



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DOUGLAS RODRIGUES DOS SANTOS

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO
GONÇALVES**

ANGICOS-RN
2020

DOUGLAS RODRIGUES DOS SANTOS

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO
GONÇALVES**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Campus Angicos, para obtenção do título de Bacharelado em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Núbia Alves de Souza Nogueira

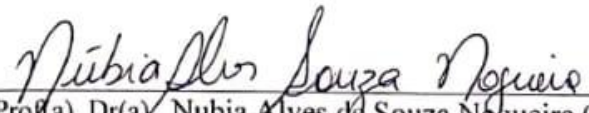
DOUGLAS RODRIGUES DOS SANTOS

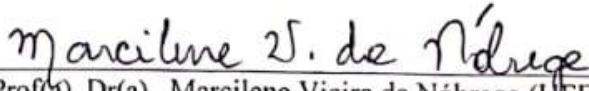
**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO
GONÇALVES**

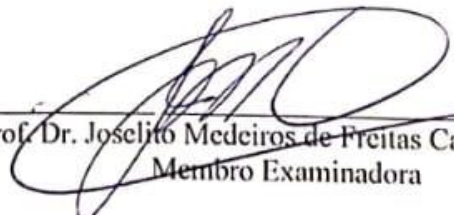
Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de Bacharelado em
Ciência e Tecnologia.

Defendido em: 05 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA


Prof(a). Dr(a). Nubia Alves de Souza Nogueira (UFERSA)
Presidente


Prof(a). Dr(a). Marcilene Vieira da Nóbrega (UFERSA)
Membro Examinadora


Prof. Dr. Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante (UFERSA)
Membro Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por suas grandes obras na minha Vida e por nunca me deixar desistir. A minha extraordinária orientadora Prof (a) Dra. Núbia por toda paciência e ensinamentos que foram além da questão acadêmica.

Agradeço também a toda minha família, por todo esforço e todo incentivo desde a base até os dias atuais. Sem eles, nada disso poderia acontecer. Em especial a Damiana Fernandes dos Santos (minha mãe), Ozelito Rodrigues Lopes (meu pai), Camila Rodrigues dos Santos (minha irmã), Vinicius Rodrigues dos Santos (meu irmão) e Marcella Necy Souza da Silva (minha namorada).

Aos meus amigos que se fizeram presente comigo durante toda a vida acadêmica e até mesmo pessoal. São eles: Jeann Matteus R. D. dos Santos, Jeann Lázzaro R. D. dos Santos, Thiago Rodrigues Mariz, Fabrício Junior da Silva Moura, Heverton Azevedo Dantas, Luiz Gomes Tavares Junior e muitos outros.

Agradeço de forma grandiosa a Jailson Adriano Sabino da Costa, Vigilante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, por toda a paciência e ajuda para a efetuação correta do dados para o trabalho.

RESUMO

Desde a antiguidade o ser humano busca forma para o acúmulo de água. As barragens são construções utilizadas pelas civilizações há bastante tempo, com o objetivo de acumular água para a agricultura, pesca, abastecimento da população. O Brasil, por ser o país que possui a maior reserva de água doce no mundo, possui um grande número de barragens. As mesmas, apesar de trazerem vastos benefícios, trazem com elas um alto potencial de risco em caso de um colapso, podendo ter consequências catastróficas, tanto ao meio ambiente quanto a vida humana. O estado do Rio Grande do Norte possui catalogadas pela Agência Nacional das Águas (ANA) 619 reservatórios, dos quais 515 passaram por vistoria em 2018, cinco deles apresentaram problemas; entretanto muitos dos pequenos reservatórios não estão catalogados. Os grandes e pequenos reservatórios são de suma importância para o combate a escassez hídrica presente em nossa região. Dessa forma, o presente trabalho visa realizar um levantamento das condições gerais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, localizada entre os municípios de São Rafael-RN, Assú-RN e Itajá-RN. Para tal foi elaborado um estudo contendo o histórico construtivo da barragem ao longo de sua vida útil e realizada visitas *in loco* para identificar anomalias presentes na mesma. As principais anomalias observadas nos taludes de jusante e montante e na crista da barragem foram: Erosão, falha de drenagem, presença de animais, presença de vegetação e de árvores pequeno e médio porte nos taludes, buracos ou afundamentos, formigueiro ou tocas de animais.

Palavras-chave: Barragem. Anomalias. Reservatórios.

ABSTRACT

Since ancient times, human beings seek form for the accumulation of water. Dams are constructions used by civilizations for a long time, with the objective of accumulating water for agriculture, fishing, supplying the population. Brazil, for being the country that has the largest freshwater reserve in the world, has a large number of dams. Those dams, although bringing vast benefits, bring with them a high risk potential in the event of a collapse, causing catastrophic consequences for both the environment and human life. The state of Rio Grande do Norte has 619 reservoirs cataloged by the National Water Agency (ANA), 515 of which underwent an inspection in 2018, with five of them presenting problems; however, many of the small reservoirs are not cataloged. Large and small reservoirs are of paramount importance to combat the water scarcity that plagues the state. Thus, the present work aims to carry out a survey of the general conditions of the Armando Ribeiro Gonçalves Dam, located between the municipalities of São Rafael-RN, Assú-RN and Itajá-RN. To this end, a study was prepared containing the constructive history of the dam throughout its useful life and visits were made in loco to identify possible anomalies present in the dam. The main anomalies observed in the downstream and upstream embankments and in the dam crest were: damaged asphaltic mesh, holes in the asphalt mesh, presence of animals, presence of vegetation and small and medium-sized trees on the embankments, obstructed drainage channels.

Keywords: Dam. Anomalies. Reservoirs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Barragem de concreto gravidade.	15
Figura 2: Barragem de concreto estrutural com contrafortes.	16
Figura 3: Barragem de concreto em arco de dupla curvatura.	16
Figura 4: Barragem de terra homogênea.	17
Figura 5: Barragem de terra-enrocamento.	17
Figura 6: Barragem de enrocamento com membrana de concreto.	18
Figura 8: Elementos que constituem uma barragem de terra.	21
Figura 9: Filtro Horizontal (a), filtro enrocamento de pé (b) e filtro tipo chaminé (c).	21
Figura 10: Erosão na Crista da Barragem.	24
Figura 11: Fissuras transversais e longitudinais	24
Figura 12: Presença de Vegetação Excessiva.	25
Figura 13: Tocas de animais na crista da Barragem de São Mamede-PB.	26
Figura 14: Erosão por trás do <i>rip-rap</i> mal graduado	27
Figura 15: Escorregamentos no talude de montante.	27
Figura 16: Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado.	28
Figura 17: Barragem de Direito (Paraíba), vegetação no talude de montante	29
Figura 18: Erosão do talude de jusante na Barragem de Baião-PB.	30
Figura 19: Deslizamento/Charco	30
Figura 20: Afundamentos no talude de jusante	31
Figura 21: Presença de vegetação a jusante da Barragem de Direito (Paraíba)	32
Figura 22: Erosão nos encontros das ombreiras	32
Figura 23: Caneletas de drenagem necessitando de limpeza.	33
Figura 24: Buracos provocado por formigueiros, cupinzeiros, presença e tocas de animais.	34
Figura 25: Projeto inicial da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.	37
Figura 26: Arranjo geral da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.	38
Figura 27: Nível do reservatório em 2011	39
Figura 28: Nível do reservatório em 2020	39
Figura 29: Malha asfáltica com falhas.	40
Figura 30 - Buracos na malha asfáltica	40
Figura 31: Presença de vegetação na jusante.	42
Figura 33: Buraco no talude da montante.	43
Figura 34: Presença de tocas de animais	44
Figura 35: Presença de animais nos talude de jusante e montante	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivo Específico	12
3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1 Reservatórios para armazenamento de água	13
3.2 Barragens - Considerações gerais	14
3.2.1 Definição.....	14
3.2.2 Classificação das barragens	14
3.2.3 Barragem de concreto gravidade	14
3.2.4 Barragem de concreto estrutural com contrafortes	15
3.2.5 Barragem de concreto em arco de dupla curvatura.....	16
3.2.6 Barragem de terra homogênea	17
3.2.7 Barragem de terra-enrocamento.....	17
3.2.8 Barragem de enrocamento com membrana de concreto	18
3.3 Barragem de terra	19
3.3.1 Elementos que constituem uma barragem de terra	20
3.4 Processo construtivo de uma barragem de terra.....	22
3.5 Anomalias em barragens de terra	23
3.6 Anomalias presentes na crista da barragem	23
3.6.1 Erosão	23
3.6.2 Fissuras transversais e longitudinais	24
3.6.3 Falha no revestimento	25
3.6.4 Presença de vegetação excessiva	25
3.6.5 Defeito na drenagem	25
3.6.6 Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	26
3.7 Anomalias presentes no talude de montante	26
3.7.1 Erosões.....	26
3.7.2 Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos.....	27
3.7.3 <i>Rip-rap</i> incompleto, destruído ou deslocado	28
3.7.4 Árvores e arbustos.....	28
3.8 Anomalias presentes no talude de jusante.....	29
3.8.1 Erosões ou ravinamentos	29
3.8.2 Deslizamento	30
3.8.3 Afundamentos e buracos.....	31
3.8.4 Presença de árvores e arbustos.....	31

3.8.5 Erosão nos encontros das ombreiras	32
3.8.6 Caneletas quebradas ou obstruídas	33
3.8.7 Formigueiros, cupinzeiros, presença e tocas de animais	33
3.9 Pesquisas que tratam de levantamento de anomalias em barragens.....	34
4 METOLOGIA DA PESQUISA.....	36
4.1 Local da pesquisa	36
4.2 Levantamento das anomalias	36
4.3 Levantamento histórico do processo de construção da barragem	36
4.4 Levantamento das condições gerais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1 Anomalias presentes na crista da barragem	40
5.1.1 Erosão	40
5.2 Resultados das anomalias presentes nos taludes de jusante e montante	41
5.2.1 Árvores e arbustos	41
5.2.2 Afundamentos e buracos.....	43
5.2.3 Formigueiros ou tocas de animais e presença de animais	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o ser humano busca ações para o acúmulo de água para a sua sobrevivência. Dessa forma, no semiárido brasileiro é mais intenso ainda, as pessoas buscam variadas forma de acumular água para que sejam beneficiados no futuro, uma delas é a construção de barragens de terra. As barragens de terra, têm papel importante para vivência do povo nordestino. As águas dessas barragens são utilizadas em diversas atividades como, por exemplo, irrigação, pecuária, pesca e uso doméstico.

As barragens de terra são estruturas executadas no sentido transversal ao curso d'água fazendo com que seja formado um reservatório artificial. As mesmas são formadas principalmente por solo. Existem dois tipos: homogêneas e zonadas. As homogêneas são predominadas por apenas um tipo de material, porém pode haver existência de elementos diversificados, como filtros ou *rip-rap*. Já as barragens zoneadas existe um zoneamento de materiais terrosos que se dar através das características dos materiais e sua permeabilidade (COSTA, 2012).

As estruturas sofrem com a ação do tempo e as consequências disso nas barragens de terra são o aparecimento de anomalias devido à qualidade do material, execução, falha de projeto e também pela grande quantidade de tempo de estiagem. As anomalias mais frequentes em barragens de terra são: fissuras; surgências; instabilidade de taludes, recalques localizados; afundamentos (tipo *sinkhole*); proteção deficiente dos taludes; erosão superficial; ocorrência de árvores e arbustos; presença e tocas de animais. Dessa forma, faz-se necessário que as barragens passem por manutenções periódicas. Devido aos grandes desastres que aconteceram ao longo da história, se fez necessário criar a Lei nº 12.334/2010 que tem como objetivo garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências. Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016).

Nos últimos anos aconteceram grandes desastres ambientais de grande repercussão, como foi o caso dos desastres que ocorreram no Estado de Minas Gerais, com o rompimento da Barragem de Mariana em 2015 e o mais recente, ocorrido em 2019 em Brumadinho. Ligado a isso, houve uma preocupação maior em fiscalizar a segurança das barragens do Estado do Rio Grande do Norte. Segundo Lemos (2019), nenhum grande reservatório do Estado apresenta risco elevado de rompimento, sendo a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves o maior reservatório do Estado. Apenas os pequenos reservatórios são causa de preocupação, eles são cerca de 10000 (dez mil) espalhados pelo estado, muitos deles, sem

conhecimento do poder público.

A Barragem Armando Ribeiro Gonçalves tem uma capacidade total de armazenamento de 2,4 bilhões de m³, está localizada no Rio Piranhas-Assú entre os municípios de São Rafael-RN, Assú-RN e Itajá-RN. Suas águas são utilizadas para o abastecimento de várias cidades no Estado, como também para prover a irrigação e ainda gerar renda com a atividade pesqueira, agricultura e etc. O reservatório foi construído pelo Departamento de Obras Contra as Seca (DNOCS), em 1983.

A construção da barragem trouxe muitos benefícios à população, fazendo com que sua economia aumentasse, assim gerando diversos tipos de empregos. Devido a construção dessa barragem, foi necessário realocar a cidade de São Rafael-RN, que foi totalmente inundada e teve que ser construída em outro local mais elevado. Vale salientar que as cidades no entorno do reservatório tiveram um grande salto na viabilidade econômica e social, visto que empresas se deslocaram para próximo a barragem para obter um melhor processo de irrigação e se desenvolver. Além disso, serve de agricultura, pesca, abastecimento da população em 44 municípios, no combate contra a seca, entre outros benefícios. Ademais, esse reservatório é de suma importância para o Estado, especialmente nos períodos de estiagem que o Nordeste enfrenta constantemente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento das condições gerais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, cujas margens fazem fronteiras com os municípios de São Rafael- RN, Assú-RN e Itajá-RN.

2.2 Objetivo Específico

- Fazer o levantamento do histórico construtivo e estrutural da barragem;
- Realizar o levantamento das anomalias presentes na barragem através de registros fotográficos;
- Discutir as possíveis causas da ocorrência das anomalias, assim como propor soluções e/ou reparos aos danos encontrados.

3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Reservatórios para armazenamento de água

A água é, provavelmente o único recurso natural que engloba todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. O surgimento do primeiro sistema de distribuição de água aconteceu há pelo menos 4.500 anos atrás, porém muito antes disso, o homem já fazia o armazenamento de água para seu próprio benefício.

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), cerca de 97,5% da água existente no mundo é salgada e imprópria para o consumo humano, fazendo com que necessite passar por vários processos para ser útil a população, os outros 2,5% são de água doce, porém sua maior parte, cerca de 69% se encontra congelada nas geleiras, 30% são de água subterrânea que se encontra armazenadas em aquíferos e apenas 1% são em rios. Vale salientar, que o Brasil é o país do mundo que possui maior quantidade de água doce, com aproximadamente 12% do total existente no planeta.

Com o passar do tempo, a humanidade foi se especializando no armazenamento de águas, devido aos grandes períodos de estiagem. Desta forma, o Departamento Nacional de Obras contra as secas (DNOCS), foi de extrema importância para a construção desses tipos de obras no combate contra a seca no Nordeste. Depois do surgimento das construções das barragens, veio à obtenção de muitos benefícios, tais como: a capacidade de armazenar grandes volumes de água, desenvolvimento econômico onde foi construído, atendimento as necessidades da população, de pequenos núcleos populacionais, geração de energia e irrigação, entre outros.

3.2 Barragens - Considerações gerais

3.2.1 Definição

Barragem pode ser definida como sendo um elemento estrutural, construída transversalmente à direção de escoamento de um curso d'água, destinada a criação de um reservatório artificial de acumulação de água.

3.2.2 Classificação das barragens

De acordo com Carvalho (1997), as barragens são classificadas em função da forma que foi construída e dos materiais que compõe seu corpo. Na Tabela 1, são apresentados alguns critérios utilizados e o tipo ou classificação.

Tabela 1 – Classificação das barragens

Crítérios	Tipo ou Classificação
Tipos de Materiais	Solo, Alvenaria, Concreto, Madeira e Aço
Maciço	Homogêneo, Zoneado e Misto
Hidráulico	Barragem Vertedouro, Barragem com Vertedouro (Aterro-Barragem)
Rigidez	Rígida, Deformável
Submergência	Submersível Insubmersível
Fluxo	Sobrejacente, Submersa

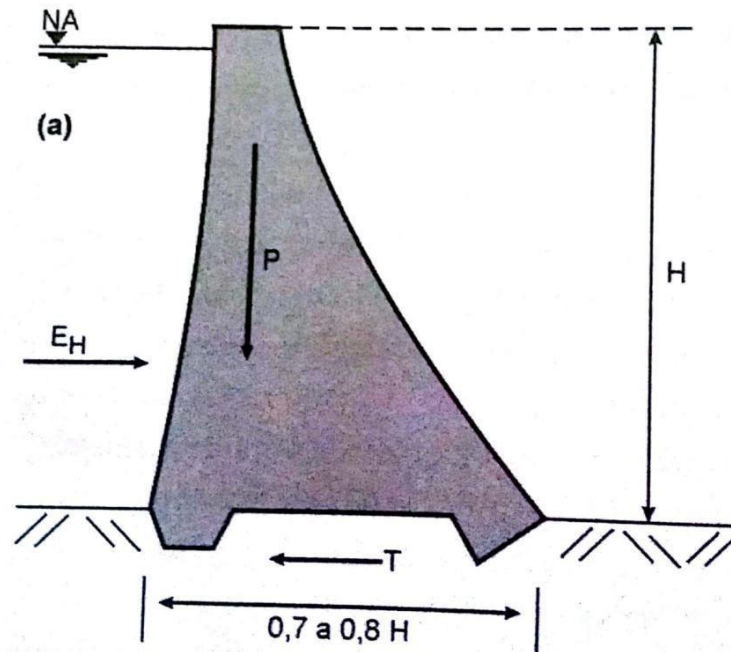
Fonte: Carvalho (1997)

A seguir, serão colocados alguns tipos de barragens de acordo com o tipo de material que foi confeccionada (MASSAD, 2010).

3.2.3 Barragem de concreto gravidade

A Barragem de concreto gravidade (Figura 1) geralmente é construído sobre rochas para que o local tenha a capacidade de suportar o seu peso próprio.

Figura 1: Barragem de concreto gravidade.

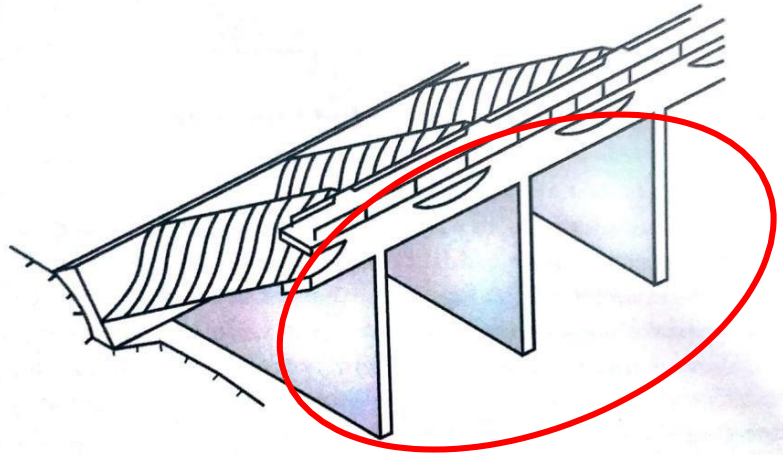


Fonte: Adaptado de Massad (2010).

3.2.4 Barragem de concreto estrutural com contrafortes

Esse tipo de barragem é construído por uma laje permeável e por abóbadas múltiplas inclinadas, sendo apoiada em contrafortes verticais (Figura 2). Ela deve possuir rocha de alta rigidez a sua fundação (MASSAD, 2010).

Figura 2: Barragem de concreto estrutural com contrafortes.

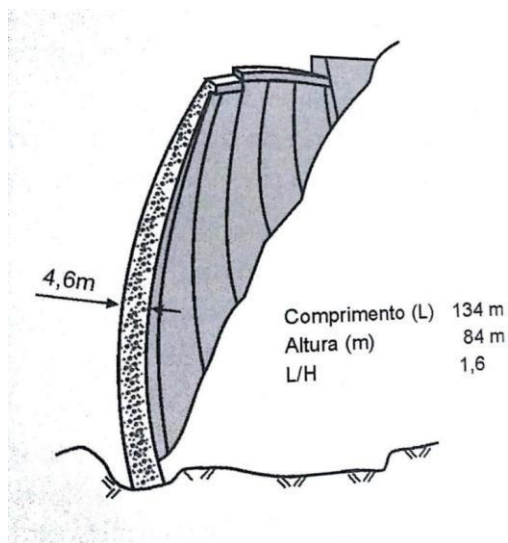


Fonte: Adaptado do Massad (2010)

3.2.5 Barragem de concreto em arco de dupla curvatura

A barragem de concreto em arco de dupla curvatura (Figura 3), tem o formato com dupla curvatura, exigindo que o concreto trabalhe em compressão. O local ideal para sua construção são em vales fechados (MASSAD, 2010).

Figura 3: Barragem de concreto em arco de dupla curvatura.

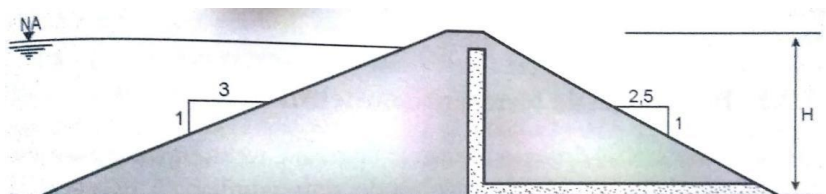


Fonte: Adaptado de Massad (2010).

3.2.6 Barragem de terra homogênea

Esse é tipo de barragem (Figura 4), é o mais utilizado devido a facilidade de elaboração e de execução do projeto, como também pelo fato do Brasil possuir abrangência do material que é utilizado para compor o seu corpo. Outra vantagem desse tipo de barragem é que, em comparação com as outras, o seu custo de construção é mais baixo.

Figura 4: Barragem de terra homogênea.

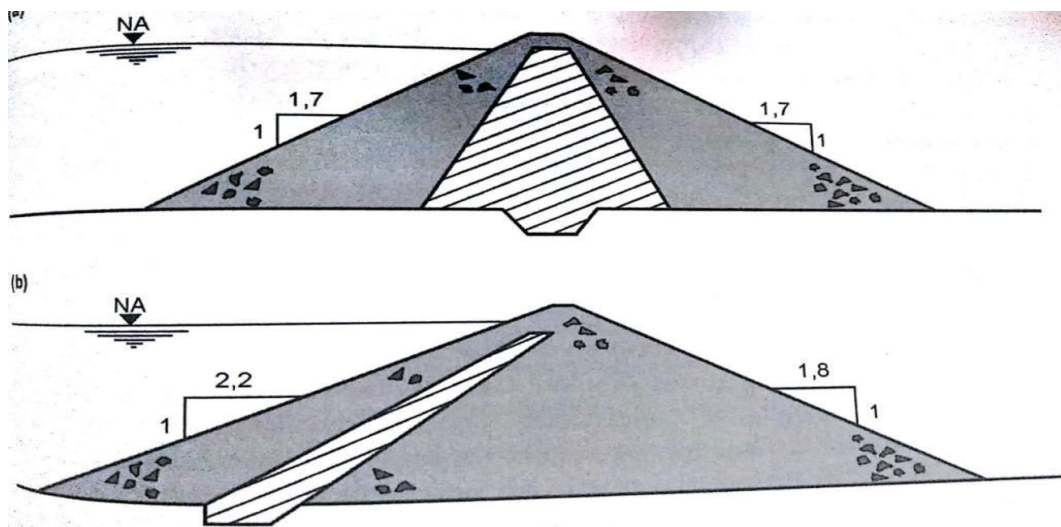


Fonte: Adaptado de Massad (2010).

3.2.7 Barragem de terra-enrocamento

A barragem de terra-enrocamento (Figura 5) é considerada segura, pois os materiais utilizados tornam seu grau de estanqueidade elevado. No enrocamento da barragem, são utilizadas rochas que permitem estabilidades aos taludes, tanto no montante, quanto na jusante. (MASSAD, 2010).

Figura 5: Barragem de terra-enrocamento.

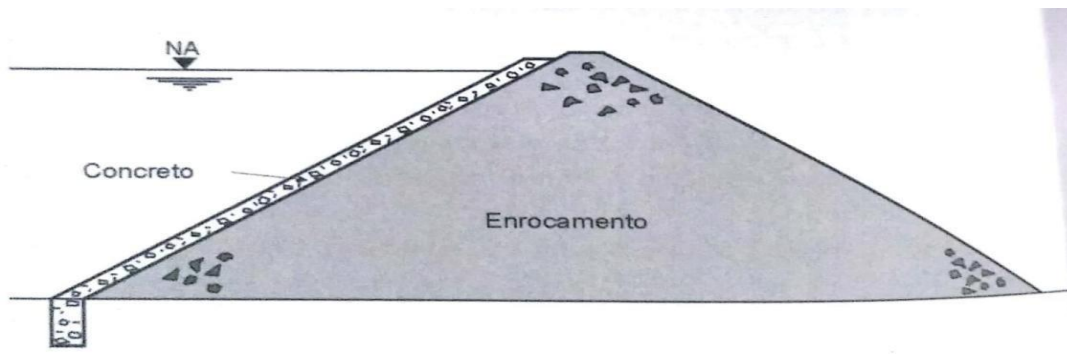


Fonte: Adaptado de Massad (2010).

3.2.8 Barragem de enrocamento com membrana de concreto

Esse tipo de barragem (Figura 6), possui placas de concreto sobre seu talude de montante, e essas placas são unidas por juntas especiais (MASSAD, 2010).

Figura 6: Barragem de enrocamento com membrana de concreto.



Fonte: Adaptado de Massad (2010).

3.3 Barragem de terra

Desde os primórdios, as barragens de terra foram construídas com a finalidade de armazenar água para várias formas de vida, sendo algumas das estruturas de tamanho considerável, como por exemplo, uma construída no Ceilão no ano 504 a.C., que possuía 17 quilômetros de comprimento, 21 metros de altura e contendo cerca de 15 milhões de metros cúbicos de água.

Atualmente, tais procedimentos permitem a construção de barragens de terra com mais de 150 m de altura. No Estado de São Paulo, a barragem de Xavantes no Rio Paranapanema, atinge 90 m de altura. As barragens de terra são as mais elementares obras de barragens e normalmente se prestam para qualquer tipo de fundação, desde a rocha compacta, até terrenos construídos de materiais que não estão consolidados. Esses últimos, aliás, são seu campo típico de aplicação. Existe uma certa variabilidade no tipo de barragem de terra, que poderá ser homogêneo ou zonado.

Homogêneo - é aquele composto de somente uma única espécie de material, excluindo-se a proteção dos taludes. Desta forma, o material necessita ser suficientemente impermeável, com o objetivo de formar uma barreira adequada contra a água, e os taludes precisam ser relativamente suaves, para uma estabilidade adequada.

Zonado – esse tipo é representado por somente um núcleo central impermeável. Entretanto, ele é envolvido por zonas de materiais consideravelmente mais permeáveis, zonas essas que suportam e protegem o núcleo. Nesse caso, as zonas permeáveis consistem de areia, cascalho ou fragmentos de rocha, ou uma mistura desses materiais.

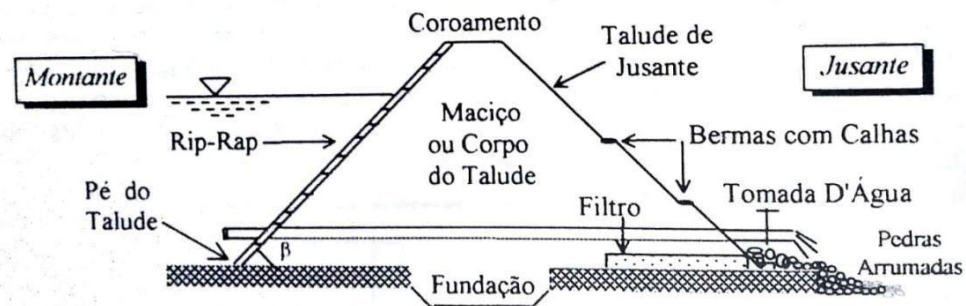
3.3.1 Elementos que constituem uma barragem de terra

Em uma barragem de terra existem diversos elementos ou partes que compõe o seu corpo (Figura 8). Esses elementos estão divididos em montante e jusante, onde o montante é o lado voltado para o reservatório, enquanto o de jusante é o lado oposto. Além disso, existem as bermas, que são feitas com o objetivo de reduzir o processo de erosão causado pelo escoamento da água das chuvas, e também para facilitar o tráfego de pessoas ou animais ao longo do talude.

As bermas são construídas tanto no talude de jusante, como no talude de montante. Dentro das finalidades já citadas, a construção dessas bermas aumenta a estabilidade da barragem, e conseqüentemente aumenta a segurança da barragem. Para melhorar o escoamento de água, são construídas calhas coletoras, para agilizar o processo de recolhimento d'água (CARVALHO, 1997).

Segundo o mesmo autor, existem formas de reforçar os taludes, com a plantação de gramas ou colocando *rip rap* em ambos os taludes. A função do *rip rap* é ajudar a amenizar o processo de erosão e reforçar o talude de montante contra as ondas do reservatório. O *rip rap* são pedras jogadas ao longo dos taludes e organizadas para fazer um revestimento com a finalidade de protegê-los.

Figura 8: Elementos que constituem uma barragem de terra.



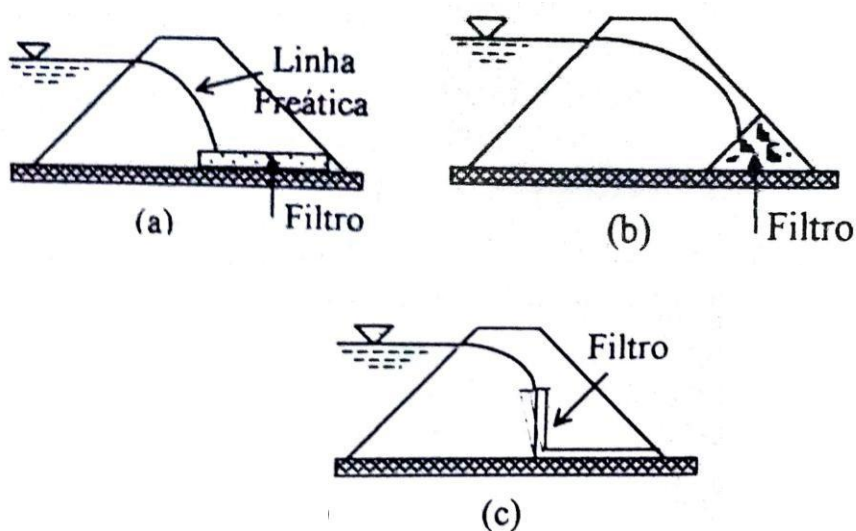
Fonte: Adaptado de Carvalho (1997)

Para fazer a descarga de água para o lado de jusante da barragem, é utilizada a tomada d'água, que por meio de tubulações ou galeria realiza o transporte da água, fazendo com que ela seja utilizada e controlada por meio de um sistema de comportas.

Localizado no interior da barragem, o filtro tem duas funções; a primeira função é fazer com que a água transportada seja direcionada para uma saída controlada, prevenindo que aconteça a chamada erosão regressiva ou também conhecida como *piping*. A segunda função tem como objetivo reduzir as pressões de percolação.

Quanto aos tipos de filtros: tem-se o filtro do tipo tapete drenante ou filtro horizontal (Figura 9a) o filtro com enrocamento no pé do talude de jusante (Figura 9b) e por último o filtro tipo chaminé inclinada ou vertical (Figura 9c).

Figura 9: Filtro Horizontal (a), filtro enrocamento de pé (b) e filtro tipo chaminé (c).



Fonte: Adaptado do Carvalho (1997)

3.4 Processo construtivo de uma barragem de terra

Conforme Carvalho (1997), o processo construtivo de uma barragem de terra se baseia por várias etapas. Primeiramente, é preciso ser feito um levantamento topográfico da área escolhida para a construção da barragem. Depois disso, é necessário um levantamento sobre a bacia hidrográfica e de todo o local que será alagado, visando amenizar os danos ao meio ambiente, as pessoas e as espécies.

Em seguida, começa a preparar as plantas planialtimétricas da bacia hidrográfica, da área de assente da barragem e do seu boqueirão. Após o estudo, é feita a análise sobre qual tipo de barragem melhor se enquadra naquele certo tipo de região, pois se o vale for estreito a melhor escolha seria a barragem de concreto, porém se o vale for mais aberto, a melhor escolha seria a construção de uma barragem de terra ou de enrocamento.

Ao final desse estudo, faz-se necessário analisar a área do projeto para se ter conhecimento dos solos e rochas presentes. Além disso, é necessário fazer sondagens nos pontos chaves da área abrangida, no local que a barragem será localizada. É feito o cálculo do potencial da jazida de solo para construir a barragem. Caso não possua solo suficiente para um maciço homogêneo, opta-se por fazer uma barragem do tipo mista.

Com o passar dos anos, as barragens passam por uma série de problemas devido as estiagens que ocorrem com bastante frequência, principalmente no semiárido, o que gera uma série de consequências, como por exemplo, o talude que passa a ficar sem proteção, vegetações começam a florescer, falhas no enrocamento de pedras, entre outros. Toda obra precisa passar por manutenção, por isso, é necessário identificar os problemas e tratá-los, de modo que, o maciço da barragem esteja sempre em máxima segurança para evitar graves acidentes.

Para que esses problemas sejam evitados, é necessário que essas estruturas passem por manutenções. Devido aos grandes desastres que aconteceram ao longo da história, foi necessário criar a Lei nº 12.334/2010 que tem como objetivo garantir a observância de padrões de segurança de barragens, com o objetivo de reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências. Nesse sentido, o governo implementou regulamentação principalmente atribuindo a Agência Nacional das Águas (ANA), a fiscalização e o monitoramento, responsabilizando os proprietários de barragens pela manutenção de seus reservatórios.

3.5 Anomalias em barragens de terra

Em todos os processos construtivos de uma barragem de terra, existem problemas que devem ser descobertos e sanados da melhor forma possível. Ao longo do tempo, em uma barragem de terra, surgem anomalias nas quais interferem de forma direta e indireta nas condições gerais da barragem, como também das pessoas que moram nos seus entornos.

Segundo o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), anomalia em barragem de terra pode ser definida como qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa prejudicar a segurança, em curto ou longo prazo.

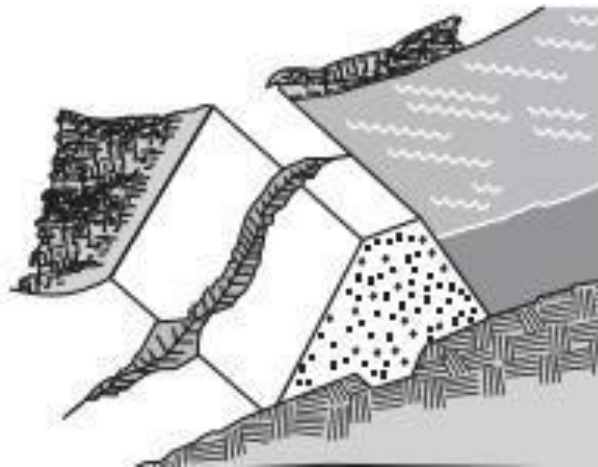
Para analisar as anomalias presentes é necessário identificar os tipos, saber a gravidade do impacto que está causando na segurança da barragem e com isso implementar ações para corrigir ou remediar, visando uma melhor condição para a barragem. Ao longo da vida útil de uma barragem de terra, são encontrados diversos tipos de anomalias, porém as que aparecem com maior frequência são: fissuras; surgências; instabilidade de taludes, recalques localizados; afundamentos (tipo *sinkhole*); proteção deficiente dos taludes; erosão superficial; ocorrência de árvores e arbustos; presença e tocas de animais. Em seguida, serão listadas onde são localizadas alguns tipos de anomalias.

3.6 Anomalias presentes na crista da barragem

3.6.1 Erosão

A crista da barragem é a parte de cima da barragem ou dique vertedor (Figura 10). Dessa forma, como a mesma é responsável por receber o tráfego de pessoas, veículos, animais, ação do vento e ainda está sujeito ao acúmulo d'água proveniente da chuva sobre a superfície, resultante disso pode provocar a erosão.

Figura 10: Erosão na Crista da Barragem

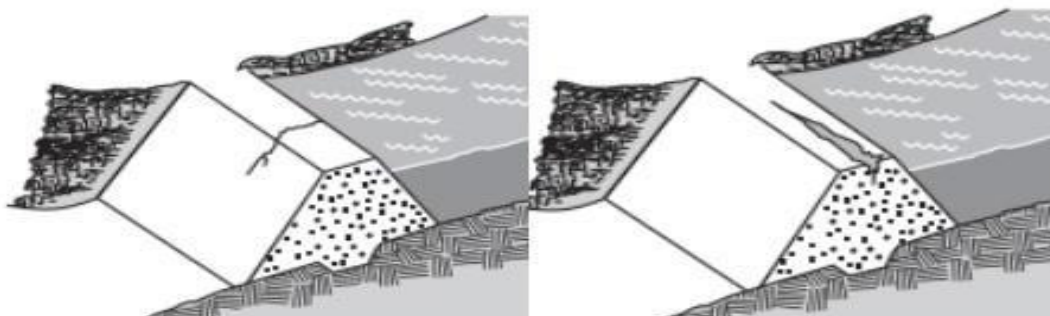


Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.6.2 Fissuras transversais e longitudinais

Na crista da barragem (Figura 11), também pode ocorrer fissuras transversais e longitudinais. Essas são mais difíceis acontecer, porém se baseiam em falhas na fundação e em consequência disso, causa perda da estabilidade. Para evitar os danos dessa anomalia, é necessário possuir as informações da dimensão e local que se encontram, pois podem surgir problemas como: escorregamento, erosões internas e acomodações da fundação.

Figura 11: Fissuras transversais e longitudinais



Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

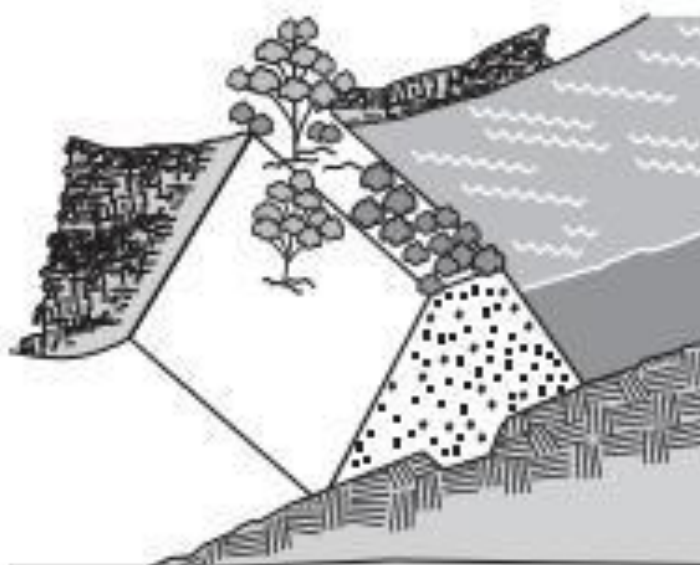
3.6.3 Falha no revestimento

Essa anomalia acontece devido a falhas na drenagem, passagem de animais e de veículos, desgaste devido à ação do vento, e com a decorrência disso podem acontecer problemas erosivos, ocasionando falhas no revestimento.

3.6.4 Presença de vegetação excessiva

Com o passar do tempo, com a falta de manutenção é natural o surgimento de vegetação na parte de cima da crista da barragem (Figura 12). Em barragens nas quais não existe o fluxo de veículos, é propício acontecer esse tipo de anomalia.

Figura 12: Presença de Vegetação Excessiva



Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002).

3.6.5 Defeito na drenagem

Com o defeito na drenagem, acarreta problemas no escoamento da água, fazendo com que a água não escoe pelas canaletas da drenagem e com isso surgem consequências como poças d'água ou escoamento direto pelos taludes. Na maioria das vezes, isso acontece pela falta de manutenção e pela obstrução das canaletas.

3.6.6 Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais

Essa anomalia (Figura 13) é muito comum devido à presença de formigueiros e tocas de animais, que fazem buracos resultando problemas na crista da barragem. Portanto, é necessária uma manutenção corriqueira a fim de amenizar esses problemas. (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, 2002).

Figura 13: Tocas de animais na crista da Barragem de São Mamede-PB



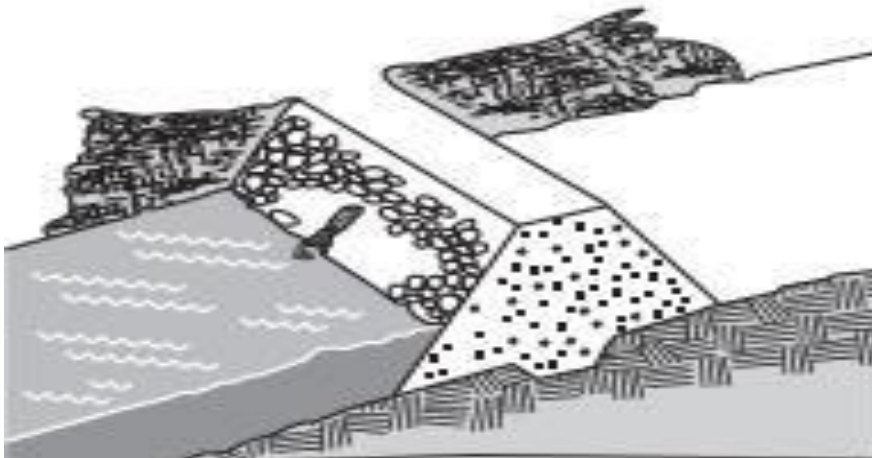
Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)/ COBA

3.7 Anomalias presentes no talude de montante

3.7.1 Erosões

Com o passar do tempo, o intemperismo começa a agir sobre o solo gerando o desgaste no talude da barragem (Figura 14). Além disso, o seu surgimento é formado pelo escoamento das águas das chuvas, das trilhas de animais e das ondas formadas com os ventos (Manual de Segurança e Inspeções de Barragens, 2002).

Figura 14: Erosão por trás do *rip-rap* mal graduado



Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.7.2 Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos

Esse tipo de anomalia (Figura 15), de acordo com o Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002), ocorre devido a uma elevada inclinação no talude da barragem. Além disso, outro fator que ocasiona essa anomalia é a movimentação da fundação ou o deslizamento provocado pelo movimento de terra na bacia do reservatório.

Figura 15: Escorregamentos no talude de montante

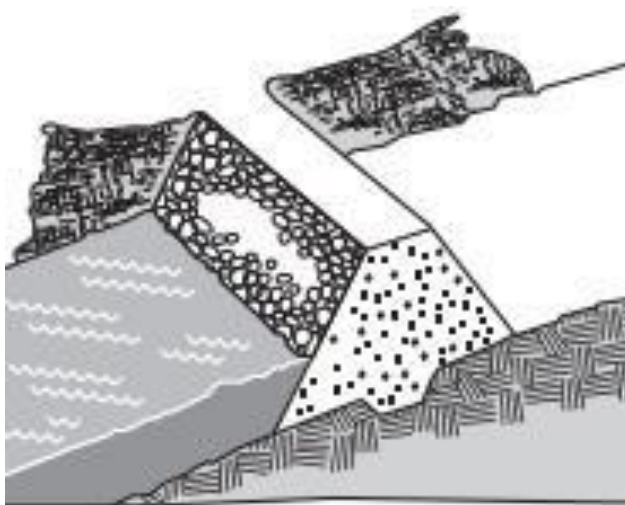


Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.7.3 *Rip-rap* incompleto, destruído ou deslocado

O *rip-rap* é uma técnica alternativa para estabilização de taludes e contenção de encostas (Figura 16), tem a finalidade de estabelecer o equilíbrio da encosta através de seu peso próprio. Quando o mesmo é de baixa qualidade e sofre a ação de ondas em regiões desprotegidas pode diminuir a largura do maciço, deixando-o incompleto ou deslocando-o. Quando isso acontece, é necessário construir novamente e colocar um *rip-rap* de melhor qualidade.

Figura 16: *Rip-rap* incompleto, destruído ou deslocado



Fonte: Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.7.4 Árvores e arbustos

A presença de árvores e arbustos (Figura 17), acontece devido à falta de manutenção nas condições da barragem, com isso é necessário a manutenção em curtos prazos, com o objetivo de evitar essas anomalias na talude da barragem. Essa anomalia pode ocasionar problemas na realização das inspeções visuais, dificultando a identificação de buracos de animais e outras anomalias.

Figura 17: Barragem de Direito (Paraíba), vegetação no talude de montante



Fonte: Coba(2013) *apud* Santos (2019)

3.8 Anomalias presentes no talude de jusante

3.8.1 Erosões ou ravinamentos

De acordo com o Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002), esse tipo de anomalia (Figura 18), acontece devido à água das chuvas, que levam os materiais para o talude da barragem, dando origem a calhas ou valha continua. Caso não haja a manutenção e identificação dessa anomalia é propício a ficar perigoso, devido ao fato da erosão ser capaz de deteriorar o talude da jusante e possível no futuro gerar o rompimento da estrutura. No Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), encontra-se que erosões ou ravinamentos é um desgaste sofrido no talude, que acontece em uma área localizada causada pela ação da água das chuvas, pela presença de ventos e também pela passagem de animais com frequência na mesma área.

Figura 18: Erosão do talude de jusante na Barragem de Baião-PB

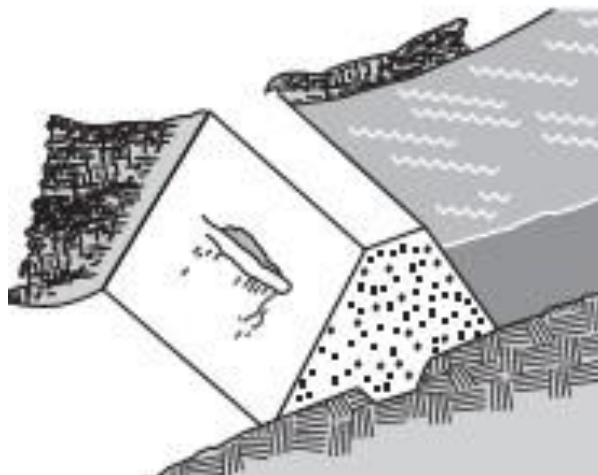


Fonte: Coba(2013) *apud* Santos (2019/ Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.8.2 Deslizamento

Essa anomalia (Figura 19) acontece quando o material utilizado no maciço da barragem perde sua resistência e com isso pode ocorrer deslizamentos. Essa perda de resistência pode ocorrer devido a infiltrações no interior do corpo da barragem ou pela falta de suporte da fundação. Com isso, acontece o deslizamento no maciço que pode resultar em um colapso estrutural ou até mesmo em um transbordamento (Manual de segurança e Inspeção de Barragens 2002).

Figura 19: Deslizamento/Charco

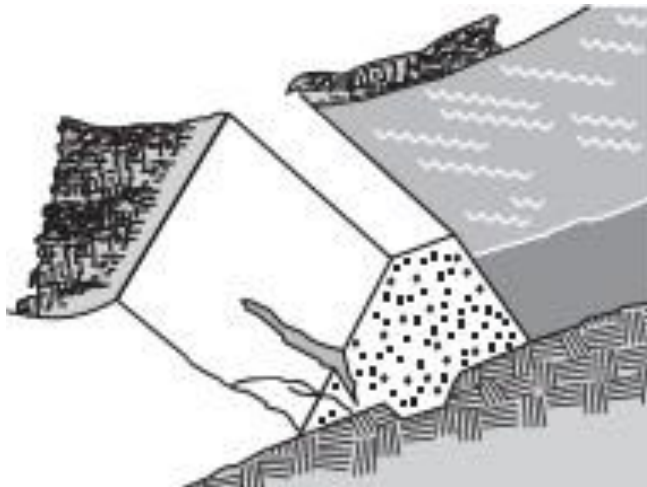


Fonte: Adaptado do Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002)

3.8.3 Afundamentos e buracos

Conforme o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2002), esses afundamentos ou buracos, na maioria das vezes, quando apresentam depressões em uma região localizada, pode ter sido causada por outro tipo de anomalia, como por exemplo, a erosão (Figura 20).

Figura 20: Afundamentos no talude de jusante



Fonte: Adaptado do Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002)

3.8.4 Presença de árvores e arbustos

De acordo com o Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002), quando existe a presença de vegetação ao longo do corpo da barragem, pode indicar uma série de problemas, pois mesmo sendo uma vegetação nova ou velha, necessita de uma demanda de água maior. Portanto, a fim de evitar o aparecimento desse certo tipo de anomalia, é preciso que aconteçam vistorias em períodos de tempos curtos (Figura 21).

Figura 21: Presença de vegetação a jusante da Barragem de Direito (Paraíba)

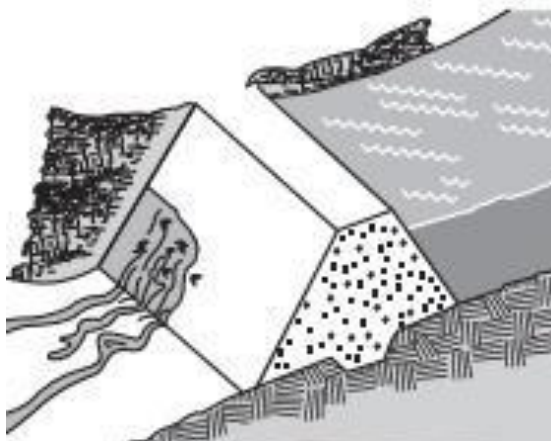


Fonte: Coba(2013) *apud* Santos (2019)/ Adaptado do Manual de segurança e Inspeção de Barragens (2002)

3.8.5 Erosão nos encontros das ombreiras

De acordo com o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), essa anomalia acontece devido ao escoamento da água da chuva, tornando-se visível a erosão no encontro da estrutura da barragem com a ombreira. Além disso, segundo O Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002), o problema que pode surgir é uma rápida erosão na ombreira e acontecer vazamentos no reservatório provocando o esvaziamento. Com isso, é necessário que se faça a inspeção em curtos períodos de tempo com o objetivo de averiguar o quanto do fluxo e do material é movido (Figura 22).

Figura 22: Erosão nos encontros das ombreiras



Fonte: Adaptado do Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002)

3.8.6 Caneletas quebradas ou obstruídas

Essa anomalia (Figura 23) acontece quando há o escoamento superficial ou uma grande vazão de água na canaleta, que pode causar erosão e em consequência de isso provocar o deslocamento da canaleta. Já a obstrução pode acontecer quando a proteção superficial apresentar falhas, provocando o carreamento de solo e com isso provocar essa obstrução.

Figura 23: Caneletas de drenagem necessitando de limpeza



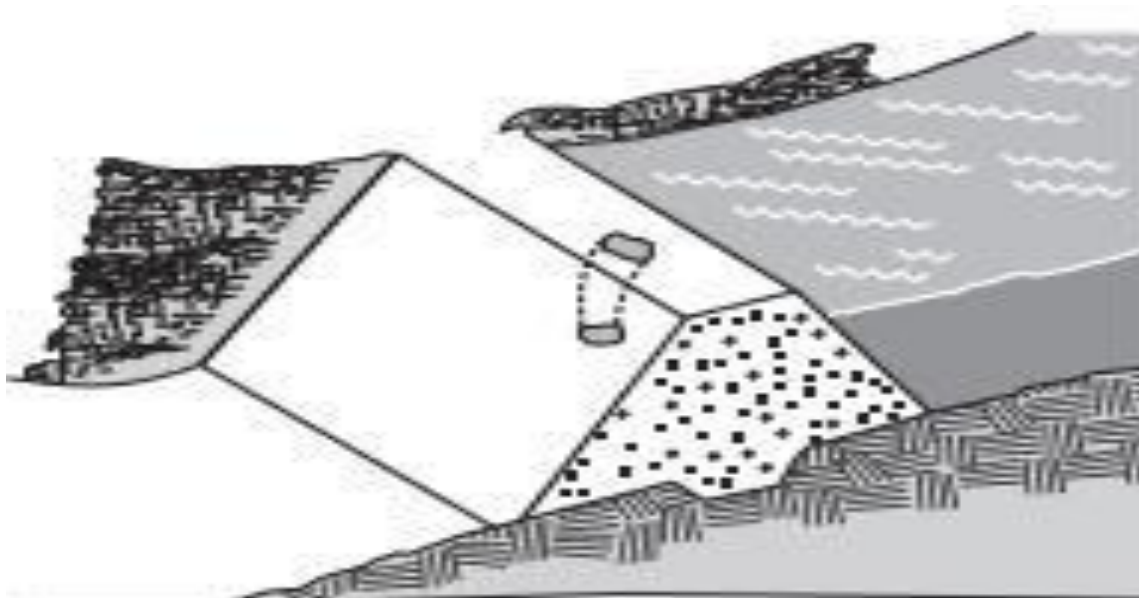
Fonte: Cobra(2013) *apud* Santos (2019)

3.8.7 Formigueiros, cupinzeiros, presença e tocas de animais

Segundo o Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002), esse tipo de anomalia acontece pelo fato de os roedores criarem buracos, moradas e cavernas. Outro fator atrativo para a presença de animais é a presença de uma vasta vegetação. Dessa forma, ocorre a redução do caminho de percolação da água e surge o *piping* (fenômeno muito comum e com potencial de trágicas consequências, quando culmina com a formação de

brechas e colapso da estrutura.). Se em uma barragem aparecer essa anomalia (Figura 24) de forma significativa é necessário repor o material retirado por esses animais e os removê-los do local, pois pode provocar o rompimento do maciço da barragem.

Figura 24: Buracos provocado por formigueiros, cupinzeiros, presença e tocas de animais



Fonte: Adaptado do Manual de Segurança e Inspeções de Barragens (2002)

3.9 Pesquisas que tratam de levantamento de anomalias em barragens

Silva e Filho (2013), investigou por meio de estudos sobre o nível das barragens, os tipos de anomalias presentes em cada tipo de barragem. O estudo foi feito no estado do Ceará, foi estudado três tipos de barragem. A primeira foi a Barragem Roberto Costa distante aproximadamente 3,5 km do município de Iguatu-CE, que é do tipo terra homogênea, depois foi estudada a Barragem Paulo Sarasate distante 250 km da capital cearense do tipo zoneada e por último a Barragem de Arrojado Lisboa localizada no município de Banabuiú-CE com o maciço constituído do tipo de terra zoneado.

Ao final do estudo, o autor pôde citar que mesmo as barragens não possuindo manutenções constantes, não foram encontrados riscos significativos. Com isso, foram capazes de relatar às condições físicas das barragens, exemplificado as anomalias encontradas e propondo ações corretivas com capacidade de eliminar ou amenizar os problemas apresentados.

Barbosa (2014), realizou um estudo identificando anomalias presentes na Barragem Poleiros, localizada no município de Barra de Santa Rosa, no estado da Paraíba, utilizando a técnica de inspeção visual acompanhada com o auxílio de fotografias. O autor aderiu a essa técnica para quantificar e qualificar todas as anomalias presentes nessa barragem. As principais anomalias apresentadas foram erosões, danos no sistema de drenagem superficial, obstruções no sistema de drenagem interna e superficial. Com a identificação e informação dos problemas, a fim de recuperar e aumentar a segurança da barragem foi escolhido as seguintes ações corretivas: desobstruções, reposição do solo e reestruturação do sistema de drenagem superficial.

Santos (2019), realizou um levantamento sobre as condições gerais do da Barragem de Itans, localizada no município de Caíco-RN. Esse estudo apresentou os tipos de anomalias existentes em uma barragem de terra, como também o processo de construção de uma barragem de terra. O autor concluiu que a barragem necessitava de manutenções periódicas, pois diversos tipos de anomalias foram encontradas, que poderiam, a longo prazo, comprometer sua estrutura. Segundo o autor, a estrutura encontrava-se em bom estado, não sendo um reservatório que condicionasse riscos à população, o autor evidenciou a necessidade de manutenções periódicas, afim de corrigir as falhas que estavam começando a surgir.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Local da pesquisa

O local escolhido para o estudo foi a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, situada Rio Piranhas-Assú entre os municípios de Itajá, São Rafael e Assú. Segundo a agência nacional das águas (ANA), a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves é responsável pelo abastecimento de 44 sedes urbanas localizadas no Rio Grande do Norte, inclusive fora da bacia do rio Piranhas-Açu, como é o caso de Mossoró. A população urbana cujo abastecimento de água, nos dias atuais, depende do Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, totaliza aproximadamente 350.000 habitantes, ou seja, é a maior reservatório do Estado do Rio Grande do Norte.

4.2 Levantamento das anomalias

Para o levantamento das anomalias presentes na barragem foram realizadas inspeções visuais em toda sua estrutura, assim como pesquisas sobre a última manutenção com o vigilante da barragem e também foram feitos registros fotográficos. Os elementos vistoriados foram a crista da barragem e os taludes de montante e jusante.

4.3 Levantamento histórico do processo de construção da barragem

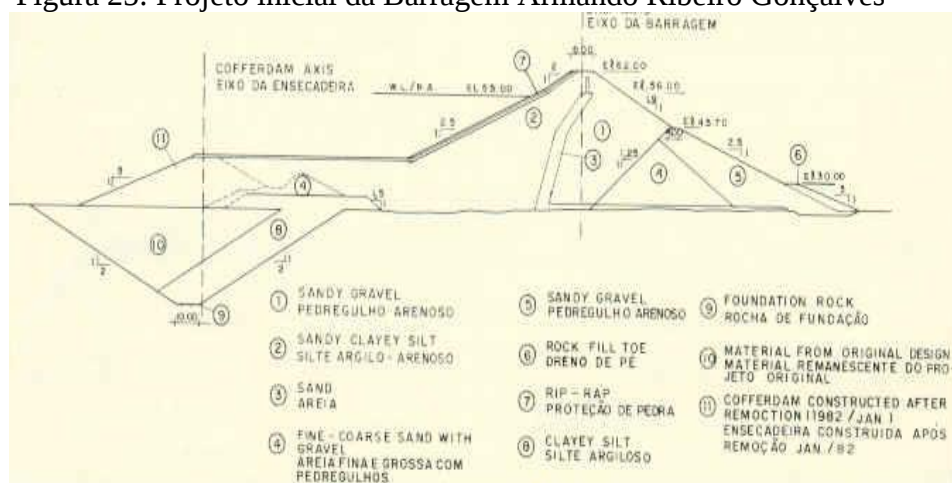
De acordo com o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), a construção do açude tinha como objetivo principal o suprimento da irrigação do projeto baixo Assú. O projeto baixo Assú trouxe diversos benefícios, como: o aproveitamento das terras fluviais das terras do vale, assim como os chapadões dos tabuleiros das encostas, cuja a irrigação traria o benefício do desenvolvimento de uma área agrícola que possui 25.000 hectares, gerando uma média de 12.000 empregos diretos e indiretos.

Com a ajuda dos arquivos disponíveis pelo órgão construtor da barragem, o DNOCS, foi possível obter informações de como ocorreu a construção da barragem, contendo as informações de ferramentas utilizadas, quantidade de trabalhadores disponíveis para a mão de obra, tecnologia disponível, tempo de construção da obra, etc.

A construção da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves exigiu ações complementares necessárias ao remanejamento das populações atingidas, com o enchimento do reservatório, e das infraestruturas localizadas na área inundável da bacia hidráulica. Entre as ações desenvolvidas merecem destaque a relocação da sede do município de São Rafael, com reassentamento de toda a população (730 famílias); construção de um dique de proteção na cidade de Jucurutu, com reassentamento de parte da população urbana; relocação das linhas de transmissões e do sistema viário e reassentamento da população rural (1.952 famílias) em sítios convenientemente selecionados, de modo a não paralisar as atividades agrícolas, principal fonte de manutenção e subsistência, também foram efetivadas as indenizações das propriedades mineiras localizadas na área do lago.¹

Durante o processo construtivo da barragem houve um escorregamento do talude do montante, na sua parte central, provocando um desmoronamento do material, em grandes proporções. Com isso, estudos técnicos e geotécnicos foram feitos a respeito e foi decidido parar o processo construtivo; a barragem foi projetada novamente com o objetivo de corrigir a seção transversal, deslocando o filtro mais para a montante, utilizando o mesmo material, e homogeneizando-se os materiais argilo-arenoso para os espaldares de montante e jusante. O projeto inicial, antes da correção, pode ser visto na Figura 25.

Figura 25: Projeto inicial da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: DNOCS²

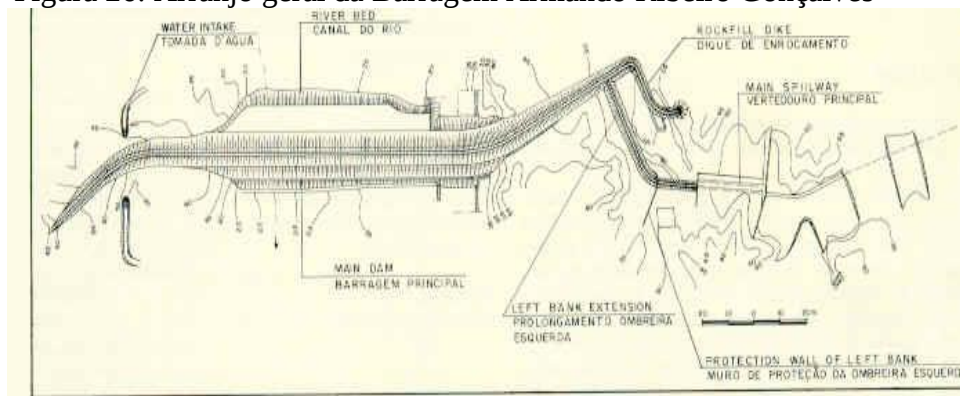
A construtora retomou a construção da barragem em maio de 1979. Os trabalhos

¹ Disponível em: <https://www.dnocs.gov.br/~dnocs/barragens/acu/acu.htm>. Acesso: 15 de Janeiro 2020.

² Disponível em: <https://www.dnocs.gov.br/~dnocs/barragens/acu/acu.htm>, acesso em 23 de janeiro de 2020.

foram iniciados com a execução do dique auxiliar da margem direita do rio Assú e tiveram continuidade com a construção do canal de desvio do rio, sua respectiva ensacadeira, e das ombreiras direita e esquerda da barragem. Em 1983, teve a conclusão do projeto e inauguração da Barragem (Figura 26), cuja finalidade era o abastecimento da população, a irrigação, a pesca e o lazer.

Figura 26: Arranjo geral da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: DNOCS ³

A barragem tem altura máxima de 41 metros do leito do rio e coroamento com 8 metros de largura. Além de possuir uma capacidade de 2,4 bilhões de metros cúbicos e ser o maior reservatório do Estado do Rio Grande do Norte.

A barragem ao longo desse tempo passou por diversas cheias e secas. A última sangria registrada pela barragem foi no ano de 2011 (Figura 27), desde então a barragem enfrenta maior seca registrada em toda a história. Em abril de 2019, o reservatório encontrava-se com 31,35% do seu volume total, o que equivale a um volume de 752,4 milhões de metros cúbicos. Atualmente, a barragem encontra-se com um volume bastante reduzido (Figura 28), mas a medição de 2020 ainda não foi realizada.

³ Disponível em: <https://www.dnocs.gov.br/~dnocs/barragens/acu/acu.htm>, acesso em 23 de janeiro de 2020.

Figura 27: Nível do reservatório em 2011



Fonte: Jailson Adriano (Funcionário), (2011).

Figura 28: Nível do reservatório em 2020



Fonte: Autoria própria (2020).

4.4 Levantamento das condições gerais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves

As principais anomalias observadas nos taludes de jusante e montante e na crista da barragem foram: erosão, afundamentos e buracos, presença de vegetações e de árvores pequenas até de porte médio nos taludes, presença e tocas de animais nas taludes da jusante e montante.

Nos tópicos seguintes serão detalhadas e descritas essas anomalias separadas pela crista da barragem e pelos de taludes de jusante e montante.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Anomalias presentes na crista da barragem

5.1.1 Erosão

Nota-se na Figura 29, na crista da barragem, falhas na malha asfáltica, fato que acontece devido ao processo de erosão, pela a eminência de ventos e chuvas no parte de cima da crista. (Manual de Segurança e Inspeções de Barragens, 2002).

Figura 29: Malha asfáltica com falhas.



Fonte: Autoria própria (2020).

5.1.2 Falha no revestimento

Conforme a Figura 30, percebe-se falhas no revestimento da crista da barragem, o que pode ser ocasionado pela presença de animais, pelo tráfego excessivo de veículos, entre outros.

Figura 30 - Buracos na malha asfáltica



Fonte: Autoria própria (2020).

Fatores que podem acarretar esse tipo de problema é o intenso fluxo de veículos na malha asfáltica, se o material usado na pavimentação não atender as especificações técnicas, ou o projeto não for executado satisfatoriamente, esse tipo de problema acontece.

Segundo o Manual e Inspeção de Barragens (2002), a causa desse tipo de manifestação pode estar relacionada também com a escavação de animais, a presença de furos no conduto da tomada d'água causando assim erosão do material da barragem, como também devido a infiltração causando a erosão interna ou *piping*.

Esse problema, com o tempo, se não for solucionado pode acarretar deslizamentos, instabilidade, desabamentos, como também reduzir a secção transversal do maciço da barragem e ainda penetrar água pela parte superficial, comprometendo assim a instabilidade do corpo da barragem.

5.2 Resultados das anomalias presentes nos taludes de jusante e montante

5.2.1 Árvores e arbustos

Na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves foi possível encontrar uma grande presença de vegetação, tanto na jusante, quanto no montante (Figura 31).

Figura 31: Presença de vegetação na jusante



Fonte: Autoria própria (2020).

Esse tipo de manifestação ocorre devido à falta de manutenção e pela vegetação natural que cresce com o decorrer do tempo. Nota-se também o enrocamento de pedras presente na parte superior do talude da jusante e montante (Figura 32).

Figura 32: Presença de vegetação parte superior do talude da montante



Fonte: Autoria própria (2020).

A presença dessas anomalias tem como possíveis consequências a criação de caminhos para passagem d'água, devido as raízes das árvores, como também a dificuldade da inspeção visual e servir de moradia para animais. Os taludes precisam ter estabilidade sob qualquer condição de operação, sob todos os níveis de água para suportar com segurança os carregamentos adicionais, assim como também as cargas normais do projeto.

5.2.2 Afundamentos e buracos

Como percebe-se na Figura 33, o talude da jusante apresenta depressões em determinado local específico, esse buraco pode ter sido causado pela erosão, pela chuva, os ventos e também pelo processo de intemperismo no solo. (Manual de Segurança e Inspeções de Barragens, 2002).

Figura 33: Buraco no talude da montante.



Fonte: Autoria própria (2020).

5.2.3 Formigueiros ou tocas de animais e presença de animais

A barragem apresenta ainda presença e tocas de animais, sendo encontrada na jusante escavações realizadas que podem comprometer a estrutura do talude (Figura 34). Ao notar a presença desse tipo de anomalia, é preciso eliminar a presença desses animais, pois podem causar grandes prejuízos a longo prazo.

Figura 34: Presença de tocas de animais



Fonte: Autoria própria 2020

Foram encontrados animais de médio porte soltos tanto na jusante, quanto na montante, esses animais pode ocasionar escavações e comprometer a estrutura dos taludes (Figura 35); entretanto esses animais também ajudam na retirada da vegetação.

Figura 35: Presença de animais nos talude de jusante e montante



Fonte: Autoria própria (2020).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho tem como principal objetivo a verificação das condições gerais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Diante do estudo em questão pode-se considerar que:

- A Barragem Armando Ribeiro Gonçalves construída em 1979, teve como objetivo o abastecimento da população, pois além de possuir uma capacidade hídrica de 2,4 bilhões de metros cúbicos, ela é responsável pelo abastecimento de 44 cidade no Estado do Rio grande do Norte. Além disso, serve a população com a irrigação, a pesca, a agricultura, entre outras áreas.

- Verificou-se a existência de poucas anomalias presentes na crista da Barragem, devido ao fato da realização da manutenção feito no ano 2019 pela empresa responsável pela manutenção. Porém, ainda assim foram encontradas anomalias como: falha no revestimento e erosão na malha asfáltica, ou seja,

- No talude do montante observou-se a presença de vegetação, na parte superior e inferior da montante, com árvores de pequeno e médio porte. Além da presença de buracos e afundamentos no talude do montante.

- No talude da jusante também foi encontrada a presença de vegetação e de árvores de pequeno e médio porto. Além da presença de animais na jusante.

- Ao final desse estudo, fica claro a importância da Barragem para os municípios abastecidos, de forma extensiva para o Rio Grande do Norte, pois além da mesma abastecer grande quantidade de municípios, ainda serve de irrigação e como forma de renda, como a pesca e agricultura. Dessa forma, requer que sempre sejam feitos retoques e manutenções periódicas na mesma, com o objetivo de deixá-la com as condições ideais de receber as águas quando do período de chuvas.

Vale salientar, que a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, passou por uma reforma nos períodos de Agosto de 2017 a Junho de 2019, realizada por uma empresa construtora especializada, e com isso não apresenta grandes quantidades de anomalias atualmente, e, portanto, as condições da barragem são consideradas boas, em função do quantitativo restrito de anomalias diagnosticadas durante o desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional das Águas. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens:** Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem. Brasília: Ana, 2016. 218 p.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens:** Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem. Brasília: Ana, 2002. 144 p.

BARBOSA, Rodrigo de Andrade. **DIAGNÓSTICO E EXECUÇÃO DE AÇÕES CORRETIVAS VISANDO À RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM POLEIROS, EM**

BARRA DE SANTA ROSA, PB. 2014. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

BRASIL. **Cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens.** Brasília: CBDB, 2011. (A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI)

BRASIL. **Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem.** Brasília: ANAA, 2016. (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens).

BRASIL. **Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem.** Brasília: ANA, 2016. (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens).

BRASIL. LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília-DF, set 2010. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em: 28 nov. 2019.

CARVALHO, João B. Queiroz de. **BARRAGENS DE TERRA:** Conceitos básicos e análise da estabilidade. 2. ed. Campina Grande: Reenge, 1997. 146 p.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **A questão da água no Nordeste.** Disponível em: http://www.cgee.org.br/eventos/Agua_Nordeste/contextualizacao.htm
COSTA, Walter Duarte. **Geologia de Barragens.** São Paulo: Oficina de Texto, 2012.

LEMO FILHO, Luís César de Aquino. **Pesquisadores alertam para o perigo das barragens.** 2019. Disponível em: <<https://assecom.ufersa.edu.br/2019/02/19/pesquisadores-alertam-para-o-perigo-das-barragens/>>. Acesso em: 21 janeiro. 2020.

MASSAD, Faíçal. **Obras de terra:** curso básico de Geotecnia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

SILVA, Maria Bernadette Frota Amora; SILVA FILHO, Francisco Chagas da; **Avaliação de segurança em barragem por inspeção visual: estudo de múltiplos casos no Estado do**

Ceará. Revista Tecnologia, Fortaleza, v. 34, p.33-45, dez. 2013.

SANTOS, Wesley Arthur Mariz, **Estudo nas Condições Gerais da Barragem de Itans no Município de Caíco-RN**. Ufersa, TCC, 2019.