

PIEZÔMETRO DE CASAGRANDE E SEUS EFEITOS SOBRE UMA BARRAGEM DE TERRA

César Augusto De Carvalho^{1*}

Prof. Laura Carine Pereira Ribeiro²

RESUMO

Este trabalho aborda o uso de piezômetros de Casagrande para medições geotécnicas sobre uma barragem de terra. Essa abordagem é importante para avaliar e estudar a funcionalidade do equipamento diante dos riscos que envolvem a construção e funcionamento de barragens. Esse estudo foi realizado associando o referencial teórico à prática, pois a obtenção dos dados foi feita em uma barragem de terra de uma usina hidrelétrica no município de Luziânia - GO e comparados com a literatura estudada. Foram feitas medições em três piezômetros, localizados em diferentes pontos e cotas do projeto. Na análise feita com os dados obtidos, pode-se notar que as leituras se mantiveram dentro dos níveis de conformidade, não apresentando variações ou quaisquer tipos de anomalias.

Palavras chave: Barragens. Piezômetro. Piezômetro de Casagrande.

1. INTRODUÇÃO

As barragens podem ser definidas, de acordo com a CIGB - Comissão Brasileira de grandes barragens (2013), como estruturas transversais construídas em córregos, rios ou canais de forma a reter e armazenar água. São utilizadas para fins específicos ou múltiplos, com variações de tamanho que podem vir a ser de pequenos maciços de terra a grandes estruturas de concreto. Seu objetivo principal é o represamento de grandes volumes de água para suprir abastecimentos de cidades, irrigação e geração de energia. Diferencia-se dos diques, que são construídos para proteger terras em baixo nível contra inundações, enchentes provocadas pela chuva e maré alta.

^{1*} César Augusto De Carvalho, aluno do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: cesar.carvalho@alunos.unis.edu.br

² - Profa. Dra. Laura Carine Pereira Ribeiro. Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Sul de Minas (UNIS), mestre e doutora em Engenharia Civil - Geotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

De acordo com o Instituto Geológico na Prevenção de Desastres Naturais (2008), o monitoramento de barragens é importante, uma vez que se lida com uma enorme quantidade e diversidade de dados e informações sobre essas áreas de risco. Sendo as barragens áreas associadas a elevados riscos devido à possibilidade de um eventual colapso, as consequências de uma ruptura podem ser catastróficas para a estrutura da própria barragem, como também podem destruir fauna, flora e principalmente perdas de vidas.

É de fundamental importância que o monitoramento das estruturas contemple procedimentos de análise e de interpretação sistemática de resultados obtidos através das leituras de instrumentos geotécnicos instalados em pontos estratégicos no corpo da barragem. Nesse ponto entra o monitoramento através da instrumentação geotécnica e sua importância no monitoramento das barragens de terra. A instrumentação de controle deve ser instalada desde as primeiras etapas da construção, devendo as medições serem efetuadas durante o período construtivo, fase de enchimento do reservatório e operação. A análise dos dados da instrumentação deve ser realizada com as atividades de leituras, de modo a permitir a pronta detecção de qualquer eventual anomalia. (YASSUDA, 2008)

Um dos métodos usados no monitoramento de estruturas de barragens é o piezométrico, que analisa o tratamento de dados de leitura de campo, as variações de níveis, vazões e pressão da água que penetra através dos poros, elevando o nível da água dentro do instrumento, obtendo assim os dados necessários para calcularmos as pressões. (CERQUEIRA, 2017)

Com as leituras obtidas, buscou-se relacionar essas variações com os modelos e análises de percolação e de estabilidade física das estruturas de uma barragem, com o intuito de acompanhar e analisar a performance de elementos drenantes dimensionados em uma etapa anterior, e acompanhando também o comportamento de solos e rochas frente a estas variações, já que temos instrumentos instalados em diferentes pontos e profundidades, buscando todos os tipos de solo que se encontram no projeto. (CERQUEIRA, 2017)

A fim de contribuir para estudos nessa área, este trabalho se propôs estudar a importância do monitoramento piezométrico na estabilidade de uma barragem de terra, com ênfase no piezômetro de Casagrande. Na barragem que será apresentada no estudo de caso estão instalados piezômetros elétricos, piezômetros de tubo aberto, indicadores de nível d'água, marco de deslocamento superficial e medidores de vazão. Cada equipamento realiza um tipo de leitura, visando um melhor monitoramento de todo o projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. BARRAGENS

Para o CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens (2013, p.1), “barragens podem ser definidas como obstáculos artificiais que têm capacidade de reter água ou qualquer outro líquido, rejeitos, detritos, para fins de armazenamento ou controle.”

Já para a ANEEL (2015), além de ser uma obstrução artificial do curso d'água, a barragem visa a exploração de potencial de energia hidráulica, compreendendo-se do barramento de demais estruturas associadas.

Para avaliar as condições de segurança no projeto de construção e operação de barragens, deve-se conhecer acerca da magnitude e da evolução das pressões intersticiais que se desenvolvem nos maciços e nos solos de fundação. Também se faz necessário monitorar e controlar os registros das poropressões nas zonas de contato com as estruturas de concreto e nas áreas de sistema de drenagem interna da barragem, em toda a fase de enchimento do reservatório. (FONSECA, 2003).

O material usado na construção das barragens é o que as diferencia, classificando-as em barragens de concreto ou aterro. Quando construídas de alvenaria, concreto ou pedra se classificam como: barragens de contrafortes, de gravidade e barragens em arco. Já as barragens construídas com terra ou combinação de terra e rochas, são classificadas como barragens de aterro. (VALENTIM, 2017 *apud* CIGB, 2008).

2.2. SEGURANÇA NAS BARRAGENS

Para garantir a segurança de barragens de águas, resíduos industriais e distribuição temporária ou final de rejeitos, temos a Lei 12.334. Ela define, considerando os impactos desses empreendimentos, a responsabilidade dos autores envolvidos, detalhando os papéis do empreendedor e a quem caberá garantir os recursos necessários à segurança das barragens. (BRASIL, 2010)

A construção de uma barragem precisa atender a requisitos básicos de eficiência e segurança, pois a ruptura em um sistema de barramento resulta em prejuízos incalculáveis tanto financeiros quanto, em alguns casos, de vidas humanas. Por isso a importância de um projeto bem feito, construção bem dimensionada e com monitoramento periódico.

(QUINTAS, 2002)

O objetivo na avaliação da segurança de uma barragem é determinar quais as condições estruturais e operacionais dela, a fim de identificar, reparar, restringir operações e fazer as modificações necessárias para correção de qualquer problema que possa ser um risco a seu funcionamento. (AZEVEDO, et al. 2011)

Conforme consta no Manual de Inspeção e Segurança de Barragens (2002), regularmente todas as barragens devem ser submetidas à nova avaliação para checar as atuais condições de segurança. E as eventuais obras de reparo ou manutenção recomendadas durante a inspeção, deverão ser implementadas o mais breve possível, bem como as providências e recomendações devem ser registradas.

O período de enchimento do reservatório é uma das fases mais críticas, pois gera um grande aumento de cargas, este é o momento que a barragem entra em carga total, que caracteriza um período de maior risco, levando em conta não só o aumento das cargas mas também fatores como o envelhecimento das obras. (FONTENELLE, 2007)

A poropressão e o gradiente hidráulico são fatores que ajudam a monitorar a estrutura visando manter a segurança e estabilidade. Por isso o monitoramento bem feito é de extrema importância, pois com o aumento da altura da barragem a montante, a medida em que o reservatório se enche, dá início ao aumento da percolação na estrutura. (CASTRO, 2008)

Com isso, a percolação não controlada pode acabar carreando as partículas mais finas do solo, aumentando assim os seus vazios resultando na diminuição da poropressão e do gradiente hidráulico. Esta situação é tão prejudicial que pode até causar o rompimento da estrutura por erosões internas.

Diante desta preocupação e para o monitoramento da barragem, são instalados diversos instrumentos para monitoramento de pressões. O piezômetro de Casagrande, um entre vários outros aparelhos de medição que tem por finalidade monitorar a estabilidade e a segurança da estrutura, será o instrumento utilizado neste estudo.

2.3. INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA E O PIEZÔMETRO DE CASAGRANDE

Em obras de engenharia, a instrumentação geotécnica se institui como umas das ferramentas utilizadas para observar, identificar e caracterizar eventuais inconformidades

que constituem potenciais riscos à segurança do empreendimento. A partir dos dados coletados em diferentes seções e zonas do local investigado, são feitas análises considerando os valores limites no processo de instrumentação, que facilitam a identificação de prováveis irregularidades. (FONSECA, 2003).

Segundo Silveira (2015. p.15), a instrumentação é “conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros, cujos resultados servirão para avaliar suas condições de segurança”.

Os instrumentos devem ser instalados de acordo com as especificações e indicações do projeto. Quando ocorrerem modificações de projeto no decorrer da implantação ou durante a operação, estas devem ser sistematicamente registradas em relatórios. Os registros de instrumentações são usados tanto para localização de monitoramento de fenômenos anômalos quanto para verificar quais instrumentos não estão operando adequadamente. (MACHADO, 2007)

De forma geral, a instrumentação geotécnica integra o projeto de implantação e construção de obras como fundações, barragens, taludes naturais e demais estruturas geotécnicas, dimensionando os mais diversos elementos constituintes dos instrumentos, orientando sua instalação e operação para tentar identificar quais indícios do monitoramento piezométrico indicam alterações que podem comprometer a estrutura da barragem.

Neste trabalho, onde colocamos a teoria sobre instrumentação geotécnica em prática, daremos ênfase ao piezômetro de Casagrande, instrumento muito utilizado para estudos piezométricos em barragens de terra.

Conforme especificado por Coelho (2017, p.1), “o nível freático é definido como a superfície superior de um corpo d’água subterrâneo, na qual a pressão corresponde à atmosfera. A poropressão ou pressão neutra pode ser definida como a pressão suportada pela água nos espaços vazios do solo atuando em todas as direções.”

O piezômetro é considerado um dos mais confiáveis e robustos instrumentos de medição, principalmente quando utilizado para observação das poropressões em barragens de terra. (COELHO, 2017)

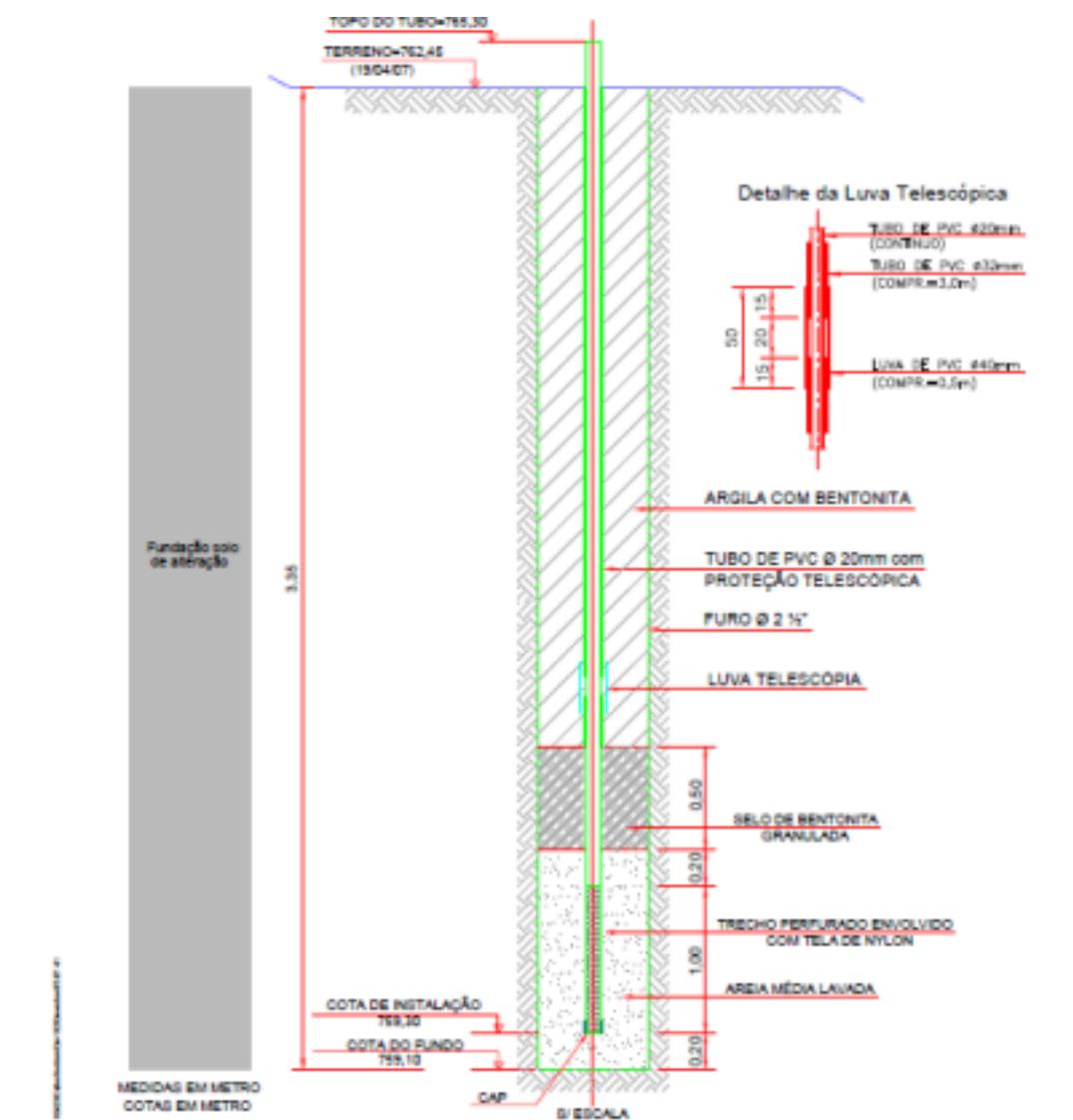
Como principais vantagens se destacam a confiabilidade, durabilidade, sensibilidade e a possibilidade de verificar seu desempenho por meio de ensaios de recuperação do nível d’água. Dentre suas desvantagens, podemos citar a interferência na praça de compactação

durante construção do projeto e certas dificuldades de acesso ao ponto de leitura, pois em alguns casos os piezômetros são instalados em lugares de difícil acesso, também temos como desvantagem o alto tempo de resposta quando instalados em solos com baixa permeabilidade. (SILVEIRA, 2006).

Os instrumentos que implicam na subida de tubos verticalmente, tal como o piezômetro de Casagrande, devem ter sua instalação adequadamente analisada e efetuada na fase inicial do projeto. (SILVEIRA, 2006)

Na Figura 1, mostrada a seguir, temos o Piezômetro de Casagrande.

FIGURA 1- Croqui Piezômetro de Casagrande instalado a jusante da barragem



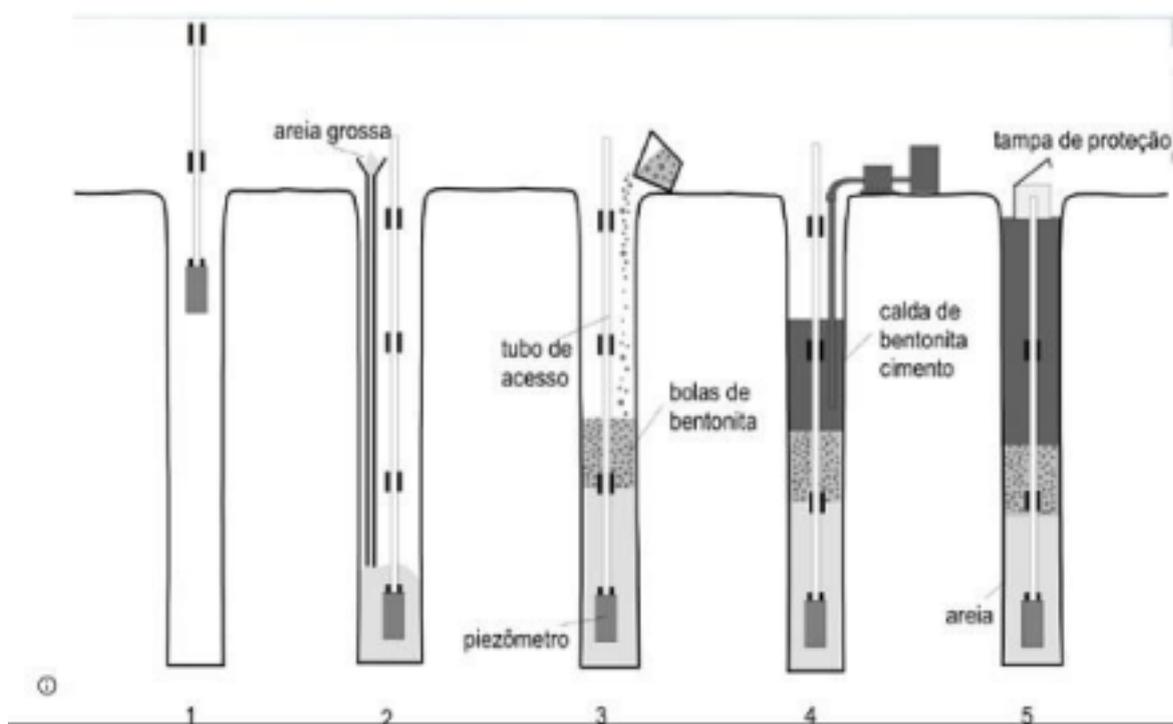
FONTE: Acervo do autor.

No funcionamento do piezômetro pode-se observar que a água dos poros passa

através do filtro do bulbo drenante do instrumento até atingir o equilíbrio dentro do tubo com a poropressão na fundação. A altura da água acima do bulbo menos a cota de topo do instrumento, temos a cota piezométrica, já a carga piezométrica é obtida através da subtração da cota piezométrica menos a cota de instalação. (SILVEIRA, 2006)

A Figura 2, abaixo, mostra o método de instalação do Piezômetro de Casagrande.

Figura 2: Método de instalação do piezômetro de Casagrande.



FONTE: Acervo Damasco Penna - Engenharia Geotécnica. Disponível em :

<<https://sites.google.com/site/geotecniaefundacaolan/166-piez>>

A extremidade inferior do tubo deve ser envolta com material filtrante, areia grossa e brita e, sobre estas camadas de se colocar areia fina. Para que se obtenha bons resultados, deve-se garantir um bom confinamento da região onde o piezômetro está instalado. O piezômetro é responsável por medir a poropressão e a condutividade hidráulica do solo. É importante que o piezômetro opere hidraulicamente isolado, para isso, acima do ponto de medição é feito preenchimento com calda de cimento, bentonita ou argila plástica, formando uma barreira vertical.

Para uma correta medição, evitando intercorrências, devemos isolar o ambiente de qualquer possibilidade de contato, seja com a pressão atmosférica, quanto com qualquer outra camada de terreno que seja diferente daquela usada para fazer a medição. Também

deve ser instalado algum tipo de proteção contra vandalismo, evitando que materiais sejam jogados dentro do tubo. (CASTRO, 2008)

Quando o piezômetro acusar pressões superiores à cota da boca do tubo, coloca-se uma mangueira plástica transparente a fim de prolongar a altura da boca(cota nível d'água). Ainda assim, no caso do nível continuar subindo, é necessário fazer a medição através de manômetro, instalado na boca do tubo, sendo necessário mudar a estética do tubo, deixando uma saída a fim de aliviar a pressão do manômetro caso seja preciso. (MACHADO, 2007)

Pode-se instalar um ou mais instrumentos por furo em função do diâmetro do furo de sondagem. Neste caso os piezômetros são instalados em diferentes alturas (cotas).

Os piezômetros de tubo aberto são frequentemente instalados na etapa de fundação e em partes específicas da construção de barragens, nos projetos de auscultação de barragens e terra e enrocamento. (FONSECA, 2003)

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma Usina Hidrelétrica no rio Corumbá no município de Luziânia em Goiás. Os dados piezométricos foram obtidos no período de quatro anos, entre os anos de 2008 e 2011. O reservatório da hidrelétrica ocupa uma área de 77,42 km², utilizando duas unidades geradoras, a usina é capaz de gerar 93,6 MW de energia. Devido a todo este tamanho, o monitoramento da barragem se torna de suma importância para seu perfeito funcionamento, segurança e estabilidade.

Este trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica abrangente sobre a importância do monitoramento de barragens constante. Em seguida, houve uma análise de dados sobre os instrumentos de monitoramento utilizados na barragem já citada. A análise abrangeu os dados relatados em relatórios e as investigações e auditorias realizadas e disponibilizadas por órgãos competentes.

As informações de pesquisa foram obtidas através do monitoramento da barragem em estudo, e os materiais foram adquiridos através da empresa responsável pela instrumentação da barragem e também pelo próprio autor deste trabalho, que durante o período de 2008 a 2011, esteve à frente da instrumentação na barragem em questão.

Esses dados de campo foram adquiridos através da utilização de um aparelho leitor

de nível de água para piezômetro conhecido como “pio”, conforme mostra a Figura 3. Após a fase de recolhimento dos dados, foi feita uma análise dos dados coletados, e confecção de gráficos e tabelas.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

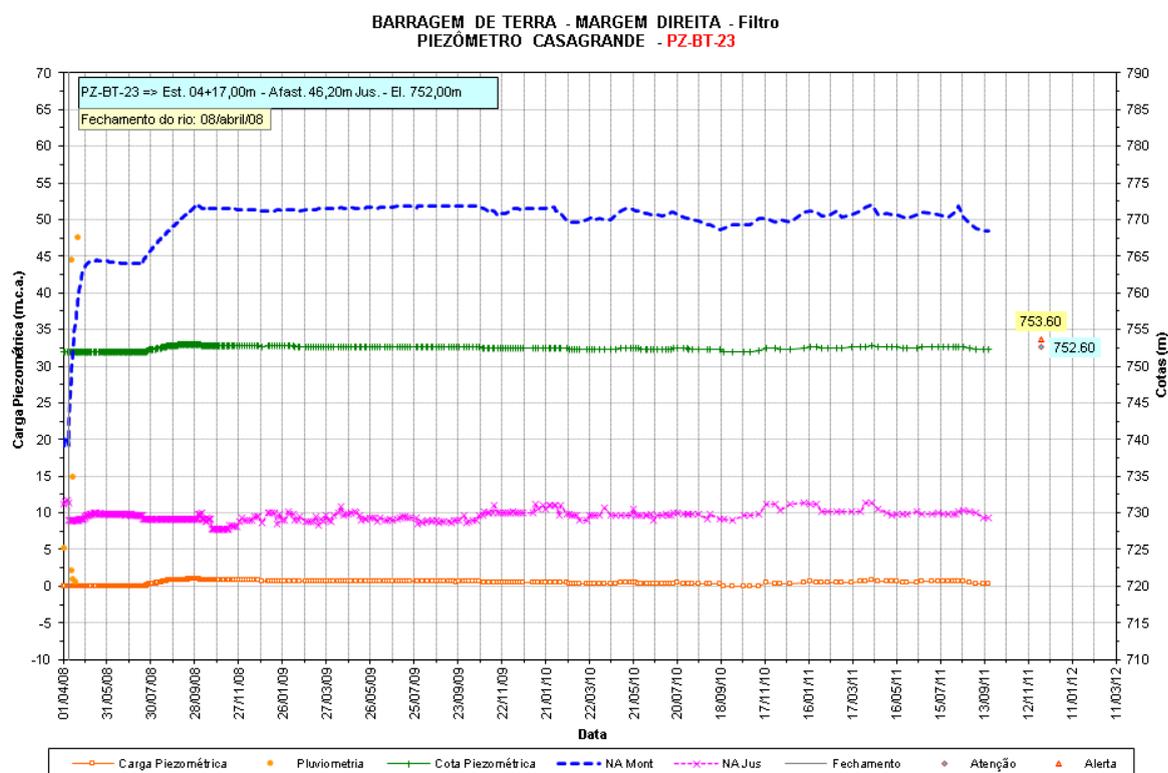
Analisando os resultados obtidos, foi verificado que não houve erros de instalação, pois o comportamento dos piezômetros encontrava-se de forma satisfatória. Foram checadas as cotas, realizados ensaios de permeabilidade periodicamente a fim de verificar eventuais comportamentos quanto a sua funcionalidade para inferir se o piezômetro está em que tipo de solo e região do perfil geológico. Também obteve-se com resultado no teste de comportamento de vida, a curva de dissipação se manteve normal (natural), então foi concluído que o tubo do piezômetro não se apresenta defeituoso e que as variações apresentadas de fato estavam acontecendo.

Para uma melhor análise, abaixo encontram-se dados de leituras de três piezômetros, localizados em diferentes pontos da barragem.

Nos gráficos a seguir pode-se observar as leituras piezométricas realizadas nos instrumentos de medição PZ-BT-08, PZ-BT-23 e PZ-VE-21, além de apresentar as cargas piezométricas nos pontos de instalação do equipamento.

O piezômetro PZ-BT-23 (margem direita) (Gráfico 1) está localizado a 46,20 metros de distância do eixo a jusante, na berma central com cota de instalação no fundo de 752,00 metros.

Gráfico 01 – Piezômetro de Casagrande PZ-BT-23 instalado à margem direita da barragem, com suas leituras com o enchimento do reservatório.

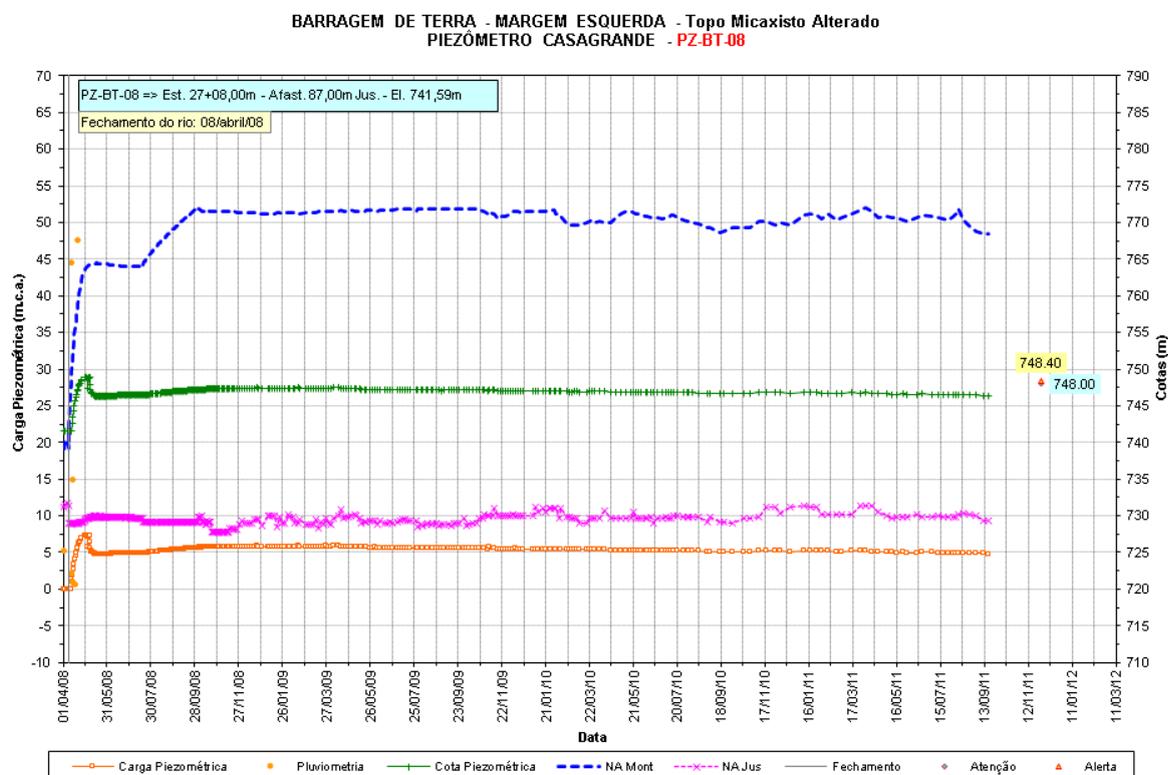


Fonte: Acervo do autor

Em relação ao piezômetro PZ-BT-23 (Gráfico 1), não houve grandes variações piezométricas na fase de enchimento a montante. Esta variação ocorreu de imediato com o início do enchimento de reservatório, obtendo grandes variações e depois estabilizando no decorrer do monitoramento. Este fato se deu devido o instrumento ser instalado próximo ao filtro vertical, tapete drenante e transição da fundação com o maciço da barragem, áreas de maiores vulnerabilidades a receber as subpressões piezométricas.

O piezômetro PZ-BT-08 (margem esquerda) (Gráfico 2) encontra-se instalado a 87,00m a jusante, com cota de instalação de 741,59 metros.

Gráfico 02 – Piezômetro de Casagrande PZ-BT-08 instalado à margem esquerda da barragem, com suas leituras com o enchimento do reservatório.

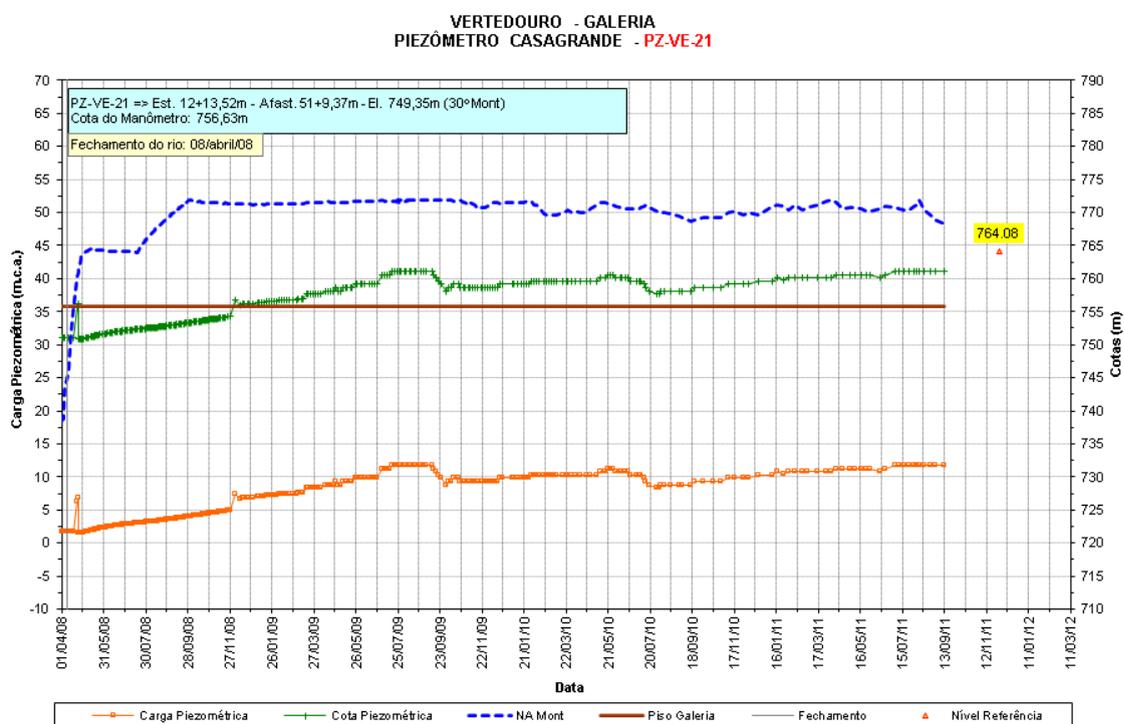


Fonte: Acervo do autor

O Piezômetro PZ-BT-08 (Gráfico 2), encontra-se instalado em uma cota inferior ao instrumento anterior. Por estar em uma cota superior e no maciço da barragem, a variação piezométrica deste ocorreu somente um tempo depois do enchimento completo do reservatório, esta variação ocorreu gradativamente lenta e estabilizando posteriormente no decorrer do monitoramento.

O piezômetro PZ-VE-21 (Gráfico 3) está localizado a 9,37 metros de distância do eixo, instalado na galeria do vertedouro, com cota de instalação de 749,35 metros.

Gráfico 03 – Piezômetro de Casagrande PZ-VE-21 instalado na galeria de drenagem da barragem, com suas leituras com o enchimento do reservatório.



Fonte: Acervo do autor

O comportamento do instrumento PZ-VE-21 teve alterações, pois este instrumento encontra-se instalado na galeria do vertedouro. Este instrumento obteve uma resposta piezométrica imediata com o início do enchimento, onde tiveram as suas variações piezométricas alteradas de acordo com a variação do nível de água do reservatório a jusante. No período de leitura ocorreu o tamponamento do ralo da galeria, fazendo com que os furos de drenagem inundassem toda a área da galeria do vertedouro. O Piezômetro PZ-VE-21 na data 16/03/2009 precisou ser instalado um manômetro, pois a carga piezométrica ultrapassou a cota da boca do tubo.

Analisando os dados dos piezômetros de Casagrande, verifica-se que com o enchimento gradativo do reservatório à montante, não houve aumento significativo da carga piezométrica. Já com o aumento dos níveis à jusante as subpressões na estrutura aumentam, esse acontecimento é diretamente dependente da carga piezométrica apresentada pelos instrumentos de monitoramento piezométricos.

A estrutura de uma barragem é dimensionada para suportar cargas piezométricas

muito elevadas, assim quando os níveis de alertas são ultrapassados, se faz necessário acionar imediatamente as pessoas responsáveis para que se faça a verificação do problema. Na obra do estudo de caso, como pode-se analisar, havendo cargas acima dos níveis de alerta/atenção deve-se acionar os planos de análises de risco, contratar a empresa de projetos e averiguar as possíveis causas da alteração, pois constatado alteração dos níveis estabelecidos pode causar danos à estrutura.

Por fim, foram feitas recomendações para essa barragem de acordo com as condições relatadas no estudo e com a literatura pesquisada, a fim de se perceber a maior sensibilidade da variação de pressões, permitindo uma melhor interpretação do monitoramento realizado.

5. CONCLUSÃO

O estudo realizado buscou mostrar a importância de um monitoramento bem feito, assim como o entendimento dos dados obtidos pelo instrumento piezômetro de Casagrande. Este tipo de projeto não é passível de falhas, pois o seu rompimento além de causar grandes danos ambientais pode também causar muitas perdas humanas, visto que a jusante sempre há propriedades, moradores.

A estabilidade de uma barragem está diretamente ligada à sua segurança. Um bom plano de monitoramento, planos de emergência, além de profissionais capacitados para agir e intervir caso seja necessário, a fim de garantir a segurança e integridade da barragem.

A barragem de estudo se mostrou com um bom comportamento durante o prazo de monitoramento citado no estudo, analisando os gráficos verificou-se que antes e após o enchimento os instrumentos se mostraram satisfatórios no que se refere à resposta de leituras, não havendo alterações nas cargas piezométricas. Também foi solicitado para um bom funcionamento dos instrumentos, realizar a limpeza e manter as proteções dos instrumentos sempre visíveis para que não haja danos nos piezômetros.

Desta forma, conclui-se que o estudo realizado foi satisfatório, alcançando o objetivo que é mostrar como uma instrumentação de barragem bem feita e um monitoramento piezométrico executado de forma confiável pode prever anomalias na estrutura e mostrar através dos dados a interpretação dos parâmetros para tomada de decisões.

ABSTRACT

This work approaches the use of standpipe piezometer for geotechnical measurements about an earth dam. This type of approach is important to evaluate and study the functionality of the equipment facing the risks that happens with the construction and operation of dams. The study was realized associating theory with practice, using an earth dam from a hydroelectric plant at the county of Luizânia – GO and compared to the studied literature. Were made measures on three piezometers, located in different points and quotas of the project. In the analysis made with the obtained data can be notice that the readings kept on compliance levels, not showing variations or any type of anomalies.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N° 969 de 15 de dezembro de 2015**. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015696.pdf>>. Acesso em 27 de Março de 2021.

ARAÚJO, Carla C. Análises de riscos em barragens de abastecimento de água da grande João Pessoa - PB. 2014. João Pessoa- PB. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/15842393-Carla-cavalcante-araujo.html>>. Acesso em 29 de março de 2021.

AZEVEDO, D.; NOBREGA, E.; et al. Geologia de Barragens. 46p. Monografia. Curso de engenharia Civil - Escola Politecnica de Pernambuco. UPE. Recife - PE. 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAe6qMAB/geologia-barragens>>. Acesso em: 28 de março de 2021.

CASTRO, Leandro V. P. de. **Avaliação do comportamento do nível d'água em barragem de contenção de rejeito alteada a montante**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 103p. São Paulo, 2008.

CERQUEIRA, Helio. **Crítérios de projeto de instrumentação piezométrica de diversas estruturas geotécnicas em mineração [manuscrito]**. Tese de Mestrado. 166f. 2017.

CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens. **Apresentação**. 2013. Disponível em:<<http://cbdb.org.br/apresentacao-das-barragens>> Acesso em: Março 2021.

COELHO, Arthur S. **Instrumentação Geotécnica em Barragens de Terra e Enrocamento**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/instrumenta%C3%A7%C3%A3o-geot%C3%A9cnica-em-barragens-de-terra-e-santos-coelho>>. Acesso em 28 de Março de 2021.

CRUZ, Paulo T. **100 Barragens Brasileiras, Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto**. Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

FONSECA, Alessandra Rocha. **Auscultação de barragens de terra e enrocamento para geração de energia elétrica – Estudo de caso de barragens da UHE São Simão**. 158p. Ouro Preto: UFOP 2003

GOMES, R. C. **Barragens de terra e enrocamento – aula 1**. Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ouro Preto, Minas Gerais. 2009. 41 p. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~romerocesar/Aula5PPT.pdf>> Acesso em: 21 jan 2017

Lei 12334:2010. **Política Nacional de Segurança de Barragens**. 20 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm> Acesso em: 28 de Março de 2021.

LIMA, Filipe H C. GUIMARÃES, Marcia M. **A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA DE AUSCULTAÇÃO DA BARRAGEM IRAPÉ - MG**. X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Fortaleza/CE. 2020.

LOUSA, Leonardo B. **Instalação e Teste de vida em Piezômetros e indicadores de nível d'água**. 2020. Geoengenharia Consultoria e Serviços Ltda. Disponível em: <<https://geoenge.wixsite.com/geoengenharia/teste-de-vida-piezometros>>. Acesso em: 27 de Março de 2021.

Manual de Segurança e Inspeção de Barragens - Brasília: Ministério da Integração Nacional. 2002. 148p.

Machado, William Gladstone de Freitas **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração** / W.G.F. Machado. -- São Paulo, 2007. 155 p.

O Instituto Geológico na Prevenção de Desastres Naturais /Maria José Brollo - São Paulo: Instituto Geológico. 100p. 2009.

FONTENELLE, Alexandre de Souza. **Proposta Metodológica de Avaliação de Riscos em Barragens do Nordeste Brasileiro. Estudo de Caso: Barragens do estado do Ceará**. Tese de Doutorado Universidade Federal do Ceará. 213p. Fortaleza, 2007.

QUINTAS, Fernando E. G. **Planejamento de construção da barragem de terra**. 181p. 2002. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP. Porto, Portugal. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~jmfarria/TesesOrientadas/MestrAntigo/PLANEAM%20BARRA%20TERRA.pdf>>. Acesso em 28 de Março de 2021.

SILVA, T. C. **Apostila para o curso de barragens na UFPB**. João Pessoa, 2013.

SILVEIRA, João Francisco. **Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento**. São Paulo: Oficinas de textos. 2006.

SILVEIRA, Rodrigo Moraes da. **Instrumentação e procedimentos visando a segurança**

de barragens. Instituto de Engenharia do Paraná – IEP. Curitiba. Dez. 2015. Disponível em:

<<http://docplayer.com.br/68160134-Instrumentacao-e-procedimentos-visando-a-seguranca-de-barragens.html>>

VALENTIM, Denis. **A influência do monitoramento piezométrico na estabilidade de barragens de terra - Estudo de caso.** 2017. Faculdade de Santa Rita. Conselheiro Lafaiete, MG.

YASSUDA, André J. **Curso de Instrumentação de Barragens – Instrumentação da Barragem Irapé.** 2008 Bureau Projetos e Consultoria.

ZINGANO, A. C. **Barragens: geologia de Engenharia III.** Porto Alegre, 2005