,7	23	2,5	-13,48° ± 6,7 km	-48,29° ± 6,1 km
		CAN3	14:19:48,3	48			
		SSV2	14:19:52,7	68			
84	04/11/13	CAN1	13:35:47,6	20	2,3	-13,47° ± 7,5 km	-48,27° ± 5,6 km
		CAN3	13:35:51,3	48			
		SSV2	13:35:55,7	70			
85	05/11/13	CAN3	10:41:00,9	61	1,6	-	-
86	05/11/13	CAN3	10:59:53,3	52	1,4	-	-
87	05/11/13	CAN3	13:54:05,9	49	2,3	-	-
		SSV2	13:54:10,9	70			
88	05/11/13	CAN3	16:26:59,2	48	-	-	-
		SSV2	16:27:04,2	61			
89	05/11/13	CAN3	16:28:12,8	49	-	-	-
		SSV2	16:28:17,8	70			
90	05/11/13	CAN3	16:29:18,6	48	-	-	-
		SSV2	16:29:23,1	69			
91	05/11/13	CAN3	18:24:26,1	54	1,6	-	-

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
92	06/11/13	CAN1	13:28:35,4	23	2,4	-13,31° ± 2,1 km	-48,01° ± 7,9 km
		CAN3	13:28:39,2	48			
		SSV2	13:28:41,6	88			
93	08/11/13	CAN1	13:37:55,5	22	2,5	-13,48° ± 6,9 km	-48,27° ± 5,5 km
		CAN3	13:37:59,5	45			
		SSV2	13:38:04,4	66			
94	08/11/13	CAN1	13:39:43,8	25	2,3	-13,47° ± 13,9 km	-48,28° ± 9,8 km
		CAN3	13:39:47,6	49			
		SSV2	13:39:52,8	63			
95	09/11/13	CAN1	13:34:54,2	20	2,5	-13,50° ± 13,6 km	-48,29° ± 9,3 km
		CAN3	13:34:57,3	52			
		SSV2	13:35:02,0	73			
96	09/11/13	CAN1	13:36:59,0	22	2,7	-13,49° ± 8,3 km	-48,28° ± 6,7 km
		CAN3	13:37:02,8	48			
		SSV2	13:37:06,6	72			
97	09/11/13	CAN1	15:46:34,4	21	2,2	-13,39° ± 6,5 km	-47,95° ± 11,8 km
		CAN3	15:46:40,0	54			
		SSV2	15:46:44,7	68			
98	10/11/13	CAN3	11:34:42,4	42	2,2	-	-
99	10/11/13	CAN3	14:51:22,0	116	2,0	-	-
100	10/11/13	CAN3	15:51:26,4	48	1,4	-	-
101	11/11/13	CAN1	13:31:03,0	23	2,6	-13,49° ± 8,4 km	-48,28° ± 8,3 km
		CAN3	13:31:06,8	48			
		SSV2	13:31:11,4	70			
102	11/11/13	CAN3	20:50:01,4	39	1,8	-	-
		SSV2	20:50:03,7	55			
103	12/11/13	CAN1	13:51:35,3	21	2,3	-13,47° ± 8,8 km	-48,27° ± 7,5 km
		CAN3	13:51:38,3	52			
		SSV2	13:51:44,2	66			
104	12/11/13	CAN3	21:07:57,5	109	2,3	-	-
		SSV2	21:07:53,3	75			
105	13/11/13	CAN1	13:47:58,8	24	2,5	-13,46° ± 7,6 km	-48,28° ± 5,5 km
		CAN3	13:48:02,7	42			
		SSV2	13:48:05,9	79			
106	13/11/13	CAN1	14:42:29,6	29	-	-13,51° ± 7,0 km	-48,32° ± 6,8 km
		CAN3	14:42:33,3	49			
		SSV2	14:42:37,7	73			
107	13/11/13	CAN1	14:43:10,9	21	-	-13,47° ± 14,7 km	-48,27° ± 10,9 km
		CAN3	14:43:14,8	44			
		SSV2	14:43:19,1	73			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
108	13/11/13	CAN1	14:43:48,7	20	-	-13,48° ± 14,5 km	-48,27° ± 12,0 km
		CAN3	14:43:52,7	47			
		SSV2	14:43:56,8	67			
109	15/11/13	CAN1	13:33:46,1	21	-	-13,31° ± 2,6 km	-47,96° ± 8,6 km
		CAN3	13:33:49,8	48			
		SSV2	13:33:53,6	76			
110	15/11/13	CAN1	13:34:36,7	24	-	-13,47° ± 12,7 km	-48,27° ± 10,4 km
		CAN3	13:34:40,6	47			
		SSV2	13:34:45,1	67			
111	15/11/13	CAN1	13:35:56,8	23	2,4	-13,49° ± 9,6 km	-48,29° ± 8,9 km
		CAN3	13:36:00,3	49			
		SSV2	13:36:04,8	74			
112	18/11/13	CAN1	16:17:17,2	21	-	-13,48° ± 9,6 km	-48,27° ± 9,3 km
		CAN3	16:17:21,1	48			
		SSV2	16:17:25,3	73			
113	18/11/13	CAN1	16:18:03,8	21	2,6	-13,47° ± 9,9 km	-48,27° ± 7,6 km
		CAN3	16:18:07,5	48			
		SSV2	16:18:11,7	71			
114	19/11/13	CAN1	13:26:51,4	21	2,6	-13,49° ± 7,9 km	-48,28° ± 7,7 km
		CAN3	13:26:55,0	49			
		SSV2	13:26:59,5	72			
115	19/11/13	CAN1	16:26:55,2	22	2,4	-13,48° ± 7,9 km	-48,28° ± 5,2 km
		CAN3	16:26:58,8	47			
		SSV2	16:27:03,1	76			
116	19/11/13	CAN1	16:29:10,0	22	2,3	-13,48° ± 11,0 km	-48,27° ± 8,3 km
		CAN3	16:29:14,0	48			
		SSV2	16:29:18,4	71			
117	20/11/13	CAN1	13:46:54,2	25	2,2	-13,49° ± 8,3 km	-48,28° ± 6,4 km
		CAN3	13:46:58,1	48			
		SSV2	13:47:02,9	66			
118	20/11/13	CAN1	16:15:50,7	25	2,3	-13,50° ± 8,9 km	-48,29° ± 8,2 km
		CAN3	16:15:54,5	48			
		SSV2	16:15:59,4	72			
119	21/11/13	CAN1	13:36:22,1	21	2,5	-13,48° ± 8,2 km	-48,27° ± 6,6 km
		CAN3	13:36:25,9	48			
		SSV2	13:36:30,4	72			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
120	23/11/13	CAN1	13:43:51,8	23	-	-13,49° ± 8,9 km	-48,28° ± 8,7 km
		CAN3	13:43:55,6	48			
		SSV2	13:44:00,7	70			
121	23/11/13	CAN1	13:44:50,5	21	2,8	-13,32° ± 3,1 km	-47,97° ± 9,6 km
		CAN3	13:44:54,1	48			
		SSV2	13:44:58,1	77			
122	23/11/13	CAN1	16:19:58,3	23	2,8	-13,48° ± 7,0 km	-48,29° ± 5,1 km
		CAN3	16:20:02,0	46			
		SSV2	16:20:06,2	75			
123	25/11/13	CAN1	13:18:14,4	25	2,4	-13,49° ± 7,4 km	-48,30° ± 7,4 km
		CAN3	13:18:18,1	47			
		SSV2	13:18:22,1	71			
124	25/11/13	CAN1	16:17:18,3	22	2,4	-13,49° ± 7,4 km	-48,28° ± 5,3 km
		CAN3	16:17:22,1	48			
		SSV2	16:17:26,1	72			
125	26/11/13	CAN1	13:38:34,0	22	-	-13,49° ± 11,8 km	-48,28° ± 10,4 km
		CAN3	13:38:37,2	54			
		SSV2	13:38:42,8	67			
126	26/11/13	CAN1	13:39:06,1	22	-	-13,46° ± 14,4 km	-48,27° ± 12,2 km
		CAN3	13:39:09,8	48			
		SSV2	13:39:14,2	65			
127	26/11/13	CAN1	13:39:39,3	20	2,7	-13,46° ± 14,5 km	-48,27° ± 12,2 km
		CAN3	13:39:42,7	51			
		SSV2	13:39:47,0	71			
128	27/11/13	CAN1	16:19:02,0	24	2,4	-13,49° ± 8,8 km	-48,29° ± 9,7 km
		CAN3	16:19:05,6	51			
		SSV2	16:19:10,4	70			
129	27/11/13	CAN1	16:20:34,4	21	-	-13,30° ± 3,1 km	-47,98° ± 9,7 km
		CAN3	16:20:38,0	48			
		SSV2	16:20:41,4	77			
130	27/11/13	CAN1	16:21:11,1	25	2,4	-13,50° ± 3,1 km	-48,29° ± 10,4 km
		CAN3	16:21:15,0	48			
		SSV2	16:21:19,4	75			
131	28/11/13	CAN1	13:42:57,3	24	2,4	-13,49° ± 9,2 km	-48,28° ± 8,3 km
		CAN3	13:43:01,1	50			
		SSV2	13:43:05,4	69			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
132	28/11/13	CAN1	13:53:23,4	19	2,2	-13,32° ± 3,1 km	-48,01° ± 11,5 km
		CAN3	13:53:27,0	52			
		SSV2	13:53:30,7	77			
133	28/11/13	CAN1	16:19:52,4	24	2,6	-13,50° ± 7,1 km	-48,29° ± 5,9 km
		CAN3	16:19:55,6	52			
		SSV2	16:20:00,1	72			
134	29/11/13	CAN1	16:23:56,9	23	-	-13,50° ± 6,8 km	-48,28° ± 5,2 km
		CAN3	16:24:00,8	49			
		SSV2	16:24:04,5	75			
135	29/11/13	CAN1	16:24:25,0	23	2,7	-13,47° ± 16,0 km	-48,27° ± 11,8 km
		CAN3	16:24:28,9	47			
		SSV2	16:24:33,5	67			
136	30/11/13	CAN1	14:05:16,0	22	2,3	-13,49° ± 9,6 km	-48,29° ± 8,0 km
		CAN3	14:05:19,6	72			
		SSV2	14:05:23,2	75			
137	30/11/13	CAN1	14:08:01,7	22	2,1	-13,49° ± 9,0 km	-48,28° ± 7,0 km
		CAN3	14:08:05,2	49			
		SSV2	14:08:09,7	73			
138	02/12/13	CAN1	13:38:40,8	23	2,4	-13,49° ± 7,4 km	-48,28° ± 6,0 km
		CAN3	13:38:44,6	48			
		SSV2	13:38:48,9	72			
139	02/12/13	CAN1	13:40:08,2	25	2,6	-13,50° ± 9,0 km	-48,30° ± 8,7 km
		CAN3	13:40:11,6	52			
		SSV2	13:40:15,4	76			
140	03/12/13	CAN1	13:24:50,4	20	2,4	-13,32° ± 2,6 km	-48,00° ± 9,4 km
		CAN3	13:24:54,1	48			
		SSV2	13:24:57,7	80			
141	03/12/13	CAN1	17:28:36,0	24	2,9	-13,48° ± 6,3 km	-48,29° ± 5,1 km
		CAN3	17:28:39,8	47			
		SSV2	17:28:43,8	74			
142	04/12/13	CAN1	13:32:37,6	26	2,7	-13,46° ± 7,3 km	-48,30° ± 5,7 km
		CAN3	13:32:41,3	40			
		SSV2	13:32:45,3	71			
143	04/12/13	CAN1	13:35:06,1	22	2,8	-13,31° ± 2,8 km	-47,98° ± 8,9 km
		CAN3	13:35:09,6	52			
		SSV2	13:35:13,5	77			
144	04/12/13	CAN1	16:29:07,7	21	-	-13,49° ± 8,6 km	-48,28° ± 7,8 km
		CAN3	16:29:11,5	49			
		SSV2	16:29:15,4	75			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
145	04/12/13	CAN1	16:29:27,1	22	2,2	-	-
		CAN3	16:29:30,4	52			
146	04/12/13	CAN1	16:31:28,7	21	2,2	-13,47° ± 10,5 km	-48,27° ± 9,3 km
		CAN3	16:31:32,5	47			
		SSV2	16:31:37,6	66			
147	05/12/13	CAN1	16:24:12,4	21	2,4	-13,47° ± 8,2 km	-48,27° ± 7,4 km
		CAN3	16:24:16,1	47			
		SSV2	16:24:20,5	70			
148	06/12/13	CAN1	13:03:30,9	22	2,2	-13,42° ± 7,8 km	-47,92° ± 11,0 km
		CAN3	13:03:36,4	57			
		SSV2	13:03:40,4	82			
149	06/12/13	CAN1	16:21:42,9	24	2,6	-13,50° ± 7,6 km	-48,28° ± 5,7 km
		CAN3	16:21:46,7	52			
		SSV2	16:21:51,3	71			
150	07/12/13	CAN1	13:32:11,2	21	2,1	-13,49° ± 7,2 km	-48,27° ± 6,1 km
		CAN3	13:32:15,0	49			
		SSV2	13:32:18,7	75			
151	09/12/13	CAN1	13:35:21,9	21	-	-13,31° ± 3,3 km	-48,00° ± 10,2 km
		CAN3	13:35:25,7	48			
		SSV2	13:35:30,3	64			
152	09/12/13	CAN1	13:35:57,7	25	2,5	-13,49° ± 12,4 km	-48,30° ± 11,1 km
		CAN3	13:36:01,3	47			
		SSV2	13:36:05,4	76			
153	10/12/13	CAN1	13:42:30,7	25	2,6	-13,50° ± 8,7 km	-48,30° ± 8,7 km
		CAN3	13:42:34,3	52			
		SSV2	13:42:39,0	74			
154	11/12/13	CAN1	16:14:02,8	23	2,2	-13,48° ± 8,3 km	-48,28° ± 7,0 km
		CAN3	16:14:06,4	49			
		SSV2	16:14:11,2	69			
155	12/12/13	CAN1	14:04:29,0	23	2,5	-13,49° ± 8,2 km	-48,29° ± 6,5 km
		CAN3	14:04:32,7	51			
		SSV2	14:04:37,0	72			
156	13/12/13	CAN1	13:26:25,0	20	2,5	-13,46° ± 7,5 km	-48,26° ± 5,7 km
		CAN3	13:26:28,7	47			
		SSV2	13:26:33,0	69			
157	13/12/13	CAN1	16:28:46,9	21	2,4	-13,31° ± 2,5 km	-48,00° ± 8,8 km
		CAN3	16:28:50,3	49			
		SSV2	16:28:54,2	79			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
158	13/12/13	CAN1	16:41:58,3	22	2,3	-13,48° ± 8,5 km	-48,28° ± 7,0 km
		CAN3	16:42:01,9	48			
		SSV2	16:42:06,7	70			
159	16/12/13	CAN1	13:57:24,2	23	2,2	-13,32° ± 3,1 km	-48,00° ± 10,8 km
		CAN3	13:57:28,2	47			
		SSV2	13:57:32,8	61			
160	16/12/13	CAN1	14:09:27,7	22	2,6	-13,47° ± 8,4 km	-48,28° ± 7,2 km
		CAN3	14:09:31,1	50			
		SSV2	14:09:35,8	68			
161	17/12/13	CAN1	13:10:47,8	23	2,8	-13,47° ± 7,3 km	-48,28° ± 5,9 km
		CAN3	13:10:51,3	48			
		SSV2	13:10:55,3	70			
162	17/12/13	CAN1	16:14:40,5	25	2,4	-13,30° ± 2,8 km	-47,95° ± 8,6 km
		CAN3	16:14:44,2	51			
		SSV2	16:14:48,5	66			
163	19/12/13	CAN1	16:16:16,5	23	2,4	-13,31° ± 2,6 km	-48,04° ± 11,6 km
		CAN3	16:16:19,7	52			
		SSV2	16:16:25,0	67			
164	19/12/13	CAN1	16:19:23,7	23	2,5	-13,30° ± 3,0 km	-47,99° ± 9,8 km
		CAN3	16:19:27,5	48			
		SSV2	16:19:31,8	61			
165	20/12/13	CAN1	13:23:55,2	18	2,4	-13,45° ± 9,5 km	-48,26° ± 9,7 km
		CAN3	13:23:58,6	46			
		SSV2	13:24:03,0	71			
166	20/12/13	CAN1	13:48:37,2	24	2,7	-13,49° ± 7,9 km	-48,29° ± 6,2 km
		CAN3	13:48:40,7	50			
		SSV2	13:48:45,7	70			
167	21/12/13	CAN1	16:23:53,0	25	-	-13,32° ± 3,0 km	-48,00° ± 10,7 km
		CAN3	16:23:56,7	50			
		SSV2	16:24:01,8	66			
168	21/12/13	CAN1	16:24:10,5	19	2,2	-	-
		CAN3	16:24:14,5	48			
169	21/12/13	CAN1	16:41:48,3	23	-	-13,47° ± 10,6 km	-48,28° ± 8,4 km
		CAN3	16:41:52,1	46			
		SSV2	16:41:56,0	72			
170	21/12/13	CAN1	16:42:01,2	21	2,4	-	-
		CAN3	16:42:05,1	45			
171	22/12/13	CAN3	15:53:43,6	91	2,0	-	-
		SSV2	15:53:40,3	65			
172	23/12/13	CAN1	13:50:21,0	23	2,6	-13,48° ± 8,1 km	-48,28° ± 6,1 km
		CAN3	13:50:24,9	47			
		SSV2	13:50:28,1	72			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D(km)	Mag. (mD)	Localização	
						Lat.	Long.
173	24/12/13	CAN1	17:35:00,0	22	2,8	-13,31° ± 2,7 km	-47,97° ± 8,9 km
		CAN3	17:35:03,8	48			
		SSV2	17:35:08,2	59			
174	24/12/13	CAN1	17:46:50,5	23	2,9	-13,30° ± 3,0 km	-47,97° ± 9,2 km
		CAN3	17:46:54,3	48			
		SSV2	17:46:58,7	61			
175	26/12/13	CAN1	13:35:40,5	24	2,4	-13,48° ± 8,4 km	-48,28° ± 6,1 km
		CAN3	13:35:44,4	47			
		SSV2	13:35:48,3	67			
176	26/12/13	CAN1	13:37:21,0	25	2,7	-13,51° ± 6,6 km	-48,34° ± 5,8 km
		CAN3	13:37:24,9	45			
		SSV2	13:37:29,0	66			
177	27/12/13	CAN1	13:42:16,3	23	2,0	-13,48° ± 10,7 km	-48,28° ± 7,3 km
		CAN3	13:42:20,3	48			
		SSV2	13:42:23,7	75			
178	27/12/13	CAN1	13:43:32,0	23	2,2	-13,49° ± 11,9 km	-48,28° ± 9,9 km
		CAN3	13:43:35,8	50			
		SSV2	13:43:39,8	69			
179	28/12/13	CAN1	13:29:31,2	29	2,6	-13,52° ± 7,6 km	-48,32° ± 6,1 km
		CAN3	13:29:34,9	50			
		SSV2	13:29:39,8	71			
180	28/12/13	CAN1	13:31:30,8	22	2,6	-13,31° ± 2,6 km	-47,97° ± 8,7 km
		CAN3	13:31:34,4	49			
		SSV2	13:31:37,9	81			
181	31/12/13	CAN1	13:37:01,2	21	-	-13,49° ± 7,3 km	-48,28° ± 6,6 km
		CAN3	13:37:04,8	50			
		SSV2	13:37:09,1	69			
182	31/12/13	CAN1	13:37:51,5	22	2,8	-13,48° ± 12,8 km	-48,28° ± 11,5 km
		CAN3	13:37:55,5	47			
		SSV2	13:37:59,5	71			

Apesar de não ter sido possível localizar as outras noventa e três explosões a partir dos registros sísmicos disponíveis, aquelas com distâncias epicentrais em torno de 22 km de CAN1, 51 km de CAN3 e 77 km de SSV2, com horários de ocorrência geralmente às 13h, 14h, 15h e 16h UTC (Figura 1), e com assinaturas sísmicas semelhantes entre si, podem estar relacionadas à detonações na Mineradora SAMA S/A, localizada na cidade de Minaçu (GO), a sul-sudeste da região de monitoramento.

Na Tabela 10 é possível notar que muitos eventos não tiveram suas magnitudes calculadas. Isso ocorreu porque essas explosões foram detonadas em sequência e em curtos intervalos entre elas, causando uma sobreposição de sinais, o que impossibilitou a medição do tempo de duração do sinal sísmico de cada uma delas para inserir na equação de magnitude.

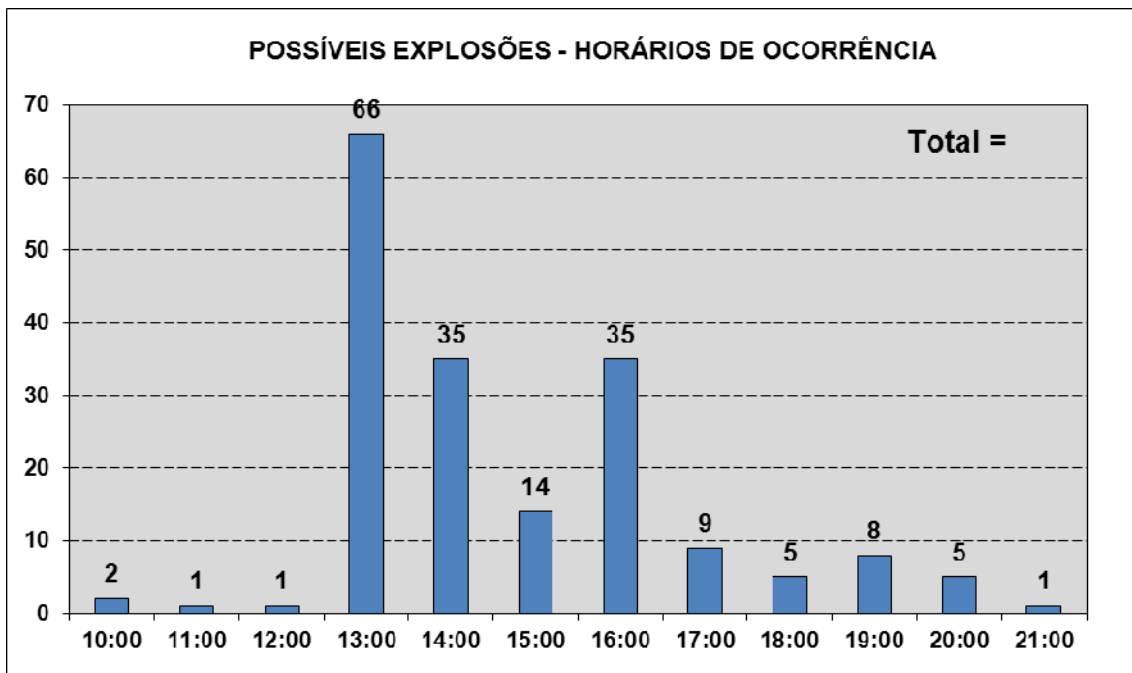


Figura 1 – Gráfico com a quantidade de explosões registradas durante o período outubro-dezembro/2013 e seus respectivos horários (UTC).

A Figura 2 mostra o mapa com a localização das estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3, das possíveis explosões, da mineradora SAMA S/A e os raios epicentrais médios indicando a distância das estações em relação à região de mineração.

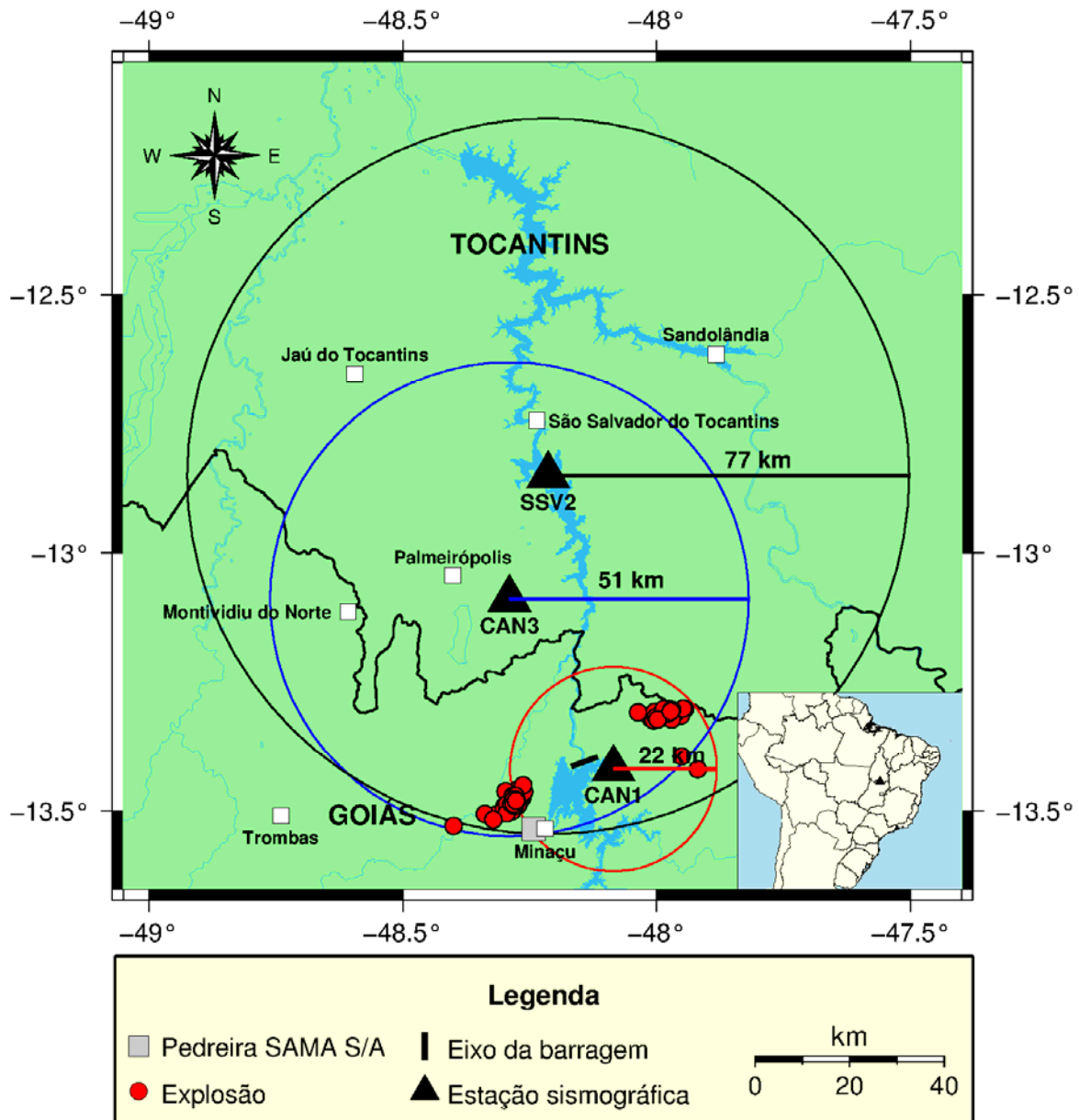


Figura 2 - Mapa com a localização das estações SSV2, CAN1 e CAN3, das possíveis explosões e da cidade de Minaçu, onde se encontra a mineradora SAMA S/A.

Como pode ser observado na Figura 2, as localizações das possíveis explosões se concentram em duas regiões distintas, separadas por uma distância de aproximadamente 44 km. Os epicentros próximos à cidade de Minaçu (GO) estão relacionados à exploração mineral feito pela mineradora SAMA S/A. Já para os que se concentram a nordeste da estação CAN1, não há informações de exploração mineral nessa região e nem foi possível

identificar qualquer indício dessa atividade por meio da análise de imagens de satélite disponíveis em domínio público.

Deve-se ressaltar no entanto, que a falta de informações não é indício da inexistência de uma nova área de mineração nessa região. No entanto, uma explicação bastante plausível para essa concentração de eventos a nordeste de CAN1 é devido as baixas magnitudes e a dificuldade em identificar com exatidão o tempo de chegada da fase S em registros de sismos artificiais pois, por definição, esse tipo de fonte não gera ondas secundárias, podendo gerar erros consideráveis na localização epicentral dos eventos e ambiguidade no azimute. Entretanto, pode-se notar que os horários de ocorrência são todos diurnos e compatíveis com horários de detonação em mineradoras

A Figura 3 apresenta as formas de onda da explosão detectada no dia 3 de dezembro de 2013, às 17h28min UTC (Evento 141 da Tabela 10), com magnitude de 2,9 m_D . Deve-se ressaltar que o cálculo de magnitude de duração é um valor relativo ao tempo de duração (em segundos) do evento, podendo ser superestimada ou subestimada dependendo da qualidade do registro, da calibração da equação de magnitude para a região e da experiência do analista.

O eixo vertical indica os canais Vertical (HHZ), Norte-Sul (HHN) e Leste-Oeste (HHE) e o eixo horizontal o tempo UTC. O horário de marcação das fases primárias e secundárias são indicadas pelas letras P e S, respectivamente.

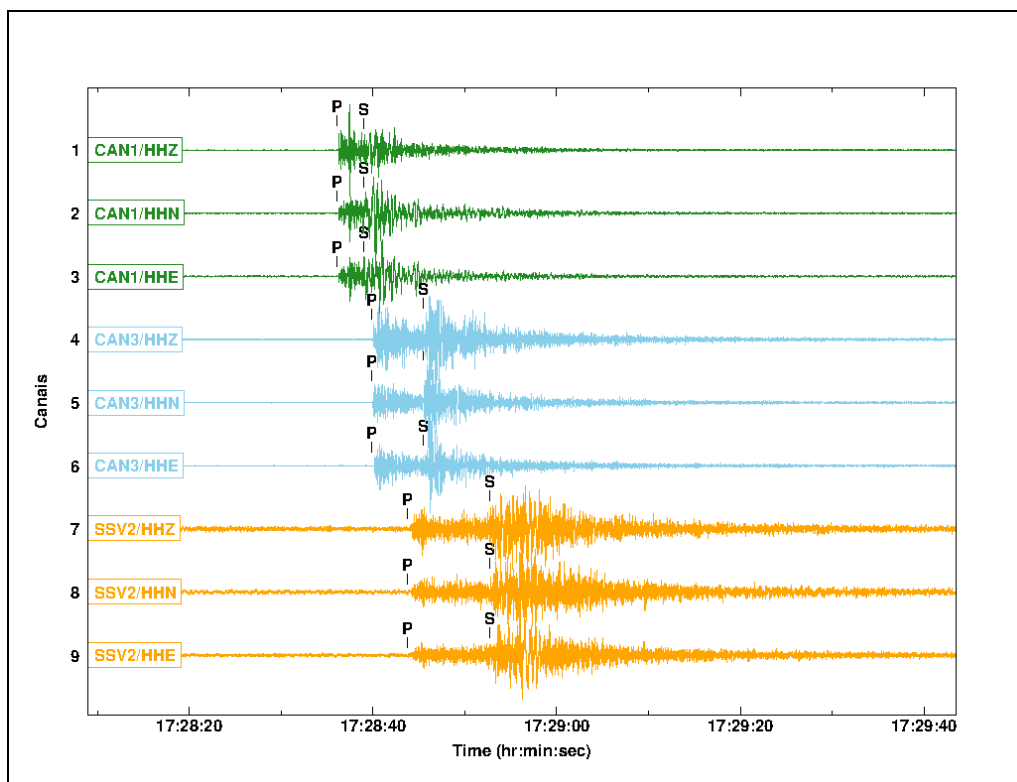


Figura 3 - Formas de onda da possível explosão local registrada pelas estações CAN1, CAN3 e SSV2, no dia 03/12/13, às 17:28:36,0 UTC (CAN1), com magnitude estimada em 2,9 m_D .

Observar na figura anterior que a fase P é registrada primeiro pela Estação CAN1, depois por CAN3 e, finalmente, por SSV2, indicando que este evento ocorreu mais próximo a CAN1 (24 km) e mais distante de SSV2 (74 km).

b) Eventos Naturais

A Tabela 11 apresenta as datas, horários de ocorrência, distâncias epicentrais e magnitudes dos eventos classificados como naturais (tectônicos). Devido às baixas magnitudes, dos vinte e cinco eventos naturais locais registrados pelas estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3, somente 6 (seis) foram localizados, mesmo assim com auxílio de dados de outras estações sismográficas sob responsabilidade do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SIS-UnB).

Tabela 11 - Eventos naturais locais registrados no período de outubro a dezembro de 2013.

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização hipocentral		
						Lat. / Long. / Prof.		
1	10/10/13	CAN3	16:58:02,9	88	2,7	-	-	-
		SSV2	16:58:03,8	90				
2	12/10/13	CAN3	23:46:46,4	144	2,4	-	-	-
3	14/10/13	CAN3	05:20:06,8	110	2,4	-	-	-
		SSV2	05:20:12,2	119				
4	18/10/13	CAN3	23:17:07,9	16	2,9	-	-	-
		SSV2	23:17:09,3	24				
5	18/10/13	CAN3	23:38:52,8	16	-	-	-	-
6	18/10/13	CAN3	23:39:09,0	14	2,0	-	-	-
		SSV2	23:39:10,5	22				
7	19/10/13	CAN3	03:50:40,4	17	2,0	-	-	-
		SSV2	03:50:41,9	22				
8	24/10/13	CAN3	21:42:17,1	110	2,4	-	-	-
		SSV2	21:42:21,8	133				
9	26/10/13	CAN3	11:11:29,5	88	2,5	-	-	-
10	01/11/13	CAN1	21:29:11,7	107	2,9	-	-	-
11	02/11/13	CAN3	04:17:17,6	106	2,3	-	-	-
12	02/11/13	CAN3	05:05:53,2	118	2,1	-	-	-
13	02/11/13	CAN1	05:33:47,0	115	3,3	-13,84° ± 6,9 km	-49,00° ± 16,4 km	5 km (fixa)
		CAN3	05:33:46,2	112				
		SSV2	05:33:51,4	125				
14	02/11/13	CAN1	18:10:45,5	15	0,8	-	-	-
15	12/11/13	CAN3	18:42:59,9	88	2,2	-	-	-
		SSV2	18:43:03,0	124				
16	14/11/13	CAN3	22:11:07,4	112	2,4	-	-	-
		SSV2	22:11:03,5	78				
17	19/11/13	CAN3	23:08:08,2	50	2,0	-	-	-
18	21/11/13	CAN1	19:28:54,5	68	2,9	-13,10° ± 7,5 km	-48,68° ± 12,7 km	5 km (fixa)
		CAN3	19:28:53,1	57				
		SSV2	19:28:56,5	84				
19	26/11/13	CAN3	06:01:54,9	149	1,9	-	-	-
20	26/11/13	CAN3	22:50:02,7	106	1,9	-	-	-
		SSV2	22:49:58,1	82				
21	03/12/13	CAN1	11:31:15,3	111	2,8	-13,68° ± 17,4 km	-49,03° ± 8,9 km	5 km (fixa)
		CAN3	11:31:14,7	106				
		SSV2	11:31:18,7	133				
22	09/12/13	CAN1	21:01:33,2	111	2,8	-12,77° ± 7,6 km	-48,68° ± 8,9 km	5 km (fixa)
		CAN3	21:01:26,9	60				
		SSV2	21:01:26,7	54				

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização hipocentral Lat. / Long. / Prof.		
23	18/12/13	CAN1	03:11:39,6	104	2,4	-13,72°± 16,3 km	-48,91° ± 20,3 km	5 km (fixa)
		CAN3	03:11:39,2	95				
		SSV2	03:11:43,8	128				
24	29/12/13	CAN1	06:48:55,3	124	2,3	-	-	-
		CAN3	06:48:54,5	117				
25	30/12/13	CAN1	19:31:12,0	120	2,3	-12,40° ± 16,3 km	-48,50° ± 18,7 km	5 km (fixa)
		CAN3	19:31:05,5	83				
		SSV2	19:31:02,0	63				

Um evento que se destacou no período ocorreu no dia 2 de novembro de 2013, às 05h33min UTC (Evento 13 da Tabela 11), com magnitude de 3,3 m_D. Este sismo teve seu epicentro localizado na cidade de Estrela do Norte (GO), a uma distância de aproximadamente 125 km da Estação SSV2. Esta zona sismogênica está inserida no contexto tectônico da Faixa Sísmica Goiás-Tocantins, mais especificamente na zona sismogênica de Mara Rosa-GO, Mutunópolis -GO e Estrela do Norte-GO (Barros et. al., 2013). Nesta região, sismos naturais de pequenas magnitudes ocorrem com relativa frequência.

A Figura 4 mostra o sismograma referente a este sismo natural registrado pelas estações CAN1, CAN3 e SSV2, respectivamente. O eixo vertical representa os canais Vertical (HHZ), Norte-Sul (HHN) e Leste-Oeste (HHE) e o eixo horizontal o tempo (UTC). O horário de marcação das fases primárias e secundárias são indicadas pelas letras P e S, respectivamente.

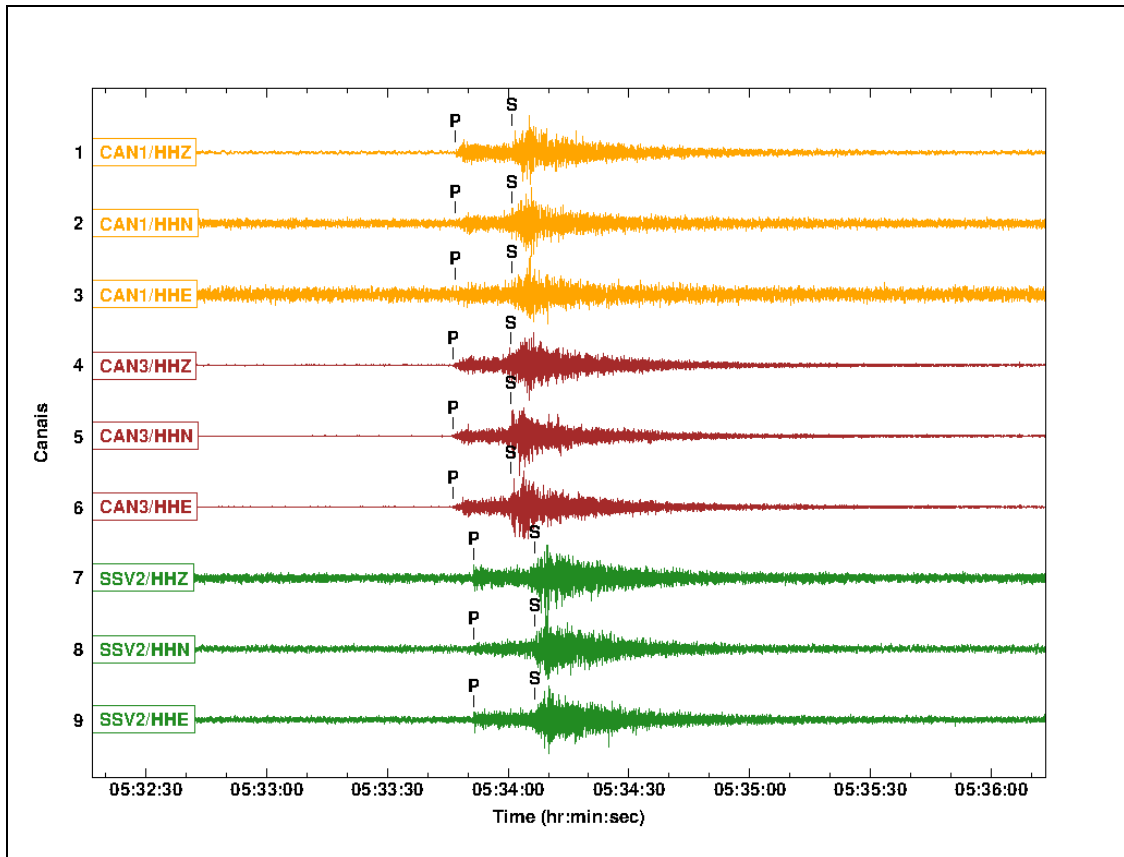


Figura 4 – Registro das formas de ondas do sismo natural local ocorrido em Estrela do Norte (GO), registrado pelas estações CAN1, CAN3 e SSV2 no dia 02/11/13, às 05:33:47,0 UTC (CAN1), com magnitude estimada em 3,3 m_D .

Esse tremor de terra, com epicentro em Estrela do Norte (GO), não causou efeitos que pudessem ser sentidos pela população dessa cidade ou de regiões vizinhas. O mapa a seguir (Figura 5) mostra a localização epicentral dos eventos 13, 18, 21, 22, 23 e 25 da Tabela 11.

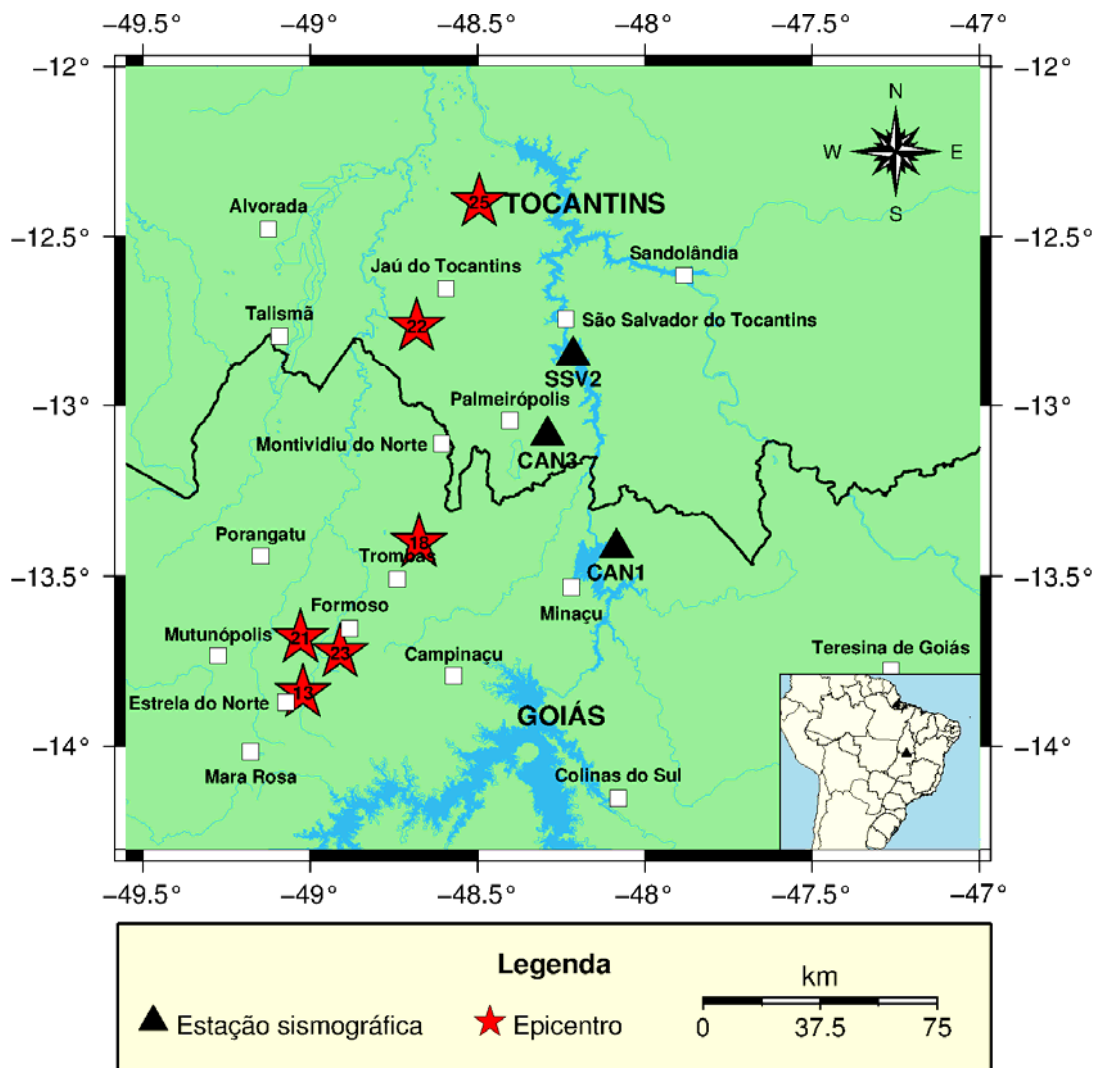


Figura 5 - Mapa com a localização dos sismos naturais locais (estrelas vermelhas) e das estações SSV2, CAN1 e CAN3 (triângulos pretos).

4.1.2. Eventos regionais

No período de outubro a dezembro de 2013 foram registrados 143 (cento e quarenta e três) eventos regionais pelas estações SSV2, CAN1 e CAN3, dentre os quais 129 (cento e vinte e nove) foram classificados como possíveis explosões e 14 (quatorze) como eventos naturais (tectônicos).

a) Eventos Artificiais (possíveis explosões)

A Tabela 12 apresenta as datas, horários de ocorrência, distâncias epicentrais e as magnitudes de duração calculadas para as possíveis explosões regionais. Do total, sessenta e seis puderam ser localizadas.

Tabela 12 - Possíveis explosões regionais registradas no período de outubro a dezembro de 2013.

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
1	01/10/13	CAN3	14:22:11,5	253	2,9	-	-
2	01/10/13	CAN3	15:47:18,8	198	2,7	-	-
3	01/10/13	CAN3	19:41:26,9	160	3,1	-	-
		SSV2	19:41:30,4	189			
4	01/10/13	CAN3	19:53:10,6	176	2,5	-	-
		SSV2	19:53:07,3	147			
5	03/10/13	CAN3	19:32:13,9	161	2,7	-	-
6	03/10/13	CAN3	19:43:10,6	162	3,1	-	-
		SSV2	19:43:14,7	193			
7	04/10/13	CAN3	16:05:34,5	263	2,9	-	-
8	04/10/13	CAN3	18:24:45,1	170	2,6	-	-
		SSV2	18:24:40,1	156			
9	04/10/13	CAN3	19:02:15,5	228	2,9	-	-
		SSV2	19:02:20,5	268			
10	04/10/13	CAN3	19:20:11,6	162	2,9	-	-
		SSV2	19:20:15,4	191			
11	05/10/13	CAN3	18:05:16,1	172	2,8	-	-
		SSV2	18:05:12,0	146			
12	08/10/13	CAN3	19:36:24,0	162	-	-	-
		SSV2	19:36:28,8	194			
13	08/10/13	CAN3	19:38:45,7	163	-	-	-
		SSV2	19:38:50,6	189			
14	08/10/13	CAN3	19:39:59,9	155	2,7	-	-
		SSV2	19:40:04,9	181			
15	09/10/13	CAN3	16:34:00,3	171	2,8	-	-
		SSV2	16:33:56,2	142			
16	09/10/13	CAN3	17:13:52,7	172	2,8	-	-
		SSV2	17:13:48,3	151			
17	09/10/13	CAN3	19:30:45,6	162	2,8	-	-
		SSV2	19:30:49,4	191			
18	11/10/13	CAN3	19:52:52,4	161	-	-	-

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
19	11/10/13	CAN3	19:54:01,6	168	3,0	-	-
		SSV2	19:54:05,5	192			
20	11/10/13	CAN3	21:05:20,0	197	2,4	-	-
21	12/10/13	CAN3	13:52:23,6	298	2,7	-	-
		SSV2	13:52:21,8	286			
22	12/10/13	CAN3	16:36:21,4	165	2,7	-	-
		SSV2	16:36:25,2	190			
23	14/10/13	CAN3	18:19:22,9	173	2,4	-	-
		SSV2	18:19:18,8	154			
24	16/10/13	CAN3	18:47:29,3	205	2,4	-	-
25	16/10/13	CAN3	19:22:35,6	192	-	-	-
		SSV2	19:22:36,7	196			
26	17/10/13	CAN3	16:02:21,4	158	2,6	-	-
		SSV2	16:02:27,1	176			
27	17/10/13	CAN3	16:14:42,6	150	2,3	-	-
		SSV2	16:14:46,5	202			
28	18/10/13	CAN3	15:33:29,0	198	2,5	-	-
29	18/10/13	CAN3	16:04:14,1	166	2,3	-	-
		SSV2	16:04:19,0	189			
30	18/10/13	CAN3	17:47:58,3	174	2,5	-	-
		SSV2	17:47:54,1	146			
31	18/10/13	CAN3	18:13:48,7	480	3,1	-17,03° ± 8,9 km	-47,09° ± 17,7 km
32	20/10/13	CAN3	17:41:14,6	175	2,1	-	-
		SSV2	17:41:10,8	148			
33	21/10/13	CAN3	17:28:45,2	153	2,6	-	-
34	21/10/13	CAN3	18:03:00,2	388	2,9	-	-
35	21/10/13	CAN3	18:52:52,5	163	2,6	-	-
		SSV2	18:52:56,7	192			
36	21/10/13	CAN3	18:58:37,5	163	2,6	-	-
		SSV2	18:58:41,7	192			
37	22/10/13	CAN3	16:31:20,0	173	2,1	-	-
38	23/10/13	CAN3	15:36:15,3	174	2,9	-	-
		SSV2	15:36:19,5	208			
39	24/10/13	CAN3	18:21:44,6	175	2,7	-	-
		SSV2	18:21:40,4	145			
40	24/10/13	CAN3	19:14:55,5	161	2,7	-	-
41	24/10/13	CAN3	19:17:55,0	156	2,9	-	-
		SSV2	19:17:59,2	196			
42	25/10/13	CAN3	12:52:32,3	195	2,5	-	-
43	25/10/13	CAN3	19:07:54,3	161	2,7	-	-
		SSV2	19:07:58,2	182			
44	29/10/13	CAN3	12:44:06,5	191	2,1	-	-

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
		SSV2	12:44:05,9	187			
45	29/10/13	CAN3	19:21:08,3	162	2,6	-	-
		SSV2	19:21:12,8	193			
46	30/10/13	CAN1	14:14:49,6	233	2,4	-	-
		CAN3	14:14:54,0	292			
47	30/10/13	CAN1	14:33:21,8	211	2,3	-	-
48	30/10/13	CAN1	15:11:01,3	162	2,6	-14,26° ± 26,5 km	-49,19° ± 29,7 km
		CAN3	15:11:02,1	169			
		SSV2	15:11:07,1	203			
49	30/10/13	CAN1	18:26:55,8	190	2,3	-	-
50	30/10/13	CAN1	20:09:46,2	200	2,3	-	-
51	31/10/13	CAN1	14:55:33,6	156	2,3	-14,14° ± 27,1 km	-49,26° ± 27,2 km
		CAN3	14:55:34,4	165			
		SSV2	14:55:38,4	189			
52	31/10/13	CAN1	20:10:42,6	189	2,5	-14,04° ± 39,4 km	-49,38° ± 25,1 km
		CAN3	20:10:41,8	191			
		SSV2	20:10:40,2	186			
53	01/11/13	CAN1	13:49:30,5	235	2,7	-11,69°	-46,50°
54	02/11/13	CAN1	15:22:29,9	150	2,2	-14,08° ± 27,5 km	-49,31° ± 26,0 km
		CAN3	15:22:30,2	159			
		SSV2	15:22:32,3	205			
55	02/11/13	CAN1	15:40:17,8	145	2,4	-13,98° ± 26,6 km	-49,27° ± 22,0 km
		CAN3	15:40:18,0	156			
		SSV2	15:40:21,2	173			
56	02/11/13	CAN1	15:47:41,7	162	2,7	-14,04° ± 26,6 km	-49,34° ± 25,8 km
		CAN3	15:47:42,2	165			
		SSV2	15:47:46,5	178			
57	04/11/13	CAN3	18:31:04,7	166	2,8	-	-
		SSV2	18:31:10,1	174			
58	05/11/13	CAN3	15:21:17,7	192	2,4	-	-
		SSV2	15:21:18,8	197			
59	05/11/13	CAN3	15:29:32,8	179	2,4	-	-
		SSV2	15:29:28,2	154			
60	05/11/13	CAN3	16:45:48,9	164	2,6	-	-
		SSV2	16:45:45,7	123			
61	06/11/13	CAN1	18:37:48,4	152	2,7	-14,13° ± 25,1 km	-49,25° ± 24,9 km
		CAN3	18:37:49,2	160			
		SSV2	18:37:52,6	195			
62	06/11/13	CAN1	18:47:28,8	157	2,9	-14,05° ± 28,0 km	-49,30° ± 22,8 km
		CAN3	18:47:29,7	163			
		SSV2	18:47:33,6	174			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
63	07/11/13	CAN1	14:51:27,2	156	2,6	-14,15° ± 25,7 km	-49,23° ± 27,1 km
		CAN3	14:51:28,1	157			
		SSV2	14:51:32,2	194			
64	08/11/13	CAN1	14:30:05,5	195	2,9	-14,90° ± 26,5 km	-48,88° ± 59,6 km
		CAN3	14:30:09,5	215			
		SSV2	14:30:12,2	260			
65	09/11/13	CAN1	10:24:51,1	198	2,1	-13,30° ± 43,7 km	-46,39° ± 22,4 km
		CAN3	10:24:54,2	214			
		SSV2	10:24:54,2	213			
66	09/11/13	CAN1	14:38:50,7	159	2,4	-	-
		CAN3	14:38:50,8	159			
67	09/11/13	CAN1	14:42:11,2	150	2,9	-14,15° ± 23,6 km	-49,25° ± 24,5 km
		CAN3	14:42:11,4	168			
		SSV2	14:42:15,5	192			
68	10/11/13	CAN1	16:19:13,3	85	2,1	-13,72° ± 17,3 km	-48,79° ± 17,6 km
		CAN3	16:19:14,6	96			
		SSV2	16:19:20,5	151			
69	11/11/13	CAN1	14:41:45,6	152	2,9	-14,12° ± 24,2 km	-49,19° ± 25,6 km
		CAN3	14:41:46,3	161			
		SSV2	14:41:52,0	173			
70	11/11/13	CAN1	19:21:45,8	194	2,5	-11,71° ± 32,0 km	-47,67° ± 49,1 km
		CAN3	19:21:42,1	176			
		SSV2	19:21:37,8	142			
71	12/11/13	CAN1	15:02:25,1	159	3,3	-14,10° ± 22,6 km	-49,26° ± 23,0 km
		CAN3	15:02:25,2	163			
		SSV2	15:02:30,4	182			
72	12/11/13	CAN3	20:45:57,1	197	2,2	-	-
73	13/11/13	CAN1	15:00:20,1	156	-	-14,12° ± 22,2 km	-49,25° ± 22,1 km
		CAN3	15:00:21,2	163			
		SSV2	15:00:25,3	182			
74	13/11/13	CAN1	15:01:44,6	150	2,5	-14,08° ± 24,2 km	-49,24° ± 25,7 km
		CAN3	15:01:44,8	162			
		SSV2	15:01:49,6	179			
75	13/11/13	CAN1	18:13:58,2	161	2,4	-12,09° ± 20,9 km	-48,40° ± 70,3 km
		CAN3	18:13:50,9	111			
		SSV2	18:13:46,5	86			
76	13/11/13	CAN1	18:19:57,4	198	3,1	-15,08° ± 5,7 km	-48,75° ± 47,5 km
		CAN3	18:19:59,4	216			
		SSV2	18:20:03,8	266			
77	14/11/13	CAN1	14:51:21,9	182	2,2	-11,81° ± 28,6 km	-47,73° ± 50,6 km
		CAN3	14:51:17,2	161			
		SSV2	14:51:12,5	138			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
78	14/11/13	CAN1	20:27:32,7	236	2,6	-	-
		CAN3	20:27:37,4	282			
79	15/11/13	CAN1	12:47:22,6	178	2,4	-13,31° ± 32,7 km	-46,56° ± 18,5 km
		CAN3	12:47:27,0	194			
		SSV2	12:47:26,0	193			
80	15/11/13	CAN1	14:35:09,6	151	2,7	-14,13° ± 24,3 km	-49,22° ± 23,5 km
		CAN3	14:35:10,5	163			
		SSV2	14:35:14,8	181			
81	15/11/13	CAN1	14:38:50,8	158	3,2	-14,08° ± 24,9 km	-49,29° ± 23,5 km
		CAN3	14:38:51,6	163			
		SSV2	14:38:55,5	183			
82	16/11/13	CAN1	14:38:47,9	148	3,0	-14,08° ± 20,4 km	-49,23° ± 21,9 km
		CAN3	14:38:48,4	158			
		SSV2	14:38:52,6	182			
83	19/11/13	CAN1	15:07:08,2	150	2,3	-14,09° ± 25,9 km	-49,26° ± 25,3 km
		CAN3	15:07:08,4	156			
		SSV2	15:07:12,1	193			
84	19/11/13	CAN1	15:11:09,3	151	2,5	-14,18° ± 24,6 km	-49,21° ± 25,9 km
		CAN3	15:11:10,0	162			
		SSV2	15:11:13,9	198			
85	20/11/13	CAN1	20:40:39,2	173	2,4	-12,06° ± 22,6 km	-48,45° ± 68,2 km
		CAN3	20:40:32,1	120			
		SSV2	20:40:27,7	95			
86	21/11/13	CAN1	12:42:04,2	168	2,1	-13,29° ± 25,3 km	-46,62° ± 20,7 km
		CAN3	12:42:08,3	194			
		SSV2	12:42:07,1	189			
87	21/11/13	CAN1	15:13:05,6	148	2,6	-14,06° ± 24,0 km	-49,30° ± 24,3 km
		CAN3	15:13:05,9	167			
		SSV2	15:13:09,2	180			
88	22/11/13	CAN1	18:51:10,2	205	2,8	-14,81° ± 33,9 km	-49,21° ± 43,9 km
		CAN3	18:51:13,3	225			
		SSV2	18:51:15,9	257			
89	23/11/13	CAN1	14:59:39,3	150	2,5	-14,16° ± 24,9 km	-49,21° ± 25,9 km
		CAN3	14:59:40,1	156			
		SSV2	14:59:43,8	198			
90	23/11/13	CAN1	15:35:16,1	155	2,6	-14,03° ± 28,0 km	-49,36° ± 26,4 km
		CAN3	15:35:16,9	163			
		SSV2	15:35:18,9	189			
91	25/11/13	CAN1	12:50:20,1	178	2,4	-13,30° ± 34,6 km	-46,61° ± 13,4 km
		CAN3	12:50:24,4	189			
		SSV2	12:50:24,2	183			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
92	25/11/13	CAN1	18:54:46,3	188	2,5	-11,81° ± 29,4 km	-47,47° ± 39,8 km
		CAN3	18:54:42,1	174			
		SSV2	18:54:38,1	152			
93	26/11/13	CAN1	15:08:16,9	154	2,6	-13,98° ± 24,5 km	-49,31° ± 22,4 km
		CAN3	15:08:17,2	155			
		SSV2	15:08:21,1	177			
94	26/11/13	CAN1	15:11:10,0	159	2,4	-13,95° ± 25,5 km	-49,39° ± 21,7 km
		CAN3	15:11:10,5	162			
		SSV2	15:11:13,8	170			
95	27/11/13	CAN1	13:51:37,7	218	2,5	-15,24° ± 21,3 km	-48,15° ± 134,2 km
		CAN3	13:51:43,6	247			
		SSV2	13:51:45,3	280			
96	28/11/13	CAN1	15:26:35,5	153	2,4	-14,17° ± 25,8 km	-49,23° ± 26,4 km
		CAN3	15:26:35,9	163			
		SSV2	15:26:39,8	199			
97	29/11/13	CAN1	12:27:44,4	164	2,5	-13,35° ± 35,6 km	-46,64° ± 19,8 km
		CAN3	12:27:47,6	195			
		SSV2	12:27:47,7	185			
98	30/11/13	CAN1	15:01:38,9	162	2,6	-14,09° ± 24,9 km	-49,30° ± 21,9 km
		CAN3	15:01:39,9	164			
		SSV2	15:01:44,2	180			
99	02/12/13	CAN1	15:21:48,6	153	2,5	-14,11° ± 27,9 km	-49,26° ± 27,1 km
		CAN3	15:21:49,0	161			
		SSV2	15:21:53,1	190			
100	03/12/13	CAN1	15:38:31,1	232	2,6	-15,03° ± 37,2 km	-49,19° ± 55,6 km
		CAN3	15:38:34,7	240			
		SSV2	15:38:38,5	279			
101	03/12/13	CAN1	20:13:12,2	240	2,5	-	-
		CAN3	20:13:17,7	285			
102	04/12/13	CAN1	14:58:01,5	159	2,8	-14,22° ± 27,3 km	-49,26° ± 29,0 km
		CAN3	14:58:01,7	163			
		SSV2	14:58:06,0	209			
103	05/12/13	CAN1	12:41:27,9	177	2,2	-	-
		CAN3	12:41:30,8	206			
104	06/12/13	CAN1	14:42:25,5	156	2,6	-14,02° ± 36,0 km	-49,35° ± 41,5 km
		CAN3	14:42:26,0	162			
		SSV2	14:42:28,9	187			
105	06/12/13	CAN1	17:27:53,8	209	2,9	-14,70° ± 29,6 km	-49,36° ± 46,4 km
		CAN3	17:27:54,8	218			
		SSV2	17:28:00,2	260			
106	09/12/13	CAN1	18:53:16,5	151	2,5	-14,08°	-49,21°

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
		CAN3	18:53:17,8	155		± 27,5 km	± 25,6 km
		SSV2	18:53:21,9	176			
107	09/12/13	CAN1	19:36:27,4	154	2,8	-14,07° ± 25,2 km	-49,28° ± 24,7 km
		CAN3	19:36:28,2	165			
		SSV2	19:36:32,0	176			
108	10/12/13	CAN1	18:58:31,4	194	2,6	-11,70° ± 29,5 km	-47,72° ± 56,6 km
		CAN3	18:58:26,5	175			
		SSV2	18:58:22,3	150			
109	10/12/13	CAN1	20:06:00,1	203	2,6	-12,46° ± 36,8 km	-46,61° ± 22,1 km
		CAN3	20:06:00,8	207			
		SSV2	20:05:58,9	183			
110	11/12/13	CAN1	18:33:45,6	163	2,9	-14,14° ± 24,3 km	-49,29° ± 24,4 km
		CAN3	18:33:46,0	164			
		SSV2	18:33:51,0	196			
111	12/12/13	CAN1	15:15:24,8	154	2,6	-14,11° ± 27,2 km	-49,28° ± 26,5 km
		CAN3	15:15:25,5	156			
		SSV2	15:15:28,8	198			
112	12/12/13	CAN1	20:15:46,7	255	3,0	-	-
		CAN3	20:15:50,2	297			
113	13/12/13	CAN1	10:13:40,9	164	2,1	-12,63° ± 25,9 km	-46,84° ± 18,7 km
		CAN3	10:13:41,4	174			
		SSV2	10:13:39,2	158			
114	13/12/13	CAN1	12:50:22,4	177	2,5	-13,31° ± 34,2 km	-46,60° ± 19,1 km
		CAN3	12:50:27,5	189			
		SSV2	12:50:26,3	187			
115	13/12/13	CAN1	20:05:00,9	236	2,5	-	-
		CAN3	20:05:06,7	284			
116	14/12/13	CAN1	13:40:32,7	208	3,0	-14,86° ± 32,1 km	-49,19° ± 49,1 km
		CAN3	13:40:35,5	236			
		SSV2	13:40:39,1	255			
117	14/12/13	CAN3	15:33:24,1	156	2,3	-	-
		SSV2	15:33:28,3	177			
118	14/12/13	CAN1	15:37:08,8	154	2,4	-14,15° ± 20,6 km	-49,21° ± 21,4 km
		CAN3	15:37:09,7	159			
		SSV2	15:37:14,1	190			
119	14/12/13	CAN1	18:52:29,3	157	2,9	-14,12° ± 20,6 km	-49,30° ± 26,1 km
		CAN3	18:52:30,0	163			
		SSV2	18:52:33,4	195			
120	14/12/13	CAN1	16:53:55,5	172	2,1	-12,06° ± 17,6 km	-48,35° ± 65,9 km
		CAN3	16:53:48,6	114			
		SSV2	16:53:44,7	83			

Nº	Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mD)	Localização Lat. / Long.	
121	21/12/13	CAN1	15:07:53,7	157	2,8	-14,12° ± 25,3 km	-49,28° ± 24,8 km
		CAN3	15:07:54,6	161			
		SSV2	15:07:57,7	197			
122	23/12/13	CAN1	21:14:12,7	168	2,6	-11,94° ± 25,4 km	-47,82° ± 45,8 km
		CAN3	21:14:07,1	143			
		SSV2	21:14:04,2	115			
123	24/12/13	CAN1	14:13:35,9	216	2,5	-	-
		CAN3	14:13:40,7	271			
124	24/12/13	CAN1	18:39:08,7	151	2,7	-14,11° ± 25,3 km	-49,22° ± 24,7 km
		CAN3	18:39:09,2	159			
		SSV2	18:39:13,5	188			
125	26/12/13	CAN1	16:37:50,8	228	2,8	-11,98° ± 48,7 km	-49,37° ± 44,9 km
		CAN3	16:37:44,8	174			
		SSV2	16:37:43,3	168			
126	26/12/13	CAN1	18:35:52,9	153	2,5	-14,09° ± 26,1 km	-49,27° ± 24,3 km
		CAN3	18:35:53,7	160			
		SSV2	18:35:57,0	189			
127	27/12/13	CAN1	18:28:09,3	175	2,2	-	-
		CAN3	18:28:13,6	190			
128	27/12/13	CAN1	18:41:00,0	159	2,5	-	-
		CAN3	18:41:00,9	166			
129	31/12/13	CAN1	19:03:38,1	154	3,0	-14,10° ± 24,4 km	-49,29° ± 24,8 km
		CAN3	19:03:38,4	163			
		SSV2	19:03:42,1	193			

O Evento 53 da Tabela 12 não possui informação de erro em sua localização, pois foi localizado utilizando o método da estação única, que considera as polaridades de chegada da fase primária (P) nos canais Norte-Sul, Leste-Oeste e Vertical para se obter a direção azimutal de origem das ondas sísmicas. De posse dessa informação, combinada com a medição da distância entre o evento e a estação (diferença do tempo de percurso entre as fases P e S, multiplicada por um fator variável, de acordo com o modelo de velocidade adotado), foi possível obter um epicentro com relativa precisão.

A Figura 6 apresenta as formas de onda da possível explosão regional detectada no dia 13 de novembro de 2013, às 18h19min UTC (Evento 76 da

Tabela 12). As chegadas das fases primárias e secundárias são indicadas pelas letras P e S, respectivamente.

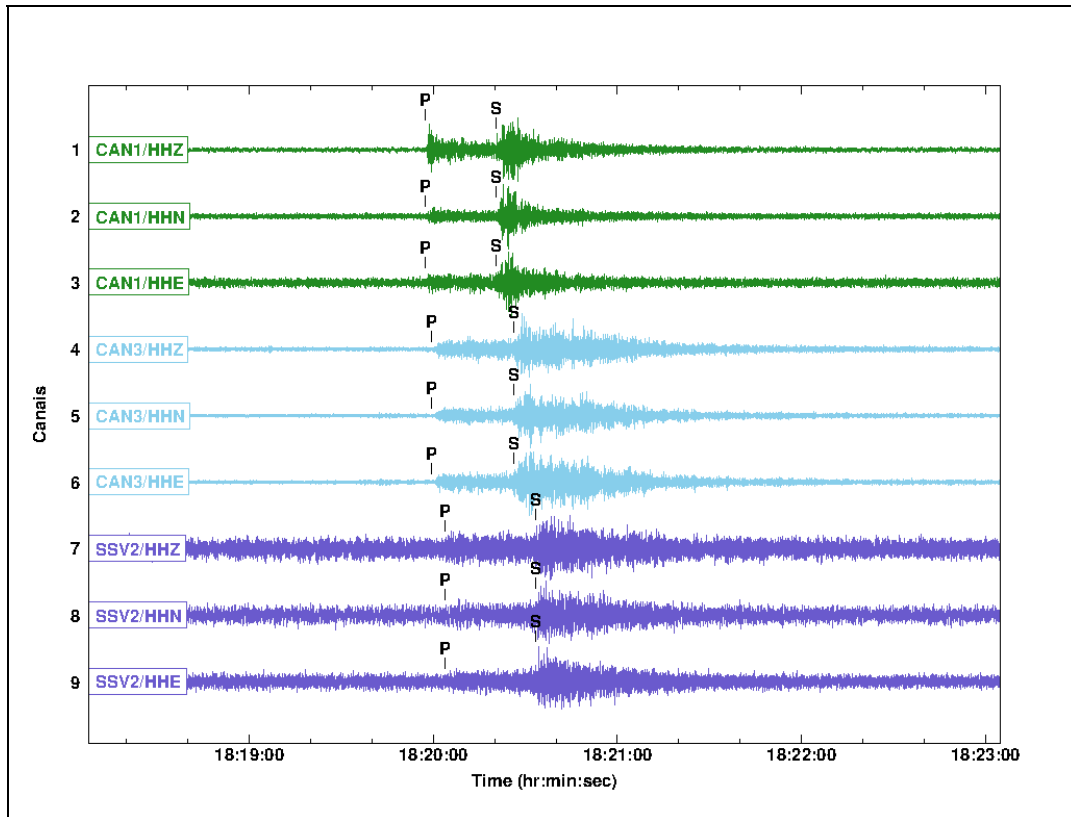


Figura 6 - Formas de onda da explosão regional registrada no dia 13/11/13, às 18:19:57,4 UTC (CAN1), com magnitude calculada em 3,1 m_D .

Este evento (possível explosão), bem como outros com as mesmas características (distância epicentral, semelhança nas formas de onda, etc.), pode estar relacionado com atividades de extração de minérios na região de Barro Alto, estado de Goiás.

A Figura 7 apresenta um mapa com a localização das estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3, das possíveis explosões e das áreas de mineração que puderam ser identificadas utilizando imagens de satélite disponíveis em domínio público.

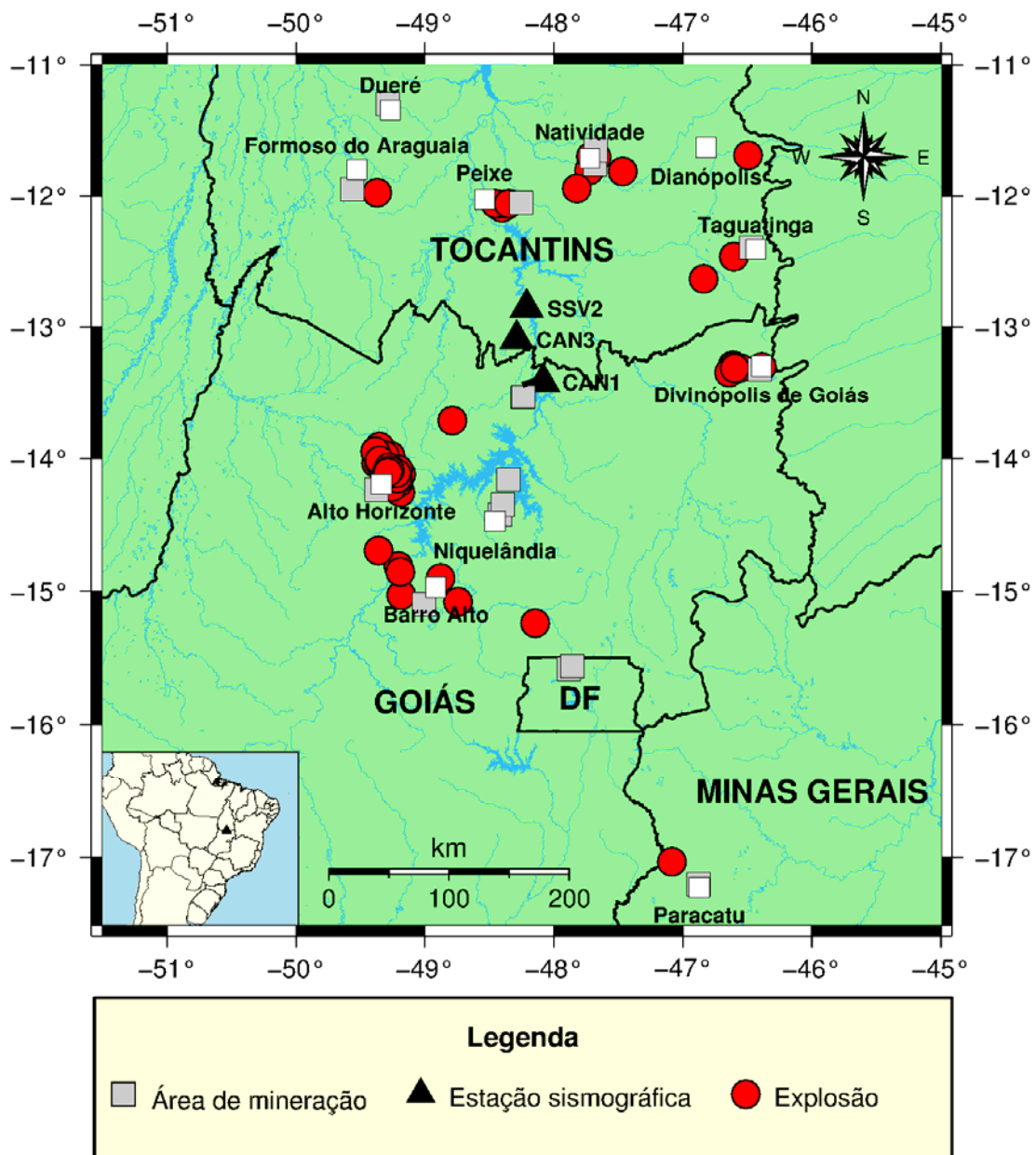


Figura 7 - Mapa com a localização das estações SSV2, CAN1 e CAN3, epicentros das possíveis explosões e áreas de mineração, conforme legenda.

A partir da figura anterior, é possível notar que a grande maioria dos eventos (círculos vermelhos) estão distribuídos nas proximidades de alguma região conhecida de mineração (quadrados cinzas), o que nos dá uma evidência adicional a respeito da natureza artificial desses sismos.

b) Eventos Naturais

A Tabela 13 apresenta as datas, horários de ocorrência, distâncias epicentrais e magnitudes dos sismos classificados como naturais (tectônicos), dos quais nove tiveram sua localização hipocentral determinada, usando a ferramenta *LocSat*, implementada no programa *Geotool* (Miljanovic, 2007).

Tabela 13 – Tabela de sismos naturais regionais registrados no período de outubro a dezembro de 2013.

Nº		Data	Est.	Hora P (UTC)	D (km)	Mag. (mR)	Localização hipocentral		
							Lat.	Long.	Prof.
1	301	28/10/13	CAN3	03:05:59,8	450	3,3	-	-	-
2	306	02/11/13	CAN3	16:20:29,1	327	2,4	-	-	-
			SSV2	16:20:27,8	307				
3	315	11/11/13	CAN1	09:22:04,4	205	1,5	-11,76° ± 8,0 km	-47,67° ± 32,2 km	5 km (fixa)
			CAN3	09:22:00,9	162				
			SSV2	09:21:56,9	128				
4	316	12/11/13	CAN3	21:14:41,1	278	2,4	-	-	-
			SSV2	21:14:38,9	246				
5	321	17/11/13	CAN1	03:36:11,4	173	2,3	-13,68° ± 16,2 km	-49,60° ± 11,0 km	5 km (fixa)
			CAN3	03:36:09,3	162				
			SSV2	03:36:11,9	175				
6	333	29/11/13	CAN3	16:38:17,4	906	3,4	-3,04° ± 16,6 km	-49,61° ± 18,0 km	5 km (fixa)
7	336	02/12/13	CAN1	19:31:08,9	837	3,4	-6,33° ± 4,7 km	-50,06° ± 7,4 km	5 km (fixa)
			CAN3	19:30:59,7	788				
8		02/12/13	SSV2	03:07:37,5	573	2,7	-	-	-
9	339	05/12/13	CAN1	08:07:03,2	394	2,8	-12,81° ± 13,5 km	-44,30° ± 18,1 km	5 km (fixa)
			CAN3	08:07:10,6	423				
			SSV2	08:07:09,9	401				
10	346	12/12/13	CAN1	00:19:17,8	161	2,0	-12,69° ± 26,0 km	-46,85° ± 16,8 km	5 km (fixa)
			CAN3	00:19:18,9	166				
			SSV2	00:19:16,6	156				
11	348	14/12/13	CAN1	05:58:57,7	196	2,0	-11,54° ± 13,0 km	-48,23° ± 45,9 km	5 km (fixa)
			CAN3	05:58:54,0	171				
			SSV2	05:58:49,3	141				
12	351	17/12/13	CAN1	10:45:43,0	200	2,0	-11,55° ± 14,8 km	-48,23° ± 47,5 km	5 km (fixa)
			CAN3	10:45:38,8	174				
			SSV2	10:45:34,9	135				
13	353	19/12/13	CAN1	18:54:40,2	165	2,0	-11,25° ± 11,9 km	-47,82° ± 32,0 km	5 km (fixa)
			CAN3	18:54:39,5	159				
			SSV2	18:54:44,2	194				
14	358	24/12/13	CAN3	04:48:08,4	159	1,7	-	-	-

Os eventos nº 3, 5, 10, 11, 12 e 13 da Tabela 13 são sismos típicos que ocorrem na Faixa Sísmica Goiás-Tocantins, paralela ao Lineamento Transbrasiliano, composto por um conjunto de falhas geológicas que atravessam o país de nordeste a sudoeste, chegando até o Paraguai (Barros et. al., 2013).

Dentre os sismos naturais regionais detectados no trimestre, destaca-se o que ocorreu em Porangatu (GO) no dia 17 de novembro de 2013 (Evento 5 da Tabela 13), às 3h36min (UTC), com magnitude de 3,3 m_D , Figura 8. Os tempos de chegada das fases primárias e secundárias são indicados pelas letras P e S, respectivamente.

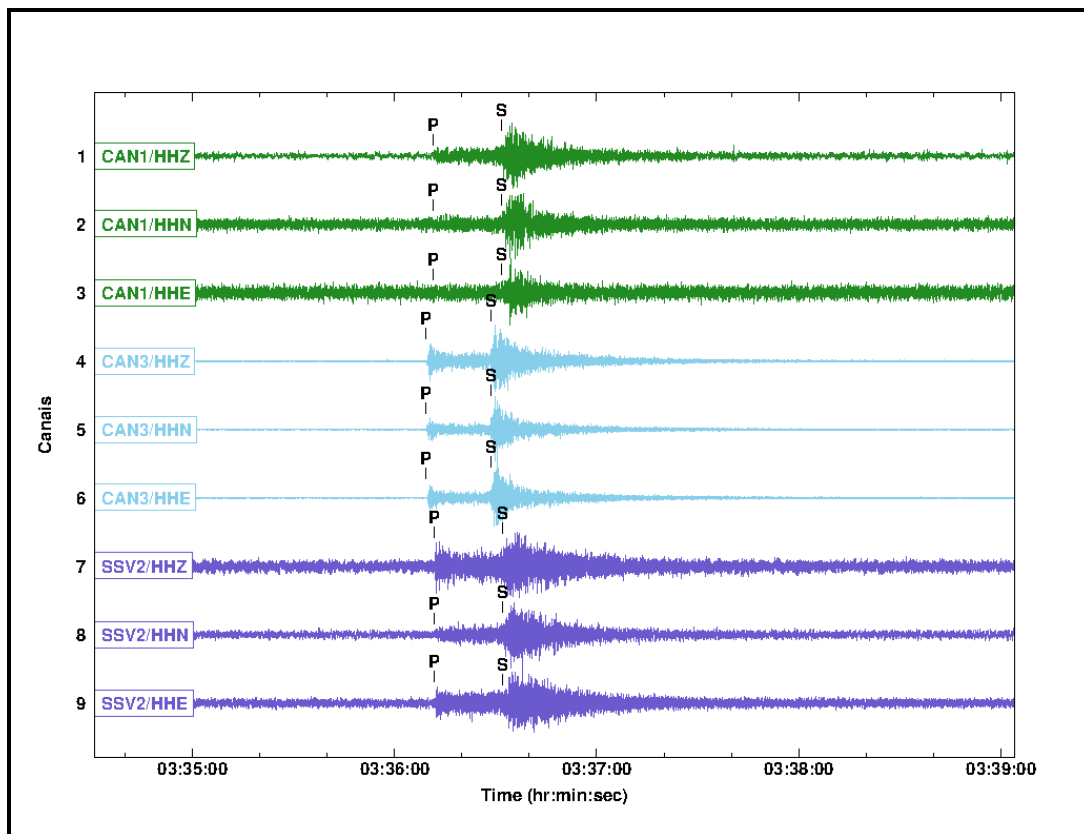


Figura 8 - Formas de onda do sismo natural regional ocorrido próximo à cidade de Porangatu (GO), registrado no dia 17/11/13, às 03:36:11,4 UTC (CAN1), com magnitude calculada em 3,3 m_D .

A profundidade dos eventos foram fixadas em 5 km por dois motivos importantes: melhor ajuste na localização epicentral; e o fato de que os sismos que ocorrem no Brasil estão em profundidades entre 1 e 10 km, sendo 5 km um valor médio.

A Figura 9 mostra o mapa com a localização das estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3, assim como dos epicentros relacionados aos eventos de nº 3 (Natividade-TO), 5 (Porangatu-GO), 6 (Moju-PA), 7 (Canaã dos Carajás-PA), 9 (Baianópolis-BA), 10 (Arraias-TO) e, finalmente, 11, 12 e 13 (Santa Rosa do Tocantins-TO) da Tabela 13.

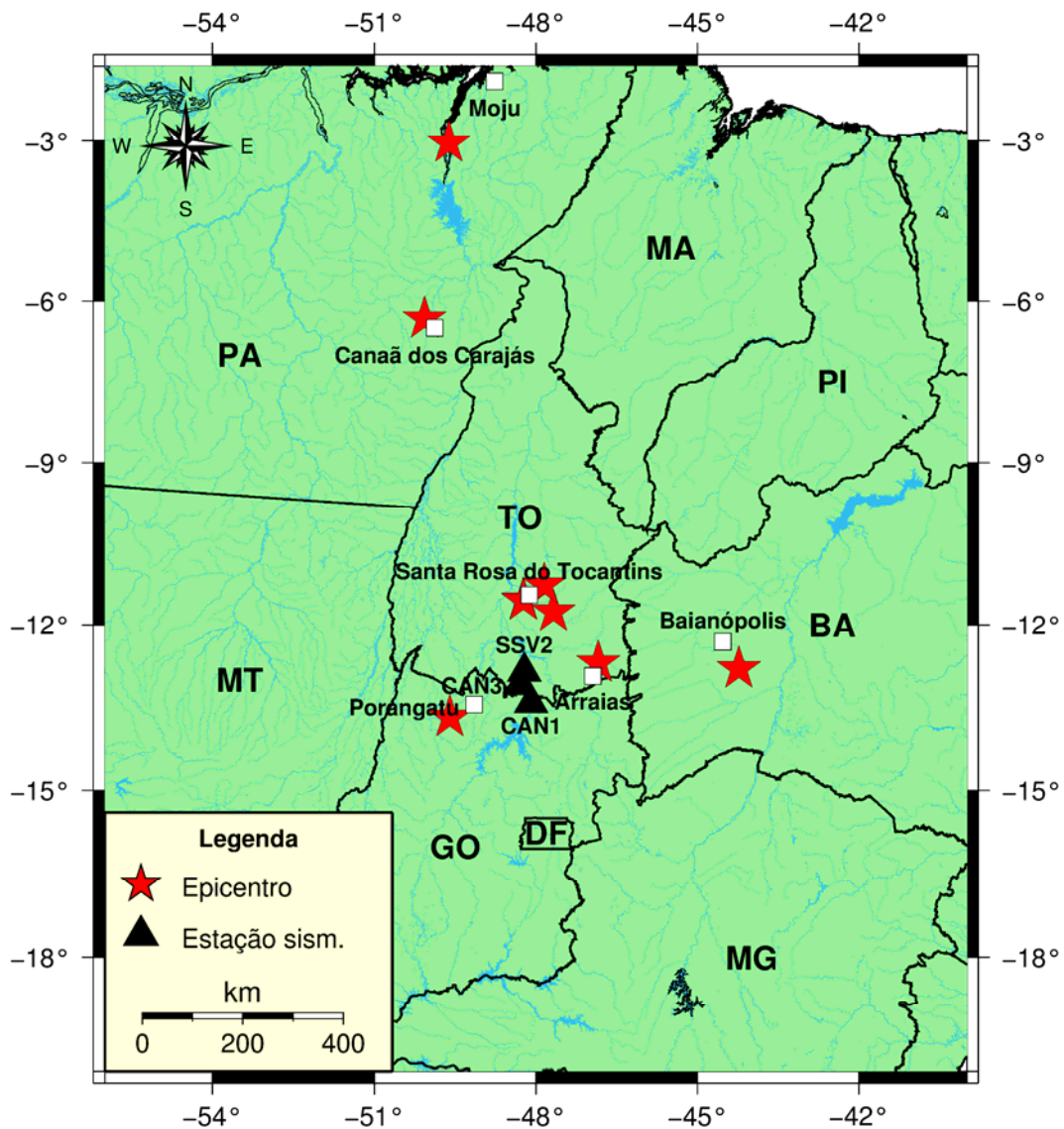


Figura 9 - Mapa com os epicentros (estrela) dos sismos naturais regionais registrados pelas estações SSV2, CAN1 e CAN3 no período de outubro a dezembro de 2013. Os triângulos denotam estações sismográficas.

4.1.3. Telessismos

O serviço de envio de boletins sísmicos por e-mail pelo *National Earthquake Information Service* (NEIS), do *United States Geological Survey* (USGS), foi suspenso em setembro de 2013. Por esta razão, não há informações de telessismos neste relatório.

Estamos estudando alternativas, mas ainda não há previsão para uma solução definitiva, devido à complexidade do programa que deve ser construído para fazer os cálculos necessários para resolver essa questão. No entanto, cabe ressaltar que esse produto não influi no monitoramento da atividade sísmica a nível local e regional.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

No período outubro-dezembro/2013, as estações sismográficas SSV2, CAN1 e CAN3 registraram 350 (trezentos e cinquenta) eventos. Deste total, 182 (cento e oitenta e dois) foram classificados como possíveis explosões locais, 129 (cento e vinte e nove) como possíveis explosões regionais, 25 (vinte e cinco) como sismos naturais locais e 14 (quatorze) como sismos naturais regionais. O gráfico da Figura 10 resume, em termos de porcentagem, a quantidade de eventos por categoria.

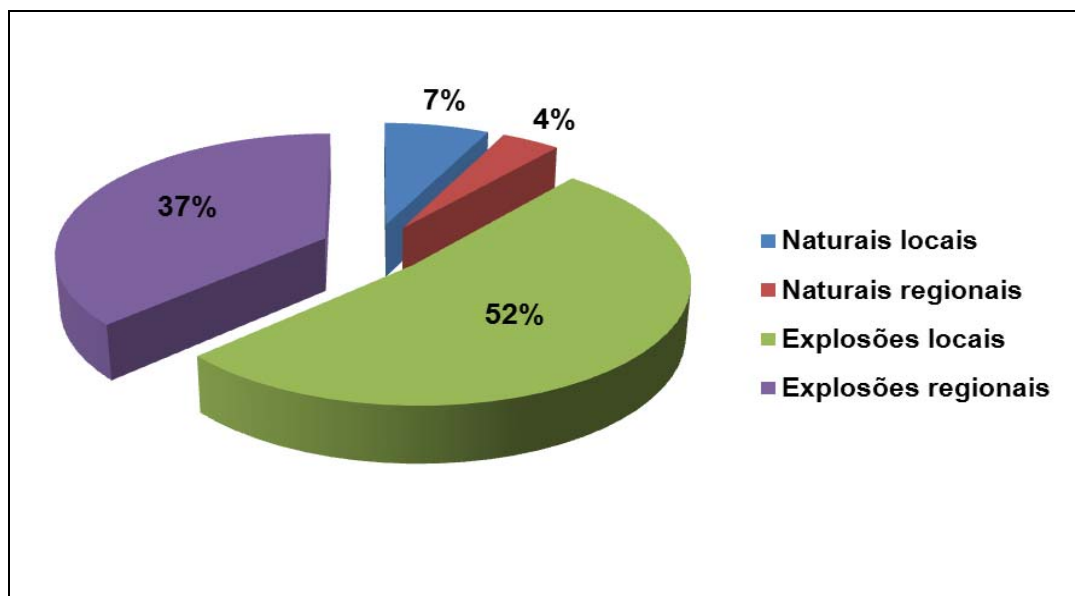


Figura 10 – Gráfico com a porcentagem de eventos por categoria.

Durante todo o período, as estações sismográficas apresentaram funcionamento excepcional (acima de 99%), com exceção de alguns dias em que houve problema momentâneo com a conexão entre as estações e o computador localizado na Universidade de Brasília.

Dentre os eventos locais possíveis de serem localizados, nenhum ocorreu na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Cana Brava (GO) no período deste relatório.

Brasília, 02 de abril de 2014.

Juraci Carvalho
Coordenador Técnico

Lucas Vieira Barros
Coordenador de Execução do Projeto

6. REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, M., 1983. **A Regional magnitude scale for Brazil**. Bull. Sism. Soc. Am. 73, 237-246.

BARROS, L.V., ASSUMPÇÃO, M. and CARVALHO, J.M., 2013a. **A GT5 Earthquake Identified in Central Brazil**, Comprehensive Nuclear-Test-Ban-Treaty science and Technology Conference Book of Abstracts 48-49, Vienna – Austria 17- 21 June.

BARROS, L.V., ASSUMPÇÃO, M. and CAIXETA, D. F., 2013b. **A Central Brazil GT5 Event**, AGU - Meetings of the Americas, Cancun – Mexico, May 13-17, 2013.

BARROS, L.V., CHIMPLIGANOND, C.N., VON HUELSEN, M.G., FRANÇA, G.S., ALBUQUERQUE, D.F and FONTENELE, D.P. 2013. **The Mara Rosa, Goiás State, Brazil, recent seismicity and its relationship with Transbrasiliano Lineament**, Latin American Seismology Symposium, Lima – Peru, 4p.

BARROS, L.V., CHIMPLIGANOND, C.N., VON HUELSEN, M.G., FRANÇA, G.S., CAIXETA, D.F., ALBUQUERQUE, D.F. **The Mara Rosa 5.0 mb Earthquake and Aftershock Activity**. In: XII International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro.

GURALP SCREAM!, **Seismometer Configuration, Real time Acquisition and Monitoring for Windows 98/NT/2000/XP/Linux**, version 4.5, Jan 2007.

MILJANOVIC, V., 2007. **Geotool – Software User Tutorial**, CTBTO/IMS/IDC 1.0 13.07.2007. Vera Miljanovic Software User.

WESSEL, P., W. H. F. SMITH, R. SCHARROO, J. F. LUIS, AND F. WOBBE, **Generic Mapping Tools: Improved version released**, EOS Trans. AGU, 94, 409-410, 2013.

ANEXO I

Relatório de Viagem

RELATÓRIO DE VIAGEM UHE CANA BRAVA

APRESENTAÇÃO

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas durante viagem à UHE Cana Brava, nos dias 22 e 23 de outubro de 2013, no âmbito do contrato firmado entre o Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT) da Universidade de Brasília (UnB) e a TRACTEBEL Energia.

1. INTRODUÇÃO

No período de 22 e 23 de outubro de 2013 foi realizada viagem de serviço à UHE Cana Brava, visando à reativação da Estação Sismográfica CAN1, localizada à montante do reservatório desta UHE, na margem direita, acerca de 6 Km do eixo da barragem (figuras 1 e 2).

Participaram dos trabalhos os técnicos da UnB Darlan Portela Fontenele e Juraci Mário de Carvalho, com o apoio dos técnicos da UHE Cana Brava José Edilson Prado e Wesley de Oliveira.

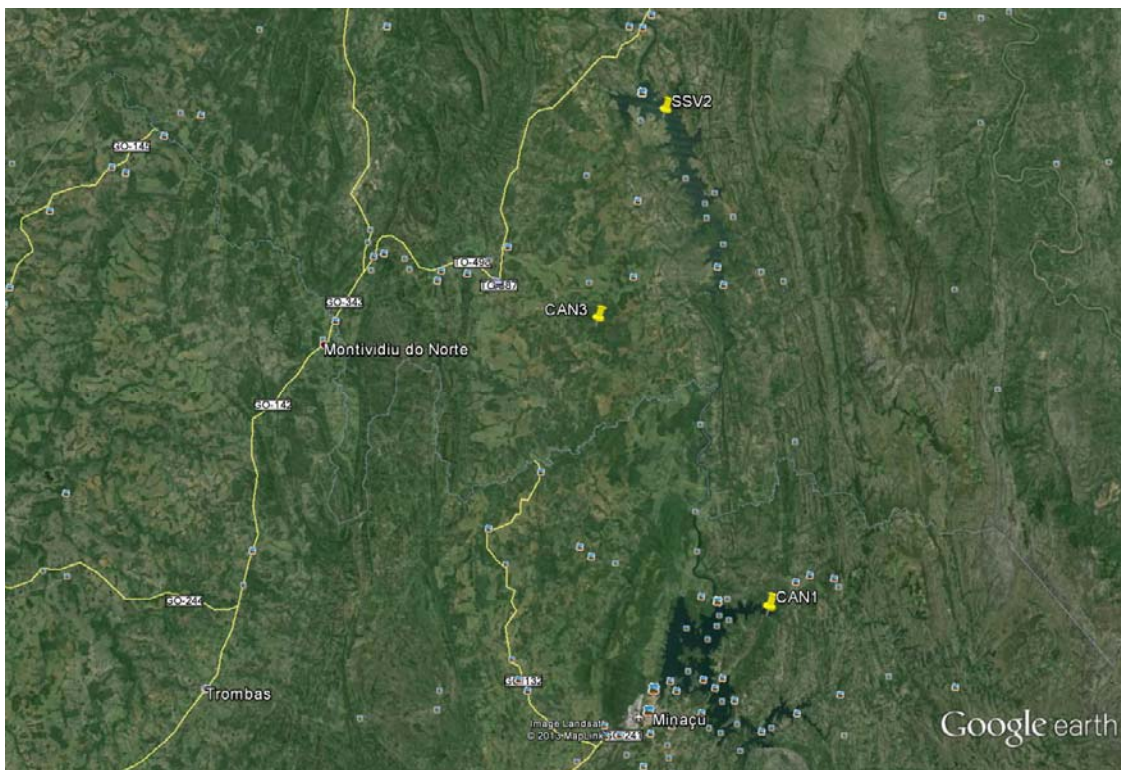


Figura 1 – Mapa mostrando a posição da Estação CAN1 e das estações CAN3 e SSV2, bem como dos reservatórios das UHEs Cana Brava (ao sul) e São Salvador (ao norte).



Figura 2 – Vista da Estação CAN1. Ao fundo, observa-se braço do reservatório da UHE Cana Brava.

2. INFRAESTRUTURA

A Estação CAN1 é composta por abrigo principal (Figura 3), abrigo para o sismômetro (Figura 4), muro de proteção e torre de telecomunicação (figuras 5 e 6), utilizada para o pára-raios, para o receptor GPS e para o roteador *wireless*.



Figura 3 – Vista do abrigo principal.



Figura 4 – Vista do abrigo principal e do abrigo do sismômetro, ao fundo.



Figura 5 – Vista do muro de proteção e da torre de telecomunicação.



Figura 6 – Vista do muro de proteção da estação.

A UHE Cana Brava preparou infraestrutura de segurança para a Estação CAN1, constituída por quatro câmeras analógicas de vigilância (CFTV), conectadas, localmente, a um DVR marca QSEE, modelo QT454 (figuras 7 e 8). O DVR está conectado a um *switch* marca CISCO (Figura 9). Compõem ainda o sistema de segurança 01 (uma) sirene, 01 (um) microfone e 02 (dois) alto-falantes.



Figura 7 – DVR instalado na estação, vista frontal.

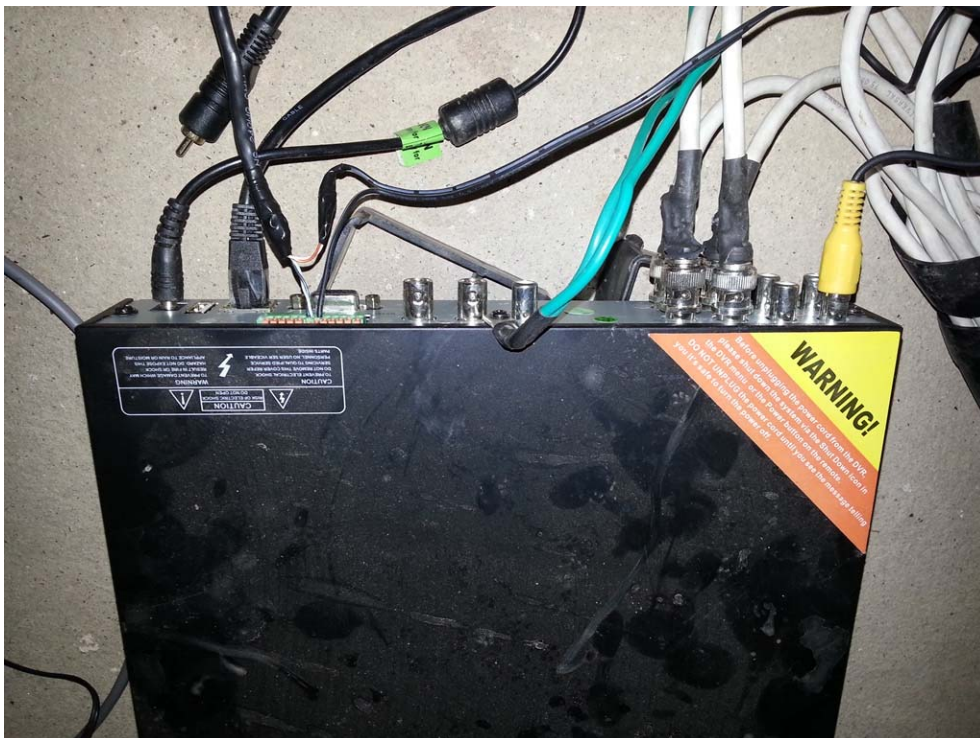


Figura 8 – DVR, vista superior.



Figura 9 – Painel contendo o *switch* CISCO (alto, a esquerda), o controlador de carga dos painéis solares (abaixo) e os 04 supressores de surto para as câmeras do CFTV.

Para a transmissão das imagens, bem como dos dados sísmicos, foi instalado, no alto da torre, um roteador *wireless*, com antena integrada, marca TP-Link, modelo TL-WA5210G, operando na faixa de 2,4 GHz.

Para a alimentação de todos os equipamentos da estação (sismográficos, câmeras/DVR e comunicação), foram instalados 04 (quatro) painéis solares de 140 Watts cada (Figura 10), 04 (quatro) baterias estacionárias marca Delphi, modelo DF 3.000, de 185 A.h. cada (Figura 11) e 01 (um) controlador de carga marca Phocos, modelo CX40 (Figura 9).



Figura 10 – Vista dos 04 painéis solares da estação.



Figura 11 – Vista de três das quatro baterias da estação.

3. TRABALHOS REALIZADOS

Para a reativação da Estação CAN1, foram instalados os seguintes equipamentos:

- digitalizador sísmico marca Guralp, modelo CMG-DM24S3 (com portas *fireware*), n° série A1539 (Figura 12) e respectivo receptor GPS (Figura 13);
- sismômetro triaxial banda-larga, marca Guralp, modelo CMG-40T (30 seg. – 50 Hz), 2 x 1.000 v/m/s, n° série T4Q66 (Figura 14);
- conversor serial/ethernet marca Integral Sistemas, modelo INT 550 (Figura 15), utilizado na interconexão da saída do digitalizador ao *switch* CISCO que, por sua vez, conecta-se ao roteador *wireless*.



Figura 12 – Digitalizador da Estação CAN1, abaixo do notebook.



Figura 13 – Vista do receptor GPS, instalado no alto da torre de telecomunicação da estação.



Figura 14 – Sismômetro da Estação CAN1 instalado no respectivo abrigo (foto abaixo). Nas fotos acima, procedimento de alinhamento do equipamento para o norte geográfico, utilizando-se a bússola Brunton.



Figura 15 – Conversor Serial/Ethernet.

3.1. Configurações do digitalizador

Nº de canais: 03 (Z, N, E)

Taxa de amostragem: 100 sps

Modo de gravação: contínuo

Modo de transmissão: adaptivo

Buffering: re-use

Timing source: GPS (NMEA)

Velocidade transmissão serial: 115.200 Kbps

Stop bits: 01

3.2. Configurações do conversor serial/ethernet

IP local: 192.210.100.27

Máscara: 255.255.255.0

Gateway: 192.210.100.21

Porta: 2101

3.3. Configurações do computador Cana Brava (SCREAM)

IP local: 192.168.99.115

Máscara: 255.255.255.0

Porta: 1567

3.4. Coordenadas

- Latitude: 13° 25' 02,85" Sul
- Longitude: 48° 05' 06,75" Oeste
- Altitude: 382 metros

3.5. Diagrama de ligações

A Figura 16 apresenta o diagrama de ligação dos equipamentos que compõem a Estação Sismográfica CAN1.

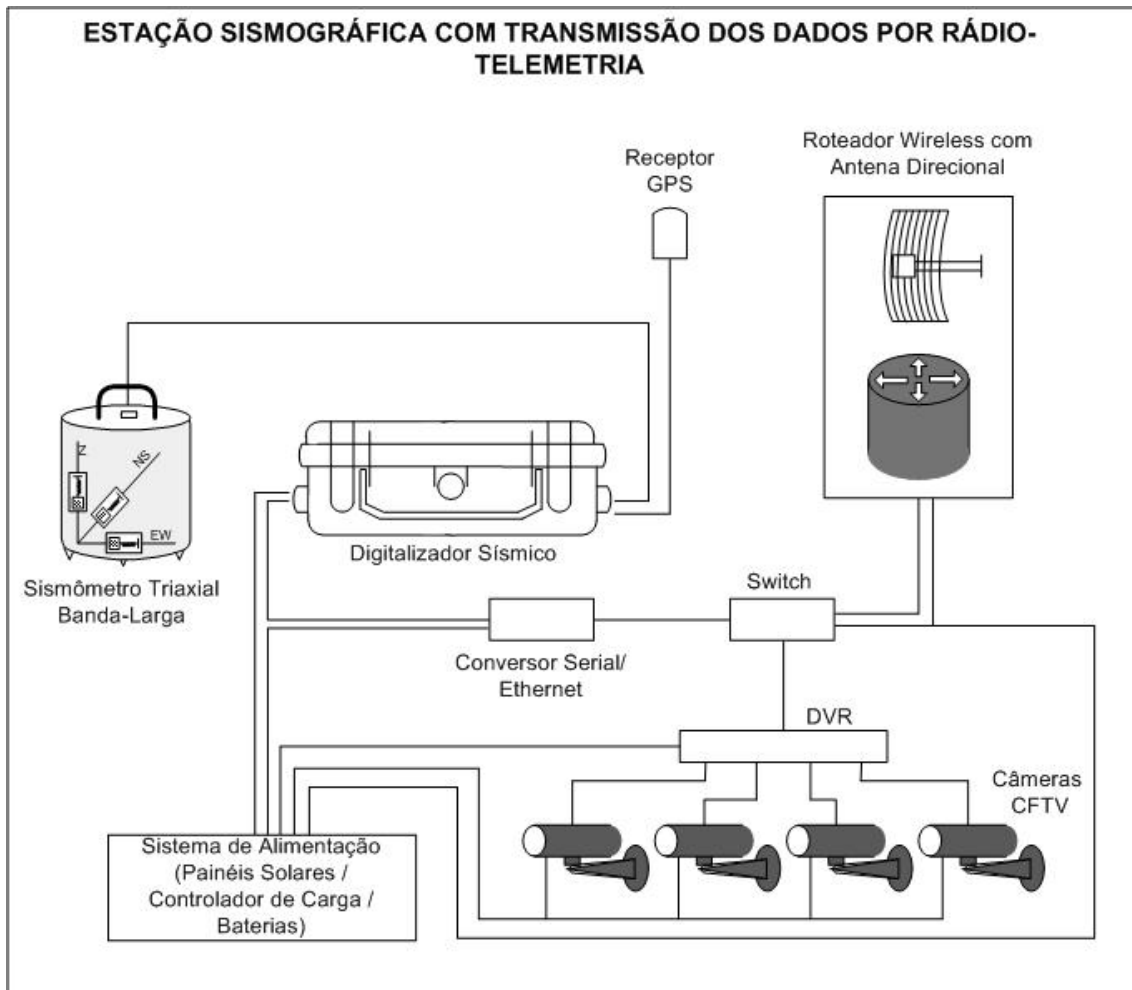


Figura 16 – Diagrama de ligação dos equipamentos de CAN1.

3.6. Resultados

A Figura 17 apresenta duas explosões registradas pela Estação CAN1, que ocorreram no dia 01 de novembro de 2013, às 13h38 (UTC) e 13h40 (UTC), aproximadamente. O traço verde representa o registro na componente vertical do sismômetro e o vermelho e o azul nas componentes horizontais (norte-sul e leste-oeste, respectivamente).

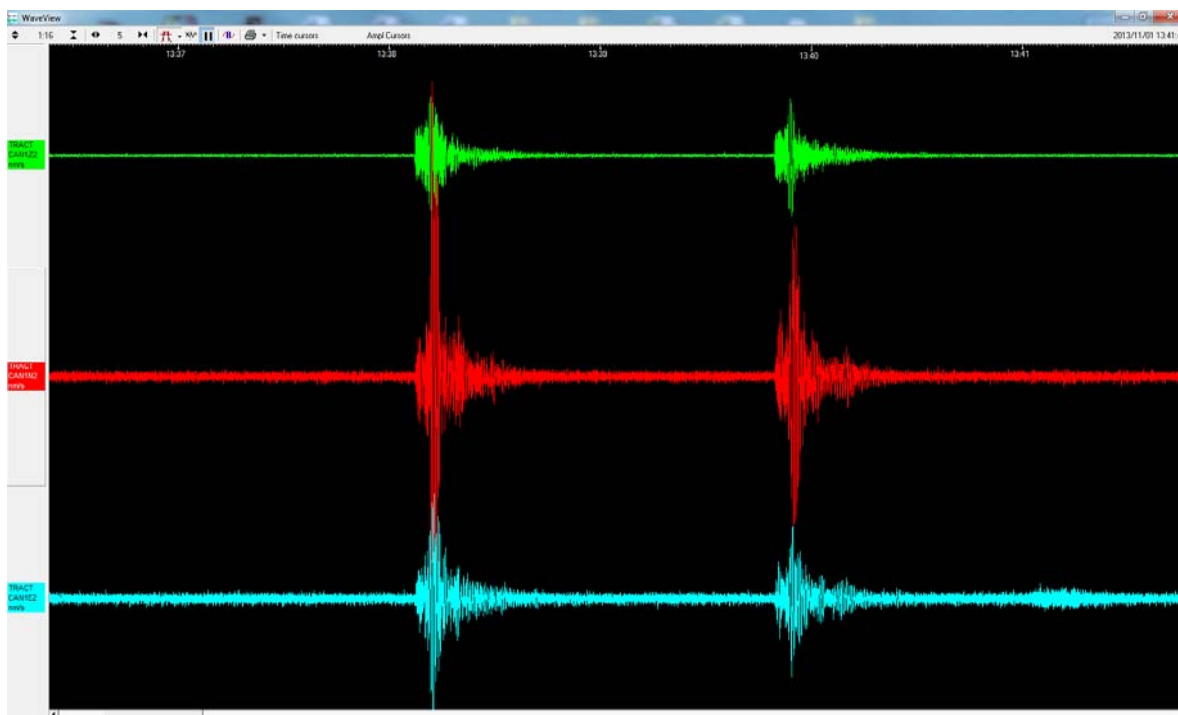


Figura 17 – Registro de duas explosões ocorridas em 01/11/2013, detectadas por CAN1.

4. CONCLUSÃO

A Estação CAN1 voltou a operar após o término dos trabalhos. Os dados são transmitidos por meio de um par de roteadores *wireless*, instalados um na estação e outro na casa de rádio da UHE Cana Brava. Deste ponto, os dados são reenviados, utilizando outro par de roteadores *wireless* (da mesma marca e modelo do par utilizado na Estação CAN1), a um computador na UHE Cana Brava, localizado na sala de operação da usina, onde se encontra instalado o respectivo *software* de recepção SCREAM. Deste computador, os dados são retransmitidos, via intranet, ao computador de recepção dos dados sísmicos das estações CAN3 e SSV2, localizado no prédio de telecomunicação da UHE São Salvador. Por fim, são retransmitidos à Universidade de Brasília, por meio de *link* de internet.

Brasília, 12 de novembro de 2013.

Juraci Mário de Carvalho

Darlan Portela Fontenele