

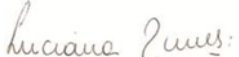



IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE

Relatório Complementar, referente ao Acompanhamento do Programa de Monitoramento da Sismicidade. Período: de 01/10/2014 a 31/12/2016. Licença de Instalação - LI nº. 1017/2014 – IBAMA Processo n. 02001.004420/2007-65.

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO, ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DO PROGRAMA			
Nome	Cargo	CTF	Assinatura
Felipe Almeida	Geofísico/Meteorologista	6231284	
Tatiana Pilachevsky	Geógrafa, MSc.	5531743	
Luciana Cabral Nunes	Geóloga, M.Sc.	5287039	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes	Geofísico, D.Sc.	5286995	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. METODOLOGIA	6
3. COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS REGISTRADOS PELA ESTAÇÃO E AS EXPLOSÕES NA OBRA	9
4. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Relação entre a magnitude de um sismo, a amplitude máxima do movimento do chão para um evento localizado a 50 km de distância, o tamanho da falha relacionada a ele e o deslocamento da mesma, quando ocorre.	8
Tabela 3.1: Tabela de eventos locais registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel.	9

1. INTRODUÇÃO

O “Programa de Monitoramento da Sismicidade”, solicitado pela E.E.S.M - Empresa de Energia São Manuel, atende as condicionantes apresentadas no Plano Básico Ambiental (PBA) da UHE São Manuel.

Este serviço está sendo executado pela empresa VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda. e tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região de influência sísmica para a futura barragem da UHE São Manuel em um raio de 320 km (200 milhas), com centro na posição da futura barragem, a qual está sendo construída nas coordenadas 09° 11’ 32”S de latitude e 57° 03’ 13”O de longitude, no rio Teles Pires, na divisa dos estados de Mato Grosso e Pará.

Neste relatório complementar é realizado um comparativo entre os dados medidos pela estação sismográfica UHE São Manoel e o plano de fogo das detonações realizadas na obra entre os anos de 2014 e 2016.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na análise dos dados sísmicos está apresentada abaixo, no texto é descrito como são interpretadas nos sismogramas as informações referentes a distância epicentral, ou seja, a distância do evento em relação a estação, a magnitude do evento, grandeza relacionada a energia associada ao evento sísmico e como é diferenciada nos sismogramas os eventos naturais dos eventos artificiais.

2.1 DETERMINAÇÃO EPICENTRAL COM UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA

A interpretação dos sismogramas é iniciada com a identificação de dois tipos de ondas principais, a onda P (onda longitudinal igual a uma onda sonora) e ondas S (onda cisalhante que se origina do “esfregão” entre os planos de falha) e a partir delas, considerando que o sismo tenha uma profundidade focal pequena (que possa ser negligenciada) e que as primeiras ondas P e S que chegam à estação são ondas diretas, podemos estimar a distância epicentral (neste caso, igual à distância hipocentral) utilizando a diferença de tempo entre as chegadas das ondas P e S.

Até pouco tempo atrás a única forma de se determinar a localização exata de um evento sísmico era a partir da distância epicentral do evento registrada por no mínimo três estações, no entanto, com a melhoria da tecnologia, e com o registro das ondas em três componentes, conseguimos determinar o que chamados de “movimento da partícula na horizontal”.

O movimento de partícula apresenta em um gráfico o movimento do chão produzido pelas primeiras vibrações registradas no sismograma, ou seja, pela onda P. De maneira simplificada o movimento de partícula é analisado a partir de um plano cartesiano onde é plotado no eixo horizontal a componente Leste-Oeste e no eixo vertical a componente Norte-Sul do sismograma. Considerando que os movimentos produzidos pela onda P são longitudinais a direção da propagação das ondas sísmicas, podemos inferir a direção do evento sísmico com relação a estação

A partir da distância epicentral, calculada pelo tempo de chegada entre as ondas P e S e da direção de origem do evento, calculada a partir do movimento de partícula, podemos inferir a posição geográfica exata do evento.

2.2 DETERMINAÇÃO DA MAGNITUDE COM A DURAÇÃO DO SISMO (M_b)

A magnitude de um sismo é utilizada para comparar a amplitude do movimento do chão produzida por diferentes sismos, para evitar as incertezas no uso da escala de intensidades sísmicas, em 1935, Richter formulou uma escala de magnitude para comparar os tamanhos relativos dos sismos baseada na amplitude dos registros das estações sismográficas.

O princípio básico da escala é que as magnitudes dependam do logaritmo da amplitude do movimento do chão, de maneira que cada ponto na escala corresponde a um aumento de 10 vezes nas amplitudes. Desta forma, a magnitude funciona como um indicador do tamanho de um sismo e não da energia liberada pelo mesmo.

Da maneira como foi definida, a magnitude Richter não tem um limite inferior nem superior. Microtremores muito pequenos podem ter magnitude negativa. O limite superior depende apenas da própria natureza. Tremores pequenos, sentidos num raio de poucos km e sem causar danos, têm magnitude perto de 3,0 M_w . Sismos moderados, que podem causar algum dano (dependendo da profundidade focal e do tipo de terreno na região epicentral) têm magnitudes na faixa de 5,0 a 6,0 M_w . Os grandes terremotos destruidores têm magnitudes acima de 7,0 M_w . As maiores magnitudes já registradas chegaram a 9,5 M_w .

Energia dos Tremores de Terra

Existem algumas relações empíricas entre a magnitude de um sismo e a energia elástica liberada pelo mesmo, no entanto, a energia liberada durante um terremoto representa melhor o poder de destruição do evento, e é esse poder de destruição que danifica e derruba os prédios, casas e outras obras importantes. Desta forma, a comparação de quanto um terremoto é maior que outro não é tão importante quanto a informação de quanta energia foi liberada por um terremoto.

A fórmula empírica mais bem estabelecida sobre a relação entre a Energia liberada por um tremor de terra (E) e sua magnitude (M), diz que $\log_{10}(E)$ é proporcional a 1,5 vezes a magnitude do sismo, desta forma, o aumento de uma unidade na magnitude de um sismo representa um aumento de 101,5 (ou aproximadamente 32) vezes a energia do evento.

Na **Tabela 2.1** abaixo é mostrada a relação entre magnitude de um sismo, a amplitude máxima do movimento do chão a 50 km de distância, o tamanho da falha (L), o deslocamento médio na falha (D) e o equivalente em energia elétrica:

Tabela 2.1: Relação entre a magnitude de um sismo, a amplitude máxima do movimento do chão para um evento localizado a 50 km de distância, o tamanho da falha relacionada a ele e o deslocamento da mesma, quando ocorre.

Magnitude	Amplitude a 50 km	Comprimento da ruptura (km)	Deslocamento na falha	Energia (J)	Tempo p/ Itaipu gerar a energia
9	1 m	400	10 m	$1,6 \cdot 10^{18}$	4,5 anos
7	1 cm	30	1 m	$2,1 \cdot 10^{15}$	2 dias
5	0.1 mm	5	1 cm	$2,8 \cdot 10^{12}$	4 min
3	0.1 μ m	1	1 mm	$3,6 \cdot 10^9$	0,3 s

2.3 DIFERENCIAÇÃO DE EVENTOS SÍSMICOS NATURAIS E EVENTOS ARTIFICIAIS.

A separação entre um evento sísmico natural e um evento artificial pode ser definida a partir de alguns fatores, entre eles, através da interpretação dos sismogramas onde podemos ver que as explosões têm muita energia em ondas P (geradas pela explosão) e pouca energia de S (decorrentes da conversão de ondas P em S), e por isso, os sismogramas dos eventos caracterizados como explosões tem poucas ondas S, enquanto que os sismos naturais têm mais ondas S que P (em geral). Outro fator utilizado como critério de classificação é a presença de vários pacotes de onda P entre as chegadas das ondas P e S, em geral porque as detonações são feitas com várias pequenas explosões distanciadas de alguns centésimos ou milésimos de segundo, dando um aspecto de que as explosões são “descabeladas” quando olhamos os sismogramas.

Para completar, as explosões em geral acontecem em “horários de explosões”, geralmente no início do dia (antes dos funcionários começarem o trabalho), no horário perto do almoço (quando os funcionários estão longe do site), ou logo após o horário do final das atividades de trabalho, quando muitos funcionários estão indo embora. Isso é feito por questões de segurança, mas ajudam muito na identificação das explosões. Por outro lado, as vezes, as 2am pode haver pequenas explosões geradas por pessoas que queiram fazer pesquisa mineral com pólvora negra. Isso é pouco comum, mas quem faz isso geralmente faz de forma clandestina de madrugada.

3. COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS REGISTRADOS PELA ESTAÇÃO E AS EXPLOSÕES NA OBRA

Os eventos locais registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel desde a sua instalação até o dia da última troca do cartão de memória, estão apresentados na **Tabela 3.1**, onde podemos ver o horário de ocorrência, a distância epicentral e a magnitude de tais eventos.

Tabela 3.1: Tabela de eventos locais registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel.

	DATA	HORÁRIO ORIGEM (UT)	DISTÂNCIA (km)	MAGNITUDE (M _D)	LATITUDE DO EVENTO (GRAUS DECIMAIS).	LONGITUDE DO EVENTO (GRAUS DECIMAIS).
1	06/05/2015	21:38:51.33	15.20	1.5	-57.0505	-9.5062
2	07/05/2015	15:01:13.32	5.30	-0.3	-56.9384	-9.4675
3	08/05/2015	16:23:17.66	15.10	2.0	-56.9347	-9.5557
4	08/05/2015	22:12:34.98	2.50	-0.1	-56.9294	-9.4371
5	16/05/2015	12:24:26.50	4.60	-0.2	-56.9827	-9.4353
6	21/05/2015	13:44:48.17	9.70	0.0	-	-
7	22/05/2015	14:07:49.60	23.10	1.3	-56.8466	-9.6037
8	25/05/2015	22:44:53.03	90.60	2.5	-	-
9	26/05/2015	16:04:55.69	8.70	0.0	-56.9565	-9.4975
10	28/05/2015	03:41:06.76	2.70	-0.3	-	-
11	28/05/2015	14:10:08.13	26.50	0.1	-56.8359	-9.6327
12	29/05/2015	17:58:52.06	25.20	1.0	-	-
13	04/06/2015	16:10:31.09	6.90	0.0	-56.9550	-9.4813
14	06/06/2015	15:02:51.33	6.30	-0.2	-56.9536	-9.4761
15	11/06/2015	14:55:55.10	8.30	-0.1	-	-
16	17/06/2015	15:31:31.26	53.30	1.2	-	-
17	19/06/2015	16:40:02.76	10.80	-0.1	-	-
18	21/06/2015	16:46:54.01	11.30	0.0	-	-
19	21/06/2015	19:36:42.99	4.40	-0.2	-	-
20	26/03/2016	13:23:55.05	48.55	0.0	-9.6750	-56.5887
21	09/04/2016	03:06:01.67	45.48	-0.1	-9.6757	-56.6239
22	16/05/2016	15:27:20.05	59.11	-0.3	-56.6045	-9.8302
23	26/05/2016	15:13:42.92	68.85	1.7	-56.3344	-9.3068
24	26/05/2016	19:05:29.98	54.69	-0.3	-56.6631	-9.8248
25	24/06/2016	10:20:01.22	74.39	2.1	-57.3041	-9.9855
26	28/06/2016	17:29:42.14	49.25	0.0	-56.5846	-9.6800
27	01/07/2016	00:08:05.93	50.47	-0.1	-56.6044	-9.7223
28	06/07/2016	17:11:56.29	86.66	1.0	-56.6070	-10.1243
29	18/07/2016	18:23:43.61	87.82	1.3	-56.1539	-9.3826

*UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento da Sismicidade*

A partir dos registros do plano de fogo das detonações realizadas na UHE São Manoel entre os anos de 2014 a 2016, com informações, entre outras, a respeito do dia e hora das detonações, do local da explosão e da carga total de explosivos utilizados, podemos realizar uma comparação com os registros da estação UHE São Manoel.

Comparando os eventos provenientes do plano de fogo com os registrados pela estação, nenhum evento realizado na obra durante o período foi registrado pela estação sismográfica UHE São Manoel, tal afirmação pode ser feita a partir da análise dos horários de ocorrência dos eventos registrados pela estação, que não correspondem a nenhum dos eventos presentes no plano de fogo a nos fornecido, constata-se também que nenhum evento registrado pela estação ocorreu na área do empreendimento onde são realizadas as explosões.

O não registro das explosões realizadas na obra pela estação sismográfica UHE São Manoel pode ser explicado por diversos fatores, entre eles, pela baixa magnitude dos eventos, que podem facilmente ser confundidos com qualquer ruído natural da superfície, pela distância existente entre a obra e a estação, por volta de 30 km, e pelo fato de tais eventos serem muito superficiais, ou seja, serem realizados a profundidade muito pequena, comparando-se com um evento natural. Exemplificando, no caso de explosões, a maior parte da energia produzida pela explosão é dispersada na forma de energia sonora, energia térmica (calor) e deformação inelástica (quebra dos blocos de rocha), sendo que apenas uma pequena fração da energia se propaga pelo interior da Terra, dificultando assim o seu registro. Sismos naturais com magnitudes iguais a essas pequenas explosões são facilmente registrados, visto que ocorrem em sub-superfície, com pouca conversão da energia elástica em energia sonora, e com a presença de ondas S cisalhantes, que em geral tem amplitudes maiores que as ondas S convertidas de ondas P (compressivas).

A análise comparativa permite-nos afirmar que a intensidade das explosões é mínima e a distância de 28 km inviabiliza o registro de tais eventos de baixa intensidade a partir da estação sismográfica UHE São Manoel, a grande maioria dos eventos registrados pela estação tratam-se ou de eventos artificiais, localizados nas proximidades da estação, provenientes de explosões, de algum ruído artificial registrado pela estação, proveniente da passagem de pessoas e animais no entorno da estação, ou de eventos naturais, sendo que até o momento nenhum deles ocorreu na área de influência do empreendimento, todos os eventos medidos a distância do empreendimento trataram-se de eventos artificiais.

4. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)

Nesse relatório foi realizada uma análise comparativa entre os dados registrados pela estação UHE São Manoel e os registros de detonações na obra, o resultado foi nulo, nenhum evento de explosão na obra pode ser registrado pela estação, em decorrência principalmente da baixa intensidade dos eventos e da distância entre a estação e a obra.

A estação sismográfica UHE São Manoel vem funcionando normalmente e detectando eventos naturais e artificiais na região de forma continua.