Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC
Palmas/TO
17 a 19 de setembro de 2019

TRATAMENTOS EM FUNDAÇÕES DE BARRAGENS: UM ESTUDO DE CASO

JOSÉ JOEBSON SILVA DE LIMA[1], CARLOS ROLIM NETO[2], GIUSEPPE CAVALCANTI DE VASCONCELOS[3]
MARCO AURÉLIO RODRIGUES DE MELO[4]

[1]Graduando em Engenharia Civil, IESP, Cabedelo-PB, limajoebson@gmail.com;
[2] Ms. em Engª Civil (Geotecnia – UFPE), Prof. Titular Engª Civil, IESP, Cabedelo-PB, carlosrolim@yahoo.com
[3] Dr. em Engª Agronômica (UFPel), Prof. e Cordº Engª Civil, IESP, Cabedelo-PB, giuseppecv@gmail.com;
[4] Dr. em Químca (UFPB), Prof. Eng. Civil, IESP, Cabedelo-PB,

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O presente estudo analisa os tratamentos de fundação utilizados em barragens, tais como: injeções de calda de cimento para impermeabilização das fundações de barragens sobre rochas fraturadas, visando coibir as perdas d'água (percolação) sob o leito de rocha leve ou altamente fraturado. Dado esse fato, observa-se também, a importância dos estudos geotécnicos e geológicos em fundações de obras de terra, que garantem, mediante a instrumentação e devidas inspeções, a regularidade da estabilidade da estrutura, assim como devidos problemas relacionados à geologia local. Apresenta-se neste estudo, dados e resultados referente ao uso dessas injeções na barragem Farinha (PB), em aterro (terra), com vertedouro central em alvenaria de pedra argamassada.
PALAVRAS-CHAVE: Recuperação de Barragens; Fundações sobre Rochas; Injeções de Cimento.

TREATMENTS IN DUST FOUNDATIONS: A CASE SE STUDY

ABSTRACT: The presente study analyzes the foudation treatments used in dams, souch as: cement slurry injections for waterproofing foundation of dams on fractured rocks, in order to prevent water losses (percolation) under light or highly fractured rock beds. Given this fact, we also note the importance of geotechnical and geological studies in foundations of earthworks, which ensure, through instrumentation and due inspections, the regularity of the structure stability, as well as due problems related to local geology. Thid study presentes data results regarding the use of these injetctions in the Farinha dam (PB), in landfill (land), with central spillway in mortar stone.
KEYWORDS: Recovery of Dams; Foundations on Rocks; Injections Cement**.**

INTRODUÇÃO

De acordo com o Comitê Internacional de Grandes Barragens-CIGB (2017), as barragens são estruturas que cortam córregos, rios ou canais com a finalidade de barrar a água e controlar o seu fluxo. A construção de uma barragem promove benefícios como abastecimento de água em determinada região, irrigação, regularização das vazões, geração de energia elétrica e entre outros (CBDB, 2017).

As mesmas possuem desempenham um papel importante na infraestrutura e no desenvolvimento do país pelas vastas finalidades, tais como, irrigação, abastecimento de água, geração de energia elétrica, paisagismo e turismo e entre outros (CBDB,2017). Para uma barragem ser considerada de grande porte e ser registrada, o CIGB (2008) afirma que a mesma deve possuir altura variando entre 10m a 15m e armazenar em seu reservatório um volume superior a 03 milhões de metros cúbicos.

Hsu et al. (1970 apud LEVIS, 2006) afirmam que, para fundações de obras hidráulicas, a permeabilidade é uma das características mais importantes, e sugerem que no caso de os

materiais apresentarem baixa resistência e alta permeabilidade, estes devem ser removidos. Já, quando o maciço possui resistência e deformabilidade aceitável, mas seja muito permeável, torna-se necessário o tratamento.

Na época da construção da Barragem Farinha/PB, segundo a SEIRHMA (2018), na década de 1970, ainda se havia pouca tecnologia no que dizia respeito ao tratamento das fundações de barragens. A barragem então, foi assente sobre rochas fraturadas sem tratamento, e após longos anos surgiram reflexos da ausência do tratamento, que se caracterizam por percolação indevida acompanhadas de surgências fluidas, que podem comprometer a estabilidade da estrutura, se não tomadas devidas medidas.

As barragens de terra são as mais utilizadas no Brasil por se ter vales muito largos e ombreiras suaves, necessitando de grandes extensões de crista, ao mesmo tempo em que se dispõe abundantemente de solo. Por não ser uma estrutura rígida estas barragens permitem ser firmes em fundações mais deformáveis, transmitindo esforços baixos para as fundações se comparadas com as barragens de concreto. Elas são indicadas para fundação de qualquer tipo de solo ou rocha (MENDONÇA, 2012 apud SOUZA, 2013). Sua estrutura é basicamente constituída por Solo que, geralmente, são extraídos da área de implantação da barragem.

Segundo Massad (2010), a barragem de terra homogênea é a mais utilizada no Brasil, pelas condições topográficas, com vales abertos e a disponibilidade de material terroso. A barragem de terra zoneada é representada por um núcleo central impermeável, envolvido por zonas de materiais consideravelmente mais permeáveis, zonas essas que suportam e protegem o núcleo. As zonas permeáveis consistem de areia, cascalho ou fragmentos de rocha, ou uma mistura desses materiais (MARANGON, 2004).

A obra estudada, se trata de uma barragem em aterro, com vertedouro central em alvenaria de pedra argamassada, que passou por intensas injeções de cimento, assim como de poliuretano, visando coibir as surgências e amenizar a passagem de fluido percolado sob a base inferior do engaste maciço-fundação, sobretudo, na seção abrangida pelo seu vertedouro central, que fica no núcleo geométrico da barragem, se constituindo num sistema de projeto que não se aplica mais, obsoleto, conforme segue *figura 01*.

Figura 01 *– Perfil longitudinal da barragem Farinha, PB*

Fonte: *Secretaria de Infraestrutura, Rec. Hídricos e Meia Ambiente da PB*

Figura 02 *– Perfil do sangradouro da Barragem*

Fonte: *Secretaria de Infraestrutura, Rec. Hídricos e Meia Ambiente da PB*

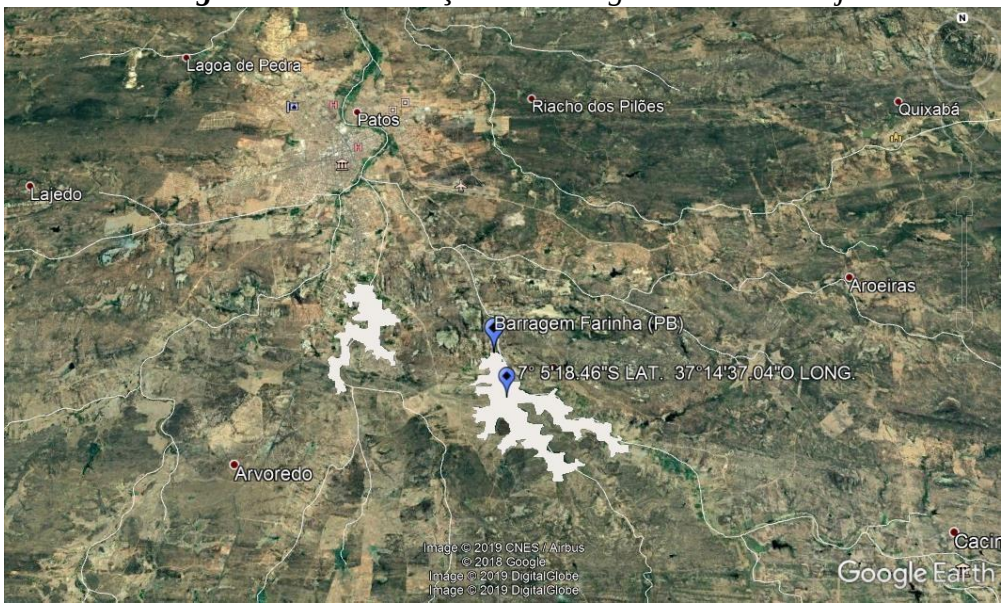
A figura 02 mostra a água vencendo a parede de pedra argamassada que compõe o sangradouro central da barragem por meio de brechas deixas pelo processo patológico o qual a estrutura se encontrara.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo, contou-se com o apoio e referências documentais secundárias contidas na base de dados da Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente – SEIRHMA-PB, fazendo uma análise prática do caso da Barragem Farinha (Patos, PB).

É uma pesquisa que visa obter os dados favoráveis ou não, referente ao tratamento de fundações de barragens com uso de injeções a base de calda de cimento e poliuretano.

Figura 03 *– Localização da barragem Farinha e adjacências*



Fonte: *Elaboração pelo autor por meio do Soft. G. Earth, 2019.*

Portanto, resolveu-se estudar a segurança da Barragem Farinha, no município de Patos, Mesorregião Sertão da Paraíba, estrutura construída em Terra Compactada, sobre o leito do Rio Espinharas, com vistas na contenção para abastecimento d'água, tendo capacidade total de

acumulação de 25.738.500 m³ de água, segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA/PB, 2019). O órgão responsável pelo manancial é o Governo do Estado por meio da Secretaria de Estado da Infraestrutura, Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SEIRHMA e a capacidade do reservatório é de 25.738.500 m³ de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados em tópicos, no qual foram avaliados e discutidos o projeto original da barragem, as patologias causadas durante sua vida útil e as soluções empregáveis.

[1]A Barragem Farinha, PB – aspectos do projeto original

O projeto da barragem Farinha é hoje não mais utilizado, pois as metodologias que se empregam em termos de projetos de barragem pouco permitem o uso de um sangradouro no centra da estrutura, isto porque tal equipamento é visto como forma de fazer a água em excesso ser vertida, tornando interessante portando lhe ter fora do corpo da barragem principal, sempre que possível, como um ponto de fuga.

[2]Patologias na Barragem e Soluções empregáveis para segurança da estrutura

Quando a barragem foi construída, não houve tratamento de suas fundações. Consequentemente, passadas mais de três décadas, as surgências que se caracterizam pelo processo no qual a água consegue penetrar a rocha, vencendo-a e causando trincas, fissuras, dentre outros processos, começou a comprometer a estrutura, podendo a qualquer momento causar seu rompimento parcial. A Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Paraíba (SEIRHMA/PB), através de seus responsáveis técnicos liderados pelo engenheiro civil Francisco Leunam Holanda Lins, resolveu adotar injeções de calda de cimento e poliuretano, visando coibir o problema a fim de aguardar o lago secar ou perder parte de sua capacidade para assim complementar os serviços. A medida foi eficaz.

CONCLUSÃO

Em termos de fundações com presença de rochas fraturadas, a solução a ser adotada, visando coibir as perdas d'água e forças de percolação decorrentes das fraturas e/ou blocos de rocha soltos, estariam ligadas ao tratamento da fundação prevendo o preenchimento das lacunas que serviriam para impermeabilizar a passagem da água, podendo ser muros de concreto ou injeções de calda de cimento, argila ou argila bentonítica, assim como outros produtos químicos que tenham em vista impedir passagem de fluído. É imprescindível a construção de galerias com presença de drenos filtrantes, visando receber a água que vence as frestas que conseguem vencer as rochas, mesmo com tratamentos, e assim drená- los para fora do maciço por meio da calha de inspeção.

O caso da barragem Farinha é um grande exemplo de que os tratamentos de fundação são imprescindíveis e, portanto, medidas ainda na fase de projeto devem ser tomadas para que estes tratamentos ocorram de forma a fazer com que a estrutura amplie sua vida útil e cumpra com seu papel socioambiental e econômico.

AGRADECIMENTOS

Ao IESP pelo espaço de discussão da Engenharia do primeiro autor e orientadores.

A SEIRHMA-PB pelas relevantes informações prestadas a este artigo técnico-científico.

REFERÊNCIAS

Comissão Internacional de Grandes Barragens. **As barragens e a água do mundo**. Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/publicacoes/DAMS_AND_THE_WORLDS_WATER_traducao.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2017.

International Comission On Large Dams – ICOLD. **Tailing Dams: Risk of Dangerous occurrences. Lessons Learned from Practical Experiences.** Bulletin 121. Paris, 2001.

LEVIS, Silvia Delattre. **Verficação da eficácia dos sistemas de vedação e drenagem em fundações de barragens de concreto**. 2006. Dissertação –Escola de Universidade de São Paulo, São Carlos.

MARAGON, M. **Barragens de terra e enrocamento**. 2004. Notas de aula. Disponível em: http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_unid05.pdf. Acesso em: 24 mar. 2017.

MASSAD, Façal. **Obras de terra – Curso básico de Geotecnia.** 2. ed. Oficina de textos, 2010. Disponível em https://docs.google.com/file/d/0B_wErYI4rDbaS2xOUDR1cEFWS1E/edit> Acesso em: 14 mar. 2017.

SOUZA, Mariana Miranda De. **Estudo para o projeto geotécnico da barragem de Alto Irani, SC**. 2013. 129f. (Projeto de Graduação) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006346.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SEIHMA-PB, 2019. Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente da Paraíba. Gerência Executiva de Recursos Hídricos – GERH. **Projeto de Recuperação de Barragens na Paraíba 2ª Etapa – PRB-PB: Projeto e obra da Barragem Farinha** (2018 – 2019).