

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO
SISMOLÓGICO
USINA HIDRELÉTRICA JIRAU**

**1º Relatório Semestral
LO nº 1097/2012**

1º Relatório Semestral:

Referente ao Período de 01/03/2012 a 30/04/2013

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA.....	2
3	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA.....	3
4	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	5
4.1	Fase Pré-Enchimento (Período de 01 de Março a 18 de Outubro de 2012)	5
4.2	Fase Enchimento (Período de 19 de Outubro de 2012 a 30 de Abril de 2013) ...	5
5	INDICADORES.....	13
6	INTERFACES.....	Erro! Indicador não definido.
7	ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	Erro! Indicador não definido.
8	CONCLUSÃO	Erro! Indicador não definido.
9	EQUIPE TÉCNICA	Erro! Indicador não definido.
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Erro! Indicador não definido.
11	ANEXOS.....	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do presente Relatório Semestral é descrever, de forma sucinta, as atividades realizadas, as metodologias empregadas e os resultados obtidos no que se refere ao monitoramento sismográfico e à manutenção das Estações Sismográficas da UHE Jirau (JIR1 e JIR2), no período de: (i) 01 de março de 2012 a 18 de outubro de 2012¹ e (ii) 19 de outubro de 2012 a 30 abril de 2013, no âmbito do Programa de Monitoramento Sismológico, em atendimento à condicionante 2.1 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012.

Conforme apresentado nos relatórios semestrais anteriores, a JIR1 começou a operar em fevereiro de 2011, mais de 01 (um) ano antes do início do enchimento do reservatório da UHE Jirau. A JIR2 foi instalada no dia 15 de janeiro de 2013, em atendimento à condicionante 2.12 da LO nº 1097/2012, conforme evidenciado no Relatório Técnico protocolado em 21 de janeiro de 2013, através da correspondência AJ/TS 056-2013. Os sismógrafos instalados em JIR1 e JIR2 são da marca Ref Tek [1] e encontram-se operando em perfeitas condições.

2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA

As **Tabelas 01 e 02** a seguir retratam os objetivos gerais e específicos propostos pelo Programa de Monitoramento Sismológico da UHE Jirau e o status quanto ao seu atendimento.

Tabela 01 - Atendimento aos Objetivos Gerais do Programa

Objetivo Geral	Status	Justificativa
Caracterizar e acompanhar através do monitoramento sismográfico em nível local e regional, a evolução das atividades sísmicas naturais e induzidas antes, durante e após o enchimento do reservatório da UHE Jirau.	Em atendimento	O acompanhamento das atividades sísmicas naturais e eventualmente induzidas pela formação do reservatório da UHE Jirau está sendo realizado através dos dados das estações JIR1 e JIR2. Vale ressaltar que até o momento não foi detectado nenhum evento relacionado ao reservatório do empreendimento.

¹ O Relatório Final de Implantação dos Programas Socioambientais, que subsidiou a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, contemplou as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos até o mês de março de 2012.

Tabela 02 - Atendimento aos Objetivos Específicos do Programa

Objetivos Específicos	Status	Justificativa
Atualização dos eventos sísmicos registrados na região em um raio de 350 km dos eixos das barragens;	Em atendimento	Com as estações JIR1 e JIR2, todos os registros sísmicos ocorridos neste raio de abrangência passaram a ser atualizados.
Transmissão dos dados e geração dos sismogramas registrados pelos sismógrafos para detectar possíveis atividades sísmicas induzidas durante e após o enchimento do reservatório;	Em atendimento	A transmissão dos dados gerados na estação JIR1 é realizada pela empresa Primeret Informática Ltda. O sistema de transmissão dos dados da estação JIR2 encontra-se em instalação, efetuado pela Primeret. Os dados adquiridos por estas estações são armazenados continuamente nos discos de memória do registrador DAS-130, de modo que na hipótese de falha no sistema de transmissão de dados, esses podem ser recuperados.
Avaliação dos dados sismológicos obtidos;	Em atendimento	Nos relatórios semestrais anteriores (fase da LI nº 621/2012) os dados foram analisados pela CDT/UnB. No presente relatório, elaborado pela empresa Berrocal & Associados Ltda (B&A), são sumarizados os resultados da análise e da interpretação dos dados sísmicos gerados no período de março de 2012 a abril de 2013, assim como comparados os dados das fases pré-enchimento e enchimento do reservatório da UHE Jirau.
Fornecimento de subsídios ao Programa de Comunicação Social para realização de campanha de esclarecimentos à população.	Em atendimento	Conforme as etapas do Programa de Monitoramento Sismológico são realizadas coletas de diversas informações, que foram repassadas ao Programa de Comunicação Social, sendo divulgadas através de palestras e meios de comunicações da região.

3 ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA

A **Tabela 03** abaixo retrata a metas propostas pelo Programa de Monitoramento Sismológico da UHE Jirau e o status quanto ao seu atendimento.

Tabela 03 - Atendimento às Metas do Programa

Metas	Status	Justificativa
Definir as condições específicas de monitoramento que devem ser adotadas;	Atendida	As 03 (três) estações usadas no monitoramento da área do reservatório d UHE Jirau estão em pleno funcionamento. O monitoramento sísmico se iniciou mais de 01 (um) ano antes do enchimento do reservatório, atendendo ao disposto no PBA. Pode-se afirmar que o monitoramento sismológico nas fases pré-enchimento e enchimento do reservatório vem sendo atendido a contento. Além disso, conforme evidenciado neste relatório, encontra-se em instalação a estação acelerógrafa na estrutura da barragem da UHE Jirau, com o objetivo de medir as acelerações tri-axiais produzidas por sismos que excitam a barragem com intensidades suficientes para superar o ruído natural do local.
Determinar epicentros e magnitudes de sismos que possam, de alguma forma, afetar a estrutura das barragens e/ou as populações de áreas circunvizinhas ao empreendimento;	Em atendimento	Esses parâmetros vem sendo determinados para eventos de interesse registrados desde o início do monitoramento sismológico.
Avaliar as intensidades, por meio da aplicação de questionários sísmicos, causadas por terremotos naturais ou induzidos na Área de influência Indireta do empreendimento;	Em atendimento	Nenhum sismo natural ocorrido na AID foi percebido pela população. Este questionário sísmico, que subsidia as observações instrumentais, somente é aplicado quando da ocorrência de sismos sentidos pela população local.
Correlacionar, quando possível, sismos e feições geológicas e estruturais da área;	Em atendimento.	Não foram detectados sismo naturais na área. Portanto, não houve a necessidade de correlacionar sismicidade com feições geológicas.
Monitorar as atividades sísmicas eventualmente induzidas pela formação do futuro reservatório;	Não aplicável no momento.	Meta a ser atingida após a finalização do enchimento do reservatório da UHE Jirau (Etapas 1, 2 e 3).
Orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação da usina;	Não aplicável no momento.	Meta a ser atingida após a finalização do enchimento do reservatório da UHE Jirau (Etapas 1, 2 e 3).

<p>Desenvolver campanha de esclarecimentos sobre sismicidade natural e induzida, dirigida à população da área de influencia do aproveitamento.</p>	<p>Em atendimento</p>	<p>Como relatado nos relatórios semestrais anteriores, foram realizadas palestras ao Grupo de Trabalho de Meio Ambiente, o qual envolve várias instituições públicas da região (CPRM, IBAMA-RO, SIPAM, UNIR, DNPM, ICMBIO, SEMA – Porto Velho e SEDAM).</p> <p>Além disso, foram realizadas divulgações e produzidas reportagens através do site da ESBR e os meios comunicações sobre o Programa.</p>
--	-----------------------	--

4 RESULTADOS CONSOLIDADOS

4.1 Fase Pré-Enchimento (Período de 01 de Março a 18 de Outubro de 2012)

4.2 Fase Enchimento (Período de 19 de Outubro de 2012 a 30 de Abril de 2013)

Entre as atividades desenvolvidas no período de 19 de outubro de 2012 a 30 de abril de 2013, consta o monitoramento contínuo das JIR 1 e JIR 2, contemplando coleta de dados via satélite e manualmente, respectivamente, além da verificação e análise dos dados coletados. Nas **Figuras 01 e 02**, mostramos os dados registrados pelo DAS-130 das estações JIR2 e JIR1, respectivamente.

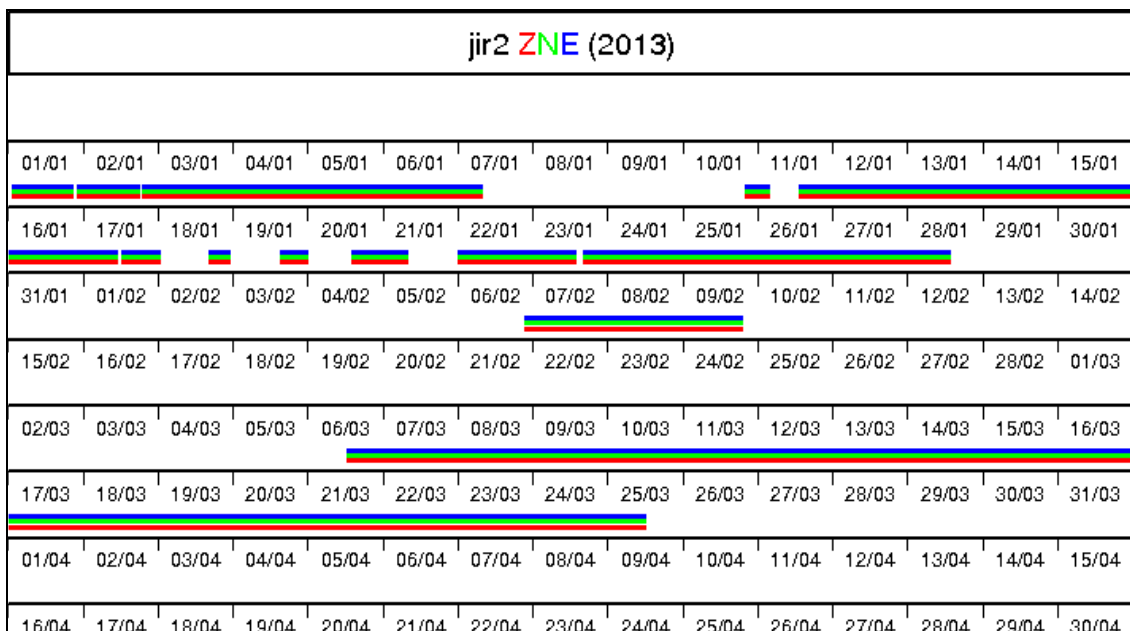


Figura 01 - Dados que foram registrados no compact flash do registrador DAS-130 da estação JIR2 entre 01/01/2013 e 30/04/2013. As componentes Vertical, Norte-Sul, e Leste-Oeste estão mostradas pelas linhas vermelha, verde e azul, respectivamente.



Figura 02 - Dados registrados no compact flash do registrador DAS-130 da estação JIR1 entre 19/10/2012 e 30/04/2013. As componentes Vertical, Norte-Sul, e Leste-Oeste estão mostradas pelas linhas vermelha, verde e azul, respectivamente.

Os dados da JIR2 até o momento estão sendo copiados manualmente do registrador pela **ESBR** e enviados à **B&A** por internet ou CD para a devida análise.

No dia 25/11/2012, a estação sismológica JIR1 registrou o sismo de magnitude m_b 4,7 com epicentro próximo à Ariquemes-RO, às 22:57:42 UTC ou 18:57:42 hora local (mais detalhes são apresentados no **ANEXO II**).

Na **Figura 03** se apresenta o sismograma com detalhes das marcações da onda P e S no registro de JIR1.

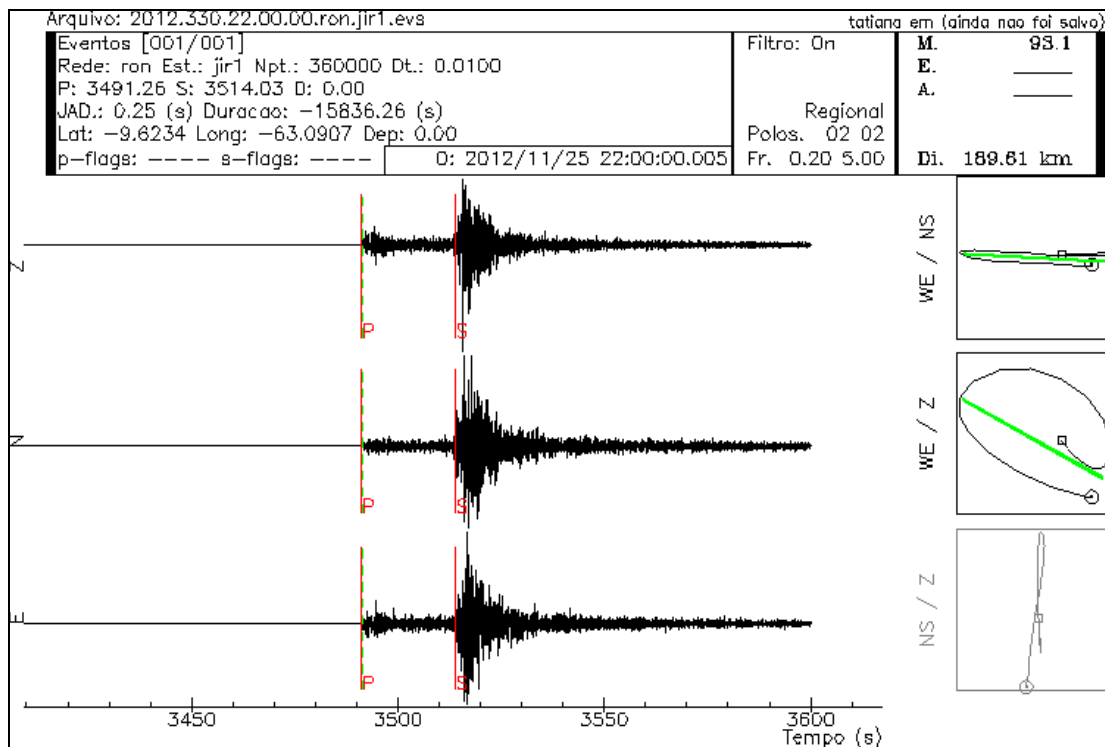


Figura 03 - Registro do sismo ocorrido próximo a Ariquemes/RO

A tabela abaixo apresenta os dados epicentrais deste sismo determinados pelo NEIC (*National Earthquake Information Center*) e determinados pela B&A, utilizando os dados transmitidos pela Primenet e software WAP da B&A.

	LATITUDE	LONGITUDE	DISTÂNCIA EPICENTRAL
NEIC	9.463S	63.017W	195,175 km
WAP	9.6234S	63.0907W	189,61 km

O valor da aceleração horizontal máxima medida no registro da JIR1 foi de 0,0054g e a partir deste valor foram estimados os valores para Porto Velho e para a UHE Jirau. Com estes valores de aceleração puderam ser estimados os valores de Intensidade Sísmica na Escala *Mercalli* Modificada, obtendo os seguintes resultados:

LOCAL	DISTÂNCIA	ACELERAÇÃO	INTENSIDADE
JIR1	189,61 km	5,3 cm/s ²	II MM
UHE JIRAU	174,86 km	6,0 cm/s ²	II – III MM
PORTO VELHO	130,36 km	9,3 cm/s ²	III MM

Na **Figura 04** se mostra os epicentros determinados com o WAP com os dados de JIR1 e pelo NEIC.

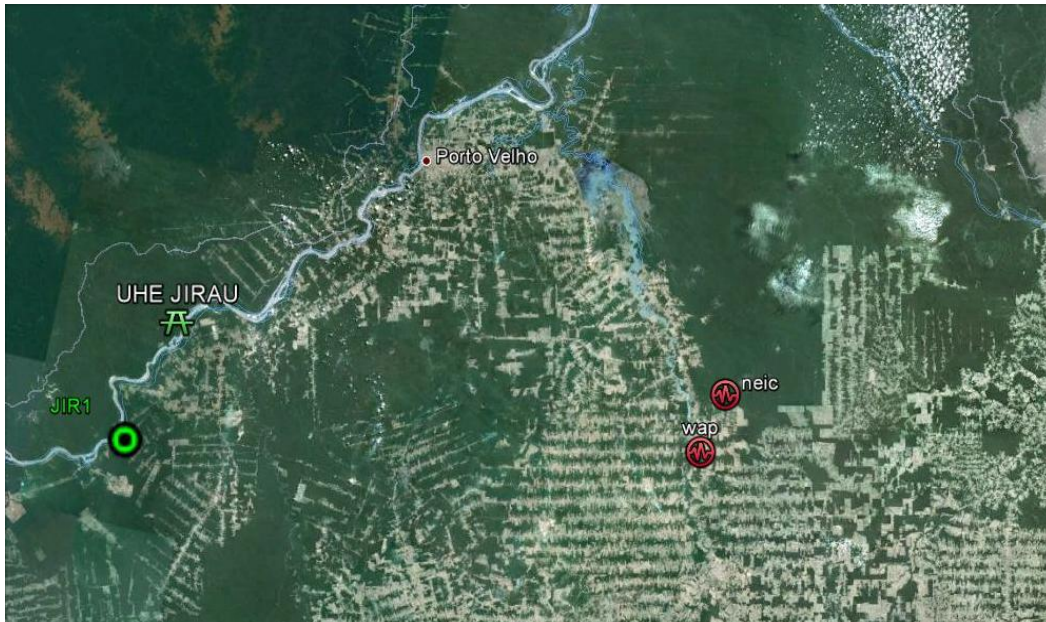


Figura 04 - Mapa com os epicentros determinados pela B&A com o WAP e pelo NEIC, em vermelho. À esquerda destaca-se a estação JIR1 e a UHE JIRAU. Ao centro superior, a localização de Porto Velho.

Em outubro de 2012, a **B&A** realizou, juntamente com a **ESBR**, estudos e testes para selecionar o local mais adequado para a instalação de JIR2. O relatório contemplando a metodologia adotada e os resultados obtidos na instalação da 2ª estação sísmológica da UHE Jirau, além dos resultados destes estudos, foi apresentado ao IBAMA, através da correspondência AJ/TS 056-2013, em atendimento à condicionante 2.12 da LO nº 1097/2012.

Desta forma, após avaliação e escolha do local ideal para instalação da JIR 2, no dia 15 de janeiro de 2013 foi instalado a referida estação, a qual se encontra operando normalmente desde as 20h (hora local de Rondônia) dessa data, ou 00h do dia 16 de janeiro no tempo universal (UTC) (mais detalhes são apresentados no **ANEXO III**).

As 22h54min (hora local de Rondônia) da noite de 15 de janeiro de 2013, ou 02h54min (UTC) de 16 de janeiro 2013, foi sentido um tremor de terra na região de Nova Mutum, RO. As estações JIR1 e JIR2 registraram este sismo (mais detalhes são apresentados no **ANEXO II**).

A análise dos dados do sismo de Nova Mutum foi realizada utilizando o software WAP. Com dados das três componentes de um sismógrafo digital é possível determinar o epicentro de um sismo local ou próximo, calculando o Back Azimute e a distância epicentral. O primeiro parâmetro é calculado através do movimento das partículas dos primeiros impulsos da onda P, e a distância epicentral é calculada com a diferença de chegada das ondas S e P, como se mostra nos diagramas das **Figuras 05 e 06**, que correspondem à utilização do programa WAP nos dados do sismo de 15 de janeiro, registrados em JIR1 e JIR2 respectivamente.

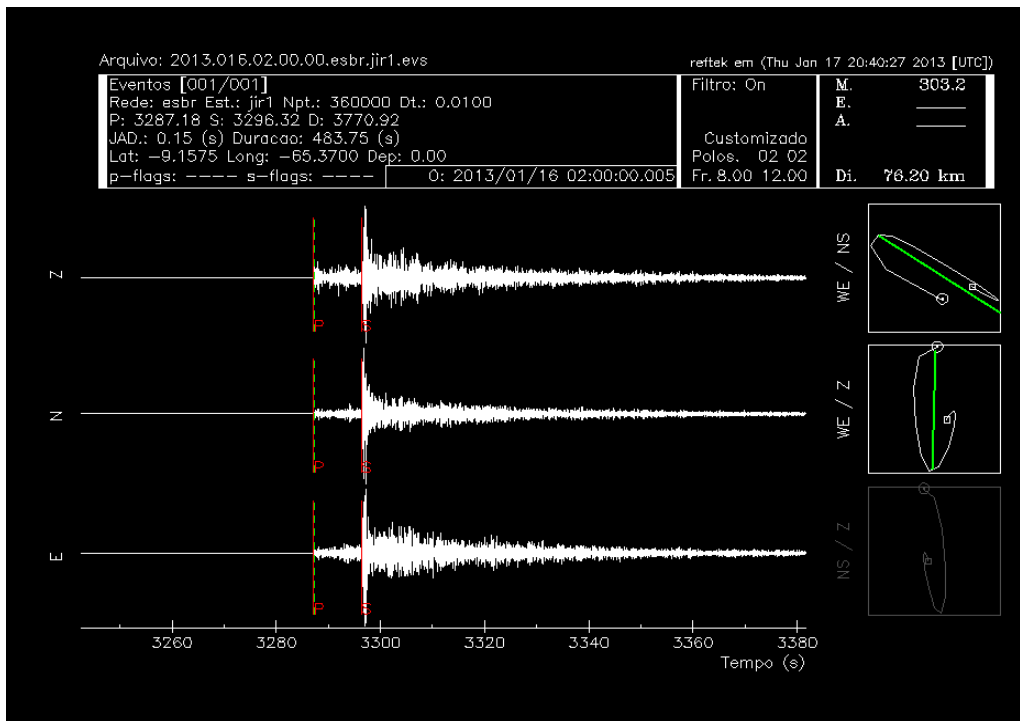


Figura 05 – Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR1.

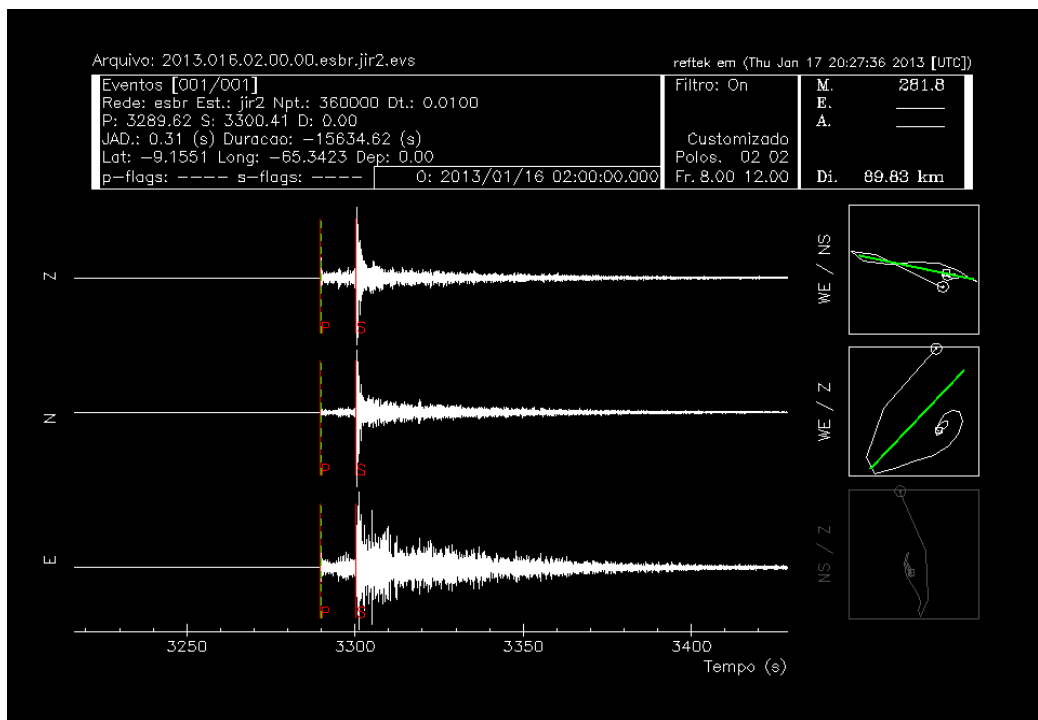


Figura 06 - Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR2.

Na **Tabela 04** se apresentam os parâmetros epicentrais desse sismo de Nova Mutum obtidos pela análise com o software WAP dos registros de JIR1 e JIR2. Na **Figura 07** se mostra os epicentros determinados com os dados de JIR1 (epicentro 1) e com os dados da estação JIR2 (epicentro 2).

Tabela 04 - Parâmetros epicentrais do sismo ocorrido em Nova Mutum em 15/01/2013 às 22h:54min (hora local de Rondônia), registrados pelas estações JIR1 e JIR2.

ESTAÇÃO	LAT	LONG	Distância (km)	bckAz	D(s)	m_b
JIR1	-9,1575	-65,3700	76,20	303,2	422,96	3,8
JIR2	-9,1551	-65,3423	89,83	281,8	393,203	3,7



Figura 07 - Mapa com as estações representadas pelos triângulos e os epicentros determinados com JIR1, círculo 1 e JIR2, círculo 2. A distância entre os epicentros é de 3 km.

Um pequeno telessismo de magnitude m_b 4,3 ocorrido em 16/01/2013, às 07:04:15 (UTC) no Peru foi registrado pelas duas estações sismográficas JIR1 e JIR2. Na **Tabela 05** se mostram os dados hipocentrais deste evento. As distâncias e os backazimutes foram calculados para as duas estações através do programa *disaz* e também são mostrados na **Tabela 05**.

Tabela 05 - Dados hipocentrais do telessismo ocorrido no Peru e as distâncias epicentrais e os backazimutes calculados para as estações JIR1 e JIR2.

Estação	LAT	LONG	h (km)	Mw	Distância em graus	bckAz
JIR1	-5,795	-76,876	26,7	4,3	12,534	286,364
JIR2					12,709	285,125

Com os dados da **Tabela 05** foi possível calcular a hora esperada de chegada das ondas desse sismo nas estações sismográficas JIR1 e JIR2, com o qual foi possível localizar os registros desse sismo nos dados dessas estações, como pode ser visto nos sismogramas das **Figuras 08 e 09**.

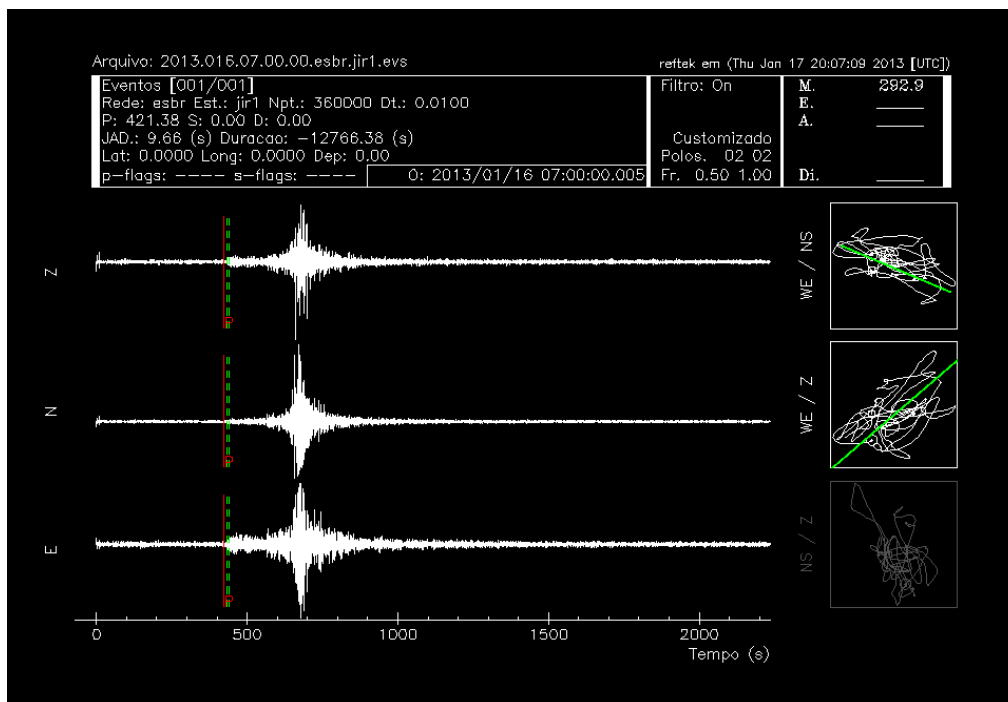


Figura 08 - Telessismo ocorrido no Peru registrado pela JIR1. Nota-se o valor do backazimute ($292,9^\circ$) coerente com o calculado pelo programa disaz e mostrado na **Tabela 05**.

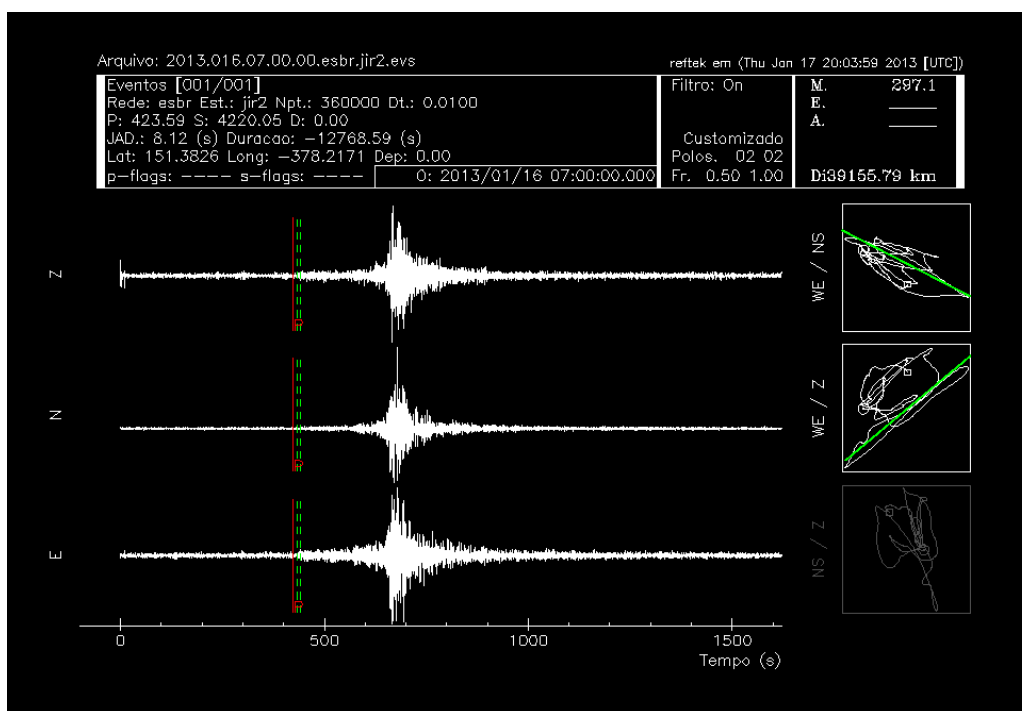


Figura 09 - Telessismo de magnitude m_b 4,3 ocorrido em 16 de janeiro no Peru registrado na estação JIR2. Nota-se o backazimute ($297,1^\circ$) é coerente com o obtido pelo disaz, mostrado na **Tabela 05**.

A posição relativa do epicentro desse sismo ocorrido no Peru e das estações sismográficas JIR1 e JIR2, é mostrada no mapa da **Figura 10**.



Figura 10 - Mapa mostrando o epicentro do telessismo ocorrido no Peru em 16 de janeiro de 2013 e as estações JIR1 e JIR2 (triângulos brancos)

Como mostrado acima, após operação da JIR2, foram registrados 02 (dois) sismos importantes, conforme informado na correspondência IT/AT 480-2013, protocolada no IBAMA em 27 de março de 2013. Um sismo com magnitude m_b 3,8 ocorreu às 22h54min do dia 15 de janeiro de 2013, a 77 km do reservatório da UHE Jirau, obtendo seu epicentro no Parque Nacional Mapinguari, no Estado do Amazonas, e um telessismo de magnitude moderada, m_b 4,3, ocorreu no dia 16 de janeiro de 2013, às 07h:04min (UTC) obtendo seu epicentro no Peru, conforme detalhadas no ANEXO II. Entretanto, pode-se afirmar que os sismos detectados não possuem correlação com o enchimento do reservatório na área do empreendimento.

5 INDICADORES

Os indicadores previstos no PBA para monitorar a eficácia do Programa de Monitoramento Sismológico vêm sendo cumpridos e gradativamente atingidos, conforme demonstrado na **Tabela 06** a seguir.

Tabela 06 - Atendimento aos Indicadores do Programa

Indicadores	Status	Justificativa
Ocorrência de sismos naturais e induzidos (dados relatados e registrados – históricos e atuais) em uma região circunscrita por um raio de 350km a partir do local da barragem;	Em atendimento.	Esta informação, no que diz respeito aos sismos naturais, está sendo atualizada na medida em que estão sendo detectados e localizados eventos com essas características.
Eventos sísmicos registrados por estação sismográfica instaladas para controle de sismos locais e regionais;	Em atendimento.	As estações JIR1 e JIR2, instaladas e operando na área de influência do reservatório da UHE Jirau, dada a sua proximidade e sensibilidade, pode detectar quaisquer eventos de interesse, desde ultra microtremores (magnitude negativas, como por exemplo -1,0 na Escala Richter) até terremotos distantes grandes (magnitude 7 ou maior), pois os instrumentos são de banda larga com alta faixa dinâmica (140 dB).
Dados estruturais locais e regionais (alinhamentos aeromagnéticos; presença de falhas, altitude das rochas) que indiquem uma possível relação sismo-estrutural na área de estudo;	Não aplicável para o momento.	Não houve necessidade de se correlacionar sismos com estruturas geológicas presentes na área do empreendimento.
Relatos de pessoas sobre os efeitos dos tremores de terra sentidos na região.	Em atendimento	O sismo registrado pelas JIR1 e JIR2 foram sentidos em Nova Mutum Paraná, onde foram coletados os relatos das pessoas moradoras da cidade.

6 INTERFACES

Intercâmbio de dados com instituições sismológicas do país, tais como UnB, para quem se transmite permanentemente dados para análise e elaboração de boletins sísmicos da atividade sísmica local e, com IAG-USP no caso de sismos importantes ocorridos em outras regiões do Brasil.

Além disso, as informações e os resultados deste Programa são divulgados no âmbito do Programa de Comunicação Social da UHE Jirau.

7 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

Como previsto no PBA, o monitoramento sísmológico deveria ser iniciado 01 (um) ano antes do enchimento do reservatório da UHE Jirau. A JIR1 começou a operar em fevereiro de 2011 e a JIR2 foi instalada no dia 15 de janeiro de 2013, em atendimento à condicionante 2.12 da LO nº 1097/2012. Vale ressaltar, entretanto, que o monitoramento sísmológico foi iniciado em maio de 2010, com os dados da estação SAML.

Conforme apresentado no Relatório Trimestral do Programa de Monitoramento Sísmológico (Anexo 4.4.1 do Relatório Final dos Programas Socioambientais), protocolado no dia 11 de maio de 2012, através da correspondência AJ/TS 915-2012: “*O monitoramento acelerográfico de uma barragem acontece apenas na sua fase de operação*”. Sendo assim, conforme informado ao IBAMA no dia 27 de março de 2013, por meio da correspondência IT/AT 480-2013, a instalação do acelerógrafo estava prevista para o mês de maio de 2013.

Tendo em vista o cronograma de entrada em operação das unidades geradoras da UHE Jirau, a finalização da instalação do acelerógrafo está prevista para o mês de julho 2013. As modificações na estrutura do local selecionado para a instalação foram realizadas e todos os equipamentos foram adquiridos pela ESBR.

8 CONCLUSÕES

As estações JIR1 e JIR2 encontram-se operando normalmente desde as respectivas instalações.

No intervalo de operação de JIR2 até o dia 18 de janeiro de 2013, foram registrados 02 (dois) sismos importantes, (i) um sismo local com magnitude m_b 3,8 às 22h 54min do dia 15 de janeiro (02h 54min do dia 16, hora UTC), cujo epicentro, ocorrido a 77 km oeste do reservatório da UHE Jirau, foi determinado com dados das estações sísmográficas JIR1 e JIR2, e (ii) um telessismo de magnitude moderada, m_b 4,3, ocorrido em 16/01/2013, às 07:04:15 (UTC) no Peru, que foi registrado nitidamente nas estações JIR1 e JIR2, mostrando que ambas as estações estão operando corretamente. Pode-se afirmar que os sismos detectados não possuem correlação com o enchimento do reservatório na área do empreendimento.

9 EQUIPE TÉCNICA

Participaram das atividades descritas neste relatório, a equipe técnica da **B&A**:

Jesus Berrocal – Sismologo, Coordenador do projeto

Edgar Rondán Sanabria – Físico

Tatriona Romero - Sismologa

Sérgio Agripino Rodrigues – Técnico Eletrônico

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.reftek.com/>
- [2] <http://www.primeisp.com.br/>
- [3] <http://www.locaweb.com.br/>
- [4] <http://www.naqios.org/>
- [5] www.cegasamotionenergy.com

11 ANEXOS

ANEXO I

RESULTADOS DA ANÁLISE DO SISMO OCORRIDO EM 25/11/2012 A 190 KM LESTE DA UHE JIRAU, COM DADOS DA JIR1.

No dia 25/11/2012, a estação sismológica JIR1 registrou o sismo de magnitude m_b 4,7 com epicentro próximo à Ariquemes-RO, às 22:57:42 UTC ou 18:57:42 hora local.

A tabela abaixo apresenta os dados epicentrais deste sismo determinados pelo NEIC (*National Earthquake Information Center*) e determinados pela **B&A**, utilizando o software WAP.

	LATITUDE	LONGITUDE	DISTÂNCIA EPICENTRAL
NEIC	9.463S	63.017W	195,175 km
WAP	9.6234S	63.0907W	189,61 km

O valor da aceleração horizontal máxima medida no registro da JIR1 foi de 0,0054g e a partir deste valor foram estimados os valores para Porto Velho e para a UHE Jirau. Com estes valores de aceleração puderam ser estimados os valores de Intensidade Sísmica na Escala *Mercalli* Modificada, obtendo os seguintes resultados:

LOCAL	DISTÂNCIA	ACELERAÇÃO	INTENSIDADE
JIR1	189,61 km	5,3 cm/s ²	II MM
UHE JIRAU	174,86 km	6,0 cm/s ²	II – III MM
PORTO VELHO	130,36 km	9,3 cm/s ²	III MM

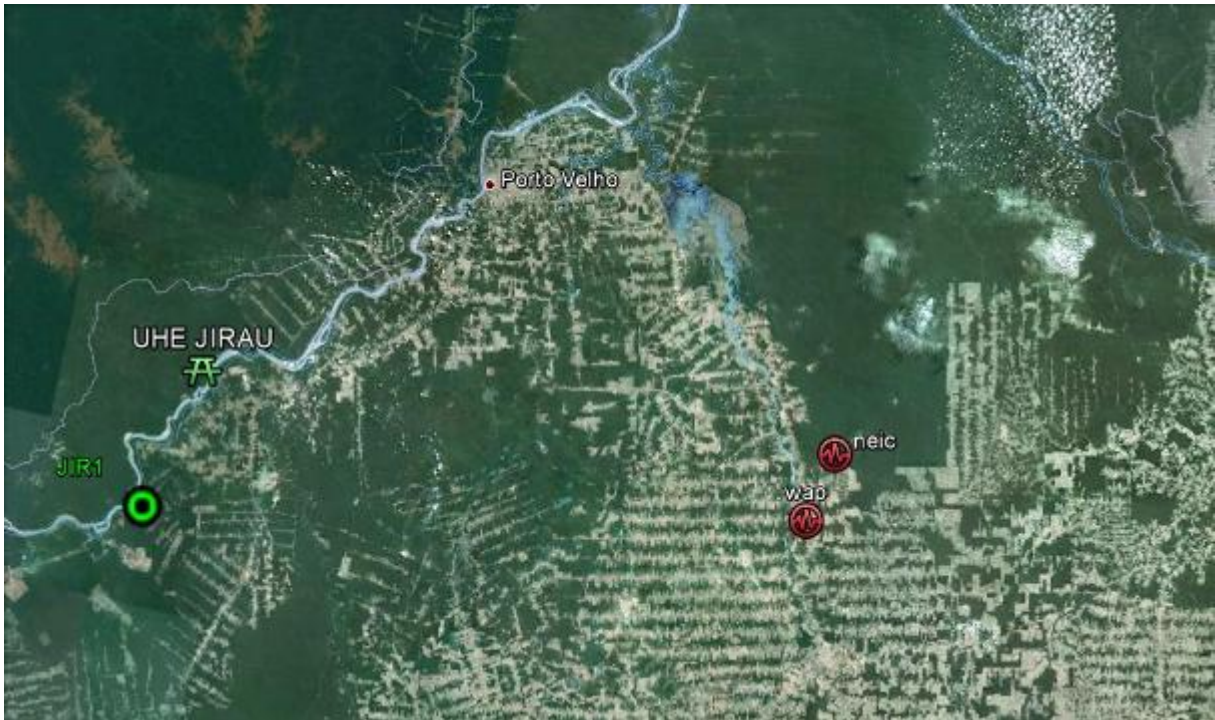


Figura 3. Mapa com os epicentros determinados pela B&A com o WAP e pelo NEIC, em vermelho. A esquerda destaca-se a estação JIR1 e a UHE Jirau. Ao centro superior, a localização de Porto Velho.

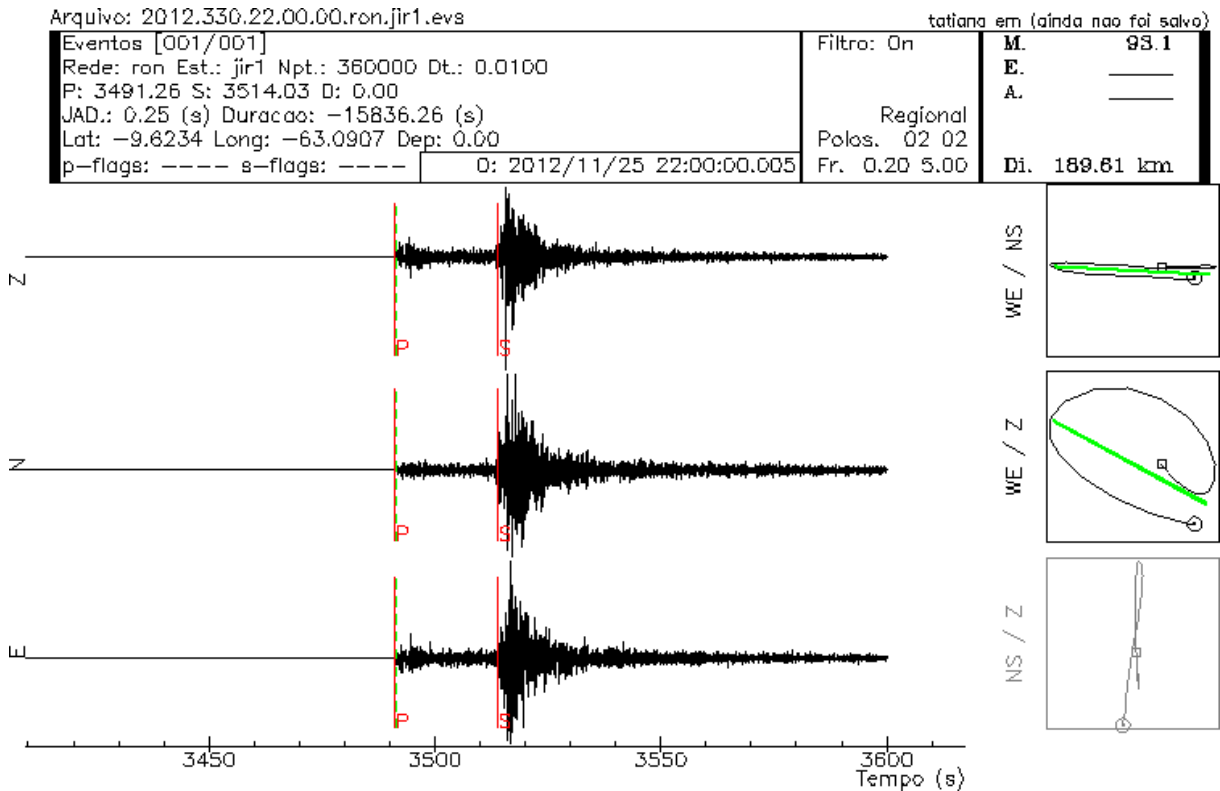


Figura 4. Registro do sismo ocorrido próximo a Ariquemes/RO.

ESCALA DE INTENSIDADE MERCALLI-MODIFICADA (ABREVIADA)

I. Não sentido.

II. Sentido por pessoas em repouso ou em andares superiores

III. Objetos pendurados são balançados um pouco. Vibração leve

IV. Vibração como a causada pela passagem de caminhões pesados. Chacoalhar de janelas e louças. Carros parados são balançados

V. Sentido fora de casa. Acorda gente. Objetos pequenos tombados. Quadros são movidos

VI. Sentido por todos. Deslocamento de mobília. Danos: louça e vidraria quebradas, queda de mercadorias. Rachadura no reboco

VII. Percebido por motoristas dirigindo. Dificuldade em manter-se em pé. Sinos tocam (igrejas, capelas, etc.).Danos: quebra de chaminés e ornamentos arquitetônicos, queda de reboco, quebra de mobília, rachaduras consideráveis em reboco e alvenaria, algumas casas de adobe tombadas/desabadas

VIII. Pessoas dirigindo automóveis são perturbadas. Galhos e troncos quebrados. Rachaduras em solo molhado. Destruição: torres d água elevadas, monumentos, casas de adobes. Danos severos a moderados: estruturas de tijolo, casas de madeira (quando não estão firmes com fundação), obras de irrigação, diques

IX. Solo conspicuamente rachado (“crateras de areia”).Desabamentos. Destruição: alvenaria de tijolo não armado. Danos severos a moderados: estruturas inadequadas de concreto armado, tubulações subterrâneas

X. Desabamentos e solo rachado muito espalhados. Destruição: pontes, túneis, algumas estruturas de concreto armado. Danos severos a moderados: maioria das alvenarias, barragens, estradas de ferro

XI. Distúrbios permanentes no solo

XII. Danos quase totais.



G. Mercalli

NOTÍCIAS DIVULGADAS

Suelene Ribeiro, estudante de engenharia Florestal de uma faculdade particular de Porto Velho, mora em Itapuã e disse que diversos munícipes perceberam que algo estranho tinha acontecido”.

“No primeiro momento senti uma sensação ruim, parecia que estava passando um caminhão muito pesado na rua e tinha deixado cair uma tora no chão, mas logo em seguida, algumas pessoas começaram a falar que isto também tinha acontecido em outros locais”, explicou.

www.rondonoticias.com.br

25/11/2012 - 22h22

Cidades de Rondônia sofrem abalo sísmico entre médio e moderado

Redação 24 Horas News

Um abalo sísmico foi sentido na noite deste domingo por moradores das cidades do vale do Jamari, Porto Velho, Alto Paraíso, Rio Crespo e Ariquemes, no Estado de Rondônia. De acordo com testemunhas o tremor durou entre 10 a 15 segundos. Centros de monitoramento no mundo inteiro registraram o tremor em magnitude 4.7 , classificado entre leve e moderado.

Não há notícias sobre eventuais estragos. O abalo ocorreu numa profundidade de 19 quilômetros. (www.24horasnews.com.br)

Terremoto de 4.7 graus é sentido em Porto Velho e interior de Rondônia

Segundo relatos, o tremor de terra durou de 10 a 15 segundos. Não há registros de prejuízos materiais ou vítimas.

 Suelen Viana - jornalismo@portalamazonia.com

PORTO VELHO – Um terremoto de 4.7 graus de magnitude e 19 km de profundidade foi registrado em Rondônia neste domingo (25). De acordo com informações do Painel Global de Monitoramento da Terra em Tempo Real, o fenômeno, considerado leve,

ocorreu por volta das 18h57min (horário local). Não há registros de prejuízos materiais ou vítimas.

O tremor de terra em Rondônia foi confirmado pelo Instituto Geológico dos Estados Unidos (USGS). O hipocentro do terremoto ocorreu abaixo das coordenadas 9.46S e 63.01W, a 30 km do município rondoniense de Rio Crespo, a 34 km de Jamari e a 44 km da cidade de Alto Paraíso. Há informações de que o tremor foi sentido ainda em Porto Velho, Cujubim, Jacy – Paraná, Cacoal e Alvorada do Oeste.

O município de Ariquemes (a 200 km de Porto Velho) também sentiu o tremor. Segundo o empresário Nerone Simioli, o terremoto durou de 10 a 15 segundos. “Parecia o tremor de máquinas que passam compactando as ruas. Tremeu bastante”, relatou. Na zona Sul da capital, o morador do bairro Cohab, Bruno Natanael relatou o momento em que percebeu o terremoto. “Vi a porta tremer e pensei que era alguma carreta passando na rua. Só depois soube que na verdade era um terremoto”, disse assustado.(www.portalamazonia.com)

TERREMOTO - Abalo sísmico é registrado em várias cidades do Vale do Jamari(RO) e na zona Sul de Porto Velho

Segunda-Feira , 26 de Novembro de 2012 - 7:52

Um pequeno abalo sísmico de 4.7 graus de magnitude foi sentido na noite de domingo (25) por vários moradores da região do Vale do Jamari (RO) e em alguns pontos da zona Sul de Porto Velho.

O tremor aconteceu por volta das 19h e segundo testemunhas durou entre 15 e 20 segundos.

Neste ano é a segunda vez que o abalo atinge a região de Rondônia. Centros de monitoramentos do mundo inteiro especializados nesses tipos de fenômeno registraram o tremor. Devido ao fraco abalo não foi registrado nenhum dano. (www.rondoniaaovivo.com)

ANEXO III

PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

Relatório Técnico

Instalação da Estação Sismográfica JIR2 da UHE Jirau

Solicitado por



Executado por



RESPONSÁVEIS
DA CONTRATADA: **Jesus Berrocal**
DA ESR: **Jairo Guerreiro**

São Paulo, 19 de janeiro de 2013

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	
2	TESTES DE RUÍDO SÍSMICO PARA SELECIONAR O LOCAL APROPRIADO PARA JIR2.....	26
2.1	Testes Efetuados na Visita de Agosto de 2012.....	26
2.2	Testes Efetuados na Visita de Outubro de 2012.....	29
2.2.1	Localização dos pontos	29
2.2.2	Análise dos espectros.....	31
2.2.3	Análise dos sismogramas.....	34
3	LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA JIR2.....	37
4	INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA JIR2 DA UHE JIRAU.....	38
4.1	Recepção e testes dos sismógrafos importados em 2011 pela ESBR....	38
4.2	O abrigo da Estação Sismográfica JIR2.....	41
4.3	Instalação do Sismógrafo de JIR2.....	42
5	COMPROVAÇÃO DO FUNCIONAMENTO CORRETO DE JIR2.....	44
5.1	Sismo Ocorrido na Região de Nova Mutum em 15 de janeiro de 2013 ..	44
5.2	Telessismo Ocorrido no Peru em 16 de Janeiro de 2013	50
6	CONCLUSÕES.....	52
7	EQUIPE TÉCNICA	Erro! Indicador não definido.

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa da porção mais profunda do Reservatório Jirau, mostrando a localização da barragem, da estação sismográfica JIR1 e do local (POS JIR2) sugerido pela ESBR para instalar a estação sismográfica JIR2.

37

Figura 2 – Trecho do sismograma de um dos testes de ruído efetuados no ponto POS JIR2 da Figura 1. 38

Figura 3 – Espectro de potência do sismograma da Figura 2, mostrando um nível de ruído baixo para as ondas de alta frequência ($> 1 \text{ Hz}$) que são as frequências apresentadas por sismos locais, Ou seja, este local seria adequado para instalar uma estação sismográfica 6

Figura 4-. Mapa mostrando a localização dos pontos testados em outubro 2012, na margem direita do Reservatório Jirau, para sediar a Estação Sismográfica JIR2, o Ponto 1 localizado a 3 km ao sul de Nova Mutum e o Ponto Alternativo, a 7 km ao SW de Nova Mutum. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5-. Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no Ponto 1 local A, no dia 29 de outubro de 2012, entre 14h 50min UT (10h 50min, hora local) e 15h 20min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz 9

Figura 6-. Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no Ponto 1 local B, no dia 29 de outubro de 2012, entre 15h 45min UT (11h 45min, hora local) e 16h 00min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 7-. Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no Ponto Alternativo local A, no dia 30 de outubro de 2012, entre 13h 25min UT (09h 25min, hora local) e 13h 50min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz. 10

Figura 8-. Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no Ponto Alternativo local B, no dia 30 de outubro de 2012, entre 14h 10min UT (10h 10min, hora local) e 14h 35min. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz **Erro! Indicador não definido.**

Figura 9-. Sismograma registrado no Ponto 1 local A, no pacote das 14h 50min de 29 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no registro inferior 12

Figura 10-. Sismograma registrado no Ponto 1 local B, no pacote das 15h 50min de 29 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. Neste local começou a ventar na direção N-S, que afetou o sensor que não estava protegido. Por esse motivo o ruído tem maior amplitude na componete NS que é o segundo canal 13

Figura 11-. Sismograma registrado no Ponto Alternativo local A, no pacote das 13h 30min de 30 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. No tempo marcado como T4 passagem de um caminhão grande, no T5 uma caminhonete e no tempo T6, próximo do segundo 150, passaram 2 caminhões em sentido contrário.r. 13

Figura 12-. Sismograma registrado no Ponto Alternativo local B no pacote das 14h 25min de 30 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. No tempo marcado como T7 corresponde a passagem de dois caminhões em sentido contrário, no tempo T8 a passagem de

um caminhão pequeno, em T9 mostra a passagem de um pequeno ônibus e no tempo IP 1 um caminhão carregador	14
Figura 13. Mapa de localização da Estação Sismográfica JIR2 da UHE Jirau em relação ao canteiro de obras da Barragem Jirau (distância de 13 km em linha reta) e a 3 km de Nova Mutum Paraná.....	15
Figura 14 - Detalhes do caminho de terra para JIR2 a partir da rodovia BR-364..	16
Figura 15 - Registro do sismo de Nova Mutum pela estação JIR1.....	23
Figura 16 - Registro do sismo de Nova Mutum na estação JIR2..	23
Figura 17 – Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR1..	24
Figura 18 - Ampliação do início do sismograma de JIR1 do sismo de 15 de janeiro, mostrando a chegada da onda P. O backazimute obtido foi de 303,2°.....	24
Figura 19 - Ampliação do sismograma de JIR1 mostrando a chegada da onda S. Nota-se o backazimute calculado, de 34,8°, perpendicular ao azimute da onda P..	25
Figura 20 - Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR2.	25
Figura 21 - Ampliação do início do sismograma de JIR2 do sismo de 15 de janeiro, mostrando a chegada da onda P. O backazimute obtido foi de 281,8°.....	26
Figura 22 - Ampliação do sismograma de JIR2 mostrando a chegada da onda S. Nota-se o backazimute calculado, de 191,3°, perpendicular ao azimute da onda P.	26
Figura 23 - Mapa com as estações representadas pelos triângulos e os epicentros determinados com JIR1, círculo 1 e JIR2, círculo 2. A distância entre os epicentros é de 3 km.	27
Figura 24 - Telessismo ocorrido no Peru registrado pela JIR1. Nota-se o valor do backazimute (292,9°) coerente com o calculado pelo programa disaz e mostrado na Tabela 8.....	28
Figura 25 - Telessismo de magnitude m_b 4,3 ocorrido em 16 de janeiro no Peru registrado na estação JIR2. Nota-se o backazimute (297,1°) coerente com o obtido pelo disaz.e mostrado na Tabela 8.....	29
Figura 26 - Mapa mostrando o epicentro do telessismo ocorrido no Peru em 16 de janeiro de 2013 e as estações JIR1 e JIR2 (triângulos brancos)..	29

1 APRESENTAÇÃO

O objetivo deste Relatório Técnico é descrever as atividades realizadas, a metodologia adotada e os resultados obtidos na instalação da Estação Sismográfica JIR2 da UHE Jirau, pela empresa **BERROCAL & ASSOCIADOS Soluções e Inovações Geofísicas Ltda. (B&A)**, contratada pela empresa **Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR)** para a instalação e a manutenção desta estação e da estação JIR1, no âmbito do Programa de Monitoramento Sismológico do AHE Jirau.

Para a instalação do sismógrafo em JIR2, foram realizadas 03 (três) visitas técnicas na área do Reservatório Jirau, nas seguintes datas:

- Entre os dias 27 e 29 de agosto de 2012, para tentar determinar o local para instalação da Estação Sismográfica JIR2 e do local para instalação do acelerógrafo na Barragem da UHE Jirau. Foi visitado um local na margem esquerda do reservatório num ponto de acesso a uma lavra para exploração de minério, dentro do Parque Nacional de Mapinguari;
- Entre 29 e 31 de outubro de 2012, foram realizados testes de ruído sísmico instrumental, em dois pontos na margem direita desse reservatório e nas proximidades de Nova Mutum, com a finalidade de selecionar o local para instalação da Estação Sismográfica JIR2; e
- Entre 15 e 19 de janeiro de 2013, visita para a instalação de JIR2.

2 TESTES DE RUÍDO SÍSMICO PARA SELECIONAR O LOCAL APROPRIADO PARA JIR2

2.1 Testes Efetuados na Visita de Agosto de 2012

Nesta visita, realizada entre os dias 27 e 29 de agosto de 2012, foi visitado um local na margem esquerda do reservatório num ponto de acesso a uma lavra para exploração de minério, dentro do Parque Nacional de Mapinguari, com acesso por balsa desde um ponto próximo da margem direita. Nesta visita participaram os técnicos da **B&A** Edgar Rondán, Tatiana Romero e Sergio Rodrigues, auxiliados por Marco Canedo da **ESBR**.

O ponto selecionado para o teste de ruído sísmico fica em torno de *500 m* da margem, ver **Figura 1 (POS JIR2)**, dentro de uma vegetação rasa que não apresenta a mata

nativa, onde existe um afloramento quase plano, com blocos soltos, mas de rocha granítica dura. Neste local, que se encontra dentro do parque, se realizou teste de ruído e o sinal foi satisfatório, registrando-se claramente o ruído gerado pela draga que navegava e explorava o Rio Madeira, em torno de 500 m do local. O teste de ruído, realizado com um sismógrafo REFTEK de banda larga e de alta sensibilidade, mostra-se no sismograma e no espectro nas **Figuras 2 e 3**, respectivamente.

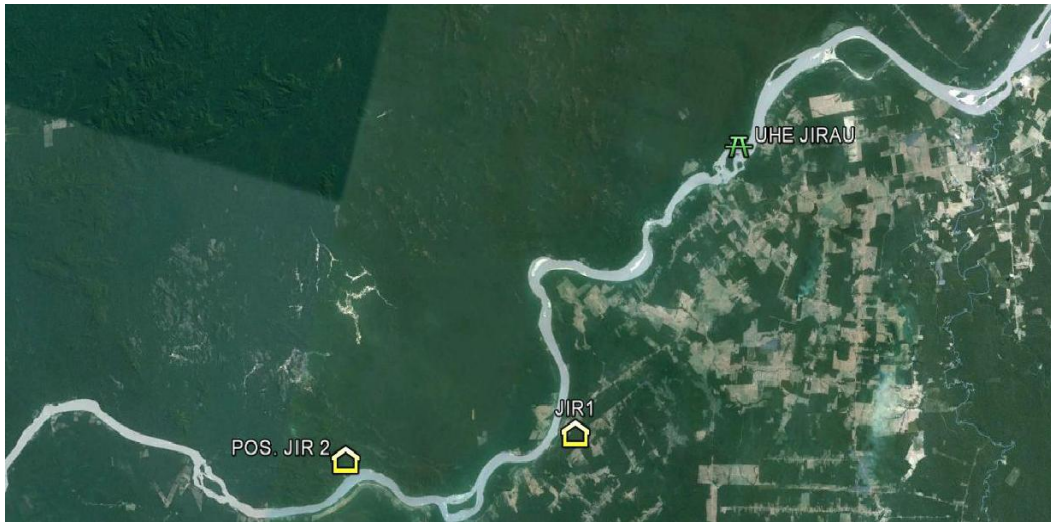


Figura 1 - Mapa da porção mais profunda do Reservatório Jirau, mostrando a localização da barragem, da estação sismográfica JIR1 e do local (POS JIR2) sugerido pela ESBR para instalar a estação sismográfica JIR2.

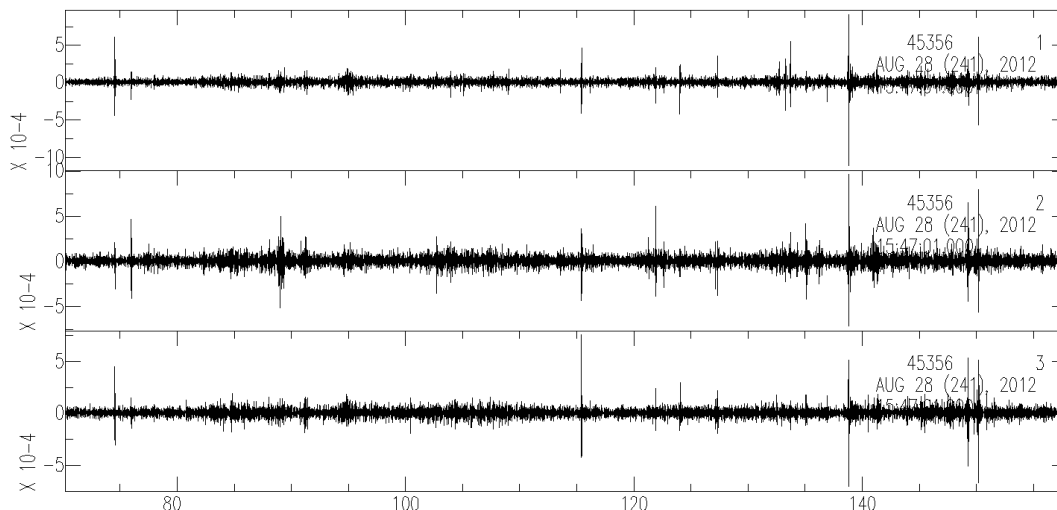


Figura 2 – Trecho do sismograma de um dos testes de ruído efetuados no ponto POS JIR2 da **Figura 1**.

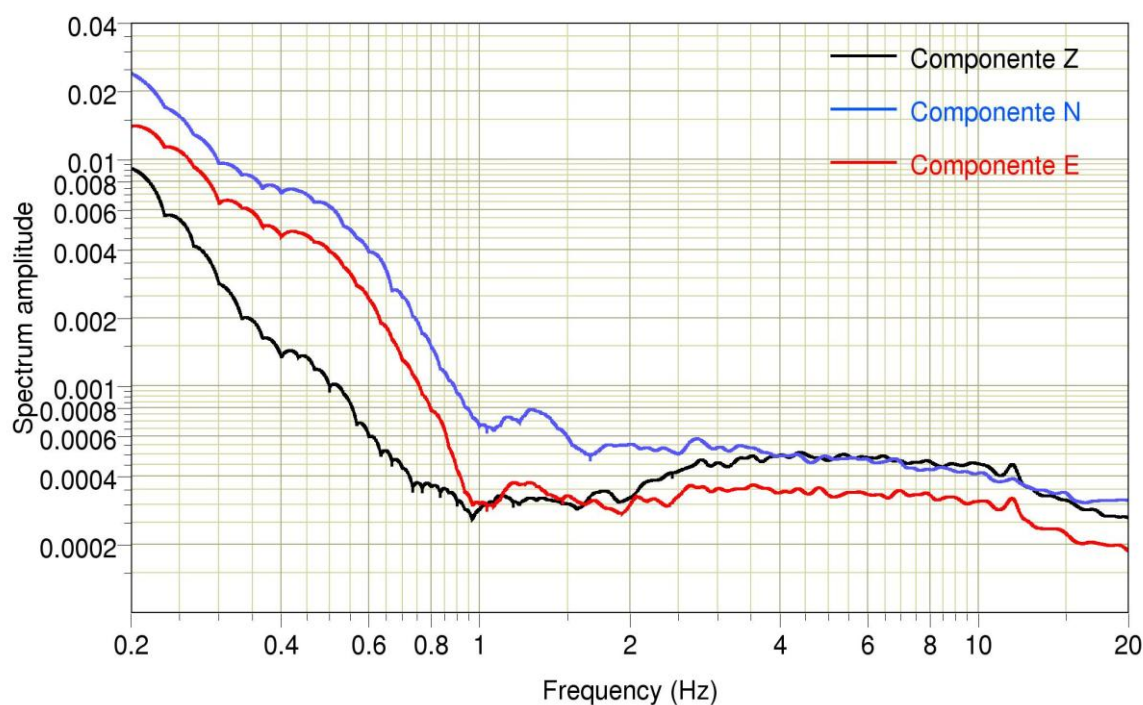


Figura 3 – Espectro de potência do sismograma da **Figura 2**, mostrando um nível de ruído baixo para as ondas de alta frequência (> 1 Hz) que são as frequências apresentadas por sismos locais. Ou seja, este local seria adequado para instalar uma estação sismográfica.

O ponto testado nesta oportunidade tem algumas inconveniências. Em primeiro lugar por estar dentro de uma área de proteção ambiental, ainda que o ponto esteja em um campo abandonado, e necessitaria pedir autorização através de um relatório com argumentos que justifiquem essa solicitação. Por outro lado a população que vive naquela margem terá que sair do local, fato este que aumenta a falta de segurança da futura estação.

Entretanto, além desses problemas, esse ponto testado, fica muito longe da Barragem de Jirau, o que não é conveniente para instalar a futura possível estação JIR2, como se observa no mapa da **Figura 1**, lembrando que os sismos induzidos por reservatórios normalmente ocorrem na sua porção mais profunda, que neste caso fica entre JIR1 e a Barragem da UHE Jirau.

Atualmente não existem, na margem esquerda do Reservatório Jirau, possibilidades de ocupar outro local, além do testado, para JIR2. Por esse motivo, considerando que o ponto testado tem vários inconvenientes, foi decidido procurar um local na margem direita desse reservatório.

2.2 Testes Efetuados na Visita de Outubro de 2012

2.2.1 Localização dos pontos

Durante a visita realizada à área do Reservatório Jirau, no intervalo entre 29 e 31 de outubro de 2012, foram realizados testes de ruído sísmico instrumental, em dois pontos na margem direita desse reservatório, localizados nas proximidades de Nova Mutum, com a finalidade de selecionar o local para instalação da Estação Sismográfica JIR2. Ver mapa da **Figura 4**.



Figura 4- Mapa mostrando a localização dos pontos testados em outubro 2012, na margem direita do Reservatório Jirau, para sediar a Estação Sismográfica JIR2, o Ponto 1 localizado a 3 km ao sul de Nova Mutum e o Ponto Alternativo, a 7 km ao SW de Nova Mutum.

Inicialmente foi testado o Ponto 1, no dia 29 de outubro, e posteriormente, foi testado o Ponto Alternativo no dia 30 de outubro. Esses testes foram realizados por Jesus Berrocal e Sergio Rodrigues da **B&A**, com a participação de Marco Canedo e de Ana Teresa Mendonça, da **ESBR**. Detalhes dos pontos ocupados, Ponto1 e Ponto Alternativo, podem ser vistos nas **Fotos 1 e 2**, respectivamente.

Os testes instrumentais nesta oportunidade, também foram realizados utilizando um sísmógrafo REFTEK, semelhante ao instalado em JIR1, ou seja, um sísmógrafo de banda larga de alta amplificação, com registro digital.



Foto 1- Local testado no **Ponto 1**, em rocha aflorante, provavelmente um arenito da Formação Palmeiral, foi marcada com uma linha amarela mostrando a direção Norte. Um teste experimental prévio foi efetuado inicialmente num local próximo em um ponto marcado nessa foto com um pedaço de tronco, na direção da caminhonete que aparece nesta foto.



Foto 2- Afloramento de rocha, provavelmente também da Formação Palmeiral, mostrando um dos locais testados do **Ponto Alternativo**. A linha amarela indica a direção Norte nesse ponto.

2.2.2 Análise dos espectros

No Ponto 1 foram ocupados dois locais A e B, afastados em torno de 5 m um do outro, onde foram registrados dados, em pacotes de 5 min, durante 30 e 15 minutos respectivamente. Os espectros correspondentes são mostrados nas **Figuras 5 e 6**.

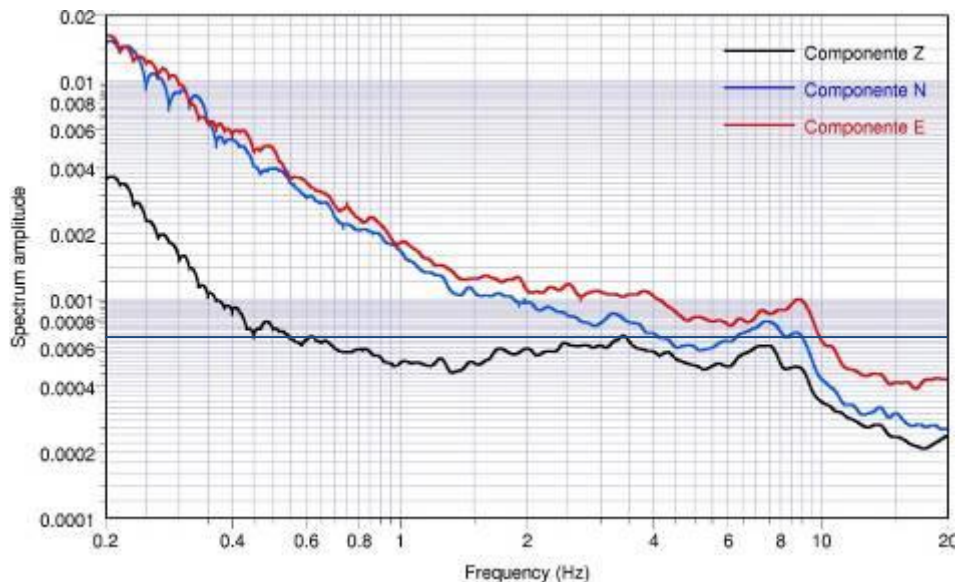


Figura 5- Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no **Ponto 1 local A**, no dia 29 de outubro de 2012, entre 14h 50min UT (10h 50min, hora local) e 15h 20min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz.

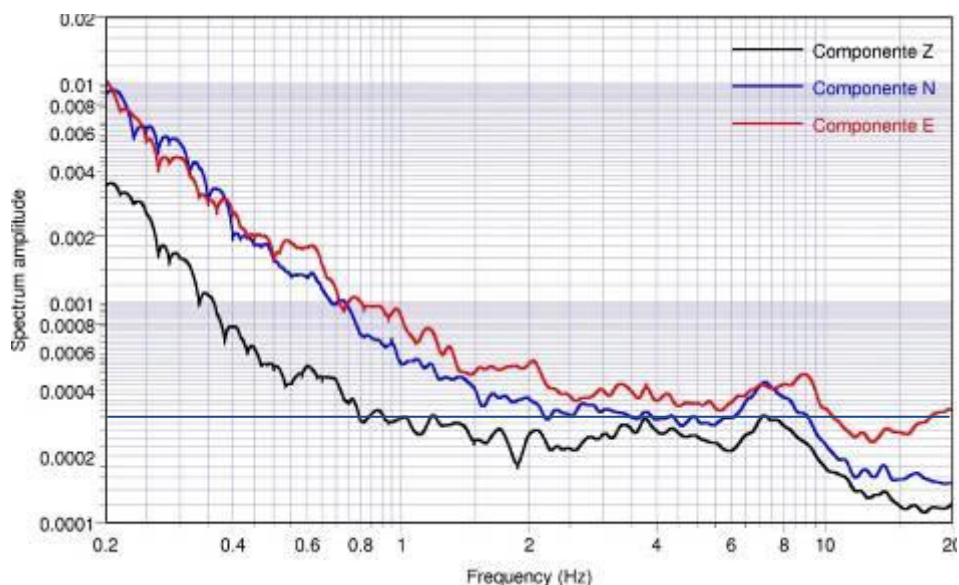


Figura 6- Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no **Ponto 1 local B**, no dia 29 de outubro de 2012, entre 15h 45min UT (11h 45min, hora local) e 16h 00min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz.

No Ponto Alternativo também foram ocupados dois locais, A e B, afastados em torno de 10 metros entre ambos, onde os dados foram registrados por 25 minutos em cada local, em pacotes de 5 min. Os espectros correspondentes são mostrados nas **Figuras 7 e 8**.

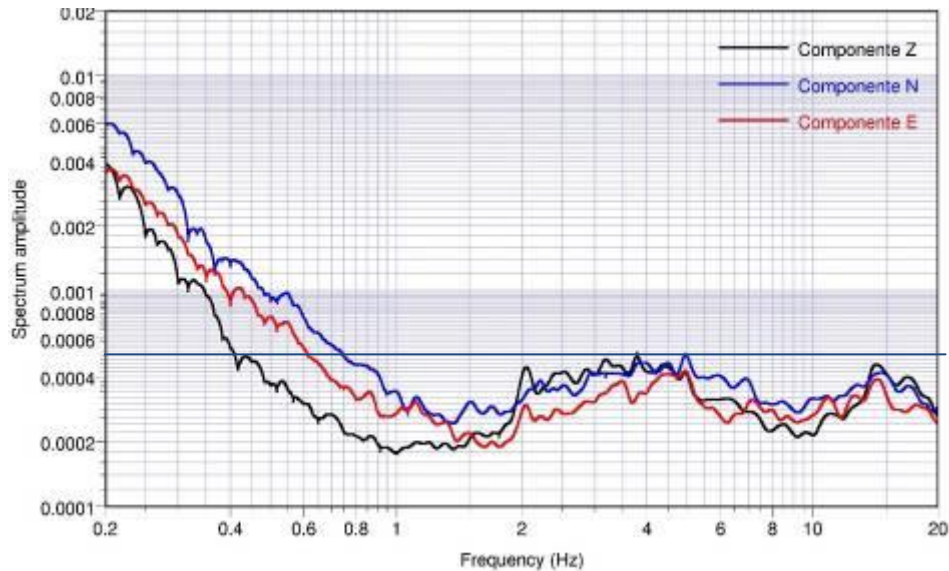


Figura 7- Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no **Ponto Alternativo local A**, no dia 30 de outubro de 2012, entre 13h 25min UT (09h 25min, hora local) e 13h 50min UT. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz.

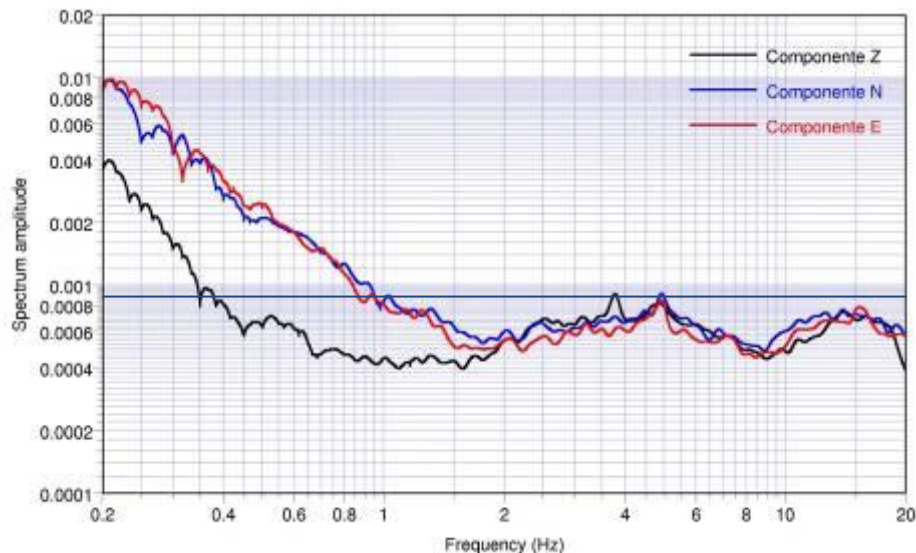


Figura 8- Espectro de potência do registro de ruído sísmico obtido no **Ponto Alternativo local B**, no dia 30 de outubro de 2012, entre 14h 10min UT (10h 10min, hora local) e 14h 35min. A linha horizontal preta mede a amplitude do pico máximo do ruído na componente vertical (Z), próximo de 4 Hz.

Os quatro espectros mostrados nas **Figuras 5 a 8**, apresentam formato parecido em termos gerais, que são próprios das características tectônicas e geológicas da área onde

se encontram os pontos testados neste experimento e das maiores fontes de ruído da área devido, principalmente, às obras no canteiro da UHE Jirau.

Nas baixas frequências, entre 0,2 a 1/2 Hz a componente vertical dos espectros apresenta um nível relativamente alto, que começa em 0,004 unidades espectrais de amplitude, e diminui até 0,0004 e 0,0002 dessas unidades. Este ruído de baixa frequência é provocado por fontes muito distantes, que são provavelmente causadas pelas ondas marinhas. Neste intervalo de frequências, em todos os casos, as componentes horizontais têm maior amplitude que a componente vertical que é mais estável, devido à influência das variações de temperatura no sensor que não estava protegido, que é maior nas componentes horizontais. Por este motivo, as medições de amplitude efetuadas nos espectros deste experimento, são feitas na componente vertical.

Nas frequências intermediárias, entre 2 e 8/10 Hz, o ruído registrado corresponde a ruídos provocados por trabalho em obras de engenharia de grande porte não muito distantes, neste caso esse ruído corresponde às obras que estão sendo executadas no canteiro de obras da UHE Jirau, localizadas a 13 km do Ponto 1 e a 7 km do Ponto Alternativo. Este tipo de ruído está bem caracterizado nos espectros dos locais do Ponto Alternativo (**Figuras 7 e 8**), principalmente no Ponto Alternativo A (o ponto que está num desvio do caminho de acesso ao sítio do proprietário). Neste caso o pico máximo da componente vertical tem uma amplitude de 0,0005 unidades espectrais, contra 0,0009 unidades do local B deste Ponto Alternativo (o local cujo afloramento foi pintado com a linha Norte, da **Foto 2**). Neste **Ponto Alternativo**, o **local A** é melhor que o **local B**.

Esse ruído intermediário, entre 2 e 8/10 Hz, não está bem caracterizado nos espectros dos locais do Ponto 1, distante 13 km das obras da UHE Jirau, como pode ser visto nos espectros das **Figuras 5 e 6**. Medindo as amplitudes da componente vertical nestes espectros, nas proximidades de 4 Hz, obtemos amplitude máxima de 0,0007 e 0,0003 unidades espectrais para os locais A e B deste ponto. No **Ponto 1** o **local B** (mostrado com uma seta amarela na **Foto 1**) **apresenta um melhor resultado que o local A** (local do tronco nessa foto).

O ruído de alta frequência, acima de 10 Hz é causado por fontes locais, muito próximas do ponto de registro, normalmente britadeiras, linhas de trem, fábricas com equipamento pesado, ou estradas com alto nível de tráfego, localizadas a distâncias menores que 1 km. Esse ruído está presente somente no **Ponto Alternativo** (espectros das **Figuras 7 e 8**), com amplitudes próximas de 0,0005 e 0,0008 nos **locais A e B** deste ponto. No

Ponto 1 a amplitude dos picos máximos nas altas frequências, na componente vertical, tem amplitudes menores que 0,0002 unidades espectrais no **local A (Figura 5)** e próximas de 0,0001 no **local B (Figura 6)**.

A análise do ruído nas frequências intermediárias e nas altas frequências mostra que nos Pontos 1 e Alternativo, onde foram testados dois locais, um desses locais apresenta melhores resultados (ruído de menor amplitude), como se observa no local B do Ponto 1 (espectro da **Figura 8**) e no local A do Ponto Alternativo (espectro da **Figura 7**). Entre os locais Ponto 1 B e Ponto Alternativo A, o local com menos ruído é o local do Ponto 1 B. **Por este resultado o local B do Ponto 1 é o que apresenta melhor resultado para a instalação de JIR2, considerando as menores amplitudes nos espectros das frequências intermediárias e altas, que correspondem às frequências provocadas por sismos locais, que são o principal objetivo da auscultação das estações sismográficas em Jirau.**

2.2.3 Análise dos sismogramas

Nas **Figuras 9 e 10** se apresentam os sismogramas de alguns intervalos registrados no Ponto 1 em 29 de outubro, em pacotes de 5 minutos de registro, tanto do local A, quanto do local B, que mostram o nível de ruído sísmico natural e o ruído local provocado pelo vento e por outras fontes de ruído, muito próximo dos locais testados neste ponto.

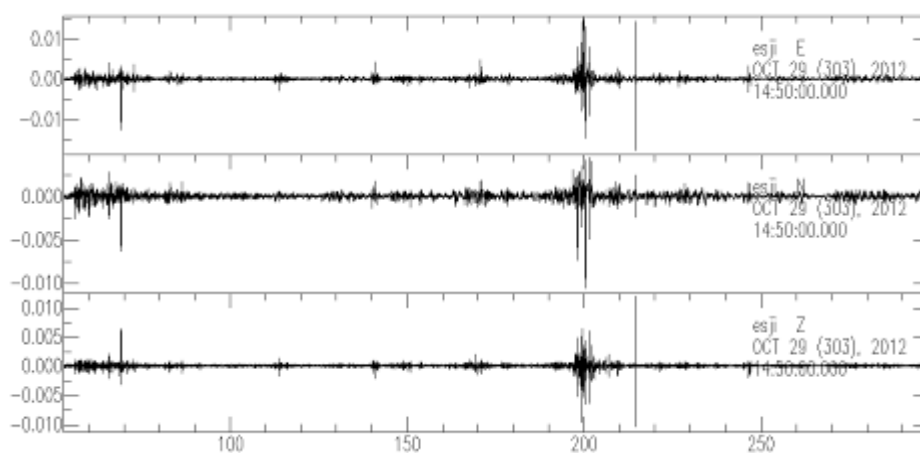


Figura 9- Sismograma registrado no **Ponto 1 local A**, no pacote das 14h 50min de 29 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no registro inferior.

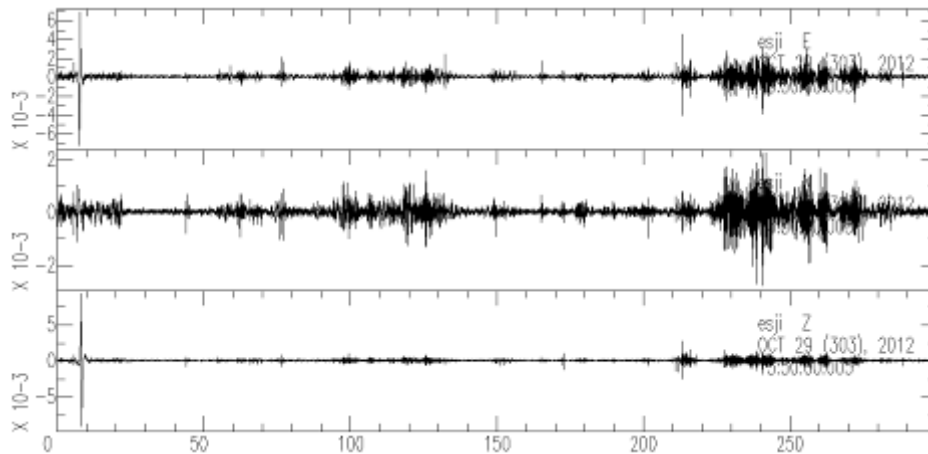


Figura 10- Sismograma registrado no **Ponto 1 local B**, no pacote das 15h 50min de 29 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. Neste local começou a ventar na direção N-S, que afetou o sensor que não estava protegido. Por esse motivo o ruído tem maior amplitude na componente NS que é o segundo canal.

Nas figuras em continuação se apresentam os sismogramas de alguns intervalos registrados no **Ponto Alternativo** em 30 de outubro, em pacotes de 5 minutos, primeiro no local A e posteriormente no local B, que mostram o nível de ruído sísmico natural e o ruído local provocado pela passagem de alguns veículos pela rodovia BR 364 que está em torno de 350 m dos locais testados neste ponto. O horário de passagem e o tipo de veículo foram anotados.

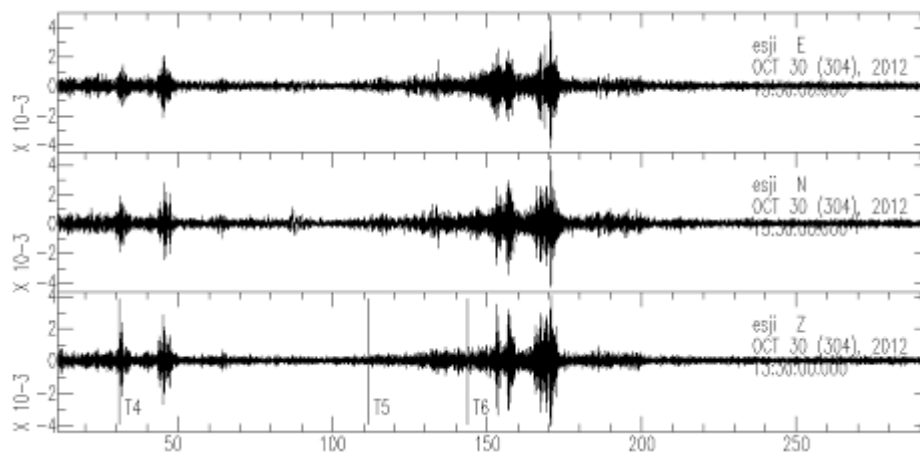


Figura 11- Sismograma registrado no **Ponto Alternativo local A**, no pacote das 13h 30min de 30 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. No tempo marcado como T4 passagem de um caminhão grande, no T5 uma caminhonete e no tempo T6, próximo do segundo 150, passaram 2 caminhões em sentido contrário.

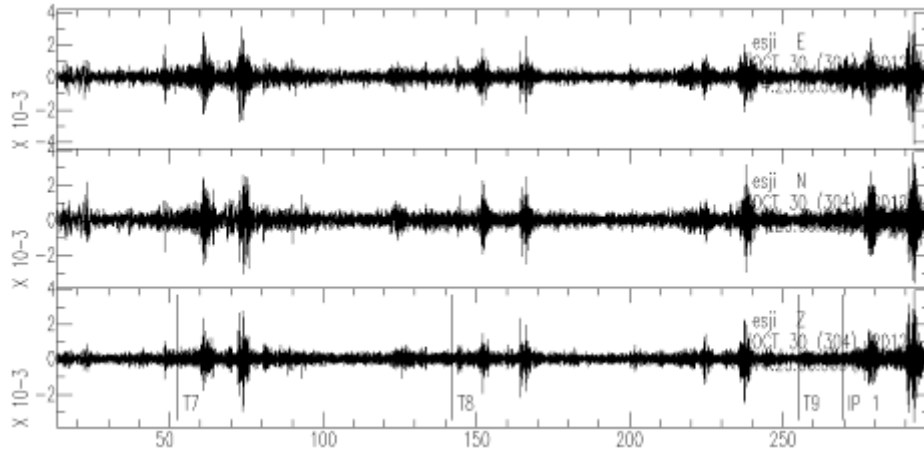


Figura 12- Sismograma registrado no **Ponto Alternativo local B** no pacote das 14h 25min de 30 Out. A componente vertical (Z) está mostrada no canal inferior. No tempo marcado como T7 corresponde a passagem de dois caminhões em sentido contrário, no tempo T8 a passagem de um caminhão pequeno, em T9 mostra a passagem de um pequeno ônibus e no tempo IP 1 um caminhão carregado.

Nos espectros correspondentes aos locais A e B do Ponto Alternativo, podemos observar que os ruídos com alta frequência (acima de 10 Hz) mostrados nas **Figuras 7 e 8**, são relativamente altos com amplitudes máximas da ordem de 0,0005 no local A e de 0,0008 no local B. Nas frequências baixas e intermediárias esses espectros também apresentam amplitudes menores no local A que no local B, o que **nos permite concluir que o afloramento no local A do Ponto Alternativo é mais firme que o do local B deste ponto.**

Esta conclusão não é possível confirmar nos sismogramas obtidos nos dois locais do Ponto Alternativo. Entretanto, é possível verificar que os sismogramas dos locais do Ponto Alternativo são bem mais ruidosos que os sismogramas do Ponto 1. Isto pode ser comprovado pela largura dos traços nos sismogramas nos momentos em que o sismógrafo não está sendo afetado por ruídos locais (vento ou veículos próximos), tal como pode ser visto se comparamos o traço da componente vertical (terceiro canal em ambos sismogramas) do sismograma da **Figura 10 (local B do Ponto 1)** com o traço similar da **Figura 11 (local A do Ponto Alternativo)**, que estão com a mesma escala vertical. **Com base nesta comparação, pode ser concluído que, pela análise dos sismogramas o local B do Ponto 1 é mais calmo, do ponto de vista sismológico, que o local A do Ponto Alternativo, confirmando a conclusão obtida da análise dos espectros deste experimento.**

Com base nesta análise foi recomendado o local B do Ponto 1 como o local selecionado para instalar a Estação Sismográfica JIR2.

3 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA JIR2

A Estação Sismográfica JIR2 da UHE Jirau foi instalada nas seguintes coordenadas: Latitude **9°19'14.35"S**, Longitude **64°33'03.15"W** e altitude **161 metros** com base em medições de ruído sísmico local com registro instrumental, em vários locais selecionados pela sua posição com relação a localização de JIR1, da porção mais profunda do Reservatório Jirau e da distância ao canteiro de obras da UHE Jirau.

Na **Figura 13** é apresentada a localização da Estação Sismográfica JIR2, que está distante aproximadamente 13 km da Barragem Jirau, 3 km de Nova Mutum Paraná, e em torno de 7 km da rodovia BR-364 por uma trilha de terra que segue até a estação, como mostrado na **Figura 14**.

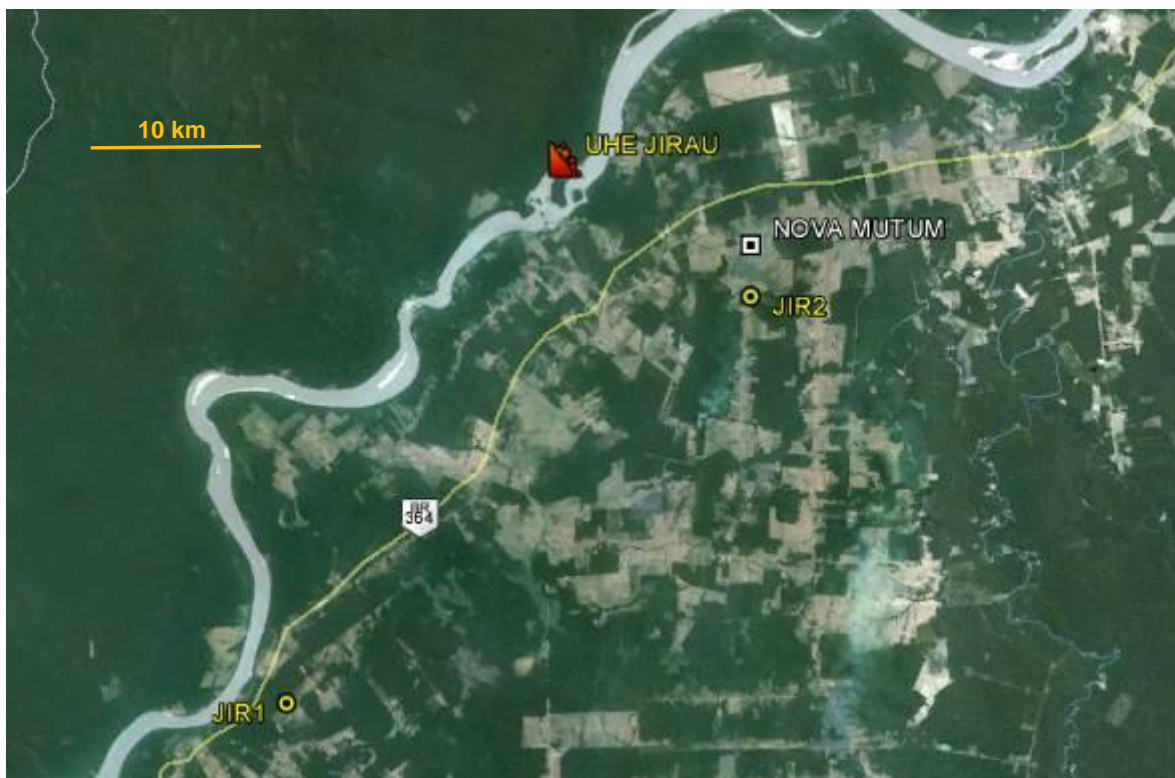


Figura 23. Mapa de localização da Estação Sismográfica JIR2 da UHE Jirau em relação ao canteiro de obras da Barragem Jirau (distância de 13 km em linha reta) e a 3 km de Nova Mutum Paraná.

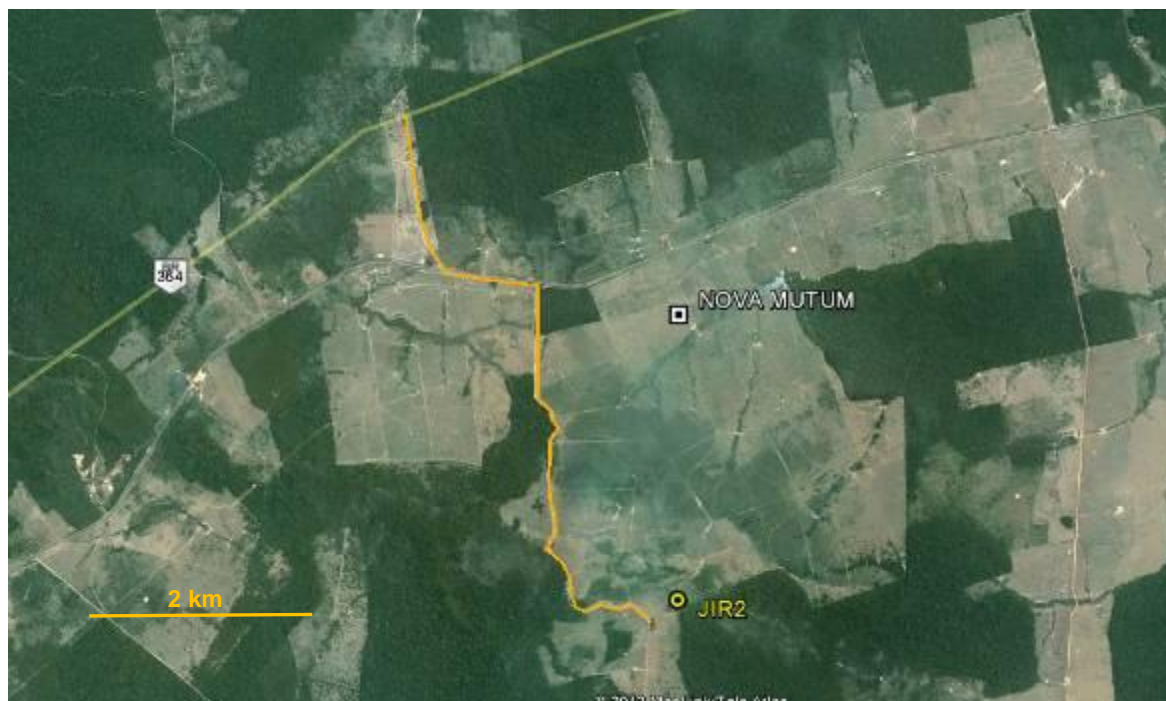


Figura 14 - Detalhes do caminho de terra para JIR2 a partir da rodovia BR-364.

4 INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA JIR2 DA UHE JIRAU

4.1 Recepção e testes dos sismógrafos importados em 2011 pela ESBR

Nos dias 05 e 06 de junho de 2011 foram efetuados a recepção e os testes dos equipamentos sismográficos recém-chegados a Jirau, pelos técnicos da **B&A** (Jesus Berrocal, Danilo Domingos e Sergio Rodrigues), para verificar o conteúdo das caixas recebidas, as condições físicas dos equipamentos e acessório comprados e para testar o funcionamento desses equipamentos.

Ao todo foram quatro caixas de papelão que continham, resumidamente, 2 sismômetros de banda larga, 2 registradores, 1 palm-top e os acessórios de cada sismógrafo. Nas **Tabelas 1 a 4**, e nas **Fotos 3 a 6**, se mostra o conteúdo de cada uma das caixas correspondente aos equipamentos e acessórios do sismógrafo que foi instalado em JIR2.

Tabela 1 - CAIXA 1 DE 4

#	Q	Item	ESBR	JIR1
A	1	Maleta para registrador e acessórios Serial/N 0586 130-FIELD CASE Case, Transit, holds one 130, GPS, Cables	X	

Tabela 2 - Maleta S/N 0585 (caixa 1)

Item	Q	Item	ESBR	JIR1
A	1	Registrador DAS-130 Serial/N B12C (*) 130-01/6 Recorder, 3 rd Generation, High Resolution RT527C-B01 Assembly, PCB, Sensor Control Board, 130-01 130-FIRMWARE/STAND Software, 130 DAS's, Standard	X	
B	3	Discos de memória flash 130-FLASH/4G Disk, Flash Memory, 4GB, CF Type 1, -20C to 60C	X	
C	1	Inversor + cabo de tomada comum 130-8039 Assembly, Power Supply, AC, for 130 DAS	X	
D	2	Leitores de memória flash Kingston 130-READER-USB Reader, CF I/II/III, External, USB, 2 Slot	X	
E	1	Cabo GPS-DAS 130-8015-33 Assembly, Cable, GPS to 130 DAS, Ext., 33' (10m)	X	
F	1	Cabo REDE-DAS 130-8019 Assembly, Cable, NET, 130 to Ethernet Hub	X	
G	1	Cabo Bateria 12V-DAS 130-8075 Assembly, Cable, Power, 130 to Battery, 6' (2m)	X	
H	1	GPS S/N 8899 130-GPS Receiver/Clock	X	

(*) O registrador S/N B12C apresentou um problema do display, mas foi corrigido através de um downgrade em seu firmware, por orientação da REF TEK.

Tabela 3 - CAIXA 2 DE 4

Item	Q	Item	ESBR	JIR1
A	1	Caixa de alumínio para Sensor 151-30	X	
B	1	Sensor 151-30 Serial/N 11301 151-30 Seismometer, 3 Component, 30 secs to 50Hz, w/Case	X	
C	1	Cabo Sensor-DAS(*) 130-8803-33 Assembly, Cable, 130-151-60/120 Sensor, 33'	X	
D	1	Tabela de calibração	X	
E	1	Par de chaves e ponteiros N/S	X	
F	1	Chave de ajuste de bolha	X	



Foto 3 - Conteúdo da Maleta 0585

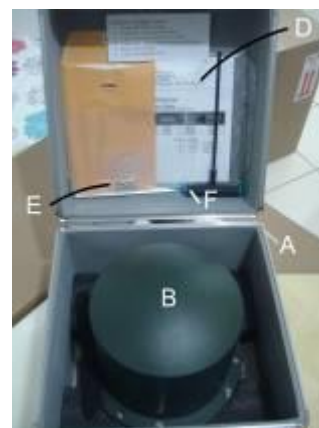


Foto 4 - Conteúdo da Caixa 2

Tabela 4 - CAIXA 4 DE 4

#	Q	Item	ESBR	JIR1
A	3	Catálogos REF TEK OPSDOCSET Manual, Operations, REF TEK Recorders	X	
B	1	Pacote com 3 CDs (softwares e documentação) OPSDOCSET/CD Manual, Operations, REF TEK Recorders, CD SW-DATAUTILS Software, Data Utilities SW-RTI/NC Software, REF TEK Interface	X	
C	1	PALM azul 130-PDA-KIT/NA Kit, PDA, Ruggedized, w/cables	X	
D	1	Cabo PALM-DAS	X	
E	1	Cabo PALM-PC	X	
F	1	Cabo PALM-carro (cigarro)	X	
G	1	CD com software do PALM	X	
H	1	Cabo de alimentação de tomada comum	X	

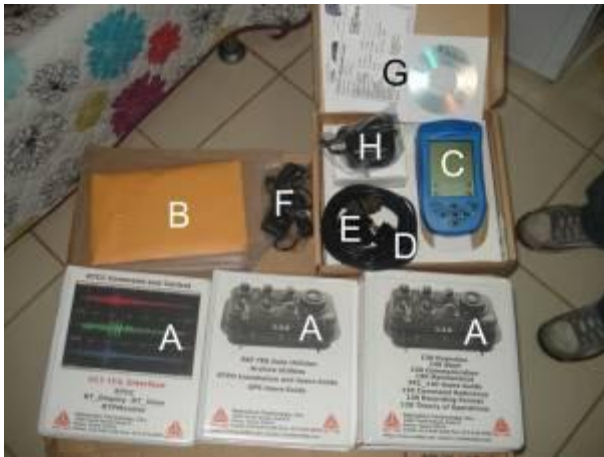


Foto 5 - Conteúdo da Caixa 4



Foto 6 - Arranjo para testes dos equipamentos

O GPS é listado e mostrado na **Tabela 2** e na **Foto 3**. O sensor de banda larga (30 s a 50 Hz) de três componentes e de alta sensibilidade (2.000 V/m/s), e seus acessórios estão listados e mostrados na **Tabela 3** e **Foto 4**. Na **Tabela 4** e **Foto 5** se encontram listados e mostrados, além do Palm-top (para comunicação com o registrador), os manuais e cabos correspondentes para uso do Palm.

Os equipamentos dos sismógrafos para as estações sismográficas de Jirau foram testados e calibrados em junho de 2011, quando eles foram recebidos em Jirau. Um dos arranjos que foram montados naquela época, para esses testes e calibração, é mostrado na **Foto 6**. Na **Tabela 5** se mostram os resultados dos testes com o Sensor 151-30, Serial/N 11301, que foi instalado em JIR2 e na **Tabela 6** são apresentados os valores dos

pólos e zeros que são utilizados para calcular o movimento real das partículas do terreno a partir das ondas sísmicas registradas no sismógrafo.

Tabela 5 - Calibração do sensor G11301.

Seismometer Serial No.	Component	Period (sec)	Damping Coefficient	Output Voltage Sensitivity	Calibration Sensitivity(m/s ² /A)
G11301VS	Vertical	30.0	0.696	2001.72	10.2392
	North/South	30.2	0.700	1991.86	9.9410
	East/West	30.1	0.702	1999.66	9.8438

Tabela 6 - Pólos e zeros de ambos os sensores recebidos. Quatro pólos e 2 zeros iguais para ambos sensores.

#	Pólos	Zeros
1	-0.14810 +0.14810i	0
2	-0.14810 -0.14810i	0
3	-222.11 +222.11i	
4	-222.11 -222.11i	

Para o controle do funcionamento normal do sensor, este possui os dados da calibração original de fábrica, cujos registros estão contidos na tampa da caixa de alumínio que é utilizada para o transporte deste equipamento.

4.2 O abrigo da Estação Sismográfica JIR2

A cabine que foi construída pela ESBR para servir de abrigo para os equipamentos da Estação Sismográfica JIR2, é mostrada na **Foto 7**. Nas **Fotos 8 a 11** são mostrados alguns detalhes desse abrigo.



Foto 7 – Vista panorâmica da cabine que serve de abrigo para a Estação Sismográfica JIR2, construída em um afluente de arenito da Formação Palmeiral, do Proterozóico Superior (idade > 1,0 Ga).



Foto 8 – Uma aproximação da cabine de JIR2



Foto 9 – Vista parcial do interior da cabine



Foto 10 – Interior da Cabine mostrando a Sala do Sensor, com a sua base, no fundo, e a Sala do Registrador na frente..



Foto 11 – Teto da Sala do Sensor mostrando a placa de lã de vidro que também isola as paredes dessa sala.

4.3 Instalação do Sismógrafo de JIR2



Foto 12 – Preparativos para instalar o sensor.



Foto 13 – Instalando o sensor.



Foto 14 – O sensor já foi instalado e orientado na direção do norte geográfico.



Foto 15 – O sensor está sendo isolado com lã de vidro contra mudanças bruscas de pressão e de temperatura.



Foto 16 – O balde será fixado ao redor do sensor, para garantir um melhor isolamento.



Foto 17 – Registrador instalado na prateleira da Sala do Registrador, com todas as suas conexões plugadas: cabo do sensor, cabo da bateria e cabo do GPS.



Foto 18 - Bateria estacionária Freedom de 12 V e 70 Ah, para alimentar o sismógrafo de JIR2.



Foto 19 – Antena do GPS instalada fora da cabine, na parte superior a direita da porta (Ver **Foto 8**)

5 COMPROVAÇÃO DO FUNCIONAMENTO CORRETO DE JIR2

5.1 Sismo Ocorrido na Região de Nova Mutum em 15 de janeiro de 2013

As 22h54min (hora local de Rondônia) da noite de 15 de janeiro de 2013, ou 02h54min (UTC) de 16 de janeiro 20'13, foi sentido um tremor de terra na região de Nova Mutum, RO. As estações JIR1 e JIR2, instaladas pela **Berrocal & Associados** por solicitação da **Energia Sustentável do Brasil**, como parte do Monitoramento Sismológico da UHE Jirau, registraram este sismo.

As **Figuras 15** e **16** mostram o registro deste evento nas estações JIR1 e JIR2 respectivamente.

A análise dos dados do sismo de Nova Mutum foi realizada utilizando o software WAP, elaborado pela **B&A**. Com dados das três componentes de um sismógrafo digital é possível determinar o epicentro de um sismo local ou próximo, calculando o Back Azimute e a distância epicentral. O primeiro parâmetro é calculado através do movimento das partículas dos primeiros impulsos da onda P, e a distância epicentral é calculada com a diferença de chegada das ondas S e P, como se mostra nos diagramas das **Figuras 15** e **16**, que correspondem à utilização do programa WAP nos dados do sismo de 15 de janeiro, registrados em JIR1 e JIR2 respectivamente.

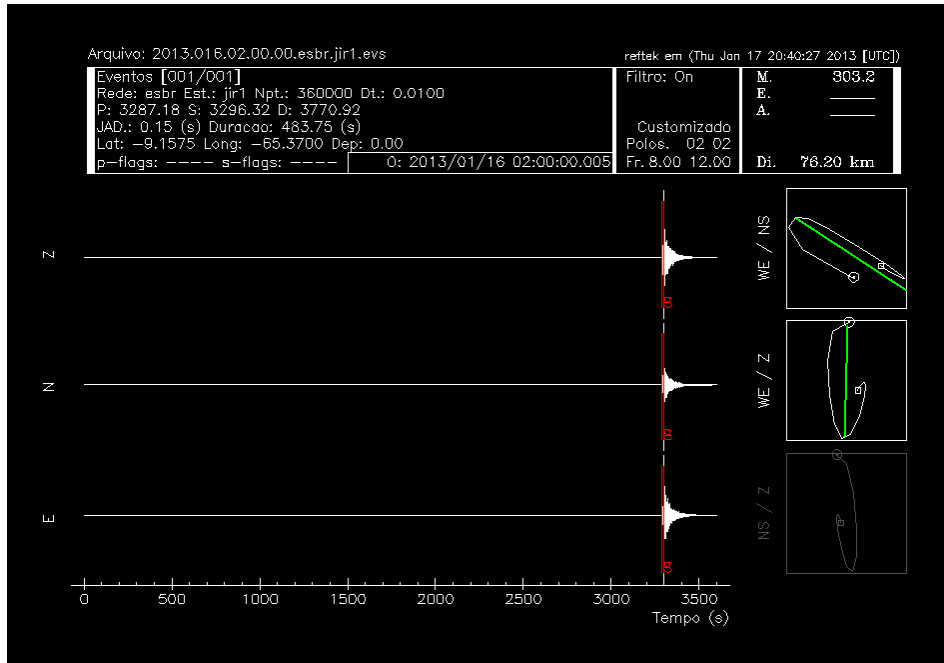


Figura 15 - Registro do sismo de Nova Mutum pela estação JIR1.

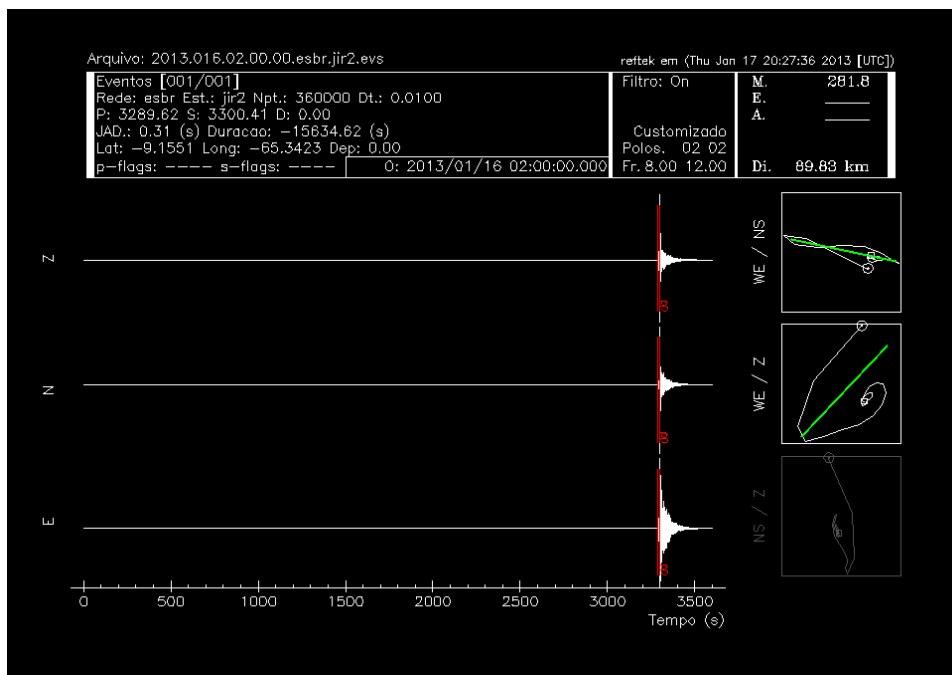


Figura 16 - Registro do sismo de Nova Mutum na estação JIR2.

Nas **Figuras 17 a 19** se apresentam sismogramas ampliados com detalhes das marcações das ondas P e S nos registros de JIR1.

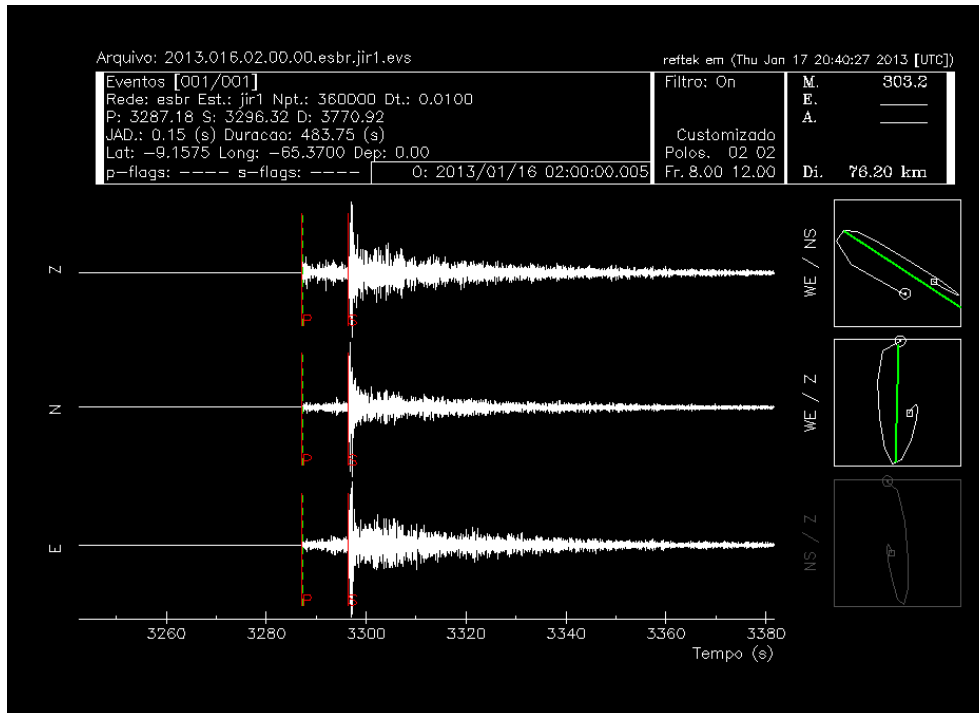


Figura 17 – Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR1.

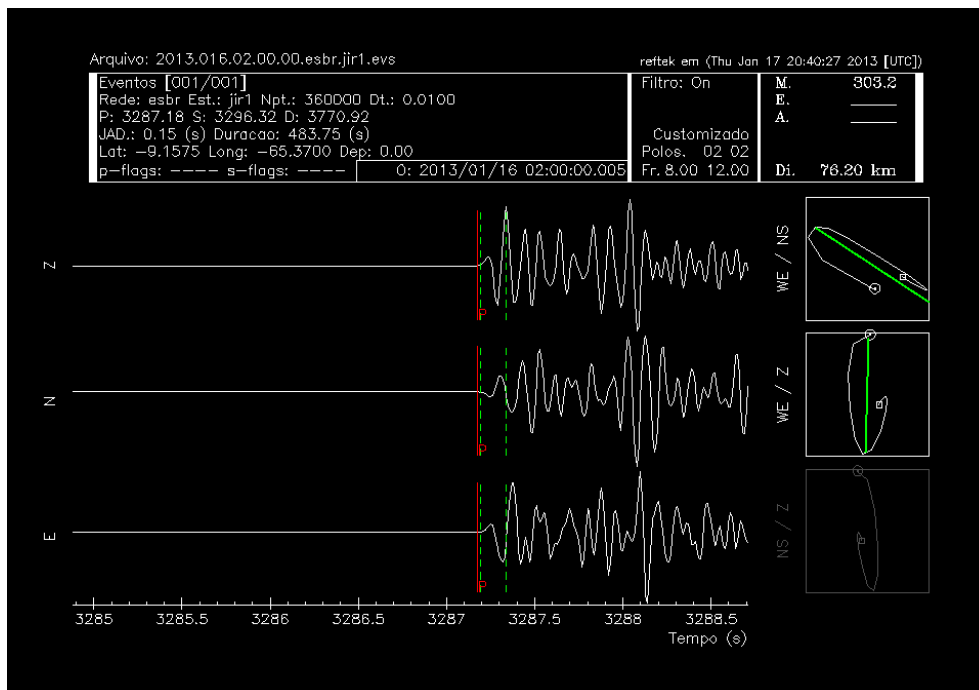


Figura 18 - Ampliação do início do sismograma de JIR1 do sismo de 15 de janeiro, mostrando a chegada da onda P. O backazimute obtido foi de 303,2°.

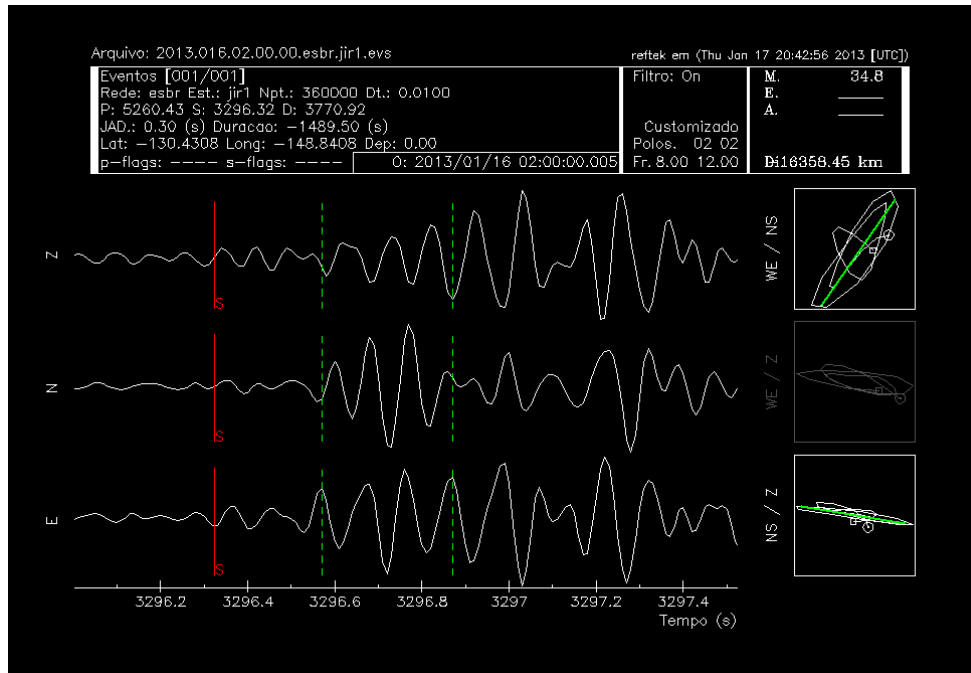


Figura 19 - Ampliação do sismograma de JIR1 mostrando a chegada da onda S. Nota-se o backazimute calculado, de 34,8°, perpendicular ao azimute da onda P.

Nas **Figuras 20 a 22** se apresentam sismogramas ampliados com detalhes das marcações das ondas P e S nos registros de JIR2.

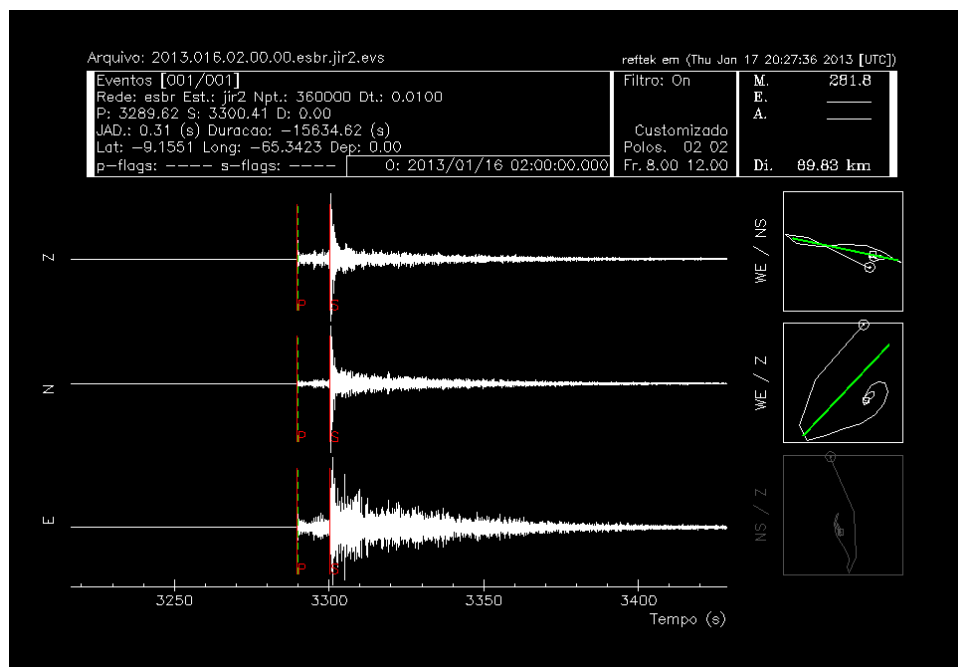


Figura 20 - Sismograma completo do sismo de 15 de janeiro, registrado em JIR2.

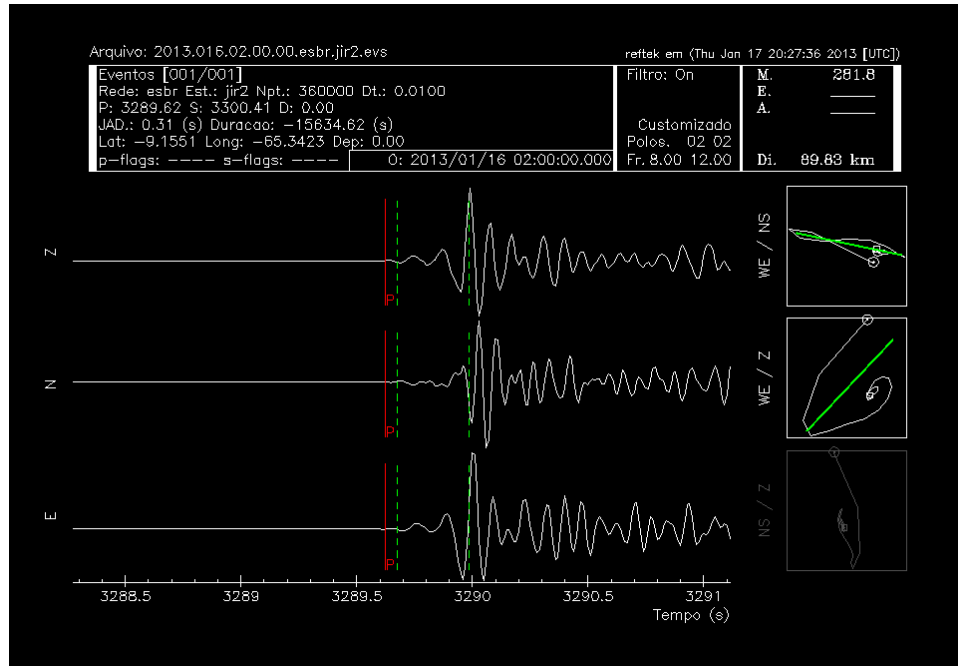


Figura 21 - Ampliação do início do sismograma de JIR2 do sismo de 15 de janeiro, mostrando a chegada da onda P. O backazimute obtido foi de $281,8^\circ$.

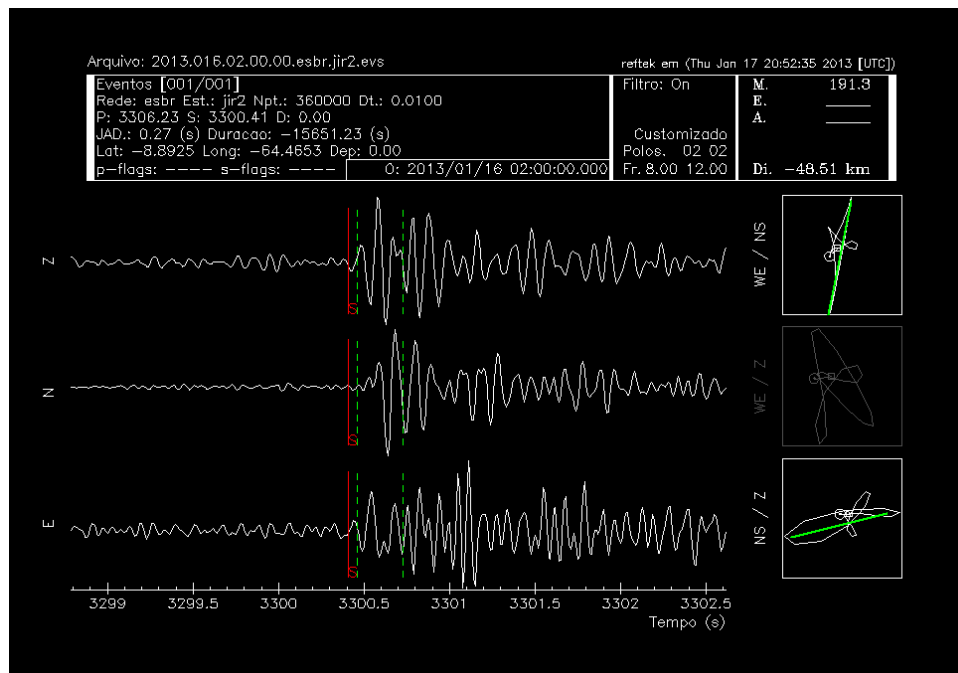


Figura 22 - Ampliação do sismograma de JIR2 mostrando a chegada da onda S. Nota-se o backazimute calculado, de $191,3^\circ$, perpendicular ao azimute da onda P.

Na **Tabela 7** se apresentam os parâmetros epicentrais desse sismo de Nova Mutum obtidos pela análise com o software WAP dos registros de JIR1 e JIR2. Na **Figura 23** se mostra os epicentros determinados com os dados de JIR1 (epicentro 1) e com os dados da estação JIR2 (epicentro 2)

Tabela 7 - Parâmetros epicentrais do sismo ocorrido em Nova Mutum em 15/01/2013 às 22h:54min (hora local de Rondônia), registrados pelas estações JIR1 e JIR2.

ESTAÇÃO	LAT	LONG	Distância (km)	bckAz	D(s)	m_b
JIR1	-9,1575	-65,3700	76,20	303,2	422,96	3,8
JIR2	-9,1551	-65,3423	89,83	281,8	393,203	3,7



Figura 23 - Mapa com as estações representadas pelos triângulos e os epicentros determinados com JIR1, círculo 1 e JIR2, círculo 2. A distância entre os epicentros é de 3 km.

5.2 Telessismo Ocorrido no Peru em 16 de Janeiro de 2013

Um pequeno telessismo de magnitude m_b 4,3 ocorrido em 16/01/2013, às 07:04:15 (UTC) no Peru foi registrado pelas duas estações sismográficas JIR1 e JIR2. Na **Tabela 8** se mostram os dados hipocentrais deste evento. As distâncias e os backazimutes foram calculados para as duas estações através do programa *disaz* e também são mostrados na **Tabela 8**.

Tabela 8 - Dados hipocentrais do telessismo ocorrido no Peru e as distâncias epicentrais e os backazimutes calculados para as estações JIR1 e JIR2.

Estação	LAT	LONG	h (km)	Mw	Distância em graus	bckAz
JIR1	-5,795	-76,876	26,7	4,3	12,534	286,364
JIR2					12,709	285,125

Com os dados da Tabela 8 foi possível calcular a hora esperada de chegada das ondas desse sismo nas estações sismográficas JIR1 e JIR2, com o qual foi possível localizar os registros desse sismo nos dados dessas estações, como pode ser visto nos sismogramas das **Figuras 24 e 25**.

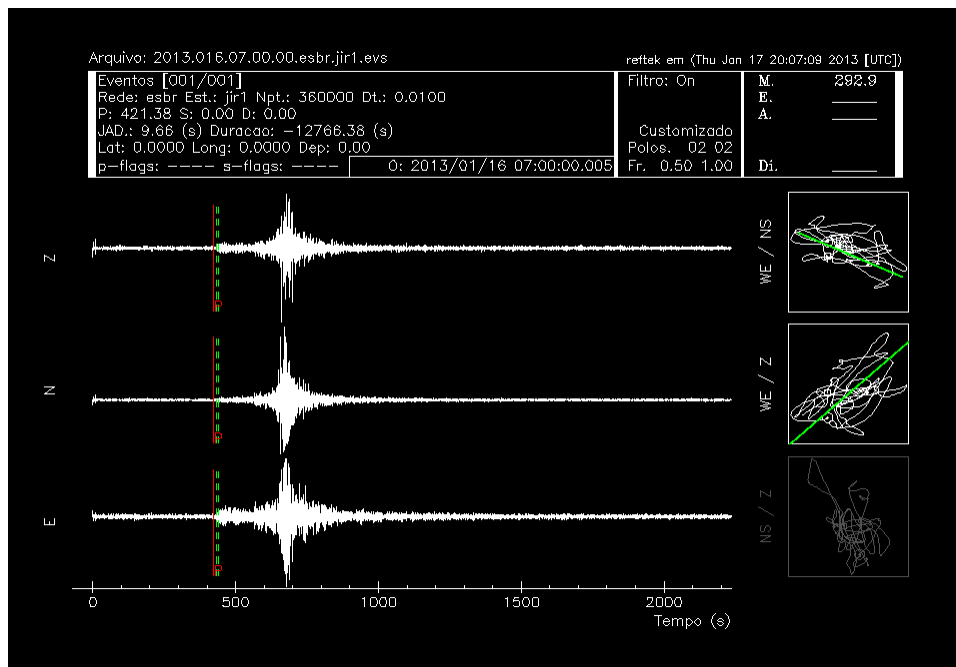


Figura 24 - Telessismo ocorrido no Peru registrado pela JIR1. Nota-se o valor do backazimute ($292,9^\circ$) coerente com o calculado pelo programa *disaz* e mostrado na **Tabela 8**.

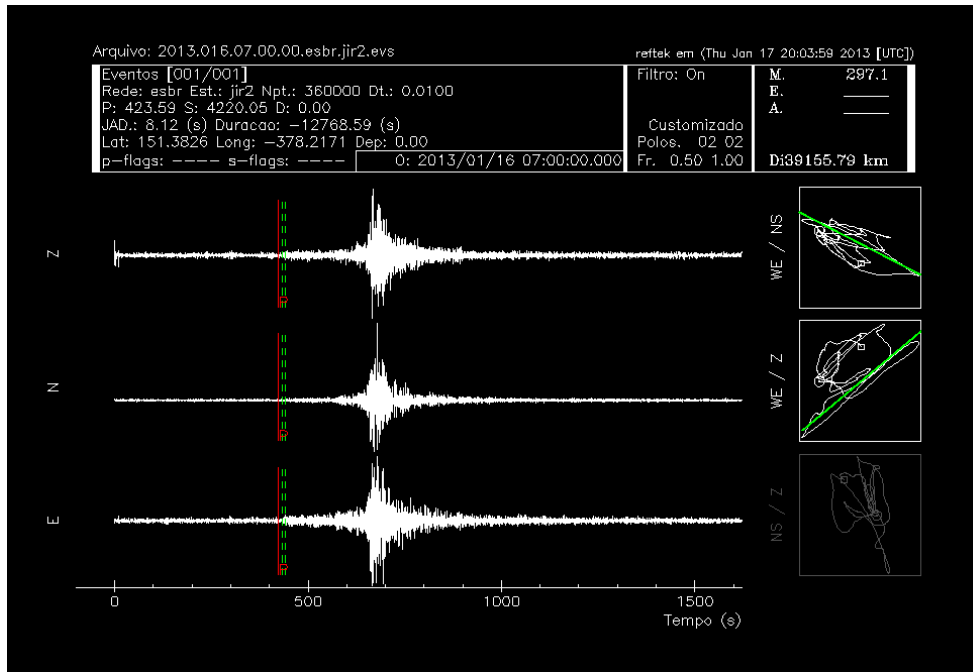


Figura 25 - Telessismo de magnitude m_b 4,3 ocorrido em 16 de janeiro no Peru registrado na estação JIR2. Nota-se o backazimute ($297,1^\circ$) coerente com o obtido pelo disaz.e mostrado na Tabela 8.

A posição relativa do epicentro desse sismo ocorrido no Peru e das estações sismográficas JIR1 e JIR2, é mostrada no mapa da **Figura 26**



Figura 26 - Mapa mostrando o epicentro do telessismo ocorrido no Peru em 16 de janeiro de 2013 e as estações JIR1 e JIR2 (triângulos brancos).

6 CONCLUSÕES

PRIMEIRA CONCLUSÃO

A Estação Sismográfica JIR2 foi instalada no dia 15 de janeiro de 2013 e se encontra operando normalmente desde as 20h (hora local de Rondônia) dessa data, ou 00h do dia 16 de janeiro no tempo universal (UTC).

SEGUNDA CONCLUSÃO

No intervalo de operação de JIR2 até o dia 18 de janeiro, foram registrados dois sismos importantes, um sismo local com magnitude m_b 3,8 as 22h 54min do dia 15 de janeiro (02h 54min do dia 16, hora UTC), cujo epicentro, ocorrido a 77 km oeste do Reservatório Jirau, foi determinado com dados das estações sismográficas JIR1 e JIR2, e um telessismo de magnitude moderada, m_b 4,3, ocorrido em 16/01/2013, às 07:04:15 (UTC) no Peru, que foi registrado nitidamente nas estações JIR1 e JIR2, mostrando que ambas estações estão operando corretamente.