



ALTA
RESOLUÇÃO

geofísica e geologia

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO DA USINA
HIDROELÉTRICA DE BAIXO IGUAÇU**

**4º BOLETIM MENSAL DE MONITORAMENTO
FASE DE PÓS-ENCHIMENTO (FASE 2)**

PERÍODO ENTRE 01 E 30 DE ABRIL DE 2019



MAIO DE 2019

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 03 |
| 2. OCORRÊNCIAS DE SISMOS INDUZIDOS | 04 |
| 3. OPERAÇÃO DA REDE DE ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS | 05 |
| 4. CONCLUSÕES | 07 |

1. INTRODUÇÃO

O presente boletim refere-se ao **Programa de Monitoramento Sismológico**, contido no **Programa Ambiental do EIA RIMA (Capítulo 12), Fase 2 – Pós-Enchimento**. Este é o **quarto boletim** de monitoramento da sismicidade após o reservatório da *Barragem-reservatório* UHE Baixo Iguaçu atingir a sua cota operacional. A área do reservatório irá abranger território dos municípios paranaenses de Capanema, Capitão Leônidas Marques, Nova Prata do Iguaçu, Planalto e Realeza.

Por exatos treze meses as atividades sísmicas no entorno do empreendimento hidroelétrico Baixo Iguaçu foi monitorada através de uma estação sismográfica denominada como BIPR1. A partir de 01 de dezembro de 2018 o monitoramento das eventuais atividades sísmicas passou a ser realizado através de uma rede sismográfica composta por três estações distribuídas num arranjo geográfico que permite cobrir todo o entorno da região do reservatório na sua capacidade máxima.

O objetivo da rede é monitorar a atividade sísmica regional e local do empreendimento UHE Baixo Iguaçu, decorrentes de movimentos tectônicos (sismicidade natural) e da atividade antrópica relacionada a detonações com explosivos e a partir do fechamento da barragem e enchimento do reservatório monitorar eventuais sismos induzidos ocasionados devido às novas condições de esforços provocados na região pelo reservatório.

O programa de monitoramento da atividade sísmica faz parte projeto básico ambiental do empreendimento UHE Baixo Iguaçu.

Desde o dia 13 de dezembro de 2018, as 13:30 h data e hora do início efetivo do fechamento das comportas e início do enchimento do lago recebemos informes da cota do nível d'água até atingir a cota operacional de 258 m no dia 18 de dezembro de 2018.

2. OCORRÊNCIAS DE SISMOS INDUZIDOS

As observações sobre a ocorrência de sismos induzidos mais consistentes se coadunam às premissas indicadas por diversos pesquisadores na segunda metade da década de 70 do século passado (por exemplo, os estudos de Gevin 1979), de que a sismicidade induzida deve refletir um ambiente geológico dinamicamente evoluído.

Na própria década de 70 a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (Unesco) percebendo a importância do tema se envolvia em discussão dos efeitos dos sismos induzidos na segurança das grandes barragens e da população, os estudos evoluíram rapidamente no sentido de esclarecer as causas dos fenômenos, enfatizando a ambiência geológica e as condições geotécnicas locais dos projetos hidráulicos e hidrelétricos.

Assim, as características essencialmente geométricas dos projetos de barragens e reservatórios (Marza et al. 1999) foram cedendo espaço nas discussões das causas de sismos induzido para aquelas de cunho neotectônico e geotécnico, motivando várias revisões sobre o assunto.

Para ocorrências de sismos induzidos, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraqueza do maciço rochoso subjacente ao reservatório, que estejam submetidos a estados críticos de tensão, ou seja, próximos à ruptura.

Além da infiltração d'água, a massa de água do reservatório representa uma carga adicional que causa um crescimento significativo na tensão elástica, e esse aumento pode contribuir para acelerar o processo liberação de energia através de caso o limite elástico do material rochoso ultrapasse para o rúptil.

De modo geral, o período mais crítico para esse tipo de monitoramento é justamente essa fase de enchimento. Estudos realizados em vários reservatórios têm mostrado

o início de alguma atividade sísmica ou mesmo um aumento na sismicidade local durante esta fase de execução. Baecher e Keeney (1982)* estimaram que exista 10% de probabilidade de ocorrer sismicidade induzida em reservatórios com barragens maiores que 35 m de altura.

3. OPERAÇÃO DA REDE DE ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS

O monitoramento sismológico da área do empreendimento Hidrelétrico UHE Baixo Iguaçu iniciou-se efetivamente no dia 29 de outubro de 2017 com a instalação da primeira estação sismográfica denominada BIPR1. A estação consiste de um sismógrafo digital e de um sismômetro triaxial fabricado pela empresa canadense Nanometrics. Este equipamento é classificado com de banda larga, ou seja, trabalha em uma ampla faixa de frequência sendo adequado para registrar sismos locais, regionais e também telessismos. Os procedimentos de instalação, bem como as características do equipamento foram descritas no 1º Relatório Trimestral de Instalação da Rede de Monitoramento Sismológico da UHE Baixo Iguaçu emitido em 18 de Fevereiro de 2018.

Entre os dias 17 e 29 de novembro de 2018 foram instaladas duas novas estações sismográficas (BIPR2 e BIPR3) implantando uma rede de monitoramento composta por três estações. As três estações estão incumbidas de monitorar por pelo menos vinte e quatro meses, as eventuais atividades sísmicas, que porventura venham ocorrer durante o enchimento e pós-enchimento do reservatório. Um relatório específico sobre a instalação das duas novas estações foi emitido juntamente com o último boletim quinzenal da fase de pré-enchimento.

As coordenadas geográficas de cada estação esta relacionada na tabela 1.

Tabela 1: Coordenadas geográficas em UTM com o Datum WGS84

| Coordenadas da rede de estações | | | |
|--|------|--------------|-------------|
| Nome da estação | FUSO | LATITUDE | LONGITUDE |
| BIPR1 | 22J | 7178442.22 S | 235486.62 E |

| | | | |
|-------|-----|--------------|-------------|
| BIPR2 | 22J | 7177302.41 S | 231189.56 E |
| BIPR3 | 22J | 7175398.24 S | 242180.22 E |

A Figura 1 mostra uma foto aérea do local do empreendimento e do local de instalação das estações.



Figura 1: Imagem aérea da região do empreendimento hidroelétrico Baixo Iguaçu. Os locais das estações estão representados pelos triângulos.

3.1 Análise dos Registros

Operação da Estação e Triagem dos Eventos

(01 a 30 de Abril de 2019)

Os registros analisados neste boletim abrangem o terceiro mês pós-enchimento, mais especificamente entre 01 a 31 de março de 2019.

A título de informação, as comportas foram fechadas às 13:30 h do dia 13 de dezembro de 2018, quando o rio encontrava-se na cota 243 m e no dia 18 de dezembro o reservatório já havia atingido a cota operacional de 258 m, ou seja, em

aproximadamente cinco dias a coluna d'água subiu 15 m. Portanto, este boletim contempla os registros do 104º ao 134º dia após atingir a cota operacional do reservatório. Essa informação é de suma importância, uma vez que a probabilidade de ocorrer atividades sísmicas induzidas justamente durante o processo de enchimento ou logo após o enchimento do reservatório é maior, haja vista a imposição de uma nova condição de esforços sobre a área de abrangência do reservatório.

As três estações sismográficas monitoraram e registraram de forma contínua todas as vibrações sísmicas no entorno do reservatório. Os dados (sismogramas) armazenados durante período, o qual se refere este boletim, foram analisados a fim de verificar a presença de eventos sísmicos que pudessem estar correlacionados a ocorrências de tremores decorrentes de sismos, principalmente eventos considerados locais, ou seja, num raio de até 100 km no entorno do barramento.

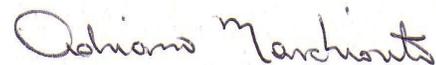
No período abrangendo o septuagésimo terceiro e centésimo quarto dia após atingir a cota operacional de 258 m não foi observada qualquer alteração no comportamento dos registros, em outras palavras, o nível do 'background' dos ruídos registrados permaneceu inalterado e pode-se afirmar que não houve qualquer registro de sismos de nenhuma natureza nas proximidades do empreendimento UHE Baixo Iguaçu no mês de janeiro de 2019.

4. CONCLUSÕES

Esse é o quarto boletim mensal após o início do enchimento do reservatório. Neste período, a verificação dos registros dos dados coletados nas três estações sismográficas manteve-se o mesmo comportamento apresentado antes do enchimento do lago e não foi detectada nenhuma atividade sísmica local de interesse para o empreendimento, ou seja, nenhum sismo com epicentro num raio de 100 km do empreendimento foi detectado.

A informação que não houve qualquer atividade sísmica no entorno do reservatório durante o enchimento e nesses primeiros quatro meses após atingir a cota operacional ganha destaque, uma vez que existe um novo rearranjo das condições dos esforços tectônicas na área de abrangência do reservatório e do seu entorno e isso pode disparar o início de atividades sísmicas num local até então sem qualquer atividade sísmica. Nesse sentido, o monitoramento sismográfico continuará pelo período mínimo de 24 meses após a data do enchimento.

São Paulo, 22 de maio de 2019.



Adriano Marchioreto DSc.
Alta Resolução Geofísica e Geologia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERROCAL, J., ASSUMPÇÃO, M. ANTEZANA, R., DIAS NETO, C. M., ORTEGA, R., FRANÇA, H. e VELOSO, J. A. V. 1984. **Sismicidade do Brasil**. São Paulo (SP), Instituto Astronômico e Geofísico – USP / Comissão Nacional de Energia Nuclear, 320 p.

BOLT, B. A. 1978. **Earthquakes. A primer**. San Francisco (USA), W. H. Freeman and Company, 241 p.

GEVIN, P. 1979. La seismicite induite par lês lacs reservoirs dans son contexte geologique dynamiquement considere. Paris (France), Revue Française de Géotechnique, n^o7, p.1-8.

MARZA, V.I., et al., 1999. Aspectos da Sismicidade Induzida por Reservatórios no Brasil. Belo Horizonte (MG), Anais do XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Comitê Brasileiro de Barragens, p. 199-211.

BAECHER, G.B. & KEENEY, R.L., 1982, Estatistical examination of Reservoir-induced seismicity. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 72, n^o2 p.553-569.

GUPTA, H.K., 1992. Reservoir-Induced Earthquakes. New Delhi (India), Current Science, Department of Science and Technology. Vol. 62, n^o 1 & 2.

BARROS, L. V., 2010, Sismicidade, Esforços Tectônicos e Estrutura Crustal da Zona Sísmica de Porto dos Gaúchos/MT. Brasília (DF), Tese de Doutorado, p 06.