

# Projeto Básico Ambiental (PBA)

## UHE Teles Pires

### P.06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

<b>Equipe Responsável pela Elaboração do Programa</b>			
<b>Responsável</b>	<b>Registro Profissional</b>	<b>Cadastro Técnico Federal – IBAMA</b>	<b>Assinatura</b>
Alessandro Farinaccio	CREA 5060782999	285913	
Marlon Rogério Rocha	CREA 5061556731	460130	
Renata Cristina Moretti	CREA 5060276362-D	1031904	

<b>Controle de Revisão</b>			
<b>Revisão</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>	<b>Responsável/ Empresa</b>
00	03/03/2011	Revisão Técnica	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
01	03/05/2011	Revisão Técnica	Alessandro Farinaccio/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
02	21/07/2011 (Versão Final)	Revisão Técnica motivada pelo Parecer Técnico Nº 60/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA	Alessandro Farinaccio/ JGP Consultoria e Participações Ltda.

## **P.06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade**

### **1. Introdução / Justificativa**

A Sismicidade Induzida por Reservatórios, também referenciada pela sigla SIR, manifesta-se em locais onde os lagos foram formados sobre um substrato rochoso que se encontra próximo ao estado de ruptura em razão da ocorrência de falhamentos. Essa condição próxima da ruptura pode ser alterada pela formação do reservatório, em razão do peso adicional da água represada, do aumento da pressão intersticial e do alívio de esforço causado pela percolação de água através das fraturas das rochas.

A SIR já foi observada em vários reservatórios de usinas hidrelétricas do Brasil e do exterior, caracterizando impactos negativos diretamente relacionados. Para o Território Nacional são confirmados 17 eventos de sismicidade induzida por reservatórios, a maioria na região sudeste. São eles: Açú (RN), Balbina (AM), Capivara (PR/SP), Capivari - Cachoeira (PR), Carmo do Cajuru (MG), Emborcação (MG/GO), Furnas (MG), Jaguari (SP), Marimbondo (MG/SP), Miranda (MG), Nova Ponte (MG), Paraibuna-Paratinga (SP), Porto Colômbia e Volta Grande (MG/SP), Serra da Mesa (GO), Sobradinho (BA), Tucuruí (PA) e Xingó (SE/AL). Esses eventos sísmicos tiveram, em geral, baixa a média intensidade e magnitude, e ocorreram com maior frequência logo após o enchimento do reservatório, embora também tenham ocorrido com tempo de retardo em relação àquele do enchimento.

As maiores magnitudes de sismos induzidos registradas no Brasil foram de 4,2 mb e 4,0 mb, ocorridas, respectivamente, em Porto Colômbia e Volta Grande (em 24/02/74) e em Nova Ponte (em 22/05/1988), sendo suas intensidades estimadas entre VI e VII na escala Mercalli Modificada. Conforme disposto em Teixeira *et al.* (2000), os efeitos descritos para um sismo de grau de intensidade VI são os seguintes: sismo sentido por todos; muitos se assustam e saem às ruas; janelas, louças quebradas; reboco fraco e construção de má qualidade racham. Os referidos autores relacionam os seguintes efeitos para um sismo de grau de intensidade VII: difícil manter-se em pé; objetos suspensos vibram; algumas trincas em construções normais; escorregamentos de barrancos arenosos. Todos os outros eventos de sismicidade induzida registrados no país apresentaram magnitudes inferiores a 4,0 mb e intensidades iguais ou inferiores a VI.

A bacia do rio Teles Pires não apresenta um histórico de ocorrência de sismos induzidos em razão da inexistência de reservatórios com dimensões que possam interferir no regime de esforços crustais regional. Os reservatórios que já apresentaram sismicidade induzida localizados mais próximos do eixo da UHE Teles Pires são os de Balbina (AM), Tucuruí (PA) e Serra da Mesa (GO), distantes mais de 850 km, com eventos de magnitudes da ordem de 3,6 mb e 3,7 mb. Desta forma, não há parâmetros referenciais de outros reservatórios no norte do Mato Grosso ou sul do Pará que possam ser avaliados e correlacionados para o caso da UHE Teles Pires.

Informações constantes do Banco de Dados SISBRA, do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SIS/UnB), registram a ocorrência de alguns poucos sismos naturais de baixa magnitude (inferior a 2,0 mb) a cerca de 180 km do local do

barramento da UHE Teles Pires. Não obstante essa constatação considera-se que a análise sobre a sismicidade natural regional deve ser focada na discussão dos eventos sísmicos ocorridos na região de Porto dos Gaúchos, distante cerca de 250 km do local do barramento da UHE Teles Pires, por se tratar da região brasileira que apresenta a sismicidade mais expressiva em termos de magnitude, e, provavelmente, em termos de frequência sísmica (BARROS *et al.*, 2001). Na Zona Sismogênica de Porto dos Gaúchos foi registrado um sismo com magnitude de 6,2 mb.

Diante do exposto, e ainda considerando a ocorrência regional de falhamentos transcorrentes com direção SE-NW, justifica-se a implantação do Programa de Monitoramento da Sismicidade para o UHE Teles Pires, suprimindo a necessidade de caracterizar os esforços atuantes, a sismicidade induzida e o risco sísmico com base em dados instrumentais obtidos no local e nas áreas de influência do empreendimento.

Considerando que os sismos induzidos por reservatórios no Brasil, de maneira geral, não ultrapassam os valores da sismicidade natural, o monitoramento contínuo com estações locais, abrangendo um longo período antes do enchimento do reservatório, poderá esclarecer aspectos importantes da sismicidade natural e contribuir para o prognóstico sobre a ocorrência de sismicidade induzida na área do empreendimento.

## **2. Objetivos**

O monitoramento sísmológico a ser executado no âmbito do PBA da UHE Teles Pires tem por objetivo avaliar a atividade sísmica induzida pelo reservatório a ser formado pelo barramento da usina.

Dessa forma, o monitoramento prevê o reconhecimento da atividade sísmica natural atual, por meio do registro e caracterização em período anterior ao enchimento, para comparação com o nível de atividade sísmica obtida durante e após esse evento. Essa comparação permitirá avaliar a eventual existência de impactos no nível de sismicidade devido ao enchimento do reservatório.

O monitoramento deverá registrar e caracterizar as ocorrências sísmicas naturais e aquelas induzidas pela formação do reservatório da UHE Teles Pires, abrangendo o período anterior ao enchimento, o de enchimento e o de pós-enchimento. Para a execução desse monitoramento será instalada uma rede de monitoramento local composta por três estações triaxiais independentes, mas que formam uma rede. Também serão utilizados os dados de estações regionais já existentes, obtidos junto a cadastros de instituições, universidades e empresas.

O monitoramento tem ainda, por objetivo associado, registrar os sismos gerados nas detonações que serão executadas na escavação da base da barragem e diferenciá-los dos sismos naturais que eventualmente ocorram antes da formação do reservatório. Contudo, ressalta-se que não é objetivo do programa o monitoramento de vibrações e ultra-lançamentos ocasionados nas detonações, estando essa atividade vinculada ao Programa Ambiental para Construção (PAC).

O desenvolvimento do Programa permitirá, ainda, obter a correlação entre os sismos e as feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas e área de influência dos eventos.

O Programa de Monitoramento da Sismicidade visa a mitigar o impacto “Ocorrência de Sismicidade Induzida”, ocasionado pela nova situação a ser imposta ao rio Teles Pires pelo barramento da UHE.

### **3. Metas**

As metas para o Programa de Monitoramento da Sismicidade são as seguintes:

- Adquirir e instalar as 3 estações sismográficas da rede de monitoramento;
- Caracterizar a sismicidade natural da área antes do período de enchimento do reservatório;
- Monitorar as atividades sísmicas eventualmente induzidas pela formação do reservatório imediatamente após a fase de enchimento do mesmo;
- Monitorar as atividades sísmicas promovidas pelas detonações a serem executadas por ocasião das escavações das obras;
- Identificar medidas relativas à minimização de impactos decorrentes do enchimento e das obras;
- Promover inter-relações com outros programas de monitoramento do meio físico, tais como os Programas de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos (P.07) e Monitoramento das Águas Subterrâneas (P.09);
- Em interação com o Programa de Interação e Comunicação Social, esclarecer a população sobre a possibilidade de ocorrência de eventos sísmicos induzidos e seus possíveis efeitos.

### **4. Área de Abrangência**

A abrangência do Programa de Monitoramento da Sismicidade está diretamente associada à abrangência do impacto da “Ocorrência de Sismicidade Induzida”, que foi avaliada como sendo regional, uma vez que os eventos sísmicos poderão afetar tanto a ADA e a AID, como também a AII.

### **5. Base Legal e Normativa**

Não há, na legislação ou mesmo nas instituições normativas nacionais, referências legais e normativas que estabeleçam recomendações ou considerações específicas sobre o monitoramento sismográfico de reservatórios.

Destaca-se, contudo, a NBR 15421:2006 - Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento, que fixa os requisitos exigíveis para verificação da segurança das estruturas usuais da construção civil relativamente às ações de sismos e os critérios de quantificação destas ações e das resistências a serem consideradas no projeto das estruturas de edificações, quaisquer que sejam sua classe e destino, salvo os casos

previstos em Normas Brasileiras específicas. Essa NBR, por sua vez, complementa a ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, aprovada pela norma internacional ISO 19338:2007.

No âmbito internacional, a ICOLD - *International Commission on Large Dams* da UNESCO (<http://www.icold-cigb.net/>) apresenta uma série de artigos técnicos e científicos a respeito do tema. A ICOLD é uma instituição não governamental que tem por objetivo promover fóruns de discussão e intercâmbio de conhecimentos e experiências na área de Engenharia de Barragens, e que possui instituições-membros em grande parte dos países, incluindo no Brasil o CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens.

Outro importante órgão de referência internacional é o ICODS - *Interagency Committee on Dam Safety*, que preparou e aprovou as diretrizes federais para a segurança de barragens (Federal Guidelines for Dam Safety), entre as quais se destaca a diretriz referente às análises de terremotos e projeto de barragens (*Earthquake Analyses and Design of Dams*), publicada pela FEMA em maio de 2005.

## **6. Metodologia / Atividades a serem desenvolvidas**

Os procedimentos metodológicos a serem empregados para implementação do Programa são divididos em três fases distintas, que são:

1. Período prévio à existência do reservatório;
2. Período de enchimento do reservatório;
3. Operação.

Descreve-se a seguir, de forma simplificada, o escopo de cada uma das fases relacionadas acima. Qualquer alteração porventura realizada no presente Programa deverá ser previamente enviada ao IBAMA, para análise e aprovação.

### **Período prévio à existência do reservatório**

A sismicidade natural de uma região onde se pretende construir uma grande obra de engenharia, como é o caso do UHE Teles Pires, deve ser estudada em um período anterior à construção da barragem. Tal procedimento envolve a estimativa do risco sísmico na região de interesse, o que é feito por meio da análise do catálogo sísmológico, com considerações sobre os níveis de cobertura do mesmo, determinação da relação frequência x magnitude, e estimativa dos valores de probabilidade de ocorrência de danos materiais significativos que possam danificar uma estrutura construída no local escolhido para a barragem.

Nesta fase de estudos, o problema normalmente envolve o conhecimento restrito da sismicidade natural, devido à recente ocupação das áreas envolvidas pelo homem, em níveis demográficos que permitam uma cobertura suficiente para registrar, em meios de comunicação, os sismos que possam ter ocorrido no passado.

Assim, torna-se necessário o acompanhamento da sismicidade natural da área antes do início da construção da barragem, de forma que se possa conhecer o “nível de base”, que poderia ser também tratado como “nível zero” de atividade sísmica naquela área. Com tal conhecimento, estará estabelecida a atividade regional, que servirá de base para as duas etapas seguintes.

#### Período de enchimento do reservatório

Nesta fase é importante o monitoramento da atividade sísmica regional e o acompanhamento dos eventos ocorridos durante a obra. Nesse último caso, referente ao período de construção das estruturas (atividade anterior à fase de enchimento do reservatório), deve-se observar o comportamento e localização das pedreiras instaladas para fornecimento de material para a construção da barragem.

No período de enchimento do reservatório (após a obtenção de todos os dados da atividade regional e dos dados obtidos no monitoramento durante as obras de construção da barragem), necessita-se de informações relativas ao nível da água dentro do reservatório. Tal informação é importante para estabelecer uma correlação entre o eventual aumento no nível de atividade sísmica e o enchimento do reservatório. Deve-se lembrar, no entanto, que tal correlação não é necessariamente positiva, visto que o aumento na sismicidade pode não estar correlacionado com o enchimento do reservatório.

#### Operação

Concluído o enchimento do reservatório, o acompanhamento da atividade sísmica regional deve ter continuidade. Nesse caso, é importante o controle da variação do nível de água do reservatório, bem como da atividade sísmica gerada eventualmente por explosões (desmontes de rocha a fogos) realizadas em pedreiras comerciais da região e outras escavações locais com o uso de explosivos (se houver). Isso permite estabelecer as possíveis correlações entre a variação do nível da água e o aumento ou diminuição do nível de atividade sísmica regional.

O monitoramento sismológico por um período contínuo permite a verificação da atividade sísmica da região e o acompanhamento da atividade (que pode aumentar ou diminuir a qualquer momento), e evita problemas de desmobilização da rede. Com um acompanhamento contínuo dos níveis de atividade sísmica, é possível detectar eventuais problemas com antecedência.

As atividades previstas nas três etapas são descritas a seguir:

### **6.1 Caracterização detalhada da sismicidade da área**

A caracterização detalhada da sismicidade da área será feita por meio de uma complementação do levantamento de dados e interpretação dos mesmos para um raio de 350 km a partir do eixo do barramento da UHE Teles Pires, conforme efetuado nos

estudos do EIA-RIMA da UHE Teles Pires (EPA/LEME-CONCREMAT, 2010) para o período até 2008, contemplando os seguintes aspectos:

- Relação de todos os eventos sísmicos naturais e induzidos por reservatórios registrados ou sentidos dentro da área, com a data, coordenadas, localidade, estado, intensidade, magnitude, área afetada, distância do ponto de interesse;
- Obtenção de mapas de isossistas para eventos significativos, naturais e induzidos;
- Localização e características de estações sismográficas de interesse para a área;
- Obtenção de plantas de localização dos eventos, individualizando aqueles naturais e induzidos;
- Correlação com estruturas geológicas da área.

## **6.2 Aquisição / instalação da rede sismográfica**

Inicialmente, a rede de monitoramento será composta por três estações sismográficas triaxiais independentes, mas que formem uma rede, a serem instaladas na AID ou nas proximidades. As estações triaxiais são capazes individualmente de obter dados das vibrações geradas tanto perpendicularmente (verticais), como as vibrações paralelas à superfície do terreno (horizontais), formando assim um sistema tridimensional. Desta forma, o sismômetro triaxial, possui três sensores integrados e dispostos da seguinte forma: dois posicionados horizontalmente e perpendicularmente entre si, e um verticalmente posicionado.

A estação sismográfica operada por rádio-telemetria é composta por uma unidade de aquisição de dados, um sismômetro, rádios transceptores, uma central de recepção concentradora de dados e um sistema de alimentação de energia. Esse conjunto de equipamentos deve ser abrigado e protegido

A configuração da rede sismográfica poderá ser alterada, dependendo das necessidades de cobertura de uma possível área de atividade sísmica mais ou menos limitada, considerando a futura implantação de outros empreendimentos no trecho de aproveitamento do rio Teles Pires (UHEs São Manuel, Colíder e Sinop, e UHE Foz do Apicás, no rio Apicás), conforme já citado.

Para a rede de sismogramas, o sistema a ser implantado deverá ter a seguinte configuração:

- 3 sismômetros de banda ampla de período, com cabo para o digitalizador;
- 3 digitalizadores de alta resolução, de 24 bits e com memória interna;
- 3 discos rígidos para registro do sinal gerado pelos digitalizadores, com capacidade superior a 4 Gbytes;
- Cabos de conexão dos elementos dos sistemas;
- 3 receptores GPS com a antenas e cabos correspondentes;
- 1 PC do tipo palmtop com cartão PCMCIA e software necessário para a manutenção dos sismômetros;

Cada uma das estações contará com sistema de rádio-transmissão, para transmissão dos registros obtidos pelos sismômetros. O acesso às informações dar-se-á de maneira remota, sem a previsão de coleta manual dos dados. Contudo, os sismogramas deverão permitir, caso necessário, a coleta de dados diretamente dos aparelhos.

Quando necessária a obtenção de dados diretamente dos equipamentos, serão alocados técnicos qualificados da empresa/instituição conveniada responsável pela obtenção e análise dos dados, ou integrante da equipe de gestão ambiental da CHTP devidamente treinado para tal atividade. Em todos os casos, serão apresentados, por ocasião dos relatórios periódicos, os registros de qualificação técnica e/ou de treinamentos para tal atividade.

Além dos equipamentos relacionados acima, cada estação deverá contar com uma bateria automotiva e carregador para a mesma.

Em cada estação será necessário, ainda, construir abrigos para os equipamentos de digitalização e de registro (pequena caixa d'água de PVC) e para o sismômetro (caixa de alvenaria construída no local ou pequena caixa d'água enterrada no solo). Tais abrigos deverão ser instalados no interior de área cercada com tela metálica, para isolamento e segurança do sistema.

Dessa forma, as estações sismográficas preferencialmente deverão estar situadas em áreas que permitam a vigilância constante dos equipamentos da estação, como por exemplo, nas dependências do site da UHE Teles Pires, e em outros locais protegidos como junto às estações climatológicas, desde que tecnicamente seja permitido. No caso da instalação em área fora do canteiro ou do sítio de construção as estações serão prioritariamente implantadas em áreas habitadas como sede de fazendas permitindo a vigilância pelos moradores. Neste caso a CHTP manterá um canal de fácil comunicação (fone fixo/celular/rádio) com estes, de modo a atender eventuais demandas decorrentes de qualquer alteração nas condições físicas e de operação dos equipamentos.

De qualquer forma, a cada 2 meses será realizada inspeção por funcionários da CHTP nos locais de instalação das estações para checagem das condições estruturais dos abrigos. Deverá também ser disponibilizada energia elétrica (220 ou 110 V) em cada local.

Os locais de instalação das estações deverão ser previamente selecionados a partir da realização de testes de ruído em diferentes pontos da área. Os projetos das instalações para abrigar as estações deverão ser elaborados contemplando as principais justificativas para a seleção do local. Ao final da instalação, os equipamentos serão calibrados e será emitido um relatório contendo as atividades desenvolvidas, a localização das estações e as características dos equipamentos instalados. O pessoal designado para operação das estações deverá receber treinamento específico para os trabalhos.

Para a operação das estações será elaborado ainda, um plano de manutenção preventiva/corretiva, de modo a garantir o funcionamento contínuo das mesmas, sem prejuízo ao Programa de Monitoramento da Sismicidade.



### **6.3 Monitoramento da sismicidade, acompanhamento do programa e interpretação dos resultados**

O monitoramento da atividade sísmica será iniciado logo após a instalação da rede sismográfica, prosseguindo durante toda a etapa de implantação das obras, e por toda a vida útil do empreendimento, com geração e leitura de sismogramas. Para a correta interpretação dos sismogramas, deverá ser disponibilizado o registro das explosões realizadas na área do reservatório, em pedreiras e escavações para implantação das obras, bem como o registro do nível d'água do rio Teles Pires / reservatório. Também serão coletadas informações macrossísmicas para enquadrar o nível de sismicidade da área na escala Mercalli Modificada.

A operação das estações requer a manutenção periódica dos equipamentos e pessoal treinado para os trabalhos. Caso a estação não seja equipada por equipamentos de rádio-transmissão, a coleta dos sismogramas deverá ser efetuada por um técnico capacitado para essa função.

Além dos dados obtidos por meio da rede instalada no entorno do reservatório, o monitoramento da sismicidade considerará também aqueles obtidos pelas estações regionais localizadas no Centro Oeste e Norte do País. Os relatórios abordando a análise dos dados serão elaborados com frequência trimestral ou por ocasião da ocorrência eventual de sismos considerados importantes. A necessidade de instalação de estações sismográficas adicionais e/ou relocação de estações para a correta localização dos eventos será avaliada após os primeiros resultados. Esta avaliação será pautada nos resultados obtidos nos sismos gerados na fase de construção pelas explosões que vierem ocorrer no processo de desmonte de rocha a fogo, bem como, nos resultados obtidos na caracterização detalhada da sismicidade da área, prevista neste programa. A fase de enchimento do reservatório também servirá para balizar a localização das estações propostas. Outros critérios a depender dos resultados obtidos poderão ser adotados para avaliação da correta operação das estações sismográficas.

Cumprido ressaltar que o número de estações propostas atendem os objetivos do programa, uma vez que se tratam de estações triaxiais, e que por si só, são capazes de estabelecer individualmente as triangulações necessárias na avaliação dos sismos.

### **6.4 Esclarecimentos à população**

Utilizando a estrutura implementada para desenvolvimento do **Programa de Interação e Comunicação Social**, será prestado esclarecimento à população sobre efeitos decorrentes de possíveis eventos sísmicos induzidos, e orientação para eventos emergenciais.

## **7. Indicadores de Desempenho**

O desempenho do Programa poderá ser avaliado pelos seguintes indicadores:

- Correta operação da rede sismográfica para detecção dos sismos naturais e induzidos que venham a ocorrer, podendo ser quantificado pelo número de dias de inoperância por trimestre conforme a seguir:

*Fase de Obras, Enchimento e Operação*

1. Desempenho ótimo: interrupções de até 2 dias consecutivos em uma única vez no trimestre;
2. Desempenho regular: interrupções de até 2 dias consecutivos, em até 3 vezes no trimestre;
3. Desempenho baixo: interrupções acima de 2 dias consecutivos e acima de 3 vezes no trimestre

A partir dos casos de inoperância com desempenho regular, será acionada a empresa responsável pela operação dos equipamentos para avaliação quanto à necessidade de reparo ou substituição destes.

Independentemente, toda verificação de interrupção no funcionamento de dois dias consecutivos demandará uma ação corretiva, com registro dos procedimentos adotados na correção. Tal ocorrência será informada nos Relatórios do Programa de Monitoramento da Sismicidade. O número de ações corretivas no trimestre também será um indicador de desempenho do programa, conforme a seguir:

1. Desempenho Ótimo: até 1 ação corretiva;
2. Desempenho Regular: entre 2 e 3 ações corretivas;
3. Desempenho Baixo: acima de 3 ações corretivas no trimestre.

Ressalta-se que a existência de uma rede com 3 estações triaxiais garante um desempenho adequado do programa, quanto ao registro dos sismos, uma vez que, no caso de falha de uma das estações, os registros serão garantidos por meio das outras duas estações triaxiais.

- N° de relatórios técnicos mensais consolidados com base nos dados reais obtidos da rede sismográfica, conforme critérios a seguir
1. Desempenho ótimo: nenhuma falha na execução de relatórios mensais;
  2. Desempenho regular: uma falha no trimestre;
  3. Desempenho baixo: duas falhas ou mais, sem a entrega de relatórios atrasados.

## **8. Etapas / Prazos**

O cronograma para o desenvolvimento das atividades apresentadas nas **Seções 6.1 a 6.4**, apresentado no final do presente Programa, está relacionado às etapas e fases do empreendimento, conforme segue:

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	<p><b>Etapa 1.1:</b> Caracterização detalhada da sismicidade: esta atividade deverá ser iniciada no primeiro mês após o início da implantação do empreendimento e deverá ser finalizada em um período máximo de três meses. Os levantamentos previstos nesta etapa são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamento da relação de todos os eventos sísmicos naturais e induzidos por reservatórios registrados ou sentidos dentro da área, com a data, coordenadas, localidade, estado, intensidade, magnitude, área afetada, distância do ponto de interesse;</li> <li>• Levantamento dos mapas de isossistas para eventos significativos, naturais e induzidos;</li> <li>• Identificação da localização e características de estações sismográficas de interesse para a área;</li> <li>• Levantamento de plantas de localização dos eventos, individualizando aqueles naturais e induzidos;</li> <li>• Correlação com estruturas geológicas da área.</li> </ul> <p><b>Etapa 1.2:</b> Estabelecimento de convênio com instituição/entidades envolvidas com acompanhamento e análise dos eventos sísmicos no âmbito nacional.</p>
<b>2</b>	<p><b>Etapa 2.1:</b> Seleção das áreas para implantação das estações sismográficas, com base na caracterização da sismicidade (Etapa 1) e a partir dos testes de ruído a serem realizados em diferentes pontos da área.</p> <p><b>Etapa 2.2:</b> Elaboração dos projetos das estações sismográficas.</p> <p><b>Etapa 2.3:</b> Aquisição e instalação de estações sismográficas: as estações sismográficas deverão ser adquiridas e instaladas imediatamente após a conclusão da caracterização detalhada da sismicidade, permitindo a obtenção de dados durante um período de tempo longo antes da formação do reservatório.</p>
<b>3</b>	<p><b>Etapa 3:</b> Monitoramento, acompanhamento e interpretação dos resultados: o monitoramento da sismicidade deverá ter início logo após a instalação da rede sismográfica, prosseguindo durante a etapa de implantação, e por toda a vida útil do empreendimento.</p>
<b>4</b>	<p><b>Etapa 4:</b> Em interação com o Programa de Interação Social e Comunicação, serão prestados esclarecimentos à população sobre a possibilidade de sismicidade induzida e seus efeitos, de forma a evitar surpresas à população local.</p>

## **9. Relatórios**

O Programa prevê a elaboração de um Relatório mensal, contendo as observações, análises e recomendações sobre os procedimentos a serem adotados com base na análise dos eventos registrados no período.

Semestralmente serão elaborados Relatórios de Consolidação, contendo todas as observações e interpretações de resultados, o qual será encaminhado ao órgão ambiental juntamente com os resultados dos demais Programas do PBA.

## **10. Recursos Humanos e Materiais Necessários**

A equipe técnica a ser alocada para operacionalização das atividades do Programa será composta minimamente por um geólogo/geofísico sênior responsável, um geólogo/geofísico júnior/pleno, e um técnico de nível médio.

Para a instalação das estações sismográficas será contratada empresa especializada, que será responsável por todos os serviços (escavação, instalação, cercamento, etc.).

A manutenção das estações deverá ocorrer por conta da empresa/instituição responsável pelo fornecimento dos sismogramas, mediante contrato com o empreendedor.

As duas equipes citadas anteriormente (de instalação e de manutenção) desenvolverão suas atividades sob coordenação do geólogo/geofísico sênior responsável pelo Programa.

Os materiais necessários são aqueles indicados na **Seção 6.2** do presente Programa.

## **11. Parcerias Recomendadas**

Prevê-se que o Programa será desenvolvido em convênio com entidades/instituições consolidadas e historicamente envolvidas com o acompanhamento e análise de eventos sísmicos no âmbito nacional e monitoramentos de empreendimentos similares, como, por exemplo, o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, ou ainda o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP).

Caso se julgue necessário, durante a implantação do Programa podem ser sugeridas parcerias específicas com entidades públicas e privadas, no âmbito governamental do poder executivo, câmaras técnicas ou institutos de pesquisa.

## **12. Interface com outros Planos, Programas e Projetos**

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do presente Programa permitem a correlação com algumas ações dos seguintes programas:

- Programa Ambiental da Construção (PAC);
- Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos;
- Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, e
- Programa de Interação e Comunicação Social.

O Programa Ambiental da Construção (PAC) deverá fornecer dados/registros das detonações ocorridas durante as escavações, as quais irão compor as informações da sismicidade natural prévia ao enchimento do reservatório.

A interface com o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos deve ser realizada no sentido de se avaliar a interferência de possíveis sismos na estabilidade das encostas que serão atingidas pelo aumento do nível das águas do rio quando este for represado.

Utilizando-se a estrutura do Programa de Interação e Comunicação Social, serão prestados esclarecimentos à população sobre efeitos decorrentes de possíveis eventos sísmicos e deverão ser ministrados treinamentos para as equipes de emergência da cidade de Altamira e para a população em caso da ocorrência de sismos com intensidades superiores a V na escala Mercalli.

### **13. Referências Bibliográficas**

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15421:2006** - Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 2006.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: 2007**- Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, jun. 2007.

BARROS, L.V., MARZA, V., CAIXETA, D. F., e CARVALHO, J.M. **Seismic Sequence in Porto dos Gaúchos/MT March/1998 Mainshock: Preliminary results.** 7º International Congr. of the Brazilian Geophysics, p 1322-1325, 2001.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 2ª Ed.

