



## Interpretação dos Registros dos Aparelhos de Auscultação da UHE Ilha Solteira<sup>(1)</sup>.

William Conte<sup>(2)</sup>; Fagner Alexandre Nunes de França<sup>(3)</sup>; Euclides Cestari Júnior<sup>(4)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; <sup>(2)</sup> Engenheiro Civil, W Conte Engenharia, Altinópolis, SP, williamconte.eng@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor Adjunto, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; <sup>(4)</sup> Engenheiro Civil, Companhia Energética de São Paulo.

**RESUMO:** Este trabalho refere-se a um estudo sobre os equipamentos de auscultação utilizados na barragem de terra, margem direita, da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, CESP. Inicialmente são abordados: o histórico e o tipo de barragem de terra, parâmetros e diretrizes para construção e manutenção de barragens, segurança de barragens no Brasil, funções dos equipamentos de auscultação, características dos instrumentos de auscultação em estudo e descrição da Barragem de Ilha Solteira. Na metodologia serão apresentadas a seção analisada e como os dados foram obtidos. Posteriormente, em resultados e discussão, são apresentados os dados e as análises obtidas através de medidor de nível da água e piezômetro de tudo da seção em estudo. O trabalho é finalizado apresentando às conclusões obtidas através dos equipamentos estudados e suas relações com a precipitação da região.

**Termos de indexação:** Equipamentos de auscultação; Barragem de terra; Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira.

### INTRODUÇÃO

Barragens são utilizadas desde a antiguidade com a finalidade de retenção e regularização dos regimes de água, assim, esse tipo de estrutura foi fundamental para o desenvolvimento e crescimento da humanidade. Cruz (1996) afirma que a construção de barragens é tão antiga quanto à história do homem e há registros da construção de barragens em praticamente todas as culturas. Atualmente a construção de barragens visa fins múltiplos, entre eles: geração de energia elétrica, irrigação, lazer, navegação, criação de peixes, controle de inundações e abastecimento para uso residencial, industrial e rural.

Barragens de terra, tipo de barragem em estudo, podem ser constituídas por diferentes tipos de solos compactados. Seu peso tem que ser suficiente de tal forma para resistir ao deslizamento e tombamento. Uma vez que é grande dimensão da base resulta que seja transmitido um pequeno esforço para a fundação.

Devido ao número crescente de construção de barragens, cada vez maiores e mais robustas, utilizando os mais diferentes tipos de materiais e métodos construtivos, foi criado o ICOLD (International Commission on Large Dams, ou Comissão Internacional de Grandes Barragens) no final da década de 1920. Entre algumas das finalidades desse comitê, encontra-se a definição de parâmetros e diretrizes para construção, manutenção e preservação de todos os tipos de barragens, pois até então não existiam padrões para esse tipo de construção.

No Brasil começou-se a preocupar com segurança de barragens depois dos acidentes ocorridos com as barragens de Euclides da Cunha e Armando de Salles Oliveira, ambas situadas no estado de São Paulo, acidentes ocorrido em 1977. O governo brasileiro chegou a emitir o Decreto nº 10752, referente à segurança de barragens e que recomendava auditoria técnicas constantes; tal decreto nunca foi implementado (CBDB, 2001).

Entre as formas de análise do comportamento estrutural da barragem, há os equipamentos de auscultação, que indicam diversos parâmetros, entre eles: pressão da água na rocha da fundação e nos poros da estrutura, pressão neutra, materiais sólidos carregados, temperatura, deslocamentos horizontais, verticais e torcionais, entre outros. Deve ser ressaltado que a utilização de instrumentos de auscultação é apenas um método de observação que relata o comportamento da estrutura, e não aumenta intrinsecamente a segurança desta. Serão analisados neste trabalho os medidores de nível d'água e os piezômetros de tubo.

### Medidores de nível d'água

O medidor de nível d'água, ilustrado na **figura 1**, tem a finalidade de determinar o nível que se encontra a água, o nível freático, ao longo do maciço. O tubo que constitui o instrumento é perfurado da extremidade inferior, que é a que fica enterrada no solo, e que permite a penetração da água, até o comprimento acima do nível que se encontra a água no interior da barragem.

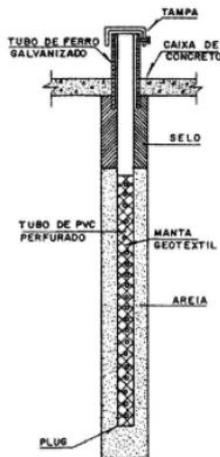


Figura 1- Medidor de Nível d'água

## Piezômetros

A finalidade dos piezômetros são determinar as pressões neutras que ocorrem nos maciços de terra e enrocamento, ou subpressões em contato com estruturas. Estes instrumentos são fundamentais no contexto da segurança de barragens e apesar de existir vários tipos de piezômetros disponíveis no mercado, cada qual com suas vantagens e limitações, será abordado somente o Piezômetro Standpipe, ilustrado na **figura 2**, que é o mais frequente na UHE de Ilha Solteira. Piezômetro Standpipe, também conhecido como piezômetro de tubo, é utilizado para medir a pressão nos locais onde são instalados e apesar de ser robusto, é confiável e apresenta longa vida utilização, além de ter baixo custo de implantação e apresentar desempenho satisfatório para os fins que foram criados.

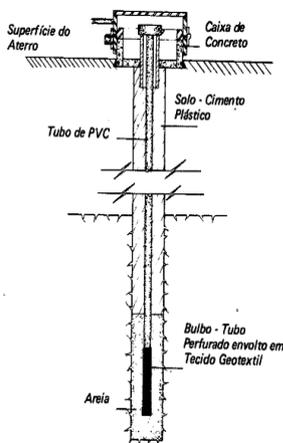


Figura 2- Piezômetro Standpipe

## Descrição da Barragem de Ilha Solteira

A Usina hidroelétrica de Ilha Solteira, indicada na **figura 3**, está localizada na bacia do rio Paraná, oeste do Estado de São Paulo, na Rodovia Ilha Solteira – Guadalupe, Km 7, entre os municípios de Ilha Solteira (SP) e Selvíria (MS). Em maio de 1965 foi iniciada a construção, com o primeiro grupo gerador operando em julho de 1973 e o último em dezembro de 1978. Esta UHE é a maior geradora sob o comando da Companhia Energética de São Paulo, CESP, e a terceira maior do Brasil.



Figura 3 – Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - CESP

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi analisada a seção da estaca 85+0,00m, margem direita, conforme ilustrada na **figura 4**, pois se encontra no corpo estrutural da barragem de terra, local onde há um significativo número de instrumentos de auscultação.

Os dados de todos os instrumentos de auscultação analisados no presente trabalho foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema Integrado da CESP (SICESP). Foram analisados os dados dos instrumentos a partir de 01/01/2001 até 31/12/2012.

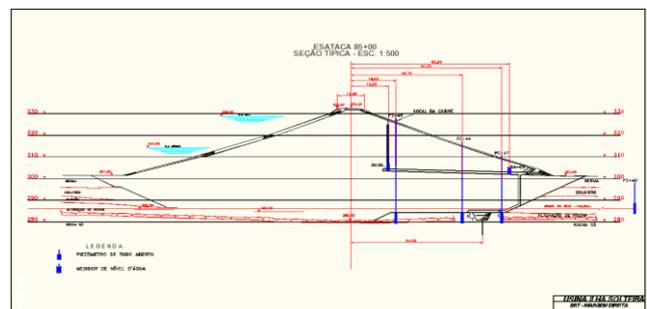


Figura 4 – Localização dos instrumentos da Estaca 85+0,00 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os dados referentes aos instrumentos medidores de nível d'água e



piezômetros de tubo, que se encontram na Estaca 85+0,00m, margem direita da UHE Ilha Solteira. Deve ser ressaltado que os gráficos de variação temporal de cada parâmetro apresentam trechos vagos (sem dados), referentes aos períodos com ausência de leituras no banco de dados do SICESP.

Nota-se a partir da leitura dos valores aferidos pelos instrumentos NA-04 e NA-05, **figura 5**, uma discrepância dos dados, isto é, em alguns anos há um aumento dos valores aferidos nos primeiros meses do ano, em seguida, diminui, fazendo com que coincidam os maiores valores aferidos com o aumento de chuvas na região; porém em outros anos há uma oscilação dos valores, podendo estar relacionados aos períodos chuvosos atípicos de cada ano.

A **figura 6** ilustra a precipitação média mensal ao longo do período analisado, o qual esta intrinsecamente ligado à atuação da água nos valores aferidos dos equipamentos de nível d'água.

A partir das análises dos piezômetros, **figura 7**, percebe-se uma diferença significativa dos valores, sendo a média para o PZ-44 de 285,37m e PZ-46 de 288,67m; esta diferença pode estar diretamente relacionada às posições em que se encontram os instrumentos na barragem. Também é coerente afirmar que, pelo fato do PZ-46 estar mais afastado do corpo d'água, este deveria ter valores aferidos menores, uma vez que sofre menor ação dos esforços da água. Percebe-se ainda que os valores obtidos a partir do piezômetro PZ-46 apresentam uma tendência a ficar constantes com o tempo, indicando que este instrumento não sofre mais a influência da percolação de água pelo maciço da barragem e pela fundação; por outro lado, PZ-44 ainda sofre a influência da água de percolação.

## CONCLUSÕES

Para os dados e analisados da seção, verifica-se que há uma relação entre os equipamentos de auscultação e o período de chuva que ocorre na região da UHE de Ilha Solteira e o nível d'água do reservatório a montante da barragem.

Como há um aumento de número e da intensidade de chuvas no período que geralmente corresponde a meados de novembro até meados de março, há um aumento no nível d'água do reservatório à montante da barragem, como pode ser observados nos gráficos de medidores de nível d'água. Também há um aumento de carga total aferido pelo piezômetro 44, indicando que, conforme há a incidência de precipitação, o solo aproxima-se cada vez mais da saturação, atuando, assim, a massa de solo e o volume de água no piezômetro, porém, pela análise do piezômetro 46

conclui que o solo encontra-se quase que consolidado, isto é, não sofre tanto a influência da percolação de água pelo maciço.

## REFERÊNCIAS

CRUZ, P. T. 100 Barragens Brasileiras. São Paulo: Oficina de Textos, 1996. 106 p.

Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB). Guia Básico de Segurança de Barragens. Comitê Regional de Segurança de Barragens, Núcleo Regional de São Paulo, 2001.

Companhia Energética de São Paulo, CESP. Imagens da UHE de Ilha Solteira e de instrumentos de auscultação.

Imagens fornecidas pelo Laboratório de Engenharia Civil da CESP, 2013.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Ilha Solteira UNESP – FEIS. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos. Dados hidrometeorológicos de Ilha Solteira.

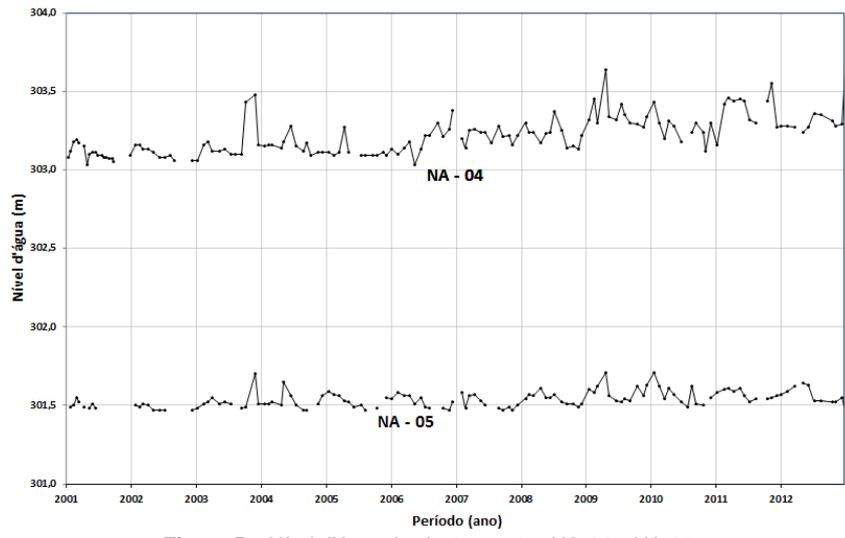


Figura 5 – Nível d'água dos instrumentos NA-04 e NA-05.

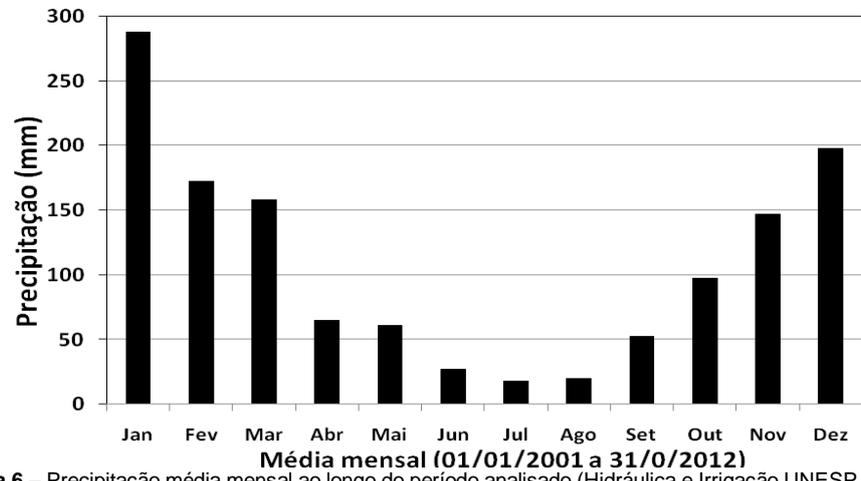


Figura 6 – Precipitação média mensal ao longo do período analisado (Hidráulica e Irrigação UNESP - FEIS).

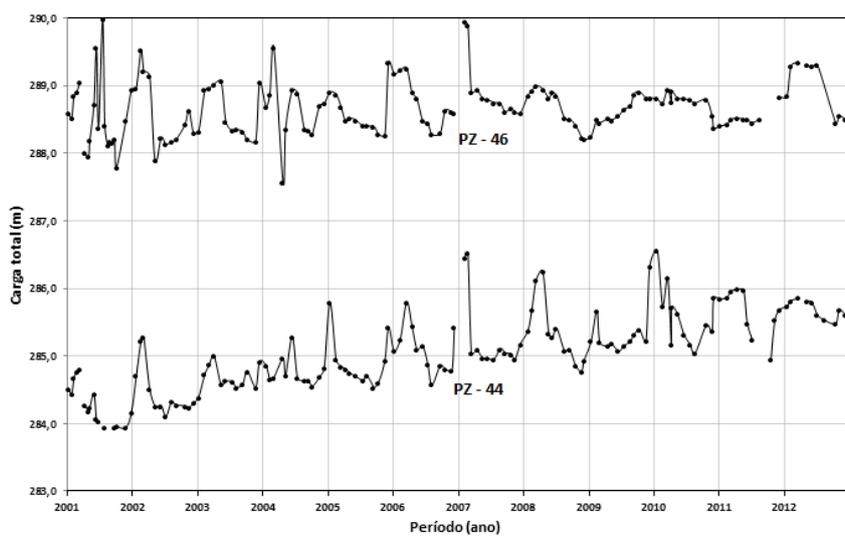


Figura 7 – Carga total dos instrumentos PZ-44 e PZ-46.