



## Usina Hidrelétrica Jirau

### 7º RELATÓRIO SEMESTRAL

Solicitação de Renovação da Licença de Operação

nº 1097 / 2012

## Programa de Monitoramento Sismológico

EMPRESA: CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO (CDT) -  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

PERÍODO DAS ATIVIDADES: 01/11/2015 A 31/03/2016

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: LUCAS VIEIRA BARROS

RESPONSÁVEL DA ESR: VERÍSSIMO ALVES DOS SANTOS NETO





## Sumário

<b>1 APRESENTAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>3 ATENDIMENTO ÀS METAS</b>	<b>8</b>
<b>4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE</b>	<b>9</b>
<b>5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO N° 1097/2012</b>	<b>11</b>
<b>6 INDICADORES</b>	<b>19</b>
<b>7 INTERFACES</b>	<b>21</b>
<b>8 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA</b>	<b>22</b>
<b>9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO</b>	<b>23</b>
<b>9.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO</b>	<b>26</b>
<b>10 EQUIPE TÉCNICA</b>	<b>27</b>
<b>11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>27</b>



## LISTA DE ANEXOS

**Anexo I** – Desempenho operacional das estações entre novembro/2015 e março/2016.



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 4-1 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS JIR1, JIR2, JIR3 E JIR4 LOCALIZADAS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU, BEM COMO AS ESTAÇÕES INSTALADAS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA UHE SAMUEL (SAMU E SAML), ALÉM DA ESTAÇÃO ACELEROGRÁFICA ACL. 10
- FIGURA 5-1 - MAPA COM A DISTRIBUIÇÃO EPICENTRAL DOS EVENTOS DETECTADOS ENTE 7 E 13 DE NOVEMBRO DE 2014 NA ÁREA DO RESERVATÓRIO DE JIRAU/RO. SÃO MOSTRADAS TAMBÉM AS LOCALIZAÇÕES DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS (TRIÂNGULOS VERMELHOS) QUE FORMAM A REDE SISMOGRÁFICA DE JIRAU. 14
- FIGURA 5-2 - REGISTRO DAS FORMAS DE ONDAS DO EVENTO DO DIA 7 DE NOVEMBRO DE 2014, ÀS 16H34M (HORA LOCAL), EM CINCO ESTAÇÕES DE TRÊS COMPONENTES (DE CIMA PARA BAIXO) JIR2, JIR1, SAMU, SMAL E ETMB. OS TRAÇOS DE TODAS AS ESTAÇÕES APARECEM NA SEGUINTE ORDEM: COMPONENTE VERTICAL (Z), NORTE-SUL (H N) E LESTE-OESTE (H E). SÃO MOSTRADOS CERCA DE 60 SEGUNDOS DE DADOS. 15
- FIGURA 5-3 - FORMAS DE ONDAS NA ESTAÇÃO JIR3, DO EVENTO PRINCIPAL OCORRIDO NO LIMITE BRASIL – PERU, EM 24 DE NOVEMBRO DE 2015, ÀS 22:50 HY. SÃO MOSTRADOS 15 MINUTOS DE DADOS. DE CIMA PARA BAIXO, COMPONENTES ESTE-OESTE, NORTE-SUL E VERTICAL DO MOVIMENTO DO CHÃO. 17
- FIGURA 5-4 - FORMAS DE ONDAS NA ESTAÇÃO JIR3, DO EVENTO OCORRIDO NO LIMITE BRASIL – PERU, EM 24 DE NOVEMBRO DE 2015, ÀS 22:44 H. SÃO MOSTRADOS CERCA DE 9 MINUTOS DE DADOS. DE CIMA PARA BAIXO, COMPONENTES ESTE-OESTE, NORTE-SUL E VERTICAL DO MOVIMENTO DO CHÃO. 18
- FIGURA 9-1 - MAPA COM A DISTRIBUIÇÃO EPICENTRAL DOS SISMOS OBSERVADOS EM ÁREAS DE 100 KM, 150 KM, 200 KM E 300 KM A PARTIR DO CENTRO DA DISTRIBUIÇÃO DOS EPICENTROS DOS SETE EVENTOS. 24



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1 - <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS GERAIS	6
QUADRO 2-2 - <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
QUADRO 3-1 - <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS METAS	8
QUADRO 5-1 – COORDENADA DAS ESTAÇÕES PERMANENTES JIR1 E JIR2.	12
QUADRO 5-2 - RELAÇÃO DOS EVENTOS DETECTADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DE JIRAU NO PERÍODO DE 7 A 13 DE NOVEMBRO DE 2014	13
QUADRO 5-3 - RELAÇÃO DOS EVENTOS DETECTADOS ENTRE MARÇO DE 2015 E JANEIRO DE 2016 NA DIVISA ENTRE O BRASIL E PERU.	15
QUADRO 6-1 - <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS INDICATIVOS DE DESEMPENHO	19
QUADRO 7-1 - <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS PROPOSTAS DE INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS	21
QUADRO 8-1 - CRONOGRAM	22
QUADRO 9-1 - PROPOSTA DE CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO	26
QUADRO 10-1 - EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA	27

## 1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório de acompanhamento **SEMESTRAL**, que subsidia a solicitação da renovação da LO nº 1097/2012, tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas no período de 01/11/2015 a 31/03/2016 e os resultados consolidados no período da LO nº 1097/2012, no âmbito do **PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO** da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE Jirau), realizado entre a Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR) e o **CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO (CDT) DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)**.

## 2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

No **Quadro 2-1** e **Quadro 2-2** são apresentadas as informações referentes aos objetivos estabelecidos no programa.

**Quadro 2-1** - Status de atendimento aos objetivos gerais

OBJETIVO GERAL	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Execução do programa de monitoramento sismológico da UHE Jirau.	Atendido	O objetivo vem sendo atendido por meio da operação de uma rede sismográfica local composta por três estações permanentes, duas sismográficas (JIR1 e JIR2) e uma acelerográfica (ACL). Foram instaladas também duas estações sismográficas temporárias (JIR3 e JIR4).
Fornecimento de subsídios ao Programa de Comunicação Social para realização de campanha de esclarecimento à população.	Atendido	Informações relevantes sobre sismos significativos na área de influência do reservatório são repassadas aos gestores do programa.

h



**Quadro 2-2** - Status de atendimento aos objetivos específicos

OBJETIVO ESPECÍFICO	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Transmissão dos dados em tempo real com vistas ao acompanhamento da sismicidade de forma eficiente.	Em atendimento	<p>Está implementado nas estações JIR1 e JIR2 o sistema de transmissão em tempo real para os servidores de dados localizados em Brasília no CDT/UNB. Nas estações JIR3, JIR4 e ACL a coleta dos dados é feita localmente de forma periódica.</p> <p>Vale ressaltar que, na eventualidade de falha no sistema de transmissão, os dados são armazenados continuamente nos discos de memória do registrador de cada estação. Os dados armazenados são coletados manualmente e posteriormente disponibilizados para a UNB.</p>
Avaliação dos dados sismológicos obtidos.	Atendido	Os dados sismológicos gerados pelas estações JIR1, JIR2, JIR3, JIR4 e ACL são analisados continuamente pelo CDT/UnB.
Atualização dos eventos sísmicos registrados na região em um raio de 350 km do eixo da barragem.	Atendido	A partir do início do monitoramento com as estações JIR1, JIR2, JIR3 e JIR4, todos os registros sísmicos ocorridos neste raio de abrangência passaram a ser atualizados.

h



## 3 ATENDIMENTO ÀS METAS

O **Quadro 3-1** apresenta o *status* de atendimento para as metas do programa.

**Quadro 3-1** - Status de atendimento às metas

METAS	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Determinar as condições específicas de monitoramento que devem ser adotadas.	Atendido	O empreendimento conta com 04 (quatro) estações de banda larga para o monitoramento, das quais duas permanentes (JIR1 e JIR2) com transmissão em tempo real e duas provisórias (JIR3 e JIR4) com coleta de dados a cada 30 dias. As estações permanentes funcionaram em grande parte do período do referido relatório. O monitoramento sísmico da área se iniciou dois anos antes do enchimento do lago.
Determinar epicentros e magnitudes de sismos que possam, de alguma forma, afetar a estrutura da barragem e/ou populações de áreas circunvizinhas ao empreendimento.	Atendido	No mês de novembro de 2014 foram registrados 7 eventos sísmicos próximos ao eixo da barragem, com magnitude variando de 0.8 a 2.8 na escala Richter sentidos por trabalhadores da UHE Jirau. Um relatório especial foi elaborado discutindo sobre estas ocorrências.
Avaliar as intensidades, por meio da aplicação de questionários sísmicos, causados por terremotos naturais ou induzidos na Área de Influência Indireta do empreendimento.	Atendido	Relatos sobre a sismicidade foram coletados durante a visita técnica realizada entre 17 a 22 de novembro de 2014 e atribuída a intensidade entre IV e V na escala Mercalli Modificada (MM) para os dois sismos de maior magnitude (2.8 mR).

W





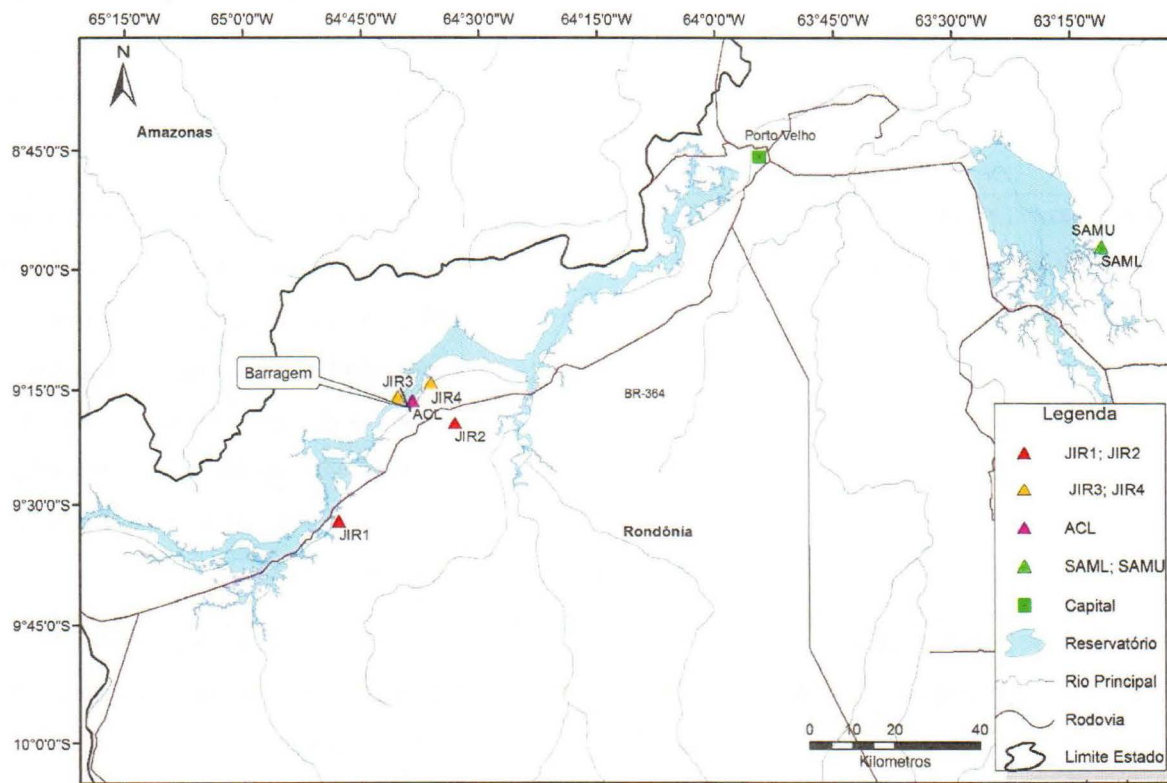
Correlacionar, quando possível, sismos e feições geológicas e estruturais da área.	Em atendimento	As informações coletadas até o momento não nos permitem estabelecer uma relação causal entre os eventos locais observados na área do reservatório com nenhuma estrutura geológica presente na área.
Monitorar as atividades sísmicas eventualmente induzidas pela formação do futuro reservatório.	Em atendimento	O reservatório da UHE Jirau está sendo monitorado pelas estações sismográficas JIR1 e JIR2. Após a ocorrência de sismicidade, duas novas estações de banda larga foram instaladas, JIR3 e JIR4. Ocasionalmente dados de outras estações são utilizados para complementar as análises.
Orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação da usina.	Atendido	A ocorrência de sismicidade no local demonstra a necessidade de se manter o monitoramento sismológico e acelerográfico do reservatório.
Desenvolver campanha de esclarecimento sobre sismicidade natural e induzida, dirigida à população da área de influência do aproveitamento.	Atendido	Em dezembro de 2015 foi elaborada uma edição do informativo Observação, no âmbito do Programa de Educação Ambiental, no qual um dos assuntos apresentados foi a movimentação das placas tectônicas e abalos sísmicos.

#### 4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE

Foram realizadas as análises dos dados do período de novembro de 2015 a março de 2016 produzidos pelas estações JIR1 e JIR2, complementados com os dados das estações JIR3 e SAML. Durante o período de novembro de 2015 a janeiro 2016, as estações JIR1, JIR2 e JIR3 funcionaram



plenamente sem que houvesse qualquer interrupção de funcionamento. A **Figura 4-1** apresenta o posicionamento das estações citadas.



**Figura 4-1** - Mapa com a localização das estações sismográficas JIR1, JIR2, JIR3 e JIR4 localizadas no entorno do reservatório da UHE Jirau, bem como as estações instaladas no entorno do reservatório da UHE Samuel (SAMU e SAML), além da estação acelerográfica ACL.

Durante o semestre as estações operaram plenamente, embora tenha havido problema na transmissão dos dados em tempo real para Brasília. Entretanto, vale ressaltar que os dados são continuamente armazenados no digitalizador e disponibilizados em nuvem (*dropbox*), uma vez que os modelos de digitalizador utilizado nas estações não possuem a opção de *backfilling*. Todas as informações sobre o desempenho operacional das estações encontram-se no **Anexo I** (Tabelas A1 a A18).

Problemas de funcionamento na estação acelerográfica (ACL) foram observados e estão relacionados à falta ocasional de alimentação do equipamento. A transmissão dos dados das estações JIR1 e JIR2

para Brasília também apresentou interrupções devido ao suprimento insuficiente do sistema de alimentação solar.

O problema de ruído excessivo apresentado pela componente EW (Leste - Oeste) na estação JIR2 foi solucionado com a calibração da estação, realizada durante a visita técnica, ocorrida em outubro de 2015. Já a estação ACL continuou com funcionamento insatisfatório, causado por intervenções indevidas no equipamento de gravação. Este problema vai ser solucionado na próxima visita técnica, a ser realizada em breve, quando será instalado um novo computador.

Durante o semestre, foram registrados 128 eventos sísmicos; 56 eventos regionais e 72 telessismos. As Tabelas A1 a A18 (**Anexo I**) indicam o desempenho operacional diário das estações JIR1, JIR2 e ACL.

## 5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012

A UHE Jirau é monitorada por um arranjo de duas estações locais de banda larga permanentes e duas estações temporárias também de banda larga, situadas no entorno do lago da UHE Jirau, além de uma estação acelerográfica localizada no eixo da barragem. As estações permanentes, JIR1 e JIR2, foram instaladas respectivamente em 2011 e 2012, antes do enchimento do reservatório. Já as estações temporárias foram instaladas em 2015, logo após os registros de sismicidade induzida pelo reservatório.



Foto 5-1 – Estação Sismográfica JIR1.



Foto 5-2 - Estação Sismográfica JIR2.

Quadro 5-1 – Coordenada das estações permanentes JIR1 e JIR2.

Estação	Latitude	Longitude
JIR1	09:31.9734S	64:47.7565W
JIR2	09:19.2359S	64:33.0524W

No período de vigência da Licença de Operação N° 1097/2012, foram registrados **582** eventos sísmicos pelas estações instaladas nos arredores do empreendimento, destes, **243** foram classificados como regionais, **329** telessismos, **13** locais artificiais e **07** (sete) naturais locais.

Os eventos naturais ocorreram nos dias 7 e 13 de novembro de 2014 e tiveram magnitude variando entre 0.8 a 2.8 na escala Richter. Os sismos de magnitude 2.8 foram sentidos com intensidade entre IV-V na escala Mercalli Modificada. Mais informações sobre estes sismos são mostradas no **Quadro 5-2**, na **Figura 5-1** e na **Figura 5-2** a seguir.

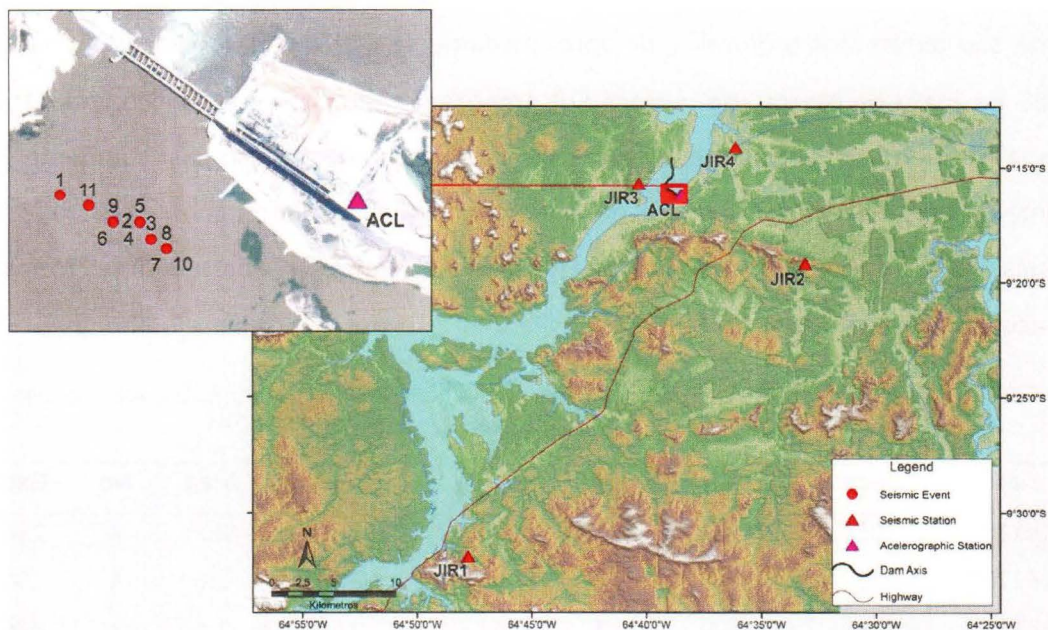
Há de se destacar também a sequência sísmica observada particularmente em novembro e dezembro de 2015, no limite do Brasil com o Peru, próximo às cidades de Feijó e Brasiléia, Estado do Acre. Duas magnitudes 7.6 foram observadas, as quais foram os dois maiores terremotos já registrados no Brasil.



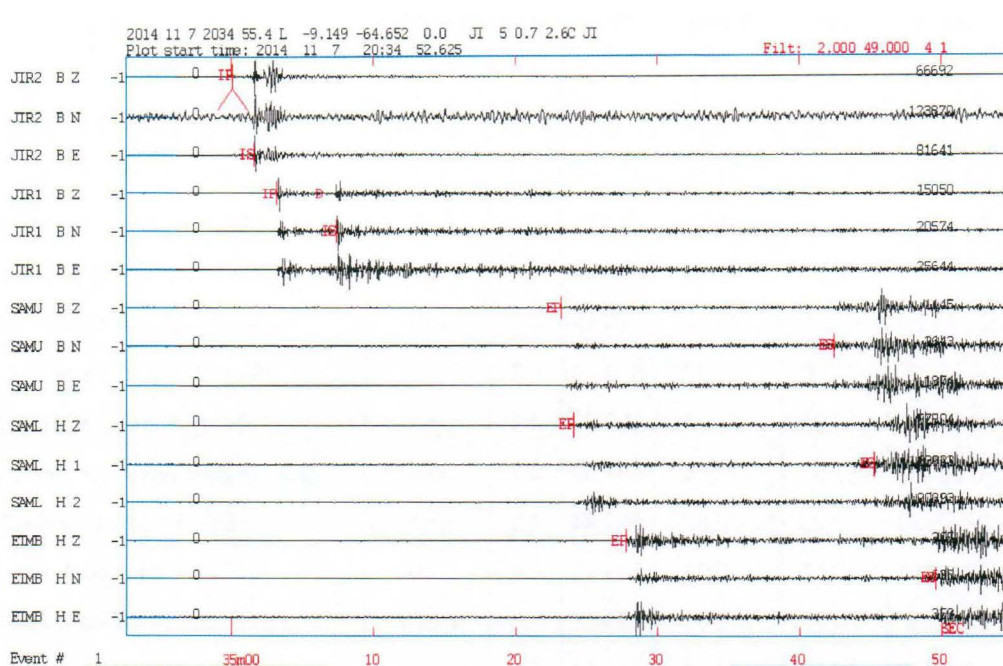
Felizmente, são terremotos profundos, de aproximadamente 600 km. Esses sismos são resultantes da subducção da placa de Nazca sob a placa Sul Americana, que por serem profundos causam baixa intensidade na superfície. Entretanto, apesar de estarem localizados a aproximadamente 700 km do barramento da UHE Jirau, foram sentidos na barragem, conforme relatos, com intensidade máxima de IV na Escala Mercalli Modificada. As **Figuras Figura 5-3 e Figura 5-4** apresentam as formas de onda dos eventos ocorridos na divisa do Brasil com o Peru

**Quadro 5-2** - Relação dos eventos detectados na área de influência do reservatório de Jirau no período de 7 a 13 de novembro de 2014

ID	Date	Time	Origin	Lat	Long	Depth	Mag	No	Gap	Rms
1	141107	2034	57.46	-9.27	-64.64	1.0*	2.8	4	284	0.04
2	141107	2112	55.54	-9.26	-64.65	1.0*	2.0	4	284	0.05
3	141113	1439	20.54	-9.27	-64.64	1.0*	1.8	4	284	0.04
4	141113	1439	39.95	-9.27	-64.65	1.0*	0.8	4	285	0.04
5	141113	1439	57.33	-9.27	-64.65	1.0*	2.8	4	283	0.05
6	141113	1922	19.69	-9.27	-64.65	1.0*	2.1	4	284	0.04
7	141113	2028	9.67	-9.27	-64.65	1.0*	1.3	4	283	0.04



**Figura 5-1** - Mapa com a distribuição epicentral dos eventos detectados ente 7 e 13 de novembro de 2014 na área do reservatório de Jirau/RO. São mostradas também as localizações das estações sismográficas (triângulos vermelhos) que formam a rede sismográfica de Jirau.



**Figura 5-2** - Registro das formas de ondas do evento do dia 7 de novembro de 2014, às 16h34m (hora local), em cinco estações de três componentes (de cima para baixo) JIR2, JIR1, SAMU, SMAL e ETMB. Os traços de todas as estações aparecem na seguinte ordem: componente vertical (Z), norte-sul (H N) e leste-oeste (H E). São mostrados cerca de 60 segundos de dados.

O **Quadro 5-3** sintetiza os parâmetros de fontes dos eventos dessa sequência e as **Figuras 5-1 e 5-2** mostra as formas de ondas dos dois eventos principais de 24 de novembro de 2015.

**Quadro 5-3** - Relação dos eventos detectados entre março de 2015 e janeiro de 2016 na divisa entre o Brasil e Peru.

Data	Hora	Lat	Long	Prof	Mag	TipoMag	Local
3/1/16	11:08:34	-10.78	-70.78	633.39	4.3	mb	145km WNW of Iberia, Peru
19/12/15	4:25:25	-11.08	-71.01	601.42	4.0	mb	159km W of Iberia, Peru
6/12/15	13:49:42	-9.83	-71.18	638.37	4.2	mb	190km SSW of Tarauaca, Brazil
3/12/15	23:29:48	-10.26	-71.41	622.67	4.0	mb	209km SE of Marechal Thaumaturgo, Brazil
29/11/15	10:41:32	-10.17	-71.18	625.64	4.2	mb	217km NW of Iberia, Peru
27/11/15	0:52:54	-9.29	-71.09	616.98	5.1	mb	130km SSW of Tarauaca, Brazil
26/11/15	20:50:46	-10.56	-71.18	601.8	4.2	mb	195km WNW of Iberia, Peru
26/11/15	13:42:24	-9.75	-71.24	605.58	4.9	mb	184km SSW of Tarauaca, Brazil
26/11/15	6:01:22	-9.19	-71.29	602.14	4.6	mb	128km SSW of Tarauaca, Brazil





Data	Hora	Lat	Long	Prof	Mag	TipoMag	Local
26/11/15	5:56:05	-9.06	-71.32	602.6	4.9	mb	117km SSW of Tarauaca, Brazil
26/11/15	5:45:18	-9.18	-71.25	602.75	6.7	mww	125km SSW of Tarauaca, Brazil
25/11/15	23:49:34	-10.51	-71.13	591.92	4.2	mb	193km WNW of Iberia, Peru
25/11/15	18:47:56	-10.4	-70.54	655	4.3	mb	148km NW of Iberia, Peru
25/11/15	16:19:24	-9.84	-71.28	630.47	4.3	mb	193km ESE of Marechal Thaumaturgo, Brazil
25/11/15	11:45:25	-9.29	-71.44	514.99	4.3	mb	146km SSW of Tarauaca, Brazil
25/11/15	9:26:22	-8.53	-71.37	629.34	4.7	mb	78km WSW of Tarauaca, Brazil
25/11/15	4:30:29	-10.08	-71.14	589.77	4.3	mb	216km S of Tarauaca, Brazil
25/11/15	0:28:16	-11.03	-70.84	597.09	4.7	mb	142km WNW of Iberia, Peru
24/11/15	23:55:20	-10.28	-70.87	618.84	4.1	mb	183km NW of Iberia, Peru
24/11/15	23:44:14	-10.55	-70.99	595.15	4.6	mb	177km WNW of Iberia, Peru
24/11/15	22:50:54	-10.05	-71.01	620.56	7.6	mww	211km S of Tarauaca, Brazil
24/11/15	22:45:38	-10.53	-70.94	606.21	7.6	mww	173km WNW of Iberia, Peru
24/11/15	18:10:05	-10.66	-71.14	595.58	4.3	mb	186km WNW of Iberia, Peru
28/10/15	17:10:55	-9.64	-71.29	603.66	4.5	mb	173km SSW of Tarauaca, Brazil
11/5/15	8:21:44	-9.15	-71.23	617.28	4	mb	120km SSW of Tarauaca, Brazil
28/3/15	21:48:14	-9.11	-71.28	610.23	4.4	mb	120km SSW of Tarauaca, Brazil

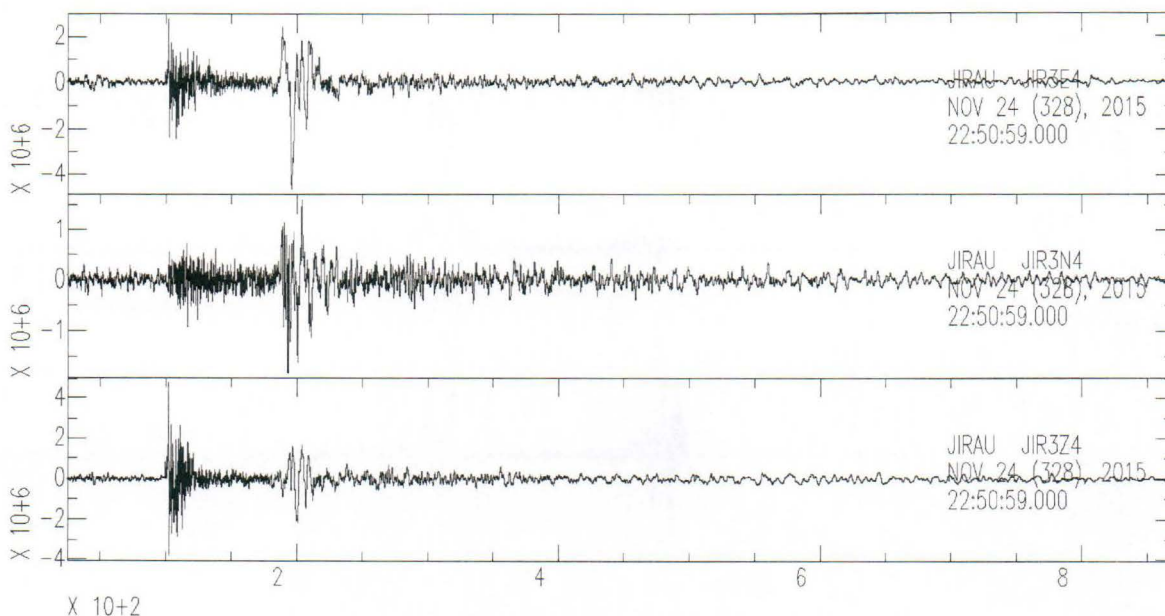
*Handwritten signature or mark in blue ink.*



NOV 24 (328), 2015

22:52:35.183

7.34348e+05



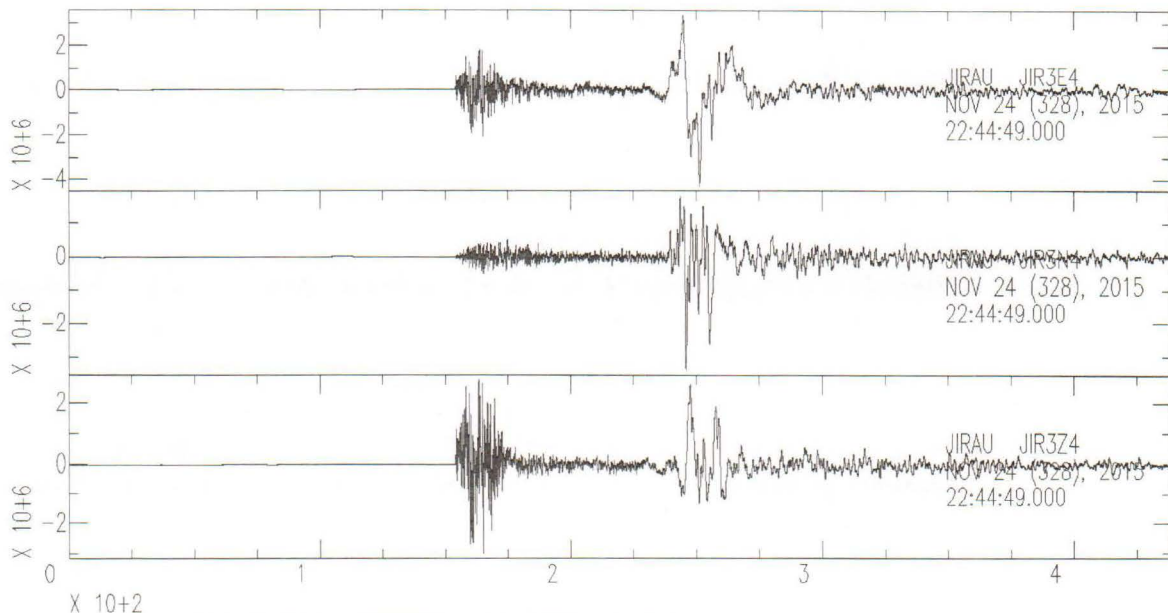
**Figura 5-3** - Formas de ondas na estação JIR3, do evento principal ocorrido no limite Brasil – Peru, em 24 de novembro de 2015, às 22:50 hy. São mostrados 15 minutos de dados. De cima para baixo, componentes este-oeste, norte-sul e vertical do movimento do chão.

*h*

NOV 24 (328), 2015

22:47:23.169

1.75020e+05



**Figura 5-4** - Formas de ondas na estação JIR3, do evento ocorrido no limite Brasil – Peru, em 24 de novembro de 2015, às 22:44 h. São mostrados cerca de 9 minutos de dados. De cima para baixo, componentes este-oeste, norte-sul e vertical do movimento do chão.

Após a ocorrência de sismicidade local foram efetuadas 31 medidas de vibração em diversos pontos do eixo da barragem utilizando um sismógrafo de engenharia. Essas medições permitiram concluir que durante o levantamento não foram observadas vibrações significativas na região do eixo da barragem e que os tremores sentidos na barragem não estavam relacionadas ao movimento de máquinas ou equipamentos.

Os eventos não foram relacionados com as detonações no Canteiro de Obras e nem tampouco com queda de grandes equipamentos. Eles também não foram causados por vibrações durante testes das turbinas. Importante ressaltar que esses eventos não são naturais, considerando que foi a primeira vez que ocorreram sismos neste local e foram desencadeados pelo reservatório, o único fato novo na área com potencial para desencadear sismicidade.

✓

Como forma de melhor estudar a sismicidade local, duas novas estações temporárias foram instaladas próximas a zona epicentral (JIR3 e JIR4) e um novo sismômetro foi instalado na estação JIR2. A readequação das instalações elétricas das estações permanentes (JIR1 e JIR2) foi executada a fim de estabelecer a transmissão em tempo real para os servidores da UnB em Brasília.

Além da análise rotineira dos dados a fim de subsidiar a elaboração de relatórios de monitoramento (semestrais e de atividades), os dados produzidos pelas estações sismográficas de Jirau subsidiaram a elaboração de relatórios técnicos a cerca da sismicidade no reservatório e na zona de subducção andina.

## 6 INDICADORES

O **Quadro 6-1** apresenta o *status* de atendimento aos indicadores de desempenho do programa.

**Quadro 6-1** - *Status* de atendimento aos indicadores de desempenho

INDICADORES	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Ocorrência de sismos naturais e induzidos (dados relatados e registrados - históricos e atuais) em uma região circunscrita por um raio de 350 km a partir da barragem.	Atendido	Esta informação foi atualizada e apresentada na <b>Figura 5-1</b> .
Eventos sísmicos registrados por estações sismográficas instaladas para controle de sismos locais e regionais.	Em atendimento	As estações JIR1, JIR2 e JIR3, instaladas e operando na área de influência do reservatório da UHE Jirau, dada a sua proximidade e sensibilidade, quando em pleno funcionamento, podem detectar qualquer evento de interesse, desde microtremores (magnitudes menores que zero na escala Richter) até grandes terremotos (magnitude 7 ou superior), pois os instrumentos são de banda larga com alta faixa dinâmica.

2



Dados estruturais locais e regionais (alinhamentos aero magnéticos; presença de falhas; altitude das rochas) que indiquem uma possível relação sismo-estrutural na área de estudo.	Não aplicável até o momento	Não foi possível até o momento estabelecer correlações entre a distribuição da sismicidade observada em novembro de 2014 e as estruturas geológicas presente na área.
Relatos de pessoas sobre os efeitos dos tremores de terra sentidos na região.	Atendido	Relatos sobre a sismicidade ocorrida em novembro de 2014 foram coletados e atribuída a intensidade entre IV e V na escala Mercalli Modificada (MM) para o sismo de maior magnitude observada no local.

h



## 7 INTERFACES

O **Quadro 7-1** apresenta, de forma sucinta, as interfaces elencadas no PBA da UHE Jirau e o *status* quanto ao seu atendimento.

**Quadro 7-1** - *Status* de atendimento às propostas de interface com outros programas

PROGRAMAS DE INTERFACE	PROPOSTA	STATUS DE ATENDIMENTO
Intercâmbio de dados com instituições sismológicas do país.	Troca de informações com objetivo de melhorar a determinação de parâmetros sísmicos no território nacional.	Os dados analisados pela Universidade de Brasília são divulgados na forma de boletins sísmico em parceria com outras instituições nacionais como por exemplo o IAG-USP .
Programa de Comunicação Social	Comunicar a comunidade sobre os resultados do monitoramento.	Informações relevantes sobre a sismicidade na área de influência do reservatório são repassadas aos gestores do programa. Em dezembro de 2015 foi elaborada uma edição do informativo Observação, no âmbito do Programa de Educação Ambiental, no qual um dos assuntos apresentados foi a movimentação das placas tectônicas e abalos sísmicos.

# Usina Hidrelétrica Jirau

## 8 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O cronograma do Programa de Monitoramento Sismológico, juntamente com o *status* de atendimento do mesmo encontra-se apresentado no **Quadro 8-1**.

**Quadro 8-1** - Cronograma de atividades do Programa de Monitoramento Sismológico

Item	Atividade	P/R	2012				2013				2014				2015				2016			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO																						
1	Monitoramento Sismológico	P																				
		R																				
2	Análise dos dados produzidos por JIR1, JIR2 e ACL	P																				
		R																				
3	Adensamento da rede de monitoramento em caso de ocorrência de sismicidade	P																				
		R																				
4	Manutenção das estações	P																				
		R																				
5	Análise dos dados produzidos por JIR3 e JIR4	P																				
		R																				
6	Relatórios semestrais	P																				
		R																				
7	Determinação de intensidade em sismos na área de influência do reservatório	P																				
		R																				

Previsto

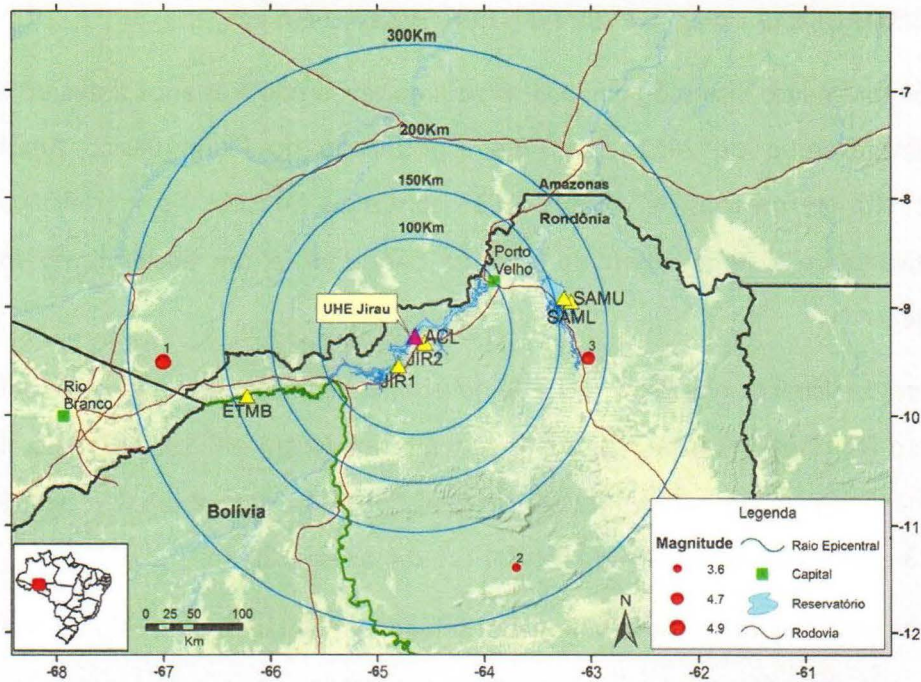
Realizado

## 9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

O Programa de Monitoramento Sismológico da UHE de Jirau teve início três anos antes do enchimento do reservatório, em fevereiro de 2011, conforme especificado no Plano Básico Ambiental. Este monitoramento foi feito até meados de julho de 2015 com duas estações sismográficas, JIR1 e JIR2, localizadas respectivamente a 34 e 13km do eixo da barragem, e um acelerógrafo instalado na estrutura da barragem.

A ocorrência de eventos sísmicos nos dias 7 e 13 de novembro de 2014, com epicentro muito próximo ao eixo da barragem (conforme **Figura 5-1**), magnitudes variando entre 0.8 e 2.8 na escala Richter e com intensidade máxima IV-V na escala Mercalli Modificada (MM), motivaram a instalação de duas novas estações (JIR3 e JIR4) com o objetivo de melhor estudar a sismicidade.

Uma análise da sismicidade histórica e instrumental observada até então em um raio de 300km do eixo da barragem indica que estes foram os primeiros sismos registrados na área do reservatório. O evento mais próximo até então registrado foi localizado a 180km e ocorreu em 25/11/2012, no município de Ariquemes (RO) e teve magnitude de 4.7 na escala Richter (**Figura 9-1**).



**Figura 9-1** - Mapa com a distribuição epicentral dos sismos observados em áreas de 100 km, 150 km, 200 km e 300 km a partir do centro da distribuição dos epicentros dos sete eventos.

A máxima vibração causada pelo evento foi da ordem da intensidade V na escala Mercalli Modificada (MM), o que equivale a uma aceleração da ordem de 0.03g, aproximadamente, ou 0.3 m/s<sup>2</sup>. Portanto, cinco vezes menor do que a máxima aceleração produzida pelo sismo de projeto, que equivale a uma intensidade VII ou um pouco maior na escala Mercalli Modificada (Themag Engenharia, 2009).

O enchimento do reservatório em fevereiro de 2014, a grande cheia do rio Madeira entre os meses de janeiro e abril de 2014, somada a elevação do nível do reservatório da UHE Santo Antônio podem ter exercido influência fundamental no desencadeamento da sismicidade observada em novembro de 2014.

As estações temporárias instaladas próximas ao eixo da barragem tiveram como objetivo melhorar a localização de microtremores na área previamente identificada, considerando que estão muito próximas da área sísmica.

L





Recomenda-se, portanto, a manutenção do monitoramento do reservatório, inclusive mantendo a atual estação temporária (JIR3) que vem apresentando excelente relação sinal ruído em comparação as demais, tornando-a permanente e implementando melhorias no sistema de transmissão de dados em tempo real para análise dos dados de forma instantânea e remota.

Também é recomendado solucionar as intermitências de transmissão ocasionadas pela falta de alimentação na estação JIR1 através do incremento do número de painéis solares ou a substituição do provedor de internet, visto que modem atual apresenta elevado consumo de energia.



U

# Usina Hidrelétrica Jirau

## 9.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

A proposta de cronograma do Programa de Monitoramento Sismológico para a fase de pós-renovação da LO encontra-se apresentado no **Quadro 9-1**.

**Quadro 9-1** - Proposta de cronograma de atividades do Programa de Monitoramento Sismológico

Item	Atividade	P/R	2016				2017				2018				2019				2020			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO																						
1	Monitoramento Sismológico	P																				
		R																				
2	Análise dos dados produzidos por JIR1, JIR2, JIR3 e ACL	P																				
		R																				
3	Manutenção das estações	P																				
		R																				
4	Adensamento da rede de monitoramento em caso de incremento na sismicidade	P																				
		R																				
5	Determinação de intensidade e magnitude em sismos na área de influência do reservatório	P																				
		R																				
6	Relatórios semestrais	P																				
		R																				
7	Implementar melhorias no sistema de transmissão dos dados via internet	P																				
		R																				

Previsto  
Realizado

## 10 EQUIPE TÉCNICA

O **Quadro 10-1** apresenta a equipe técnica responsável pela execução do programa.

**Quadro 10-1** - Equipe técnica responsável pela execução do programa

NOME	CARGO	CTF/ÓRGÃO DE CLASSE	ASSINATURA
Lucas Vieira Barros	Coordenador do Projeto	CREA DF-3056/D	
Vinicius Martins Ferreira	Geólogo	CREA DF-17229/D	

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assumpção, M., 2014. Monitoramento Sismológico do Reservatório Hidrelétrico de Água Vermelha, SP/MG:Avaliação da Potencialidade de Ocorrência de Sismos Induzidos - Relatório Técnico. Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo.

Assumpção, M., Marza, V. I., Barros, L. V., Chimpliganond, C.N., Soares, J.E., Carvalho, J. M., Caixeta, D.F., Amorim, A. & Cabral, E. 2002. Reservoir induced seismicity in Brazil, Pure Appl. Geophys., 159, 597-617.

Barros, L.V., Carvalho, J.M., Von Huelsen, M.G., Ferreira, V.M., Caixeta, D.F e Fontenele, D.P., 2015. Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: characteristics and possible new cases, International Union of Geophysics and Geodesy, Prague, Check-Republic.

Barros, L. V. ; Fontenele, D. P., 2012. Sismicidade Induzida por Reservatório (SIR) e o Programa de Monitoramento Sismológico do Reservatório de Estreito. Estreito: O Novo Cenário da Água. 1ed.Rio de Janeiro: E-PAPERS, v. , p. 33-58.

Barros, L. V. e Caixeta, D. F., 2003. - Induced Seismicity at Miranda Reservoir - A fine example of immediate seismic response. 8th Int. Cong. of the Brazilian Geophys. Soc., Rio de Janeiro/RJ, 5p.

Berrocal, J., Assumpção, M., Antezana, R., Dias Neto, C. M., Ortega, R., França & Veloso, J.A.V., 1984. Sismicidade do Brasil, Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (USP) e Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Lienert, B. R. 1994. Hypocenter 3.2: A computer Program for Locating Earthquakes Locally, regionally and globally. Hawaii Institute of Geop. & Planetology, Corea,.



- Barros, L. V. ; Fontenele, D. P., 2012. Sismicidade Induzida por Reservatório (SIR) e o Programa de Monitoramento Sismológico do Reservatório de Estreito. Estreito: O Novo Cenário da Água. 1ed.Rio de Janeiro: E-PAPERS, v. , p. 33-58.
- Barros, L. V. e Caixeta, D. F., 2003. - Induced Seismicity at Miranda Reservoir - A fine example of immediate seismic response. 8th Int. Cong. of the Brazilian Geophys. Soc., Rio de Janeiro/RJ, 5p.
- Berrocal, J., Assumpção, M., Antezana, R., Dias Neto, C. M., Ortega, R., França & Veloso, J.A.V., 1984. Sismicidade do Brasil, Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (USP) e Comissão Nacional de Energia Nuclear.
- Lienert, B. R. 1994. Hypocenter 3.2: A computer Program for Locating Earthquakes Locally, regionally and globally. Hawaii Institute of Geop. & Planetology, Corea,.
- Marza, V. Veloso, J.A.V., Carvalho, J. M.; Barros, L.V., & Gomide, L. C., 1997. Reservoir Induced Seismicity at Nova Ponte (MG): Revisited. 5th Intern. Cong. SBGf, 968-971.
- Talwani, P. Two Categories of Reservoir induced Seismicity. Beijing/ China, November1-5, 1995.
- Themag Engenharia, Aproveitamento Hidrelétrico Jirau – Projeto Executivo Avaliação da sismicidade na área do reservatório de Jirau, 2009.
- Veloso, J. A. V., 1992. Terremotos induzidos pelo homem. Ciência Hoje, 14: 66-72.

**Brasília, 15 de abril de 2016**

**Lucas Vieira Barros**

**CDT – UnB**