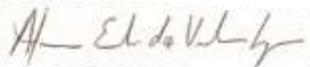
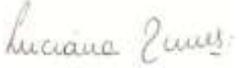
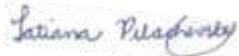


IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE

3º RELATÓRIO SEMESTRAL

3º Relatório Semestral, referente ao Acompanhamento do Programa de Monitoramento da Sismicidade. Período: de 01/06/2015 a 31/12/2015. 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	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes	Geofísico, D.Sc.	5286995	
Luciana Cabral Nunes	Geóloga, M.Sc.	5287039	
Tatiana Pilachevsky	Geógrafa, MSc.	5531743	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO	7
3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)	11
6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO	16
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 2.1: Manutenção da estação sismográfica UHE São Manoel; (a) Visão geral da estação; (b) Visão externa do abrigo do sensor (sismógrafo) da estação; (c) Abrigo do sensor durante a manutenção; (d) Visão do sensor da estação (sismógrafo) durante o processo de manutenção. 7
- Figura 4.1: Gráficos com as estatísticas dos eventos registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel. 10

LISTA DE QUADROS

- Quadro 3.1: Indicadores e metas do Programa de Monitoramento da Sismicidade. 8
- Quadro 6.1: Atividades previstas e executadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Sismicidade. 16

LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1: Eventos regionais registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel. 8

1. INTRODUÇÃO

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

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 UHE São Manoel em um raio de 320 km (200 milhas), com centro na posição da futura barragem, a qual está sendo construída nas coordenadas $-09^{\circ} 11' 32''$ de latitude e $-57^{\circ} 03' 13''$ de longitude, no rio Teles Pires, na divisa dos estados de Mato Grosso e Pará.

Este monitoramento tem diferentes objetivos nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório. No período de pré-enchimento o monitoramento sismográfico tem os seguintes objetivos:

- Auscultar sísmicamente a região de influência sísmica com o objetivo de determinar a ocorrência e os epicentros de todos os sismos locais que ocorram na região contida em um raio de 100 km e áreas vizinhas a partir do local onde será construída a barragem da futura UHE São Manoel - MT/PA. Esses dados serão utilizados para definir o nível de atividade sísmica local na área do empreendimento, oferecendo uma informação importante para justificar a futura classificação dos sismos locais naturais e de eventuais sismos induzidos pelo reservatório. A análise desses eventos locais constitui o principal interesse do presente monitoramento e será apresentada nos relatórios de andamentos mensais e nos boletins sísmicos trimestrais;
- Estudar os sismos regionais com distâncias maiores que 100 km, porém dentro da Área de Influência Sísmica (100 milhas a partir da barragem) do empreendimento. Esse tipo de informação será usada para acompanhar a evolução de eventuais surtos de atividade sísmica composta por sismos de maiores magnitudes. A sismicidade dessa região do país é muito pouco conhecida, e por isso a ampliação desse conhecimento pode ser útil para verificar a influência de eventos regionais de maiores magnitudes sobre a obra;
- Assessorar a *E.E.S.M.* em assuntos relacionados com os estudos sismológicos na UHE São Manoel - MT/PA, prestando esclarecimentos à população que mora nas proximidades do futuro

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

reservatório, caso ocorra atividade sísmica provavelmente local nas proximidades do empreendimento.

No período de enchimento e pós-enchimento, o seu principal objetivo é verificar a presença ou não de atividade sísmica induzida pelo reservatório. No Brasil, menos de 10% dos reservatórios induziram atividade sísmica.

2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO

No período entre agosto e dezembro de 2015 foram realizadas duas atividades de coleta dos dados e manutenção preventiva da estação sismográfica UHE São Manoel. Na **Figura 2.1** são apresentados registros fotográficos obtidos durante as campanhas de manutenção, que ocorreram nos dias 17 de agosto e 20 de novembro de 2015. Os dados registrados pela estação sismográfica foram processados e apresentados nesse relatório.



Figura 2.1: Manutenção da estação sismográfica UHE São Manoel; (a) Visão geral da estação; (b) Visão externa do abrigo do sensor (sismógrafo) da estação; (c) Abrigo do sensor durante a manutenção; (d) Visão do sensor da estação (sismógrafo) durante a manutenção.

3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA

As metas e indicadores do presente Programa Ambiental estão sendo atendidas, conforme apresentado no **Quadro 3.1**.

Quadro 3.1: Indicadores e metas do Programa de Monitoramento Sismológico.

METAS	INDICADORES	STATUS DE ATENDIMENTO
Adquirir e instalar a estação sismográfica da rede de monitoramento no período de, no mínimo, 2 anos antes do enchimento do reservatório.	Número de dias de operação da estação sismográfica por trimestre	Em atendimento 3º Trimestre 2015: 92 dias 4º Trimestre 2015: 92 dias*
	Número de dias de registro de dados em relação ao total de dias de monitoramento.	Em atendimento (245 dias / 245 dias)
Corrigir as falhas da estação sismográfica em até 5 dias.	Número de manutenções corretivas emergenciais.	Atendido 0*
	Prazo para correção das falhas da estação sismográfica.	Não aplicável para o momento

*Não houve falhas no período

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da atividade sísmica da UHE São Manoel resultou na identificação de 12 eventos sísmicos regionais, localizados entre 100 e 1000 km da estação, possivelmente de origem natural porém de baixa magnitude. Também foram identificados eventos sísmicos locais, com distâncias epicentrais inferiores a 100 km, porém, em decorrência da baixa intensidade de seu sinal, os mesmos podem ser confundidos com ruído sísmico no local e foram descartados do resultado final.

Na **Tabela 4.1** estão apresentados detalhadamente os 12 eventos sísmicos registrados pela estação, com informações do dia e horário de ocorrência do evento (sempre em horário GMT), magnitude do evento e a localização geográfica do mesmo, incluindo aí as suas coordenadas geográficas e a distância epicentral (distância em relação a estação) do evento.

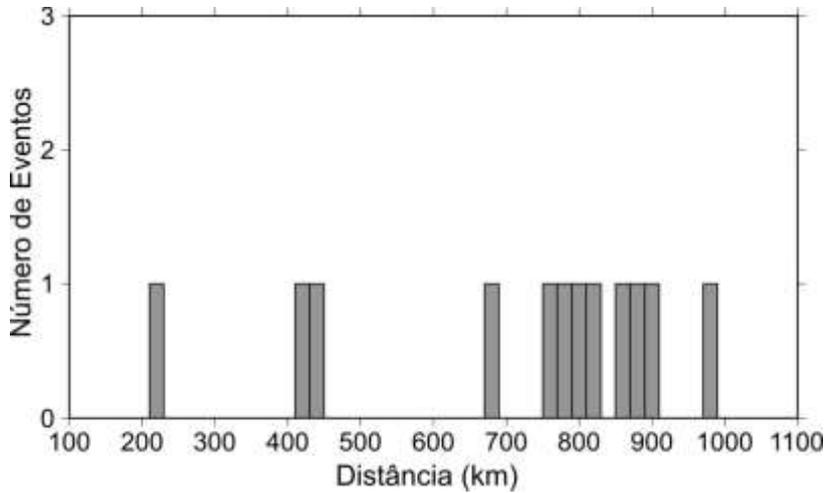
Tabela 4.1: Eventos regionais registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel.

	DATA	HORÁRIO ORIGEM (UT)	DISTÂNCIA (Km)	MAGNITUDE (M _D)	LATITUDE DO EVENTO (GRAUS DECIMAIS).	LONGITUDE DO EVENTO (GRAUS DECIMAIS).
1	26/07/2015	07:21:29	424.7	4.9	-12.50	-54.67
2	03/08/2015	14:15:57	433.2	4.5	-11.83	-60.01
3	14/08/2015	23:38:18	793.8	3.9	-6.17	-50.57
4	15/09/2015	21:27:03	893.4	4.1	-14.54	-50.73
5	27/09/2015	17:41:59	677.4	3.6	-13.79	-52.68
6	02/10/2015	17:34:29	851.8	3.7	-6.32	-49.92
7	08/10/2015	19:59:42	827.1	3.6	-6.18	-50.23
8	09/11/2015	17:49:34	985.6	3.7	-14.22	-49.47
9	07/12/2015	21:08:03	227.4	3.7	-10.62	-55.28
10	13/12/2015	17:46:19	754.1	4.0	-8.08	-50.28
11	16/12/2015	17:02:15	772.9	3.9	-6.29	-50.72
12	16/12/2015	18:59:30	885.2	3.1	-14.65	-50.92

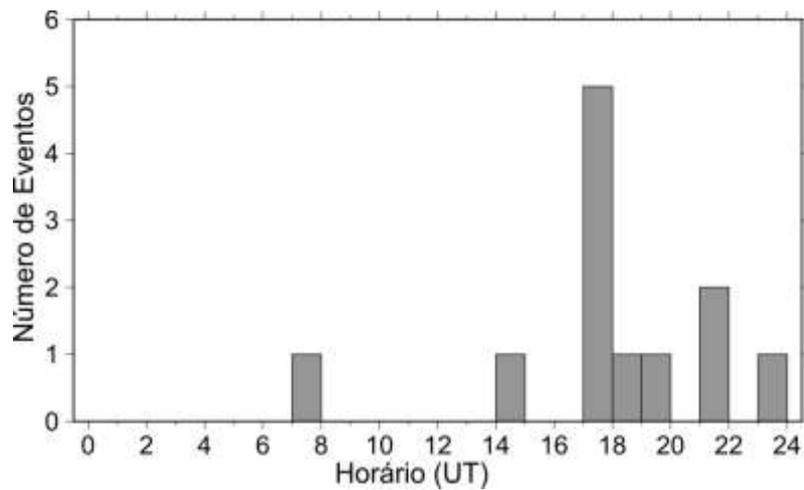
O evento do dia 21 de julho de 2015 foi incluído nos resultados, pois ocorreu após a data de corte dos registros processados no relatório semestral anterior.

Na **Figura 4.1** estão apresentados três gráficos contendo informações estatísticas dos eventos registrados, contendo os histogramas das distancias epicentrais, da magnitude e do horário de origem dos eventos sísmicos (em GMT).

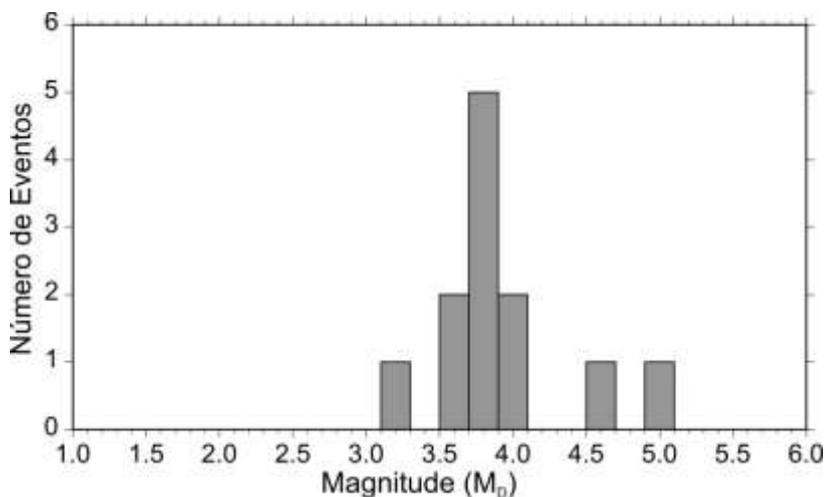
UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento da Sismicidade



(a) Histograma das distâncias epicentrais, dos eventos sísmicos.



(b) Histograma dos horários de origem (UT, *Universal Time*) dos eventos sísmicos.



(c) Histograma da magnitude dos eventos sísmicos.

Figura 4.1: Gráficos com as estatísticas dos eventos registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel.

5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)

Nesse relatório semestral foram apresentados os resultados do processamento dos dados registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel, entre os meses de agosto e dezembro de 2015.

Todas as atividades previstas estão sendo executadas conforme previsto no Projeto Básico Ambiental da UHE São Manoel, sendo que a única dificuldade técnica identificada se refere à questão da implantação de telemetria na estação.

Nesse ponto, e em resposta aos questionamentos abaixo referentes ao Parecer Técnico PAR nº 003941/20015-10 (COHID/IBAMA) (página 39/87) a VERACRUZ ressalta que:

1) Presença um controlador iPod para a comunicação (e configuração) com o registrador.

A maioria dos equipamentos sismográficos não necessita mais do controlador iPod para comunicação, fazendo acesso direto a internet via link do celular, rádio ou satélite, e por isso o mesmo não foi mencionado nos relatórios técnicos anteriores;

2) Presença de dois cartões de memória flash, para armazenar os dados obtidos pela estação, cada um com capacidade de 8Gb de memória:

Na estação instalada está sendo usado um único cartão de 32 Gb, que totaliza memória superior a dois cartões de 8 Gb.

Por outro lado, embora a VERACRUZ tenha adquirido todo o aparato para a transmissão de dados em tempo real, seguindo um modelo mais simples de transmissão do que o usado pela VERACRUZ junto a UHE Teles Pires, o sismólogo responsável, Dr. Afonso Emidio de Vasconcelos Lopes, sugere que não seja instalado o link de transmissão de dados devido a experiência do mesmo com as estações da UHE Teles Pires.

A região Amazônica apresenta chuvas diárias e um número grande de descargas elétricas (raios). Em geral as torres onde são instaladas as antenas de radio-internet, satélite ou celular são metálicas, e funcionam como para-raios, atraindo naturalmente raios. A energia dessas descargas elétricas pode gerar problemas nos equipamentos sismográficos, que são equipamentos eletrônicos muito sensíveis. Note que mesmo o raio não caindo exatamente na antena de transmissão de dados, o cabo de comunicação entre a antena e o registrador (sismômetro) funciona como uma espécie de “antena

secundária” que ajuda a captar a energia dos raios que caem próximos a estação através dos princípios de Maxwell, onde uma corrente elétrica externa induz um campo magnético, que pode induzir uma corrente elétrica dentro de um fio.

Isso foi observado de forma bastante acentuada nas estações sismográficas da UHE Teles Pires, as quais tinham transmissão de dados por radio-internet. O número de paradas das estações por descargas elétricas foi anormal neste caso particular, embora a VERACRUZ sempre tenha conseguido resolver isso rapidamente, com apenas uma exceção.

Por outro lado, levando em conta que o objetivo técnico principal do programa é o estudo da atividade sísmica natural e eventualmente induzida pelo reservatório, sugere-se a não instalação da transmissão de dados em tempo real para que seja possível ampliar ao máximo a eficiência de registro da estação sismográfica.

Sabemos que isso pode trazer desvantagens, como no caso da ocorrência de um evento sísmico importante, porém, trata-se de uma possibilidade remota (menos de 10% das hidrelétricas induzem sismos, e deste 10% a grande maioria induzem sismos imperceptíveis para a população). Por outro lado, mesmo neste caso extremo, a VERACRUZ tem um profissional local, o qual pode rapidamente coletar os dados no caso da ocorrência de um evento sísmico importante, e em seguida transmitir para a VERACRUZ para que o mesmo seja analisado.

Por outro lado, as vantagens de não ter antena junto a estação sismográfica são enormes, principalmente levando em conta o aumento de eficiência da estação em região amazônica. Abaixo são citadas considerações importante para validar a não utilização da transmissão de dados sismográficos na UHE São Manoel:

1. Embora a UHE São Manoel tenha apenas uma estação sismográfica, a mesma é mais do que o suficiente para o estudo da atividade sísmica local, visto que, apenas 10% das hidrelétricas induzem sismos. Desta forma, para cada 10 monitoramentos sismográficos, apenas um apresenta atividade sísmica induzida, sendo um desperdício de recurso a utilização de mais de uma estação sismográfica para informar a ausência de atividade sísmica em 90% dos empreendimentos. Por outro lado, a existência de uma estação única requer cuidado e atenção especial com a mesma, para garantir a sua máxima eficiência. Por isso, como a estação ainda não teve a telemetria instalada, por sugestão do sismólogo responsável, Dr Afonso Emidio de

Vasconcelos Lopes, vem sendo realizada pelo técnico da VERACRUZ a visita quinzenal a estação sismográfica, o que vem sendo feito desde a instalação dos equipamentos sismográficos no local.

2. Em um caso extremo e de baixa probabilidade, onde venha a ocorrer uma atividade sísmica importante, por exemplo, com sismos de magnitudes próximas de 3,0 na escala Richter, a rede sismográfica nacional da Universidade de São Paulo irá captar o evento, não havendo necessidade de uma análise imediata dos dados locais, os quais devem ser usados posteriormente em uma análise final. Deve-se salientar que a escala sísmica regional do Brasil (**Assumpção, 1983**), que é a mais precisa escala sísmica para sismos brasileiros, só é válida para sismos com distâncias maiores que 200 km. Desta forma, dizer que é necessário haver dados sísmicos locais para determinar a magnitude de um sismo forte é uma afirmação incorreta. Mesmo assim, a escala de magnitude local com o uso de ondas de cauda é importante para sismos pequenos, com magnitudes entre -1,0 e 3,0, que é o intervalo normal de magnitudes de sismos pequenos registrados na maioria das hidrelétricas que possuem sismos induzidos. Por fim, se houver a ocorrência de um sismo mais forte que o comum, o fato da estação local estar online não irá ajudar a determinar a magnitude de forma mais precisa, e sim, as máximas acelerações que são relacionadas com a escala de intensidade Mercalli Modificada;
3. As estações sismográficas que não fazem o uso de transmissão de dados apresentam muito menos problemas com perdas de dados, melhorando a eficiência anual do número de registros sismográficos. Há estações em Universidades, muito bem instaladas, com problemas contínuos por mais de dois anos seguidos devido a efeito de raios. Na própria VERACRUZ, também tivemos alguns problemas junto a UHE Teles Pires em uma das estações sismográficas devido a descargas elétricas, o que nos fez desativar temporariamente a transmissão de dados para evitar danos maiores.

No que se refere à instalação do sistema de transmissão de dados previsto para o mês de outubro, vale ressaltar que no estudo da atividade sísmica local natural antes do enchimento e eventualmente induzida após o enchimento do reservatório, uma das prioridades técnicas é o acúmulo e a análise dos dados sismográficos, sendo item essencial para se comprovar ou não a existência de atividade sísmica induzida pelo reservatório. Por outro lado, na etapa durante o enchimento deve-se dar atenção especial a este monitoramento, visto que na maioria dos casos de atividade sísmica induzida os sismos começam logo após o enchimento. Desta forma, a VERACRUZ deixará um funcionário local dedicado

e atento a qualquer evento sísmico, sendo treinado para o envio imediato dos dados caso haja uma ocorrência sísmica sentida pela população local.

É importante salientar que não há nenhum caso no Brasil onde a presença de transmissão de dados em tempo real tenha ajudado efetivamente as empresas de energia a melhorar os trabalhos sismológicos. É comum no imaginário das pessoas imaginar que os dados são analisados automaticamente, como é feito na Universidade de São Paulo ou no Serviço Geológico Americano, porém, o SeisComP, software usado em automação sismológica, funciona bem apenas para sismos regionais (com distâncias maiores que 100 km) ou telessismos (terremotos com distâncias maiores que 1000 km), sendo inviável para as análises sísmicas locais.

No presente monitoramento sismográfico, os dados são analisados de hora em hora, as 24 horas de cada dia, todos os dias do ano, e após a identificação de um evento sísmico, o mesmo é separado para análise após todo o processo de identificação dos sismos. Trata-se de um trabalho manual, cansativo, exaustivo e que termina em uma obra de arte. Os sismos são identificados e analisados um a um.

Desta forma, do ponto de vista técnico, a transmissão de dados em tempo real não deve ser tratada como prioritária, visto a falta de necessidade de uma resposta imediata na maior parte do tempo, como ocorre no caso das estações de monitoramento regional. Além disso, como a UHE São Manoel conta com apenas uma estação sismográfica de monitoramento, sugere-se que não se utilize o sistema de transmissão de dados, o qual pode ampliar significativamente a chance de problemas técnicos causados por influência de raios, os quais poderão provocar a perda de dados importantes ao monitoramento. Ainda assim, foram realizados estudos de novas opções de transmissão de dados em tempo real sem antena, porém sem solução satisfatória até o momento (funcionamento de forma intermitente).

Assim, levando em conta o exposto acima, a VERACRUZ através do sismólogo responsável, Dr Afonso Emidio de Vasconcelos Lopes, solicita a operação dessa estação no modo convencional, sem a utilização da transmissão de dados em tempo real. No caso do IBAMA não aprovar esta medida, a VERACRUZ se compromete a instalar a transmissão de dados em prazo de 48 horas, porém, é importante destacar que os benefícios da transmissão de dados em tempo real podem ser inferiores ao se manter a estação em operação convencional.

- 3) *Solicita-se que o empreendedor encaminhe ao Ibama uma Nota Técnica explicando as razões pelas quais as alterações realizadas não interferem no funcionamento do sensor*

Em resposta a este trecho do Parecer PAR nº 003941/2015-10 (COHID/IBAMA) (página 39/87), a VERACRUZ, salienta que o abrigo da estação sismográfica da UHE São Manoel foi instalado em dois ambientes a fim de atender o PBA, conforme apresentado no 2º Relatório Semestral, um para o sismômetro e outro para o registrador. No entanto, essa instalação pode ser considerada conservadora já que conforme mencionado nos parágrafos anteriores à essa solicitação no parecer do IBAMA, a utilização de dois abrigos separados tem como uma das principais finalidades isolar o ruído produzido pelo HD (*Hard Disk*) usado em estações sismográficas antigas, o que não ocorre com as estações novas, que utilizam gravação eletrônica em *flash memory*. Além disso, como toda a operação dos sismógrafos novos é eletrônica, sem uso de disco rígido, e os mesmos não geram grande quantidade de calor. Considerando isso, atualmente há possibilidade de se instalar tanto o sismômetro como o sismógrafo em um mesmo ambiente, principalmente em estudos de atividade sísmica local.

Por outro lado, para estudos acadêmicos que utilizam ondas sísmicas com frequências muito baixas (frequências entre 0.001 Hz e 0.05 Hz, para estudo da parte mais profunda da Terra - entre 400 km e 6.000 km de profundidade), esses cuidados se mantêm importantes. Ainda assim, os sensores utilizados nos monitoramentos de atividades sísmicas locais, como no caso da UHE São Manoel, não tem capacidade de registrar frequências menores que 0.03 Hz, visto que o foco principal são altas frequências, em geral entre 2 Hz e 50 Hz. Desta forma, torna-se desnecessário o cuidado extremo com o abrigo do sensor.

Além disso, é importante salientar um item, que é o cuidado que se teve com a instalação do sensor. É importante destacar que o sensor foi posicionado sobre a rocha, e foi colocada uma cobertura de terra sobre o sensor, de forma a ajudar a isolar o sensor de variações térmicas. A instalação do sensor sobre rocha é mais importante do que em cima de uma coluna de concreto, a qual seria importante no caso em que o sensor fosse instalado em área de solos, como a estação da VERACRUZ operada na UHE Retiro Baixo.

Assim, entende-se que não há necessidade de elaboração de Nota Técnica para esta resposta uma vez que, diferente da informação enviada no 1º Relatório Semestral, a instalação da estação sismográfica seguiu todas as recomendações do PBA, conforme informado detalhadamente no 2º Relatório Semestral.

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

6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO

No **Quadro 6.1** são apresentadas as atividades previstas e executadas no Programa de Monitoramento da Sismicidade.

Quadro 6.1: Atividades previstas e executadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Sismicidade.

Atividades		Marcos																			
		Previsto/realizado	↓ Início da Ensecadeira de 1ª Fase				↓ Ensecadeira de 2ª Fase				↓ Início enchimento do reservatório / Comissionamento Unidade geradora 1				↓ Entrada operação comercial última UG						
Item	Atividade	2014				2015				2016				2017				2018			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
ETAPAS		P/R																			
		IMPLANTAÇÃO																			
		OPERAÇÃO COMERCIAL																			
P04 - Programa de Monitoramento da Sismicidade																					
1	Caracterização da sismicidade da área	P																			
		R																			
2	Aquisição e Instalação da Rede Sismográfica	P																			
		R																			
3	Monitoramento da Sismicidade*	P																			
		R																			
4	Relatório semestral	P																			
		R																			

Previsto	
Ajustado	
Realizado	

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LOPES, A.E.V.; ASSUMPÇÃO, M. & BARBOSA, J.R. (2004), Sismicidade local e Mecanismo Focal em Correntina–BA, I *Simpósio Regional da SBGf*, São Paulo, 4p. Download em: http://www.afonsovasconcelos.com/papers/LopesEtAl_2004_SBGf.pdf
- LOPES, A.E.V.; ASSUMPÇÃO, M.; DO NASCIMENTO, A.F.; FERREIRA, J.M.; MENEZES, E.A.S. & BARBOSA, J.R. (2010), Intraplate Earthquake Swarm in Belo Jardim, NE Brazil: Reactivation of a Major NeoProterozoic Shear Zone (Pernambuco Lineament), *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04485.x, 180(3), 1303-1312. Download em: http://www.afonsovasconcelos.com/papers/LopesEtAl_2010_GJI.pdf
- ASSUMPÇÃO, M. (1983), *A regional magnitude scale for Brazil*, Bulletin of the Seismological Society of America, 73(1), 237-246.