

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

LETÍCIA RUFINO TAVARES

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM DE
BOA VISTA EM SÃO JOSÉ DE PIRANHAS-PB: UM ESTUDO DE CASO SOBRE
OS ASPECTOS LEGAIS E ATIVIDADES DE MONITORAMENTO**

CAJAZEIRAS- PB
2023

LETÍCIA RUFINO TAVARES

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM DE
BOA VISTA EM SÃO JOSÉ DE PIRANHAS-PB: UM ESTUDO DE CASO SOBRE
OS ASPECTOS LEGAIS E ATIVIDADES DE MONITORAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof.^a Me. Raquel Ferreira do Nascimento.

CAJAZEIRAS- PB
2023

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

T231a	<p>Tavares, Letícia Rufino.</p> <p>Avaliação das condições de segurança da barragem de Boa Vista em São José de Piranhas-PB : um estudo de caso sobre os aspectos legais e atividades de monitoramento / Letícia Rufino Tavares. – 2023.</p> <p>43f. : il.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2023.</p> <p>Orientador(a): Prof^a. Me. Raquel Ferreira do Nascimento.</p> <p>1. Barragem de aterro. 2. Segurança de barragens. 3. Barragem - Rompimento. 4. Segurança hídrica. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.</p> <p>CDU: 625:627.8</p>
-------	---

LETÍCIA RUFINO TAVARES

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM DE BOA VISTA EM SÃO JOSÉ DE PIRANHAS-PB: UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS ASPECTOS LEGAIS E ATIVIDADES DE MONITORAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 10 de fevereiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 RAQUEL FERREIRA DO NASCIMENTO
Data: 16/02/2023 10:22:03-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Me. Raquel Ferreira do Nascimento – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 JOSE TAVARES DE LUNA NETO
Data: 16/02/2023 15:16:36-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Me. José Tavares de Luna Neto – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 JOHN WILLIAMS FERREIRA DE SOUZA
Data: 16/02/2023 15:42:16-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Especialista Jhon Williams Ferreira de Souza– IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

Dedico este trabalho aos meus pais, por terem sido meu porto seguro ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo seu amor e pela capacidade a mim concedida de ter chegado até aqui.

Aos meus pais Domingos Tavares e Roseneide Rufino, por acreditarem em mim e por me incentivarem, desde a infância, a trilhar pelos caminhos corretos. Aos meus irmãos Danilo e Gabrielle, por ajudarem a tornar essa jornada mais leve.

Aos colegas do IFPB, que tive oportunidade de conhecer e compartilhar momentos de companheirismo.

A Professora Me. Raquel Ferreira do Nascimento, pela sua contribuição e disposição nas orientações.

A equipe de segurança de barragem do Consorcio Operador do PISF-COP, pela disponibilidade de informações.

Por fim, ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus* Cajazeiras pelo acolhimento desde o ensino médio e, por isso, representa uma parte muito importante da minha história.

RESUMO

Tendo em vista a importância dos grandes reservatórios no desenvolvimento das civilizações e seus impactos em diversos segmentos da sociedade, o presente trabalho tem como objetivo geral, analisar as condições de segurança da Barragem de Boa Vista, localizada no Distrito de Boa Vista em São José de Piranhas-PB, sob os aspectos da Lei 12.334 de 2010 que regulamenta a segurança de barragens no Brasil. Considerando o risco de ruptura inerente a essas estruturas, a legislação nacional sobre segurança de barragens tem contribuído para o cumprimento de diversas ações de segurança por parte dos órgãos empreendedores e fiscalizadores. Nesse contexto, o desenvolvimento desta pesquisa dá-se a partir da revisão bibliográfica acerca do tema de segurança de barragens, com base nas diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens-PNSB, e no acompanhamento da execução das atividades de monitoramento e reparo de anomalias comuns em barragens de aterro. Através da análise da regulamentação da Barragem de Boa Vista, por meio dos dados obtidos na plataforma do Sistema Nacional de Segurança de Barragens-SNISB e na realização da inspeção de segurança visual, constata-se a boa completude de informações no SNISB, sobre características técnicas e classificação de risco deste barramento. Na realização da inspeção de segurança visual, de periodicidade mensal e executada pelo empreendedor, foram identificadas anomalias de magnitude insignificante, reparadas posteriormente pela equipe de manutenção civil. Contudo, conclui-se a efetividade do cumprimento das ações de segurança por parte do órgão fiscalizador e do agente empreendedor, para as atividades de classificação, cadastramento e monitoramento da barragem em estudo.

Palavras-chave: barragens; segurança de barragens; anomalias.

ABSTRACT

In view of the importance of large reservoirs in the development of civilizations and their impacts on various segments of society, the present work has as its general objective, to analyze the safety conditions of the Boa Vista Dam, located in the District of Boa Vista in São José de Piranhas-PB, under the aspects of Law 12,334 of 2010 that regulates the safety of dams in Brazil. Considering the risk of rupture inherent to these structures, the national legislation on dam safety has contributed to the compliance of several safety actions by the entrepreneurial and inspection agencies. In this context, this research is developed from the bibliographic review on the subject of dam safety, based on the guidelines established by the National Policy on Dam Safety-PNSB, and on the follow-up of the execution of monitoring and repair activities of common anomalies in embankment dams. Through the analysis of the regulation of the Boa Vista Dam, by means of the data obtained from the platform of the National Dam Safety System-SNISB and by carrying out the visual safety inspection, we verified the good completeness of the information in the SNISB, on the technical characteristics and risk classification of this dam. During the visual safety inspection, performed monthly by the entrepreneur, anomalies of insignificant magnitude were identified and repaired later by the civil maintenance team. However, we conclude the effectiveness of the enforcement of safety actions by the inspection agency and the entrepreneur, for the classification, registration and monitoring activities of the dam under study.

Keywords: dams; safety of dams; anomalies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de barragem de terra	17
Figura 2 - Distribuição geográfica dos acidentes em barragens entre 1929 e 2020.	18
Figura 3 - Evolução no cadastro do SNISB.....	21
Figura 4 - Tela de filtros do painel interativo do SNISB.....	22
Figura 5 - Anomalias em barragens de terra.....	24
Figura 6 - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.	26
Figura 7 - Planta geral da Barragem de Boa vista	28
Figura 8 - Atividades do empreendedor.	29
Figura 9 - Ficha de Inspeção da crista da Barragem de Boa Vista.....	32
Figura 10 - Canaleta trincada junto com o meio fio.	32
Figura 11 - Ficha de Inspeção no Talude de Montante da Barragem de Boa Vista	33
Figura 12 - Ficha de Inspeção no Talude de Jusante da Barragem de Boa Vista.....	33
Figura 13 - Crista do reservatório após a execução da limpeza	34
Figura 14 - Talude de montante após a execução da limpeza	34
Figura 15 - Talude de montante após a execução da limpeza	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologia de cálculo para determinação da CRI	20
Quadro 2 - Metodologia de cálculo para classificação do DPA.....	20
Quadro 3 - Síntese dos dados fornecidos pelo SNISB	30
Quadro 4 - Estruturas e anomalias.....	31
Quadro 5 - Modelo de ficha de inspeção para talude de montante.....	41
Quadro 6 - Modelo de ficha de inspeção para crista	41
Quadro 7 - Modelo de ficha de inspeção para talude de jusante	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas.

CBDB – Comitê Brasileiro de Grandes Barragens.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CRI – Categoria de Risco.

DPA- Dano Potencial Associado.

ICOLD – International Commission On Large Dams.

ISE – Inspeção de Segurança especial.

ISR – Inspeção de Segurança Regular.

MI – Ministério da Integração Nacional.

PAE – Plano de Ação de Emergência.

PISF- Projeto de Integração do Rio São Francisco.

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens.

PSB – Plano de Segurança da Barragem.

SNISB – Sistema Nacional de Segurança de Barragens.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	BARRAGENS	16
3.2	BARRAGEM DE TERRA.....	17
3.3	ACIDENTES EM BARRAGENS NO BRASIL	17
3.4	POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS	19
3.5	INSTRUMENTOS DA PNSB	19
3.5.1	Sistema de classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.....	19
3.5.2	Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens – SNSB	21
3.5.3	Plano de Segurança de Barragens-PSB e Inspeções de Segurança.....	22
3.6	ANOMALIAS EM BARRAGENS DE ATERRO	23
4	METODOLOGIA	26
5	ESTUDO DE CASO	28
6	RESULTADOS E ANÁLISES	30
6.1	CONSULTA AO SNISB	30
6.2	INSPEÇÃO VISUAL DO BARRAMENTO.....	31
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXO A – FICHAS DE INSPEÇÃO PARA BARRAGENS DE TERRA	41

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água no semiárido nordestino é uma característica intrínseca da região que, ao longo da sua história, molda cenários físicos, políticos e sociais. As secas prolongadas que acometem os sertões do nordeste junto à ausência de investimentos nesse setor, impactaram no desenvolvimento econômico e humano dos interiores sertanejos (LIMA; MAGALHÃES, 2018). À vista disso, as tecnologias construtivas foram fundamentais no enfrentamento de fenômenos naturais, como a seca, assim contribuindo para o sustento de regiões menos favorecidas. Com isso, diante da necessidade do armazenamento de água para usos em épocas de estiagem, há o surgimento das grandes barragens, inicialmente construídas na Região Nordeste, a fim de suprir a necessidade hídrica e fomentar o desenvolvimento da região definida como Polígono das Secas, pela Lei nº 175 de 1936 (CBDB, 2011).

O desenvolvimento das civilizações permitiu que o uso e controle da água ultrapassasse a necessidade somente de abastecimento e irrigação. Logo, as barragens tornaram-se estruturas essenciais no gerenciamento dos recursos hídricos, sendo construídas para outros fins específicos e diminuindo os efeitos da distribuição desigual de água doce, devido as variações sazonais ao redor do mundo (ICOLD, 2022).

Grandes barragens foram construídas ao longo dos anos, no interior dos estados do nordeste, além da criação de órgãos e programas de combate à problemática da seca. No entanto, as condições climáticas do semiárido continuaram dificultando, por décadas, a vida de quem habita os sertões. A baixa disponibilidade de água do semiárido brasileiro, advém, dentre outros fatores, do elevado índice de evaporação anual e de solos com baixa permeabilidade, verificando-se, assim, que um baixo percentual do volume de águas pluviais é escoado para os rios, cerca de 15% (MI, 2000).

Nesse contexto, entre as grandes intervenções antropológicas na natureza, através da ciência e da engenharia, para atenuação dos efeitos das secas e consequente desenvolvimento regional, o Projeto de Integração do Rio São Francisco-PISF que, em síntese, consiste na canalização de parte das águas da bacia do São Francisco para as Bacias do Nordeste Setentrional, é a maior obra de infraestrutura hídrica do Brasil. O PISF possui um total de 27 reservatórios e 477 km de extensão, contemplando os Estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF, 2017). De acordo com a abrangência do projeto para o Estado da Paraíba, são beneficiadas diretamente as bacias receptoras dos Rios Piranhas e Paraíba. As

regiões das bacias influenciadas, são os espaços geográficos onde existem impactos nos meios econômicos, sociais e bióticos (MI, 2000).

A construção de grandes reservatórios gera impactos no contexto econômico, social e ambiental no local onde está inserido, por isso, a alteração do regime fluvial e dos ecossistemas, são fatores determinantes ao estudar a viabilidade da implantação de uma barragem (ANA, 2021). Além das condições a serem avaliadas nas fases de planejamento e construção, a literatura sobre barragens afirma sobre o risco de ruptura existente nesse tipo de estrutura, decorrente do surgimento de anomalias por diferentes causas. Em barragens de aterro, por exemplo, os processos erosivos dão origem a maioria das anomalias encontradas, principalmente em barragens antigas (ICOLD, 2014 *apud* ANA, 2016a).

As primeiras rupturas significativas registradas em barramentos, no Brasil, originaram-se em barragens de acúmulo de rejeitos, durante as atividades de mineração. À medida que houve um crescimento dessas atividades, os riscos estruturais tornaram-se maiores e mais representativos. Assim, começaram a ser considerados princípios geotécnicos nos processos construtivos, ainda na década de 50 (CBDB, 2011).

Segundo o panorama sobre segurança de barragens apresentado no Relatório de Segurança de Barragens, em 2020, (ANA, 2021), foram relatados por órgãos fiscalizadores de barragens, 44 acidentes e 95 incidentes em 16 estados, sendo a maior parte ocorridos em barragens de terra. Diante disso, a Lei nº 12.334 de 2010 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens -PNSB e define segurança de barragens como a condição que visa a manutenção da sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (BRASIL, 2010). A PNSB regulamenta barragens de acúmulo de água e rejeitos industriais, que estão enquadradas segundo suas características de volume, dano potencial associado e categoria de risco.

Anteriormente ao surgimento da Lei nº 12.334 (BRASIL, 2010), graves acidentes e incidentes com perdas materiais e humanas, contribuíram para a concretização da regulamentação nacional sobre segurança de barragens (MEDEIROS, 2013). Assim, para minimizar as catástrofes decorrentes de rupturas de grandes barragens, a PNSB, por meio de instrumentos fundamentados em ações de prevenção e controle de riscos, tem modificado o cenário brasileiro sobre segurança de barragens.

A barragem a ser estudada neste trabalho está localizada no Distrito de Boa Vista, no Município de São José de Piranhas- PB, situada na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, construída pelo Ministério da Integração Nacional, através do Projeto de Integração

do Rio São Francisco. De acordo com a ANA, a barragem de Boa Vista possui capacidade de 214,9300 hectômetros cúbicos, altura acima da base de fundação de 25,3 metros e tipo de material construtivo, terra (BRASIL, 2017).

Dada a importância hídrica, econômica e social da barragem de Boa vista para a comunidade local, e suas características de dimensão que enquadram este reservatório a submissão da legislação nacional em vigor, o presente trabalho objetiva analisar as condições de segurança da Barragem de Boa Vista do Município de São José de Piranhas-PB, estabelecidas pela Lei nº 12.334 de 2010 e demais bases legais, através das atividades de monitoramento e inspeção determinadas pela Política Nacional de Segurança de Barragens.

2 OBJETIVOS

Nesse capítulo serão apresentados os objetivos de modo geral e específico para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as condições de segurança da Barragem de Boa Vista, localizada no Município de São José de Piranhas-PB, tendo em vista a legislação nacional sobre segurança de barragens.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretendendo-se atingir o objetivo geral deste trabalho, foram pautados os seguintes objetivos específicos:

- coletar dados técnicos da Barragem de Boa Vista, através da Plataforma do SNISB;
- analisar a submissão da Barragem de Boa Vista, à aplicação da Lei 12.334 de 2010, bem como, dos instrumentos da Lei direcionados a barragens de acúmulo de água;
- coletar dados através da inspeção visual da Barragem, para identificação de possíveis anomalias nas estruturas da crista, talude de montante e talude de jusante;
- analisar a efetividade da gestão de risco para esta barragem, através das atividades de monitoramento, por parte do agente empreendedor.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica, necessária para o embasamento e desenvolvimento deste trabalho.

3.1 BARRAGENS

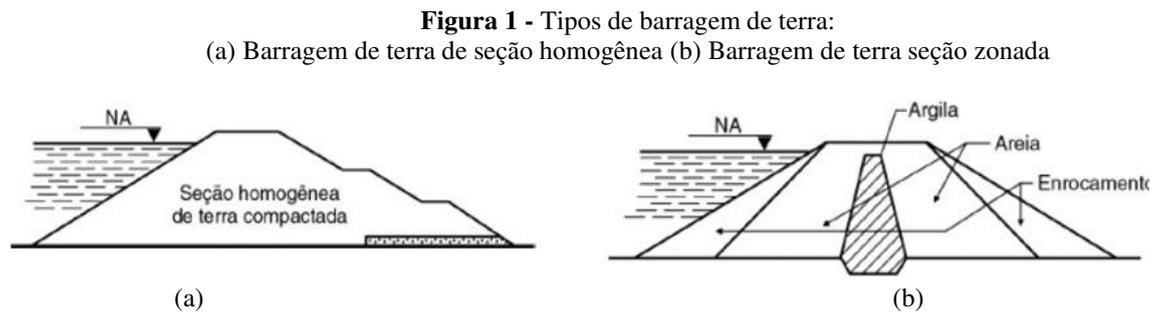
As barragens são estruturas de barramento construídas transversalmente a um curso de água, com o objetivo de reter substâncias líquidas, beneficiando populações, fomentando atividades econômicas e contribuindo para o desenvolvimento da humanidade (ANA, 2021). Segundo o Comitê Brasileiro de Barragens (2011), o incentivo às construções de barragens no Brasil, inicia-se anos após o enfrentamento da grande seca do Nordeste, em 1977, sendo a grande maioria construída no Nordeste, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), que atuou na problemática da seca nordestina desde 1909, quando ainda era Instituto Nacional de Obras contra as Secas (IOCS), construindo um número significativo de barragens até o ano de 1982.

A crescente implantação de barragens no território nacional contribuiu para a evolução das técnicas construtivas associadas. Centenas de barragens foram construídas na região Nordeste utilizando, inicialmente, um diafragma central em alvenaria, como estrutura impermeabilizante, estas eram denominadas barragens de peso, ou maciços baixos de terra (Comitê Brasileiro de Barragens - CBDB, 2011). Progressivamente, através de investigações das condições geológicas, bem como de outros fatores condicionantes ao tipo de barragem a ser alocada é possível, atualmente, construir barramentos de até 100 metros ou mais de altura (COSTA, 2012).

Para Gil (2013), o estudo da formação dos solos, sua estrutura e composição na crosta terrestre, configura-se como a parte primordial para o entendimento do comportamento geotécnico das estruturas das barragens de terra. O conhecimento da litologia local através de ensaios de campo e laboratório, fornecem informações sobre as propriedades das rochas residuais e sua aplicabilidade na construção de barragens de terra, como substrato e principal material utilizado na construção do maciço. A análise das características de deformabilidade, estabilidade e estanqueidade são condicionantes para o dimensionamento de uma barragem e, aliada aos fatores de climatologia, recursos hídricos e impactos ambientais, são fundamentais para avaliação da viabilidade da implantação de uma barragem em uma determinada localidade (COSTA, 2012).

3.2 BARRAGEM DE TERRA

As barragens de material granular, podem ser classificadas em relação ao tipo de seção: homogênea ou zonada (Figura 1). As barragens homogêneas, têm na sua estrutura o mesmo material. As barragens zonadas, possuem um núcleo de terra impermeável e zonas constituídas por outros tipos de solos, com propriedades diferentes (CAPUTO, 1988).



Fonte: Caputo (1998).

A escolha do tipo de barragem a ser construída está diretamente ligada aos aspectos geotécnicos locais. De acordo com Costa (2012), para as barragens de terra, o fator morfológico é o maior condicionante na escolha da localização do barramento. Além disso, outros aspectos identificados através de estudos preliminares, são determinantes para a construção de uma barragem de material granular, como a disponibilidade de materiais adequados em jazidas próximas e condições climáticas e topográficas locais.

Para Caputo (1988), os materiais envolvidos no processo construtivo de uma barragem de terra, devem obedecer aos seguintes critérios:

- a) estabilidade;
- b) impermeabilidade;
- c) insolubilidade dos sólidos constituintes;
- d) facilidade nas operações de construção.

3.3 ACIDENTES EM BARRAGENS NO BRASIL

Acidentes em barragens podem originar-se da ação em conjunto de diferentes agentes que, nos casos mais graves, os danos ocorridos dificultam na determinação, com precisão, da natureza dos fatores que o causaram (GUIDICINI; SANDRONI; MELLO, 2021). De acordo com a PNSB, “acidente é o colapso da estrutura ou parte dela, ocasionando a liberação do conteúdo de um reservatório de modo incontrolável, comprometendo assim a sua integridade física” (BRASIL, 2020, Art. 2).

Guidicini, Sandroni e Mello (2021), listam 166 acidentes em barragens, com registros na literatura nacional, ocorridos entre os anos de 1929 a 2020, em diversas localidades do Brasil (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição geográfica dos acidentes em barragens entre 1929 e 2020.



Fonte: Guidicini, Sandroni e Mello (2021).

O envelhecimento das barragens as torna susceptíveis aos efeitos negativos do tempo, como o surgimento de anomalias comuns ao tipo de material construtivo. Além disso, as ações antrópicas nas proximidades da bacia, junto a alterações meteorológicas locais, podem prejudicar o desempenho dos dispositivos hidráulicos e, por consequência, resultando em transbordamentos (MEDEIROS, 2013). Para Caputo e Caputo (2015), em barragens de terra, as principais causas que dão origem a rupturas são: extravasamento, infiltrações e escorregamentos.

Nesse sentido, na fase de operação do reservatório, as atividades de manutenção configuram-se como parte fundamental do processo de controle de riscos. A segurança das estruturas, dá-se a partir da realização de uma manutenção adequada, visto que algumas deteriorações tendem a ocasionar danos graves, podendo evoluir para acidentes ou incidentes (CARDIA; KUPERMANN, 2013).

3.4 POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A Lei nº 12.334 que cria a Política Nacional de Segurança de Barragens-PNSB, afirma que a segurança de barragens compreende as etapas de planejamento, construção, operação e possível desativação de uma barragem (BRASIL, 2010). A obrigatoriedade do traçado de estratégias pelos setores impactados na construção de barragens, após a implementação da PNSB, contribuiu para o surgimento de elementos de segurança, a fim de reduzir os riscos associados a estas estruturas (SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 2015).

Conforme descrito na legislação acima citada, alterada pela Lei nº 14.066 de 2020, estão submetidas a PNSB, as barragens de acumulação de água, com as seguintes características:

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos); IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas; V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador (BRASIL, 2020, Art. 2);

No art. 4º da Lei 12.334, é determinada a responsabilidade legal do empreendedor pela segurança da barragem, danos decorrentes de vazamentos ou mal funcionamento e reparação desses danos (BRASIL, 2010). Para o órgão fiscalizador, cabe monitorar o cumprimento das ações de segurança, determinadas a partir das inspeções e revisões de segurança periódicas e, intervir, caso necessário (ANA, 2017). Em vista disso, a relação entre órgãos empreendedores e fiscalizadores, torna estes, os principais agentes responsáveis pela gestão de risco em barragens.

3.5 INSTRUMENTOS DA PNSB

Para a efetividade do gerenciamento de risco de barragens de usos múltiplos, a PNSB utiliza dos instrumentos de classificação, cadastramento e monitoramento dos barramentos submetidos à Lei.

3.5.1 *Sistema de classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado*

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, estabelece os critérios gerais para a classificação de barragens em níveis alto, médio e baixo de Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA). De acordo com a Resolução nº 143 de 2012, do CNRH, a classificação quanto à categoria de risco é determinada pela avaliação de critérios relevantes

para a possibilidade de ocorrência de acidente em um barramento, são: (I) características técnicas (CT), (II) estado de conservação da barragem (EC) e (III) plano de segurança da barragem (PS) (BRASIL, 2012).

O método para determinação do nível da CRI consiste na atribuição de pontos aos parâmetros que constituem cada critério e, posteriormente, com o resultado do somatório dos critérios, é possível obter a faixa de classificação da categoria de risco (Quadro 1).

Quadro 1 - Metodologia de cálculo para determinação da CRI.

CATEGORIA DE RISCO		PONTOS
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI)= CT +EC+ PS		0
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 60 ou $EC \geq 8$
	MÉDIO	35 a 60
	BAIXO	≤ 35

Fonte: Adaptado do Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens para Entidades Fiscalizadoras (2017).

Para Castro (2003), dano é definido como uma medida de intensidade de perdas, resultantes de um evento adverso ou acidente, que ocorre quando se perde o controle sobre o risco. Analogamente ao método de cálculo da CRI, o CNRH, normatiza que o Dano Potencial Associado para barragens de acumulo de água, deve ser calculado em função da pontuação atribuída aos critérios de: (I) volume, (II) potencial para a perda de vidas humanas, (III) impacto ambiental e (IV) impacto socioeconômico (BRASIL, 2012). Para cada critério, é atribuída uma variável qualitativa com uma pontuação correspondente. Logo, a classificação do DPA é obtida com o somatório dos pontos de “a” à “d” (Quadro 2), de acordo com o Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens para Entidades Fiscalizadoras (ANA, 2017).

Quadro 2 - Metodologia de cálculo para classificação do DPA.

Volume total do reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Pequeno: ≤ 5 milhões m^3 (1)	Inexistente (0)	Significativo (3)	Inexistente (0)
Médio: 5 a 75 milhões m^3 (2)	Pouco Frequente (4)	Muito significativo (5)	Baixo (4)
Grande: 75 a 200 milhões m^3 (3)	Frequente (8)		Alto (8)

Volume total do reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Muito grande > 200 milhões m ³ (5)	Existente (12)		
DPA = \sum (a até d)			

Fonte: Adaptado do Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens para Entidades Fiscalizadoras (2017).

O resultado da soma dos critérios do Quadro 2, implica na seguinte classificação:

DPA ALTO: $\sum \geq 13$

DPA MÉDIO: $7 < \sum < 13$

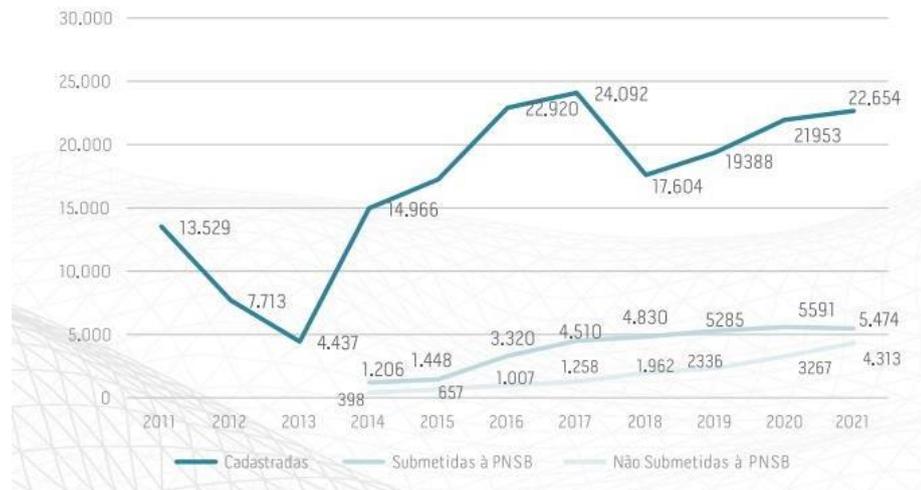
DPA BAIXO: $\sum \leq 7$

3.5.2 Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens – SNSB

O Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens, instrumento da PNSB, objetiva coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar informações acerca de segurança de barragens no Brasil (BRASIL, 2012). São responsáveis pelas informações do SNISB a Agência Nacional de Águas, atuando como órgão gestor e fiscalizador, e demais órgãos fiscalizadores e empreendedores atuantes no setor (MEDEIROS, 2013).

Atualmente, segundo o último Relatório de Segurança de Barragens, referente ao ano de 2021, existem no respectivo ano, 22.654 barramentos cadastrados, com 5.474 submetidos a aplicação da PNSB e 4.313 não submetidos, constatando um percentual de 43% de barragens devidamente cadastradas com informações suficientes para serem classificadas quanto a submissão da PNSB (Figura 3).

Figura 3 - Evolução no cadastro do SNISB.



Fonte: ANA (2022).

Os dados dos barramentos cadastrados disponíveis na planilha de dados consolidada do SNISB, referente ao ano de 2022, contém informações de identificação, localização, finalidade de uso, classificação quanto ao CRI e DPA, órgão empreendedor e fiscalizador. Com o SNISB, é possível extrair informações sobre as condições de segurança dos barramentos cadastrados e acompanhar a efetividade da PNSB, pelo percentual no número de cadastramentos anuais (ANA, 2017). A tela de filtros do painel interativo do SNISB, Figura 4, torna acessível para toda a sociedade, a busca por dados de uma barragem em território nacional, uma vez que o cadastro tenha sido realizado pela entidade empreendedora do barramento.

Figura 4 - Tela de filtros do painel interativo do SNISB.

The image shows a web interface titled "Filtros" (Filters) for the SNISB system. It features a search icon and a "Dicas" (Tips) icon at the top left. The filter panel consists of several sections, each with a dropdown menu set to "Todos" (All):

- Nome da Barragem** (Dam Name)
- Código SNISB** (SNISB Code)
- Regulada?** (Regulated?)
- UF** (State)
- Complectude** (Complectude)
- Município** (Municipality)
- Fiscalizador** (Inspector)
- Uso Principal** (Main Use)
- Empreendedor** (Entrepreneur)
- Região Hidrográfica** (Hydrographic Region)
- Comitê Estadual** (State Committee)
- Categoria de Risco** (Risk Category)
- DPA** (DPA)

Fonte: SNISB (2023).

3.5.3 Plano de Segurança de Barragens-PSB e Inspeções de Segurança

Considerando os danos potenciais existentes no que se trata de segurança de barragens, tanto no processo construtivo, quanto operacional, a análise do barramento, bem como de suas estruturas associadas, é fundamental para a determinação de medidas que reduzam a

probabilidade de ocorrência de acidentes (ANA, 2016b). Nessa perspectiva, a PNSB estabelece o Plano de Segurança de Barragens (PSB), como um dos instrumentos necessários para a efetividade da gestão de risco, através da realização das Inspeções de Segurança e da implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE).

O Plano de Segurança da Barragem é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cabe ao empreendedor elaborá-lo (BRASIL, 2017). O PSB deve conter os relatórios das inspeções de segurança e dados técnicos das estruturas do barramento, contemplando as fases de construção, operação e manutenção (ANA, 2016a).

A manutenção das estruturas que compõe a barragem, tem o objetivo de assegurar que o reservatório esteja operando em condições seguras, a fim de que sejam minimizados possíveis riscos advindos da operação. Segundo O Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens VII (ANA, 2016a), a manutenção corrente, realizada em barragens de aterro, consiste em atividades preventivas de rotina, que através da intervenção humana, atuam na reparação de anomalias recorrentes nesse tipo de estrutura.

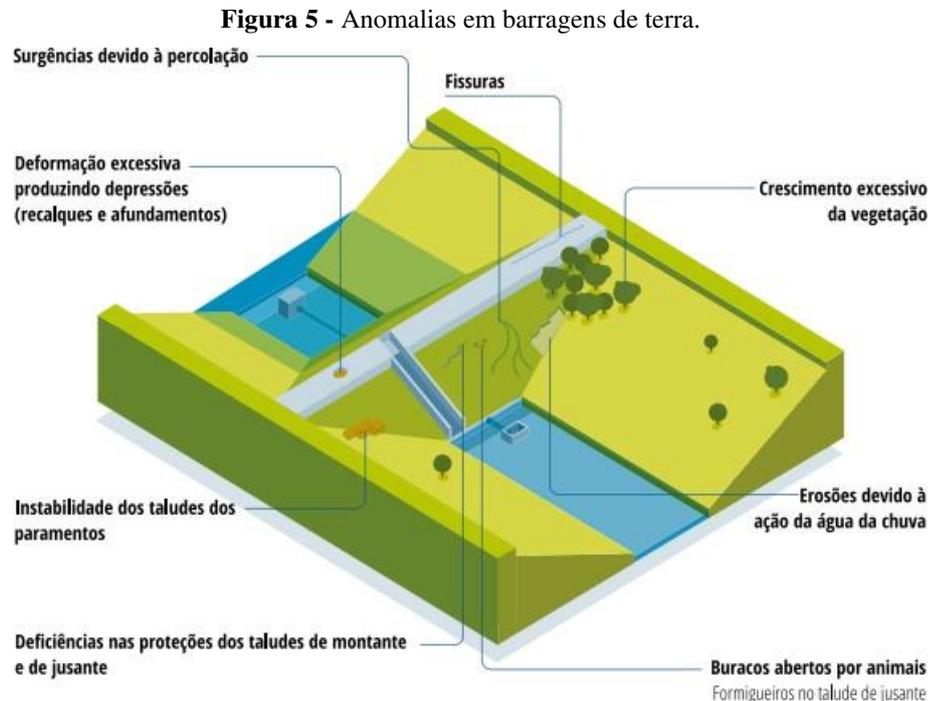
As inspeções de segurança constituem parte das atividades de manutenção do Plano de Segurança da Barragem. A Inspeção de Segurança Especial (ISE) avalia as condições de segurança, tendo em vista situações específicas. A Inspeção de Segurança Regular (ISR), ocorre sob determinada periodicidade, visando identificar anomalias com potencial risco a segurança da barragem (BRASIL, 2017). As inspeções de segurança têm a finalidade de investigar e acompanhar as condições da barragem e de suas estruturas associadas, através da identificação de anomalias que ofereçam risco à segurança do barramento, reduzindo assim, danos decorrentes de um acidente (ANA, 2016b). A periodicidade para a elaboração do PSB e do PAE e a realização das ISR e ISE é definida pelo órgão fiscalizador, de acordo com critérios definidos pelo CNRH (BRASIL, 2017).

3.6 ANOMALIAS EM BARRAGENS DE ATERRO

A Resolução nº 236 (BRASIL, 2017) considera anomalia em barragens, como sendo qualquer irregularidade ou anormalidade que possa ameaçar a sua segurança. As anomalias encontradas com maior frequência em barragens de aterro (Figura 5) através das inspeções, no corpo ou na fundação, que necessitam de atividades reparadoras, foram listadas pelo *International Commission on Large Dams – ICOLD* (ICOLD 1994 *apud* ANA, 2016a), sendo:

- a) surgências devido a percolação;
- b) fissuras;
- c) instabilidade dos taludes dos parâmetros;

- d) depressões (recalques e afundamentos);
- e) deficiência nas proteções dos taludes de montante e de jusante;
- f) erosões devido a percolação da água da chuva;
- g) crescimento excessivo da vegetação;
- h) buracos abertos por animais.



Fonte: Relatório de Segurança de Barragens 2020 (ANA, 2021).

Observa-se que a presença de anomalias como buracos abertos pelo trânsito de animais, deficiência nas proteções dos taludes, aparecimento de formigueiros e escorregamentos contribuem para a percolação de água no maciço, dando origem a processos erosivos. O excessivo aumento das pressões de percolação, ocasionam o carreamento das partículas finas do solo em direção ao ponto onde a água irá emergir, originando vazios em forma de tubo e iniciando um processo erosivo denominado *piping* (CAPUTO; CAPUTO, 2015).

A erosão interna (*piping*), somada a percolação descontrolada de água, principalmente quando ocorre na parte inferior do talude de jusante, resultam na perda de resistência dos materiais de aterro, podendo conduzir, assim, a ruptura da barragem (ANA, 2016a). Por outro lado, a existência de anomalias como a surgência de água e o carreamento de material nos drenos, podem indicar problemas no sistema de drenagem ou falhas durante a fase de construção (CARDIA; KUPERMANN, 2013).

A estabilidade do conjunto barragem-fundação, dá-se a partir da compatibilização entre os materiais dos espaldares e da fundação, reduzindo assim a ocorrência de recalques diferenciais, que originam as trincas (CRUZ, 1996).

A Agência Nacional de Águas (ANA,2016a), considera três tipos de fissuras em aterros:²⁵

- a) fissuras de retração por secagem: ocorre em solos argilosos e plásticos após o processo deressecamento. Aparecem comumente em regiões mais áridas e localizam-se na crista ou no parâmetro de montante. Caso essas fissuras atinjam a profundidade de 8m, podem representar riscos a estabilidade da barragem.
- b) fissuras transversais: aparecem principalmente na crista de barragens de vales largos, de seção trapezoidal, em razão da diferença na deformabilidade entre a fundação e as ombreiras. Podem tornar-se perigosas quando atingem o núcleo, contribuindo para o processo de erosão interna.
- c) fissuras longitudinais: estão associadas a recalques diferenciais em regiões onde os materiais utilizados no aterro possuem compressibilidade diferente, recalques excessivos e deformações laterais do aterro.

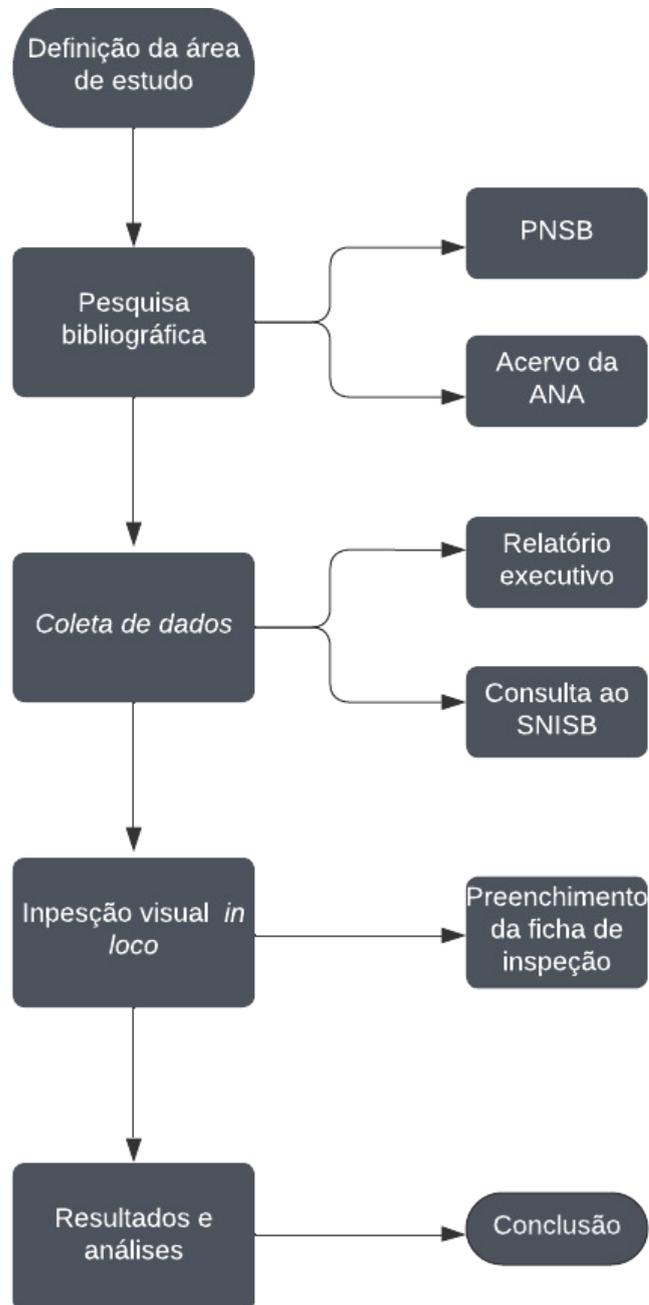
Para a execução das inspeções de segurança, a fim de tornar a identificação das anomalias menos subjetivas, o Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016c) sugere os modelos de fichas de inspeção apresentadas no Anexo A.

A partir da análise das anomalias, é determinado o Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB), como normatiza a Resolução nº 236 de 2017 da ANA. O Nível de Perigo é definido como a classificação da barragem em relação aos efeitos causados pela ação de um conjunto de anomalias (BRASIL, 2017).

4 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa foi utilizada uma abordagem qualitativa de natureza básica e exploratória, através do estudo de caso da barragem de Boa Vista, localizada no Distrito de Boa Vista, Município de São José de Piranhas-PB. O desenvolvimento deste trabalho seguiu as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 6, a seguir.

Figura 6 - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a definição do objeto de estudo, a primeira etapa da pesquisa consistiu na revisão bibliográfica acerca do tema de segurança de barragens, considerando os aspectos da Lei 12.332 (BRASIL, 2010) e de toda a base legal que regulamenta a segurança de barragens no Brasil, e dos Manuais de Segurança de Barragens para empreendedores e fiscalizadores, produzidos pela Agência Nacional de Águas-ANA. Estes manuais tem por finalidade conduzir as ações dos agentes empreendedores e fiscalizadores nos processos construtivos e operacionais, além de estabelecer os roteiros para as inspeções de segurança.

Para a coleta de dados da barragem em estudo, quanto aos aspectos construtivos, foi consultado o relatório do projeto executivo do Lote B e, para obtenção de dados técnicos e legais do barramento, foi realizada uma pesquisa na plataforma SNISB, com o objetivo de verificar a existência de cadastro nesse sistema. Através das informações do SNISB, é possível diagnosticar as condições de segurança, tendo em vista a implementação do PSB e do PAE.

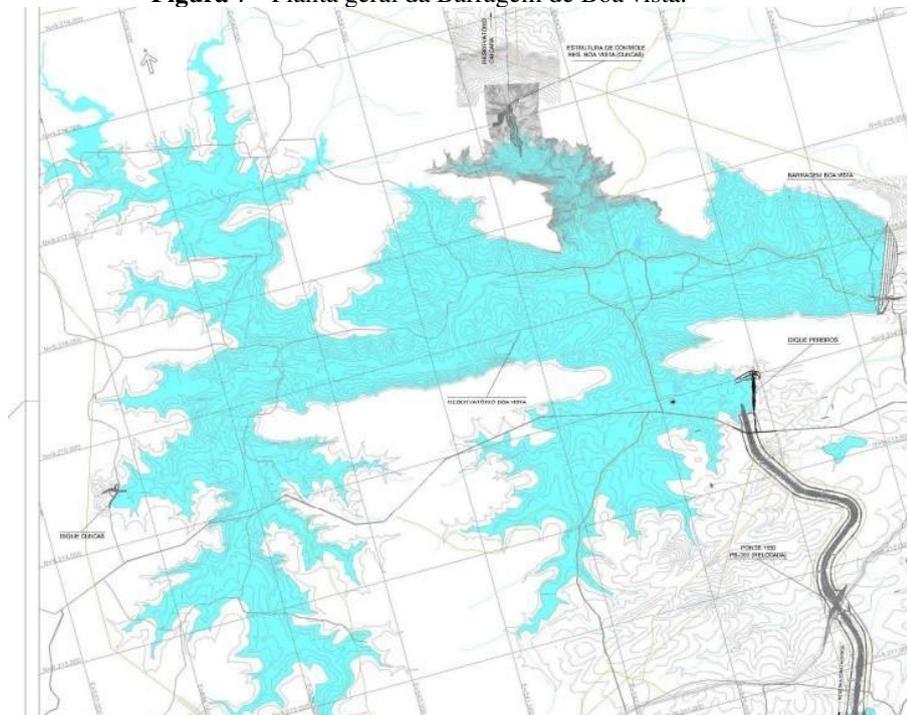
A realização da inspeção visual in loco, com a equipe de segurança especializada do Consórcio Operador do PISF-COP, teve o objetivo de identificar a existência de anomalias nas estruturas da crista, talude de montante e talude de jusante, através do preenchimento da ficha de inspeção.

Por fim, a conclusão deste trabalho consiste no diagnóstico da avaliação das condições de segurança, como resultado das etapas anteriores.

5 ESTUDO DE CASO

A Barragem de Boa Vista está localizada no Município de São José de Piranhas - Paraíba, situada no Lote B, do Eixo Norte do PISF, região do atlântico nordeste oriental, com coordenadas geográficas de Latitude $07^{\circ} 06' 53,2''$ Sul e Longitude $38^{\circ} 36' 11,6''$ Oeste. O Lote B é uma continuidade do Lote A, composto por uma sequência de 11 reservatórios, canais e túneis, que destinam a água para o Rio Piranhas, na Paraíba (MI, 2012).

Figura 7 - Planta geral da Barragem de Boa vista.



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2012).

No Reservatório de Boa Vista há duas tomadas de água, a primeira no Dique Cuncas e a segunda no Dique Pereiros, como mostra a planta geral apresentada na Figura 7. Diques são estruturas auxiliares em grandes barragens, construídas para manter determinadas porções de terras secas, com o represamento das águas.

Os níveis de água no reservatório de Boa Vista, segundo o Ministério da Integração Nacional – MI (2012), são:

NA normal 389,04 m;

NA mínimo 385,36 m;

NA Max Max 390,04 m.

Segundo o projeto executivo do Lote B (MI, 2012), sobre o detalhamento dos barramentos construídos neste lote, diante da pouca disponibilidade de materiais qualificados

em regiões economicamente viáveis, foram elaborados projetos para as barragens com núcleo argiloso e parâmetros de saprólito, facilmente encontrados na região.

A barragem de Boa Vista é do tipo zoneada, com materiais de 1ª e 2ª categoria. De acordo com Sobreira (2019), foram utilizados nos espaldares materiais encontrados na região da bacia hidráulica do próprio reservatório e, para o núcleo, o solo argiloso empregado, foi retirado da jazida caiçara, há 34 km de distância da obra.

De acordo com a Resolução nº 551, da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2017), a Barragem de Boa Vista é classificada com Dano de Potencial Associado Alto, com um volume de 214.93 hm³, logo, sendo classificado como muito grande e altura acima da base de fundação de 25,3 metros. Portanto, em função da classificação alta do DPA e da altura da base de fundação até a cota da crista, ser superior a 15 metros, o reservatório de Boa Vista está submetido a aplicação da PNSB.

Em função da classificação do DPA, o empreendedor deverá cumprir com as diretrizes da PNSB e demais regulamentações, estabelecidos pelo órgão fiscalizador, com as periodicidades definidas na Figura 8.

Figura 8 - Atividades do empreendedor.

Classe da Barragem (decorrente da Matriz de Classificação constante no Anexo I da Resolução nº 236/2017)	A
Atividades a serem executadas pelo empreendedor:	Prazo / Periodicidade
Inspeção de Segurança Regular - ISR	Uma vez por ano
Elaboração do Plano de Segurança de Barragem - PSB	Antes do início do primeiro enchimento
Elaboração do Plano de Ação de Emergência - PAE	07/02/2018
Elaboração da primeira Revisão Periódica de Segurança de Barragem - RPSB	05 anos contados da data de início do primeiro enchimento
Realização de Revisões Periódicas de Segurança de Barragem - RPSB e revisão do Plano de Ação de Emergência - PAE	A cada 05 anos
Inspeção de Segurança Especial – ISE	Antes do início do primeiro enchimento

Fonte: Agência Nacional de Águas (2017).

6 RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 CONSULTA AO SNISB

Dada a obrigatoriedade legal dos empreendedores no cadastro de todos os barramentos submetidos a regulação da PNSB, foi realizada uma busca no Sistema Nacional de Informações Sobre Barragens, para verificar a existência do cadastro da barragem de Boa Vista no SNISB. Para isso, foi acessada a tela de filtros dessa plataforma, inserindo o código 098, informado pela resolução nº 551 de 2017 e selecionado o Estado onde a barragem é localizada, nesse caso, Estado da Paraíba.

A busca resultou em uma planilha específica para este barramento, com informações básicas sobre o reservatório (Quadro 3).

Quadro 3 - Síntese dos dados fornecidos pelo SNISB.

INDÍCES	
NÍVEL DE PERIGO	Normal
CATEGORIA DE RISCO	Não se aplica
DANO POTENCIAL ASSOCIADO	Alto
INFORMAÇÕES BÁSICAS	
EMPREENDEDOR	Ministério do Desenvolvimento Regional
FISCALIZADOR	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA
DATA INSPEÇÃO	21/03/2022
REGULADA PELA PNSB	Sim
RESUMO TÉCNICO	
ALTURA DA BARRAGEM (m)	25.30
USO PRINCIPAL	Abastecimento humano
FASE DE VIDA	Operação

Fonte: Adaptado do SNISB (2023).

O nível de perigo normal, representa que o efeito em conjunto das anomalias encontradas, não é representativo para a segurança da barragem (BRASIL, 2017). A classificação “Não se aplica” atribuída ao CRI, deve-se ao fato de que o órgão fiscalizador, não exigiu para a elegibilidade do barramento na aplicação da PNSB, devido ao barramento não apresentar elementos que influenciem na possibilidade de ocorrência de um acidente. O nível de DPA, classificado como alto, implica que o somatório dos critérios do Quadro 2, foi maior ou igual a 13 pontos.

Segundo a planilha de dados geral do SNISB (2023), a barragem de boa vista possui: Plano de Ação de Emergência, Plano de Segurança e Revisão periódica.

6.2 INSPEÇÃO VISUAL DO BARRAMENTO

A inspeção visual da Barragem de Boa Vista, foi realizada em julho de 2022, junto a equipe de segurança de barragem do Consórcio Operador do PISF - COP, onde foram analisadas as estruturas da crista, talude de montante e talude de jusante. A inspeção visual consistiu na identificação de anomalias presentes na crista ou nos taludes, para o preenchimento da ficha de inspeção, específica para barragens de terra.

Durante a inspeção foi percorrido todo o entorno da crista e dos taludes de montante e jusante, a pé, observando a existência das anomalias do Quadro 4.

Quadro 4 - Estruturas e anomalias.

Componente	Anomalia
CRISTA	Erosões
	Trincas transversais
	Trincas longitudinais
	Falha no revestimento
	Afundamento e buracos
	Arvores e arbustos
	Defeitos na drenagem
	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais
	Sinais de movimento
	Ameaça de transbordamento
	Outros
TALUDE DE MONTANTE	Erosões
	Escorregamentos dos taludes
	Trincas no talude
	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado
	Afundamento e buracos
	Sinais de movimento
	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais
	Sulcos causados por ondas
	Outros
TALUDE DE JUSANTE	Erosões
	Escorregamentos
	Encharcamentos
	Trincas transversais
	Trincas longitudinais
	Falha na proteção granular
	Arvores e arbustos
	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais
	Sinais de movimento
	Canaletas quebradas de água ou áreas úmidas
	Enrocamento incompleto, destruído ou deslocado
	Outros

Fonte: Consorcio Operador do PISF-COP (2022).

Para cada anomalia existe uma classificação quanto a situação, magnitude e ação. a situação corresponde a evolução da anomalia desde o seu surgimento. De acordo com as instruções para o preenchimento da ficha de inspeção (ANA, 2016c), a magnitude refere-se a dimensão do problema encontrado, podendo ser classificada em: insignificante, pequena, média ou grande. A ação indica o procedimento a ser executado após a identificação da anomalia.

Durante a inspeção da crista, foram observados vegetação em desenvolvimento com presença constante, de magnitude insignificante e destinadas a atividades de reparação, como mostra a ficha de inspeção para a crista na Figura 9.

Figura 9 - Ficha de Inspeção da crista da Barragem de Boa Vista.

BARRAGEM BOA VISTA		SITUAÇÃO						MAGNITUDE				AÇÃO			
ITEM	CRISTA	Não existe	Primeira Vez	Desapareceu	Diminuiu	P. Constante	Aumentou	Não inspec.	Insignificante	Pequena	Média	Grande	Monitorar	Investigar	Reparar
		1	Erosões	X											
2	Trincas transversais	X													
3	Trincas longitudinais	X													
4	Falha no Revestimento	X													
5	Afundamento e buracos	X													
6	Árvores e arbustos					X		X							X
7	Defeitos na drenagem	X													
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	X													
9	Sinais de movimento	X													
10	Ameaça de transbordamento	X													
11	Outros	X													

Fonte: Consorcio Operador do PISF-COP (2022).

Foi identificada também, na crista, uma trinca na canaleta junta ao meio fio, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Canaleta trincada junto com o meio fio.



Fonte: Consorcio Operador do PISF-COP (2022).

Na vistoria dos taludes de montante e jusante, foram observadas somente a presença constante de árvores e arbustos, de magnitude insignificante, mas necessitando a remoção, para que esta anomalia não comprometa o funcionamento dessas estruturas. A anomalia verificada foi registrada na ficha de inspeção do talude de montante (Figura 11) e talude de jusante (Figura 12).

Figura 11 - Ficha de Inspeção no Talude de Montante da Barragem de Boa Vista.

BARRAGEM BOA VISTA		SITUAÇÃO						MAGNITUDE			AÇÃO				
ITEM	TALUDE DE MONTANTE	Não existe	Primeira Vez	Desapareceu	Diminuiu	P. Constante	Aumentou	Não inspec.	Insignificante	Pequena	Média	Grande	Monitorar	Investigar	Reparar
		1	Erosões	X											
2	Escorregamentos do talude	X													
3	Trincas no talude	X													
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	X													
5	Afundamento e buracos	X													
6	Árvores e arbustos					X			X						X
7	Sinais de movimento	X													
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	X													
9	Sulcos causados por ondas	X													
10	Outros	X													

Fonte: Consorcio Operador do PISF-COP (2022).

Figura 12 - Ficha de Inspeção no Talude de Jusante da Barragem de Boa Vista.

BARRAGEM BOA VISTA		SITUAÇÃO						MAGNITUDE			AÇÃO				
ITEM	TALUDE DE JUSANTE	Não Existe	Primeira Vez	Desapareceu	Diminuiu	P. Constante	Aumentou	Não inspec.	Insignificante	Pequena	Média	Grande	Monitorar	Investigar	Reparar
		1	Erosões	X											
2	Escorregamentos	X													
3	Encharcamentos	X													
4	Trincas transversais	X													
5	Trincas longitudinais	X													
6	Falha na proteção granular	X													
7	Árvores e arbustos					X			X						X
8	Afundamentos e buracos	X													
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	X													
10	Sinais de movimento	X													
11	Canaletas quebradas ou obstruídas	X													
12	Sinais de surgência de água ou áreas úmidas	X													
13	Enrocamento incompleto, destruído ou deslocado	X													
14	Outros	X													

Fonte: Consorcio operador do PISF-COP (2022).

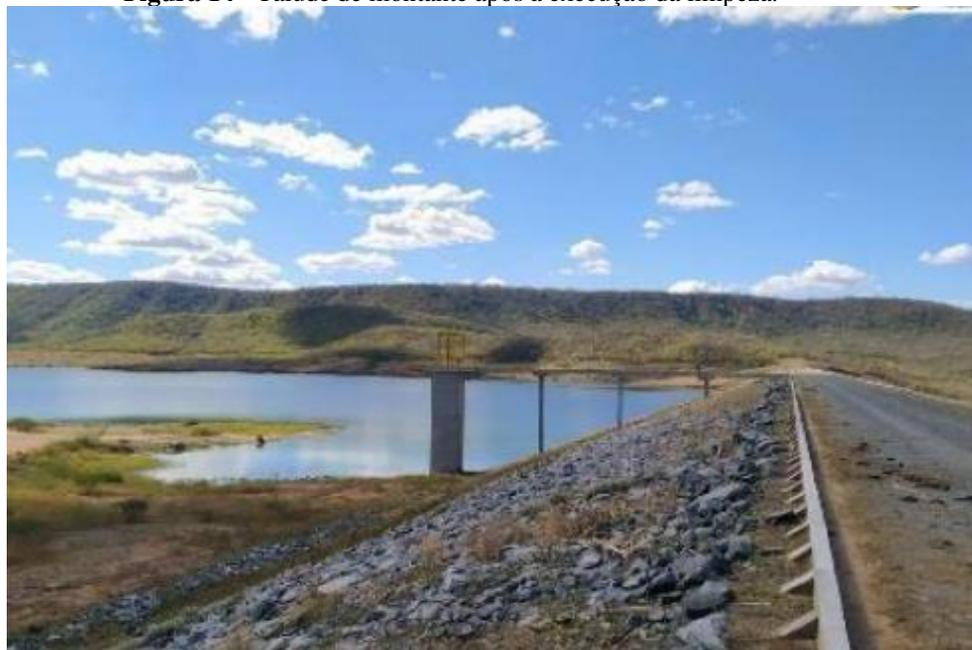
Não foram identificados, na crista, desalinhamentos, fissuras ou trincas ou qualquer anomalia que indicasse algum processo erosivo. As anomalias registradas durante a inspeção visual, foram reparadas pela equipe de manutenção civil do Consórcio Operador do PISF- COP, através da execução da limpeza, tanto na crista (Figura 13), quanto nos taludes de montante (Figura 14) e jusante (Figura 15).

Figura 13 - Crista do reservatório após a execução da limpeza.



Fonte: Consorcio operador do PISF-COP (2022).

Figura 14 - Talude de montante após a execução da limpeza.



Fonte: Consorcio operador do PISF-COP (2022).

Figura 15 - Talude de montante após a execução da limpeza.



Fonte: Consorcio operador do PISF-COP (2022).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o potencial risco de ruptura de barragens e, nesse contexto, o papel das atividades de monitoramento e reparação de eventuais anomalias, é seguro afirmar a importância do cumprimento das diretrizes da lei que regulamenta a Política Nacional de Segurança de Barragens no Brasil, Lei nº 12.334 (BRASIL, 2010).

Considerando a obrigatoriedade da classificação da barragem quanto ao DPA e CRI, fundamental para a determinação de outras ações de segurança, foi constatada essa classificação a partir da resolução nº 551 de 2017, emitida pelo órgão fiscalizador da barragem, nesse caso a Agência Nacional de Águas–ANA, de acordo com o que normatiza o Conselho Nacional de Recursos Hídricos–CNRH.

Em cumprimento ao inciso III, do art 6º da Lei 12.334/10, a Barragem de Boa Vista, encontra-se devidamente cadastrada no SNISB, onde é possível obter informações básicas e técnicas, além de identificar o nível de perigo da barragem, classificado como normal, de acordo com a última inspeção realizada em 2022. O SNISB possui um fácil acesso, permitindo que toda a sociedade possa ter conhecimento de dados que indiquem situações de risco do barramento.

Através da planilha de dados de 2022 do SNISB, foi possível identificar a existência do Plano de Ação de Emergência, Plano de segurança da Barragem e Revisão Periódica, exigidos para barragens submetidas a PNSB, assim, garantido a efetividade da gestão de risco através da implementação desses elementos de segurança. A Inspeção de Segurança Regular (ISR) atende a periodicidade definida pelo órgão fiscalizador, tendo sido realizada em 21 de março de 2022. A Inspeção de Segurança Especial - ISE, foi realizada em outubro de 2021, onde não foi informado, na planilha de dados SNISB, a necessidade da ISE.

Durante a pesquisa no SNISB, não foi encontrado o Plano de Ação de Emergência -PAE para consulta do seu conteúdo, nem em meio físico na prefeitura Municipal de São José de Piranhas-PB nem em meio eletrônico, visto a determinação pela Lei nº14.066 (BRASIL, 2020). Na inspeção de segurança visual, realizada com periodicidade mensal pelo COP, com objetivo de analisar as estruturas da crista, talude de montante e talude de jusante, não foram visualizadas anomalias de magnitude significativa, como mostra a fichas de inspeção preenchidas pela equipe de segurança da barragem. A vegetação encontrada, foi reparada pela equipe de manutenção civil posteriormente.

Contudo, diante das fontes consultadas, é possível concluir que o barramento de Boa Vista, atende aos critérios de segurança exigidos pela PNSB, no que diz respeito aos recursos de cadastramento e atividades de monitoramento e manutenção. Por fim, para trabalhos futuros, é sugerido o estudo do Plano de Ação de Emergência, tendo em vista o aumento da população localizada a jusante da barragem, resultado da realocação da população devido a construção desse reservatório.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Manual de políticas e práticas de segurança de barragens para entidades fiscalizadoras**. Brasília-DF: ANA, 2017. 221 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/relatorios>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Manual do empreendedor sobre segurança de barragens: guia de orientação e formulários para inspeção de segurança de barragem**. Brasília, DF: ANA, 2016c. v. 2, 217 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/relatorios>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Manual do empreendedor sobre segurança de barragens: diretrizes para a elaboração do plano de operação, manutenção e instrumentação de barragens**. Brasília-DF: ANA, 2016a. v. 7, 136 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/relatorios>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Manual do empreendedor sobre segurança de barragens: guia de revisão periódica de segurança de barragem**. Brasília-DF: ANA, 2016b. v. 3, 65 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/relatorios>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Relatório de segurança de barragens 2020**. Brasília-DF: Cedoc/Biblioteca, 2021. 130 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/rsb>. Acesso em: 04 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Relatório de segurança de barragens 2021**. Brasília-DF: Cedoc/Biblioteca, 2022. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes/rsb>. Acesso em: 04 jan. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 12.334**, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília-DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 08 nov. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 14.066**, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília-DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm. Acesso em 30jan. 2022.
- BRASIL. **Resolução nº 143**, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório. Brasília-DF, Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7231. Acesso em: 19 jan. 2023.
- BRASIL. **Resolução nº 236**, de 30 de janeiro de 2017. Estabelece a periodicidade de

execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência. Brasília, DF, Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/0236-2017_ato_normativo_20220601084300_alteracao.pdf/view. Acesso em: 04 jan. 2023.

BRASIL. **Resolução nº 551**, de 27 de março de 2017. Brasília-DF, Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/0236-2017_ato_normativo_20220601084300_alt. Acesso em: 04 jan. 2023.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos: fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro-RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos solos e suas aplicações: mecânica das rochas, fundações e obras de terra**. 7. ed. Rio de Janeiro: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 2015.

CARDIA, Ruben José; KUPERMANN, Selmo. Módulo II: inspeção e auscultação de barragens: unidade 1: anomalias em barragens. *In*: Agência Nacional de Águas-ANA. **CURSO SEGURANÇA DE BARRAGENS**. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas-ANA, 2013. Disponível em: <https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2179>. Acesso em: 04 jan. 2023

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília, Df: Ministério da Integração Nacional, 2003. 1 v. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/201511/04145531-11-manual-de-planejamento-em-defesa-civil-volume-1.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2023.

COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS-ICOLD. **Papel das barragens: por que precisamos de barragens?** 2022. Disponível em: https://www.icold-cigb.org/GB/dams/role_of_dams.asp. Acesso em: 04 jan. 2023.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS-CBDB. **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do comitê brasileiro de barragens**. 2011. Rio de Janeiro-RJ: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 2011. 19 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA-CODEVASF. **O que é o projeto de integração do São Francisco**. 2017. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/projeto-sao-francisco/o-que-e-o-projeto-de-integracao-do-sao-francisco>. Acesso em: 20 set. 2022.

COSTA, Walter Duarte. **Geologia de barragens**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto**. 2. ed. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 1996.

GIL, Euzébio José. Módulo I – barragens: aspectos legais, técnicos e sócioambientais: unidade 8: aspectos geológicos e geotécnicos. *In*: Agência Nacional de Águas-ANA. **CURSO**

SEGURANÇA DE BARRAGENS. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas-Ana, 2013. p. 12-13. Disponível em:
https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/8/Unidade_8-modulo1.pdf.
 Acesso em: 04 jan. 2023.

GUIDICINI, Guido; SANDRONI, Sandro Salvador; MELLO, Flavio Miguez de. **Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil.** Rio de Janeiro: Câmara Brasileira do Livro, 2021. Disponível em:
file:///C:/Users/engnu/Downloads/LIVRO_AcidentesIncidentesObrasBarragens_INTERATIV O.pdf. Acesso em: 04 jan. 2023

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 23,n. 46 ,2018, p. 191-212.

MEDEIROS, Carlos Henrique de A. C. Módulo I – barragens: aspectos legais, técnicos e sócioambientais: unidade 1: diretrizes, legislação e regulamentação. *In: Agência Nacional de Águas - ANA. CURSO SEGURANÇA DE BARRAGENS.* Brasília-DF: Agência Nacional de Águas-Ana, 2013. Disponível em:
<https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2179>. Acesso em: 04 jan. 2023.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI. **Contrato nº 37/2007 - MI.** Serviços de Consultoria especializada para elaboração dos projetos executivos para implantação do projeto de integração o Rio São Francisco em bacias hidrográficas do nordeste setentrional Lote F: Relatório Final do Projeto Executivo, Brasília, 2016. Disponível em:
<https://www.bndes.gov.br/arquivos/pisf/1260-rel-4001-00-00-010-r00.pdf>. Acesso em: 14 jul.2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI. **Projeto de transposição de águas do Rio São Francisco para o nordeste setentrional:** r32 relatório síntese de viabilidade técnico-econômica e ambiental. Brasília-DF, 2000.

SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 3., 2015, Foz do Iguaçu. **Sobre a tomada de decisões e a avaliação de riscos.** Foz do Iguaçu-RS: Comitê Brasileiro de Barragens, 2015. Disponível em: <http://cbdb.org.br/anais-evento>. Acesso em: 04 jan. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS-SNISB. **Informações sobre barragens do Brasil.** 2023. Disponível em:<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/inicio>. Acesso em: 18 jan. 2023

SOBREIRA, Arthur Alves. **Estudo de caso da barragem de boa vista:** análise de estabilidade em função do solo saprolito empregado na construção. 2019. 148 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Santa Maria, Cajazeiras, 2019.

ANEXO A – FICHAS DE INSPEÇÃO PARA BARRAGENS DE TERRA

Quadro 5 - Modelo de ficha de inspeção para talude de montante.

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA														
	LOCALIZAÇÃO/ ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP	
B	BARRAGEM													
B.1	Talude de Montante													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Fissura/afundamento (face de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Deslocamento de blo- cos de rocha pelo efeito de ondas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016).

Quadro 6 - Modelo de ficha de inspeção para crista.

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA														
	LOCALIZAÇÃO/ ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP	
B.2	Crista													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Fissuras longitudinais e transversais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Desabamentos/afunda- mentos (recalques)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiro, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Depressões devido à falta de sobrelevação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016).

Quadro 7 - Modelo de ficha de inspeção para talude de jusante.

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA														
	LOCALIZAÇÃO/ ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE			NP	
B.3	Talude de Jusante													
1	Erosões ou ravinamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Fissuras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga de água ou áreas úmidas (surgências)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016).



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de TCC

Assunto: Entrega de TCC
Assinado por: Leticia Tavares
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Letícia Rufino Tavares, ALUNO (201522200410) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS, em 23/02/2023 13:59:28.

Este documento foi armazenado no SUAP em 23/02/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 754174
Código de Autenticação: c67eeb1edb

