



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Elias de Souza Feitoza Neto

**PANORAMA DOS AGENTES DE DEGRADAÇÃO DA BARRAGEM VINTE E
CINCO DE MARÇO EM PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS

2025

Elias de Souza Feitoza Neto

**PANORAMA DOS AGENTES DE DEGRADAÇÃO DA BARRAGEM VINTE E
CINCO DE MARÇO EM PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F311p Feitoza neto, Elias de Souza.
Paranoma dos agentes de degradação da barragem
da vinte e cinco de março em Pau dos Ferros/RN /
Elias de Souza Feitoza neto. - 2025.
46 f. : il.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. inspeções de barragens. 2. barragem de
terra. 3. anomalias. 4. manutenção preventiva e
corretiva. I. Medeiros Bezerra, Joel , orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Elias de Souza Feitoza Neto

**PANORAMA DOS AGENTES DE DEGRADAÇÃO DA BARRAGEM VINTE E
CINCO DE MARÇO EM PAU DOS FERROS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 24 /07 /25

BANCA EXAMINADORA

Joel Medeiros Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Vinícius Navarro Varela Tinoco, Me. (UFERSA)
Membro Examinador

José Daniel Jales Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus pelo privilégio de ter chegado até aqui, por ter me guiado e encorajado sempre que necessito. Aos meus pais, que fizeram o possível para me formar como pessoa e cidadão, sem eles certamente eu não teria chegado.

A minha esposa Victoria e a minha filha Lívia recém-nascida, dedico essa vitória a vocês que são todo meu suporte.

A todos professores e amigos que contribuíram nessa jornada de forma direta e indireta para minha formação; foram muitos que deixaram bons ensinamentos e histórias.

Em especial, ao professor Dr Joel Medeiros por ter aceitado esse meu último desafio acadêmico, e por ter prestado todo suporte necessário para realização do mesmo.

RESUMO

Destaca-se a importância e necessidade dos barramentos hidráulicos em obras em terra enquanto dispositivos fundamentais para promover a segurança hídrica, bem como estudos que viabilizem o monitoramento e a manutenção das estruturas geotécnicas, como taludes de montante, jusante e a crista. Esse estudo tem o objetivo de realizar uma avaliação técnica da degradação efetiva e/ou potencial de agentes passivos da Barragem da 25 de março, localizado na área urbana do município de Pau dos Ferros/RN, utilizando ferramentas de inspeção visual para a identificação de manifestações patológicas e riscos a segurança da estrutura. Para tanto, a metodologia baseou-se em inspeções visuais, levantamentos com drone e no emprego de fichas de inspeção da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foram utilizadas como referência técnica para a classificação das anomalias identificadas em campo. As manifestações foram classificadas conforme o grau de magnitude (Pequena – P, Média – M, Grande – G) e seu respectivo nível de prioridade (NP) de 1 a 3. A inspeção contemplou todos os setores da barragem, onde pode-se elencar: a infraestrutura operacional, taludes de montante e jusante, crista e sangradouro. Com isso, foi observado manifestações patológicas visíveis (PV), em que destaca-se: a ausência de cercamento de proteção (P, NP 1), falhas na proteção vegetal (P, NP 1), presença de formigueiros nos taludes de montante, jusantes e ombreiras (P, NP 1), arbustos no coroamento e no vertedouro (P/M NP 1/2), erosões localizadas no talude de montante (P, NP 1), e sendo de forma mais crítica, a falha do *riprap* de proteção do talude de montante (P, NP 1), além de um afundamento da área protegida (P, NP 2), que sinaliza risco a segurança da estrutura. Sobretudo, no entorno do vertedouro, foi constatado a presença de residências próximas a zona de descarga com distância média de 35 metros, classificada com magnitude G e NP 1, representando risco direto ao funcionamento hidráulico e a segurança dos moradores locais. Com isso, os resultados encontrados mostram uma necessidade de implantação de medidas de manutenção preventiva e corretiva, tais como a recomposição do *riprap*, o controle da vegetação invasiva, a eliminação dos formigueiros. Logo, conclui-se que, apesar de não sinalizar riscos iminentes de colapsos, a estrutura necessita de inspeções regulares de forma que garantam a sua estabilidade, e segurança na operação e na população circunvizinha.

Palavras-chaves: Inspeções de barragens; anomalias; barragem de terra; manutenção preventiva e corretiva.

ABSTRACT

The importance and necessity of hydraulic dams in onshore construction projects are highlighted as fundamental devices for promoting water security, as well as studies that enable the monitoring and maintenance of geotechnical structures, such as upstream, downstream, and crest slopes. This study aims to conduct a technical assessment of the actual and/or potential degradation of passive agents at the 25 de Março Dam, located in the urban area of the municipality of Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, using visual inspection tools to identify pathological manifestations and risks to the structure's safety. The methodology used visual inspections, drone surveys, and inspection records from the National Water and Sanitation Agency (ANA) served as a technical reference for classifying the anomalies identified in the field. The manifestations were classified according to the degree of magnitude (Small – P, Medium – M, Large – G) and their respective priority level (NP) from 1 to 3. The inspection covered all sectors of the dam, which can be listed: the operational infrastructure, upstream and downstream slopes, crest and spillway. Thus, visible pathological manifestations (VP) were observed, including: the absence of protective fencing (P, NP 1), failures in plant protection (P, NP 1), the presence of anthills on the upstream and downstream slopes and abutments (P, NP 1), shrubs on the crest and spillway (P/M NP 1/2), localized erosion on the upstream slope (P, NP 1), and, most critically, the failure of the riprap protecting the upstream slope (P, NP 1), in addition to a subsidence of the protected area (P, NP 2), which indicates a risk to the safety of the structure. Above all, in the vicinity of the spillway, the presence of residences close to the discharge zone with an average distance of 35 meters was observed, classified with magnitude G and NP 1, representing a direct risk to hydraulic operation and the safety of local residents. Thus, the results indicate the need for preventive and corrective maintenance measures, such as restoring the riprap, controlling invasive vegetation, and eliminating anthills. Therefore, it can be concluded that, although there is no imminent risk of collapse, the structure requires regular inspections to ensure its stability and the safety of both the operation and the surrounding population.

Keywords: Dam inspections; anomalies; earth dam; preventive and corrective maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização.	20
Figura 2	– Especificações de plano de voo para aerolevanteamento das margens.....	22
Figura 3	– Configurações avançadas do plano de voo.	23
Figura 4	– Fluxograma sobre etapas e pontos desenvolvidos no estudo.....	25
Figura 5	– Crista, talude de montante, talude de jusante e vertedouro.....	26
Figura 6	– Estrutura dos taludes de montante, jusante e o coroamento da barragem	27
Figura 7	– Vertedouro da barragem vinte e cinco de março.	27
Figura 8	– Análise planialtimétrica da barragem vinte e cinco de março.....	28
Figura 9	– Habitações edificadas dentro da APP no entorno da barragem	30
Figura 10	– Faixa de 30 metros das áreas de proteção permanentes.....	30
Figura 11	– Descolamento do maciço que compõem o rip rap do talude.....	32
Figura 12	– Presença de vegetação e animais no talude de montante	33
Figura 13	– Presença de formigueiros no talude de jusante da estrutura.....	34
Figura 14	– Presença de formigueiros na ombreira direita do reservatório	34
Figura 15	– Mapa digital de elevação (MDE) de declividade das margens da barragem	38
Figura 16	– Presença de animais próximas as reservatório	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo das manifestações patológicas visíveis (PV) da barragem 25 de março.

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
PROAGUA	Programa de Desenvolvimento de Recursos hídricos para o semiárido
P1MC	Programa 1 milhão de Cisternas
ANA	Agência Nacional das águas e Saneamento Básico
SEMARH	Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
VANT	Veículo Aéreo Não tripulável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
APPs	Áreas de Preservação Permanentes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEORICO	15
3.1 Recursos hídricos no semiárido.....	15
3.2 Tecnologia convivência com a seca	15
3.3 Barramento hidráulico para combate a seca	16
3.4 Agentes passivos e ativos na degradação da barragem	17
3.5 Medidas de controle e mitigação nas barragens.....	18
4 METODOLOGIA	20
4.1 Área de estudo	20
4.2 Procedimentos metodológicos	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 Caracterização da operação e represamento da barragem	26
5.2 Usos múltiplos da água e da pressão antrópica em seu entorno	29
5.3 Agentes passivos no entorno da barragem.....	32
5.4 Classificação da degradação da barragem.	36
5.5 Propostas de medidas de controle e mitigação para preservação e segurança do reservatório	37
6 CONCLUSÃO.....	40
7 REFERÊNCIAS.....	41
ANEXO A – FICHA DE INSPEÇÕES DOS TALUDES DE MONTANTE, JUSANTE, CRISTA E INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	44

1 INTRODUÇÃO

A implementação de barramentos para formação de reservas hídricas fomenta e abastece populações, promovendo a dessedentação humana e animal, além de possibilitar desenvolver atividades econômicas como a prática da pesca, agricultura e agropecuária. Portanto, as barragens representam estruturas de armazenamento de água, sendo importante para estabilidade hídrica das populações que vivem sob a escassez pluviométrica característica do sertão, principalmente em regiões áridas e semiáridas, que segundo o Instituto Nacional do Semiárido (INSA, [s.d]) existem 12 milhões de pessoas sendo afetadas pela seca.

A região semiárida brasileira representa 18,2% do território nacional, abrangendo 1.133 municípios de acordo com a Secretaria do Governo do Brasil (2024), é caracterizada por temperaturas elevadas e prolongados períodos de estiagem. Para tanto, com a irregularidade de precipitações, alto índice de evaporação e longos períodos de estiagem, é conveniente o desenvolvimento das tecnologias sociais de convivência com a seca, as quais buscam interligar conhecimento empírico com conhecimento técnico, propondo alternativas viáveis sobre essa problemática. Essa abordagem tem sido evidenciada por Tavares et al. (2024), ao demonstrar que a integração de tecnologias como fossas sépticas, biodigestores, barragens subterrâneas e sistemas de reuso de água contribui significativamente para a segurança hídrica e alimentar no semiárido, por meio da adaptação participativa com agricultores familiares.

Diante deste cenário, que limita a disponibilidade de recursos hídricos, o armazenamento em reservatórios torna-se uma medida de proteção essencial. O uso de barramentos hidráulicos, como barragens, é uma prática fundamental para a sobrevivência das populações no semiárido, sendo reconhecida como um dispositivo de segurança hídrica. Segundo Dantas e Silva (2018), as barragens desempenham um papel central na gestão dos recursos hídricos da região, devido às suas propriedades de armazenamento e distribuição de água, articuladas a outras políticas hídricas existentes.

No contexto do semiárido nordestino, os sistemas de açudagem desempenham papel fundamental no abastecimento, na irrigação e na manutenção do equilíbrio socioambiental, sendo figuras importantes na política de gestão hídrica. Ao compreender a capacidade de um barramento hidráulico de servir aos múltiplos usos da água — incluindo o abastecimento humano, a dessedentação animal, a irrigação e o lazer — tais estruturas são apreciadas e consideradas relevantes para o desenvolvimento dessas regiões. Conforme destaca o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, 2024), a construção de mais de

300 barragens públicas de médio e grande porte em toda a região semiárida brasileira tem como finalidade estocar a água acumulada durante os períodos de chuvas para ser utilizada nos períodos secos, em virtude da característica inerente ao clima semiárido de possuir distribuição irregular de chuvas ao longo de um mesmo ano. A água acumulada nos barragens permite tornar perenes diversos rios intermitentes.

Entretanto, a degradação de recursos hídricos em ambientes urbanos e rurais, especialmente nas regiões semiáridas, tem exigido ações técnicas voltadas para a recuperação desses corpos d'água. Os reservatórios enfrentam danos causados por agentes passivos, como a água e os sedimentos, os quais sofrem processos de erosão natural ou indireta, assoreamento e poluição difusa, o que compromete a capacidade de armazenamento e suas demais funções. Por outro lado, os agentes ativos são caracterizados por ações diretas que alteram o sistema, como ocupações irregulares no entorno dos reservatórios, desmatamento, lançamento de resíduos e uso irracional da água. Conforme apontado por Castro (2022), a degradação da qualidade da água, incluindo a poluição difusa, é um perigo que envolve a combinação de recursos hídricos e questões ambientais e sociais, sendo necessário um gerenciamento racional do uso do solo e dos recursos ambientais para mitigar esses impactos.

O avanço dos agentes passivos voltados a degradação compromete progressivamente a capacidade de armazenamento, a qualidade da água e a vida útil da barragem, refletindo diretamente na segurança hídrica da população local e no equilíbrio dos ecossistemas associados. Com isso, compreende-se que a ausência de medidas preventivas e corretivas adequadas, somada a falta de planejamento urbano e de fiscalização ambiental, tem agravado os impactos sobre o corpo hídrico.

Diante disso, observa-se a necessidade de manutenção, controle e mitigação das anomalias nos barramentos hidráulicos, fundamentados em metodologias técnicas. A manutenção preventiva e corretiva, em conjunto com políticas públicas voltadas para os recursos hídricos, é essencial para conservar o bom desempenho dos reservatórios. O monitoramento periódico, o controle do uso da água e a implementação de ações de controle e mitigação sobre os agentes erosivos são fundamentais para a continuidade dos serviços fornecidos pelos barramentos, especialmente em regiões com longos períodos de estiagem. Segundo o Estudo Técnico Preliminar nº 2/2025, elaborado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, 2025) a recuperação e manutenção das barragens são cruciais para melhorar a infraestrutura hídrica e propiciar qualidade de vida às populações rurais,

destacando a importância de ações técnicas fundamentadas para garantir a funcionalidade e segurança dessas estruturas.

Inserido no semiárido potiguar, em área urbana no município de Pau dos Ferros-RN, tem-se a barragem da vinte e cinco de março. Em virtude da sua importância estratégica para o abastecimento hídrico urbano, controle de cheias e a manutenção da biodiversidade local, faz-se necessário o acompanhamento e monitoramento das condições estruturais e operacionais deste, voltados a sua conservação e manutenção.

Sendo que tal barragem está propenso a processos de comprometimento gradativo de suas condições operacionais, frente a presença de agentes passivos. Em que a intensificação dos processos de degradação, observada ao longo dos últimos anos frente ao processo de expansão urbana, ameaça não apenas a funcionalidade do reservatório, mas também a qualidade da água que chega à população. Logo, surge a necessidade de compreender quais são os principais agentes que atuam na sua degradação e quais as possíveis medidas mitigadoras que podem ser tecnicamente viáveis e eficazes para seu controle, mitigação e preservação.

Portanto, compreender as causas dessa degradação e propor medidas de controle e mitigação são importantes para um planejamento estratégico deste reservatório. Desta forma, contribuindo com a formulação de estudos relacionados a gestão de recursos hídricos, oferecendo embasamento para políticas públicas e ações de engenharia voltadas a conservação de mananciais em regiões de alta vulnerabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar um panorama dos agentes erosivos na Barragem Vinte e Cinco de Março em Pau dos Ferros/RN

2.2 Específicos

Para fins de contemplar o desenvolvimento da presente pesquisa, faz-se necessário realizar os seguintes objetivos:

- Caracterizar as condições de operação e represamento da barragem da vinte e cinco de Março de Pau dos Ferros/RN;
- Elencar os usos múltiplos da água da barragem e a pressão antrópica em seu entorno;
- Verificar a existência de agentes passivos na barragem da vinte e cinco de Março, contemplando todo seu perímetro.
- Classificar de forma técnica a degradação efetiva e/ou potencial;
- Propor medidas de controle e mitigadoras para preservação e segurança do reservatório hídrico.

3 REFERENCIAL TEORICO

3.1 Recursos hídricos no semiárido

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por um clima semiárido, com altas temperaturas e, conseqüentemente, elevados índices de evaporação, resultando em um balanço hídrico negativo. Além disso, a geologia predominante da região é composta por rochas cristalinas de baixa porosidade, o que limita a infiltração e o armazenamento de água subterrânea, contribuindo para a escassez hídrica (Linhares, 2019).

A distribuição dos recursos hídricos ocorre tanto de forma superficial quanto subterrânea: as águas superficiais estão concentradas principalmente em reservatórios, enquanto as subterrâneas são limitadas pela predominância de rochas cristalinas, que dificultam a infiltração e o armazenamento hídrico, com exceção das áreas sedimentares mais produtivas (Costa et al., 2025).

Conforme destacado por Linhares (2019), os domínios de rochas cristalinas na zona semiárida do Nordeste apresentam aquíferos do tipo fissural, de baixa produtividade, o que evidencia a necessidade de uma gestão hídrica adaptada às condições geológicas e climáticas da região.

Entretanto, apesar dessa limitação, existe disponibilidade hídrica na região, especialmente por meio das águas superficiais armazenadas em barragens e reservatórios. Todavia, as águas subterrâneas são mais restritas, podendo ser aproveitadas apenas em áreas com fraturas ou nas formações sedimentais, ao qual apresentam maior disponibilidade de armazenamento. Portanto, é necessária uma gestão eficaz na região.

3.2 Tecnologias de convivência com a seca

É evidente que a região semiárida vivenciou aos longos dos anos desafios relevantes sobre a escassez hídrica, no qual exige abordagens novas que sejam aliadas a sustentabilidade. Diante disso, as tecnologias de convivência com as secas surgem como soluções eficientes, interligando saberes empíricos e científicos para o manejo correto dos recursos hídricos. Estudos indicam que práticas como a captação e armazenamento de água da chuva, aliadas a técnicas de manejo sustentável, têm fortalecido a agricultura familiar e promovido a segurança hídrica na região semiárida brasileira (Oliveira et al., 2021).

Essas tecnologias são práticas desenvolvidas com a participação ativa das comunidades, ao quais busca-se melhorar e oferecer condições de vida satisfatórias através do acesso a água e a segurança alimentar. Para tanto, pode ser citado: as cisternas de placas para captação de água da chuva, as barragens subterrâneas e os sistemas de reuso de águas cinzas. Essas medidas têm sido eficientes na garantia do abastecimento hídrico para consumo e a produção agrícola em áreas de escassez (Silva; Medeiros; Silva, 2016).

Definitivamente, as políticas públicas têm por objetivo mitigar os efeitos da escassez hídrica por meio da construção de reservatórios, assim como perfurações de poços. Entretanto, tais medidas são insuficientes para atender as demandas das populações locais, sendo necessário desenvolver e implementar alternativas tecnológicas pontuais. A partir da década de 1990, ocorreu uma estratégia voltada para gestão hídrica, que implementou o programa de desenvolvimento de recursos hídricos para o semiárido (PROAGUA) e o programa um milhão de cisternas (P1MC), em que ambos tiveram como objetivo o acesso a água por meio de tecnologias sociais aplicadas às realidades dos moradores (Campos, 2014).

Todavia, a escolha e sustentabilidade dessas tecnologias enfrentam desafios, como exemplo a necessidade de capacitação contínua dessas comunidades, manutenção e apoio das autoridades. Estudos mostram que, para aumentar os pontos positivos, é preciso interligar essas medidas sociais em políticas públicas abrangentes e adaptadas as características e particularidades locais (Tomaz; Florentino, 2021).

3.3 Barramentos hidráulicos para combate a seca

Os barramentos hidráulicos, especialmente as barragens de terra, desenvolvem de forma importante a gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas. Tais estruturas possuem como objetivo o de armazenar e controlar o fluxo de água, sendo suficientes às múltiplas demandas, como irrigação, abastecimento humano, controle de cheias e, em alguns casos, até geração de energia. Essas obras são estratégicas para garantir a segurança hídrica e a sustentabilidade no uso da água, principalmente em áreas suscetíveis à escassez, como afirma Silva et al. (2021), ao destacarem a importância das barragens no armazenamento eficiente da água das chuvas e sua contribuição para o desenvolvimento das comunidades rurais.

As barragens ou açudes de terra são estruturas construídas com materiais terrosos compactos, aproveitando recursos locais, o que reduz custos na execução. Além disso, podem ser classificados como homogêneas, compostas por um único tipo de solo, ou zoneadas, quando

apresentam zonas com materiais diferentes, como um núcleo impermeável e zonas de suporte mais permeáveis. Portanto, ao desenvolver um projeto, são analisadas as características geotécnicas locais e dos materiais disponíveis (Lima; Lopes, 2017).

Portanto, a estabilidade dessas estruturas é diretamente relacionada à qualidade dos materiais usados, à compactação correta e ao controle da percolação de água. Ademais, dispositivos de drenagem, como drenos e filtros, são importantes para evitar zonas de erosões internas.

Segundo Araujo (2019), a segurança das barragens de terra está intimamente ligada ao dimensionamento adequado do sistema de drenagem interna, que deve ser projetado para prevenir a erosão interna, um dos principais fatores de falha dessas estruturas. É válido ressaltar para o dimensionamento correto de barragens de terra, se faz necessário uma análise sobre a geotecnia, topografia e hidrologia do local. Entretanto, estudos de caso mostram que é relevante a abordagem integrada, que leva em consideração fatores como: permeabilidade, altura da barragem, tipo do solo e volume de água acomodado (Leme, 2015).

Não menos importante, monitoramento e manutenção regulares promovem a longevidade e segurança de tais estruturas. Com isso, a aplicação dos sistemas de instrumentação permite o reconhecimento inicial de possíveis falhas, como: deformações e infiltrações, o que permite ações corretivas antes de maiores impactos (Leite et al., 2024).

3.4 Agentes ativos e passivos na degradação das barragens

É compreendido que a erosão e degradação dos barramentos no semiárido brasileiro são o resultado de uma combinação de fatores antrópicos e naturais, o que sobrecarrega a funcionalidade dos reservatórios. Práticas inadequadas de uso do solo, como desmatamento e técnicas agrícolas impróprias, intensificam os processos erosivos, enquanto as condições climáticas áridas da região contribuem para a fragilidade dos solos e a degradação ambiental (Oliveira et al., 2021).

Portanto, tais fatores podem ser elencados em: agentes ativos, que irão ter influência direta e instantânea acerca das estruturas mencionadas, como também de agentes passivos, ao qual agem de maneira indireta ou por negligência (Hernandez, 2014), fato que potencializa a erosão gradual dos reservatórios e da qualidade da água armazenada.

Dentre os agentes ativos, destacam-se as práticas inadequadas de uso e ocupação do solo nas margens, pastoreio e agricultura intensiva sem a devida conservação do solo. Portanto, essas práticas intensificam os processos erosivos, como o assoreamento, o qual reduz o volume

hídrico. Além disso, ainda é observado o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento correto, fato que corrobora para a eutrofização das águas, gerando impactos e riscos à qualidade e à biodiversidade aquática (Santos; Medeiros, 2023). O lançamento de efluentes domésticos não tratados em corpos hídricos contribui significativamente para a eutrofização, caracterizada pelo aumento excessivo de nutrientes, o que favorece o crescimento de algas e macrófitas, prejudicando a qualidade da água e a biodiversidade aquática (Gadelha et al., 2022).

Os agentes passivos são compreendidos por ausência ou deficiência de políticas públicas eficientes na gestão e manutenção dos barramentos, no qual falha em fiscalizações e investimentos em infraestrutura de conservação. A falta de atitude na aplicação de planos de manejo e na realização de obras de manutenções recorrentes, como: limpeza de canais e recuperação de taludes, potencializa vulnerabilidades nas barragens, tais como enchentes e secas longas (Medeiros, 2016).

Com isso, é compreendido que a identificação de agentes ativos e passivos são fatores importantes na implementação de estratégias eficazes no contexto do semiárido. Para tanto, é preciso conciliar usos sustentáveis do solo com políticas públicas que recuperem e conservem os reservatórios.

3.5 Medidas de controle e mitigação em barragens

É necessário que seja realizado uma gestão eficiente nos barramentos hidráulicos no semiárido brasileiro, através da implementação de medidas de controle e mitigação que promovam funcionalidade, segurança e sustentabilidade dos reservatórios. Entretanto, diante da adversidade climática, é importante adotar ações estruturais e não estruturais.

Entre as medidas estruturais, ressalta-se as práticas mais conservadoras nas margens dos barramentos, como a revegetação e proteção dos taludes, buscando prevenção sobre a erosão e ao controle do assoreamento. Portanto, essas ações são fundamentais para manter a integridade funcional (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

Segundo Sousa (2021), a implementação de sistemas de drenagem eficientes e vertedouros adequados é fundamental para a segurança operacional das barragens, permitindo o manejo correto dos volumes armazenados e prevenindo eventos críticos, como rupturas e transbordamentos.

No âmbito das medidas não estruturais, é requerido planos de operação e manutenção recorrente para estender a vida útil das estruturas. Esses planos deverão contemplar: limpeza de

canais, inspeções regulares, dispositivos hidráulicos, como também capacitar as populações e gestores públicos (ANA, 2021).

Sobretudo, é válido ressaltar que uma gestão colaborativa dos órgãos governamentais e instituições de pesquisa, é primordial para promoção de medidas de controle e mitigação. Portanto, a correta colaboração dos atores permite a identificação dos problemas, que posteriormente serão solucionados por medidas específicas (ANA, 2021).

Além disso, conforme afirma Sarmiento (2025) a legislação brasileira detalha por meio da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, sendo denominado como Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) todo o controle que é requerido para garantia da preservação e a devida funcionalidade dos reservatórios, promovendo também longevidade.

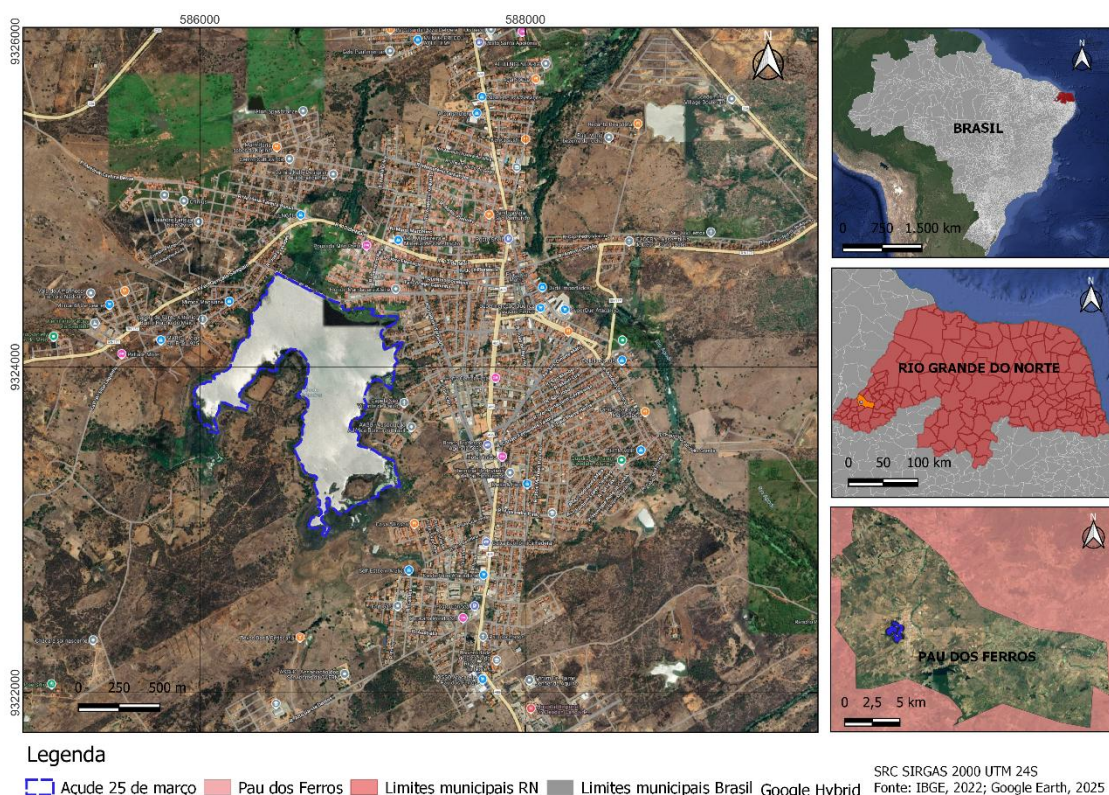
4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

Esse estudo foi realizado na barragem da vinte e cinco de março, sendo localizado no município de Pau dos Ferros/RN na região do alto oeste Potiguar. Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o município compreende um contingente populacional de 30.479 pessoas, e está distribuído em uma área de 259,959 km², evidenciando, uma baixa densidade populacional.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo da barragem em relação aos demais estados, e circulado em vermelho o município de Pau dos Ferros. Como já foi citado, anteriormente, está inserido no perímetro urbano, no qual possui em seu coroamento uma pavimentação que conecta o bairro Riacho do Meio ao Alto do Açude.

Figura 1– Mapa de localização



Fonte: Autoria própria (2025).

A barragem da vinte e cinco de março é gerenciado pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), sendo do tipo de terra homogênea e estar inserida na bacia hidrográfica do Apodi/Mossoró; é localizado no bairro Riacho do Meio em Pau dos Ferros/RN,

ver Figura 1. Possui altura máxima da parede de 5,59 metros, largura da crista de 4,32 metros e 510 de extensão. Teve seu planejamento na época imperial, devido a necessidade por parte dos moradores que sofriam com longos períodos de estiagens. Sua construção teve início os trabalhos de construção em 1889, sendo inaugurou-se apenas em 25 de março de 1897, derivando a origem do nome do reservatório Lima *et al.* (2017).

A sua construção também foi definida por estar na confluência de dois riachos, intitulados de Riacho do Meio e da Lagoinha, no qual é até onde se estende esse canal. Portanto, essa infraestrutura foi importante para subsistência da população ribeirinha durante décadas, pois utilizam da água para beber, trabalhar e para atividades agrícolas, como: horticultura, avicultura, piscicultura, agricultura e pecuária, sendo ainda meio de trabalho para lavadeiras de roupas de acordo com (Lima *et al.*, 2017).

É válido mencionar que em 1942, a cidade de Pau dos Ferros passava por um momento de seca, e esse momento foi aproveitado para a construção da primeira pavimentação em pedra na parede da barragem da 25 de março, a qual foi reconstruída em 1951 pelo município. Recentemente, segundo informações da Prefeitura de Pau dos Ferros (2022) em 05 de agosto de 2022 inaugurou a Obra de Urbanização da Orla da barragem, sendo orçada em R\$708.774,74, e possuindo a prefeitura e o ministério do turismo como responsáveis pela execução; no espaço, foi inaugurado um quiosque com o objetivo de gerar emprego e lazer, assim como foi colocado iluminação em LED, e equipamentos para promover exercícios físicos para população local.

A barragem possui capacidade de armazenamento de 4.722.000 m³, e de acordo com Agência Nacional das Águas (ANA, 2025), o reservatório está inserido na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró. Encontra-se com apenas 18,64% de sua capacidade segundo a (ANA), dados provenientes da sua medição em 08 de maio de 2025. A região de Pau dos Ferros, está inserida no planalto da Borborema, ao qual é caracterizado por rochas metamórficas, como gnaisses e quartzitos, onde influenciam na drenagem superficial e disponibilidade hídrica local (CPRM,2015). O clima é classificado como tropical semiárido, bem como apresenta volumes de precipitações médios anuais entre 800mm e 1.200mm, sendo a quadra chuvosa concentrada de fevereiro a maio, período esse responsável por recarregar os reservatórios da região (INMET,2023).

4.2 Procedimentos metodológicos

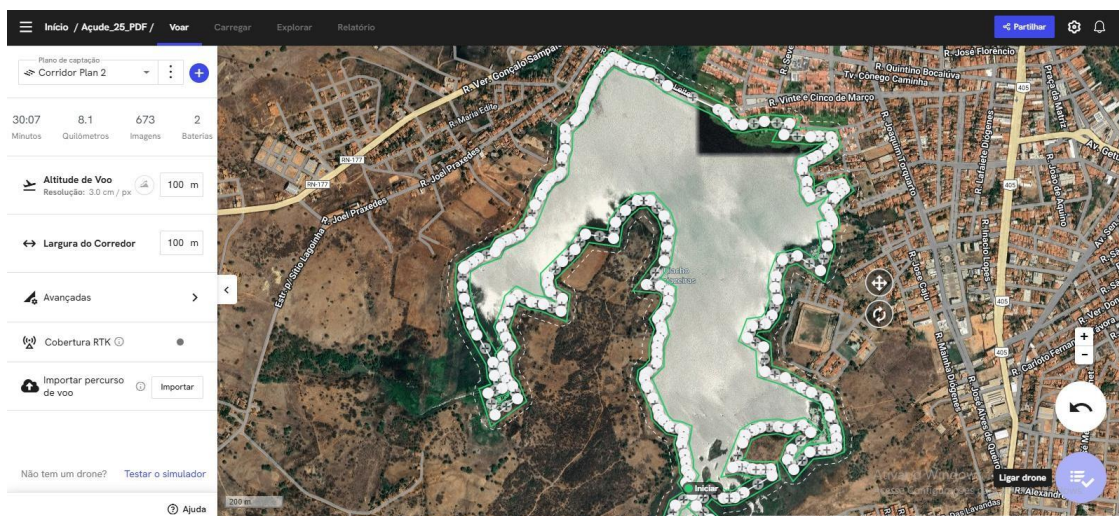
O estudo foi direcionado e desenvolvido por meio de levantamento em campo e mapeamento técnico, buscando compreender e caracterizar a presente situação de operação da barragem da vinte e cinco de Março, para posterior, diante do cenário identificado propor soluções acerca dos processos de degradação passiva nas margens da barragem e seu entorno.

Para atingir a caracterização técnica das condições atuais da operação e represamento da barragem, foi realizada análise de estudos de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), assim como inspeções visuais de campo. Além disso, por meio da técnica de “inspeção visual in loco”, especialmente, foi analisado o estado físico da barragem, como: vertedouro, taludes e possíveis sinais de erosão na estrutura.

Em busca de elencar os usos múltiplos da água e compreender a ação antrópica no entorno da barragem, foi realizado uma pesquisa de campo com moradores locais, usuários do reservatório e representantes dos órgãos públicos. Em seguida, utilizou-se de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), tecnicamente conhecido por Sistema de Aeronave Remotamente Pilotado (ARP) para realizar o levantamento aerofotogramétrico georreferenciado do entorno do espelho d'água, visando obter o mapeamento das atividades e ações antrópicas próximas as margens do reservatório. Foi considerado um corredor com largura de 100m em relação de polígono que delimitou o espelho d'água de referência.

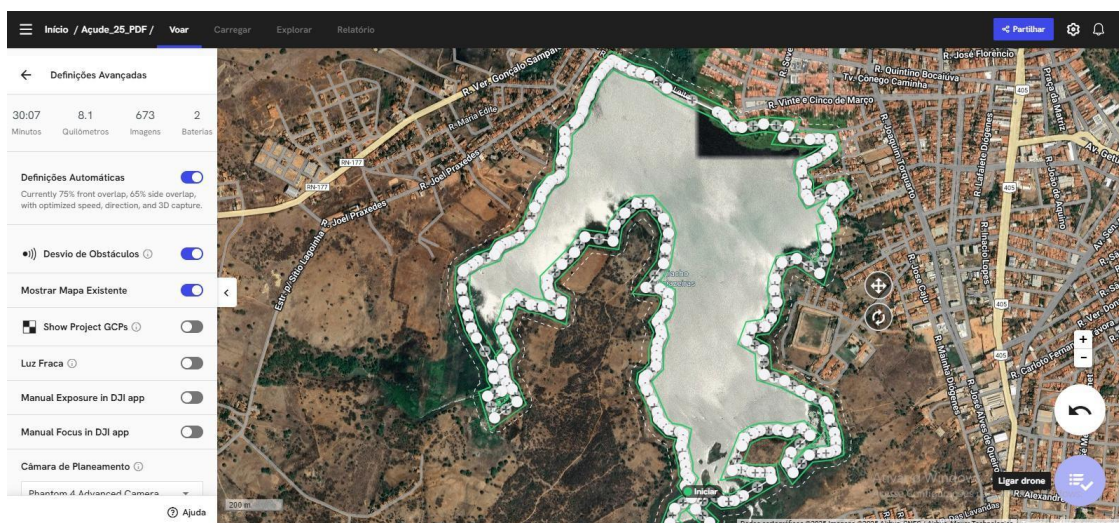
Para fins de levantamento adotou-se o emprego de aeronave modelo Phantom 4 Advanced da DJI, em que se empregou a plataforma do dronedeploy para planejamento do voo autônomo, com as devidas especificações técnicas, conforme a Figura 3.

Figura 2 – Especificações de plano de voo para aerolevante do corredor as margens da barragem 25 de março: Altura, largura do corredor e informações do sistema de aerolevante



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 3 – configurações avançadas do plano de voo



Fonte: Autoria própria (2025).

Para identificação dos agentes de degradação foi efetuada uma inspeção visual e técnica no perímetro da barragem. O objetivo principal dessa etapa é reconhecer fatores que comprometem a segurança e o desempenho do reservatório, como assoreamento, descarte irregular de resíduos, presença de vegetação invasora, erosões superficiais, ausência de manutenção e danos às estruturas de terra.

Essa avaliação foi direcionada com base nos critérios descritos pelos manuais técnicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que fornecem parâmetros objetivos para identificação, classificação e registro das anomalias observadas. O processo de

classificação considera a natureza, extensão e potencial de risco associado a cada anomalia identificada, de acordo com as orientações do manual de preenchimento da ficha de inspeção da barragem e do guia de inspeções de segurança de barragem.

O procedimento supracitado seguiu etapas definidas conforme estabelecido no Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de barragem e no Guia de Orientação e formulários para Inspeções de segurança, ambos documentos de autoria da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2005).

A classificação da degradação efetiva e potencial foi realizada com base em parâmetros técnicos adaptados do modelo de matriz de avaliação de riscos apresentado no documento Produto 3: Classificação de Barragens – Melhores Práticas Nacionais e Internacionais, publicado pela ANA. Essa matriz considera critérios como grau de impacto, área afetada, frequência de ocorrência e possibilidade de mitigação, permitindo uma análise sistemática dos riscos associados à degradação da barragem.

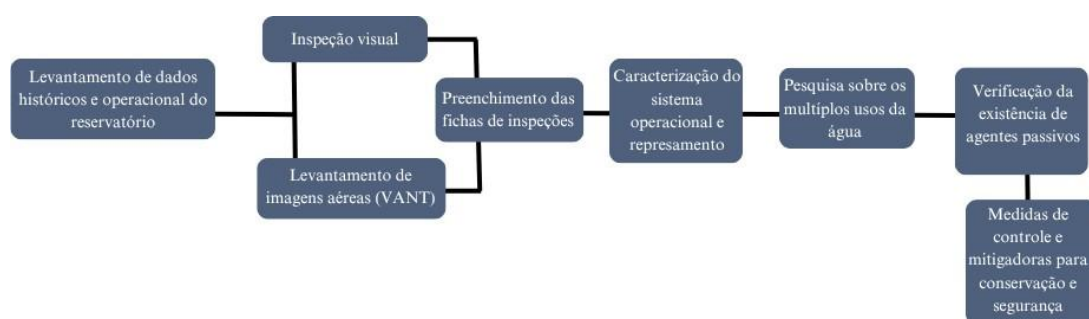
A classificação da degradação efetiva e/ou potencial da barragem da vinte e cinco de Março foi realizada com base na metodologia elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), ao qual foi por meio das fichas de inspeções de segurança de barragens conforme ilustradas no Anexo A desse trabalho. Entretanto, o preenchimento dos formulários possibilitou identificar as manifestações patológicas visíveis (PV), sendo classificadas quanto a sua magnitude Pequena - sendo a anomalia que pode ser solucionada pela administração local (P), Média - anomalia que precisa da administração local com o apoio da regional (M) , Grande – sendo a anomalia que para ser resolvida precisa da administração regional integrado com a central (G) - e ao respectivo nível de prioridade (NP), variando de: 1 – grau que não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas que precisa de atenção, 2 – informa que deve ser tomado providencias para corrigir o problema, sendo um alerta eminente - a 3- onde representa uma emergência -, sendo conforme o potencial de risco associado a segurança estrutural e operacional da barragem.

Inicialmente, foram preenchidos os dados gerais – condição atual - da barragem, como: nome, localização finalidade, tipo construtivo e volume acumulado. Em seguida, a verificação técnica foi realizada por tabelas que abordam os tópicos de coroamento, onde serão observados recalques, fissuras, deformações e drenagens superficiais; talude de jusante, com foco em trincas, erosões, vegetação presente no paramento; Região de jusante da barragem, ao qual foi feito uma análise próxima ao talude, verificando a presença de infiltrações e o estado atual de conservação dos dispositivos de drenagens.

Por último, com base nos resultados obtidos das etapas anteriores, foram propostas medidas de controle e mitigação, ao qual se considerou diretrizes de engenharia civil voltada a segurança de barramento hidráulicos, reabilitação de estruturas hídricas e gestão dos recursos hídricos.

De forma resumida, o trabalho foi dividido de acordo com a Figura 4 nas seguintes etapas: levantamento de dados históricos/operacionais, inspeções em campo, levantamentos aéreos por uso do (VANT). Isso para o desenvolvimento dos objetivos específicos propostos no estudo.

Figura 4 – Fluxograma sobre etapas e pontos desenvolvidos no estudo



Fonte: Autoria própria (2025).

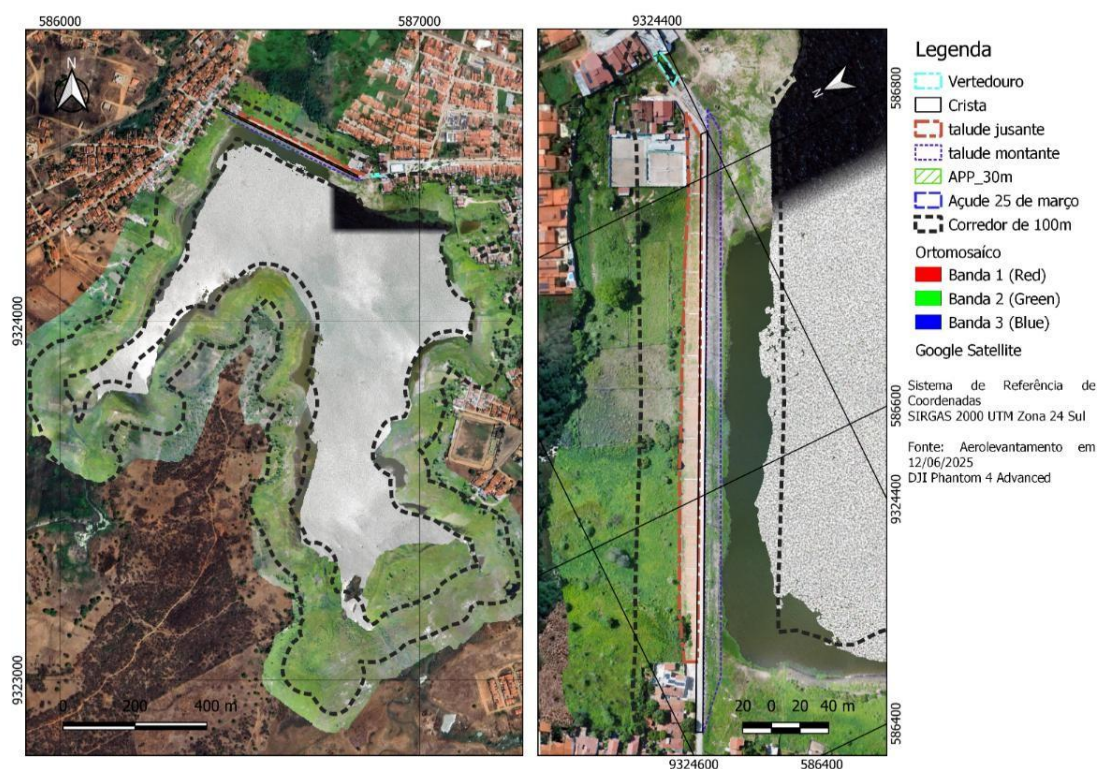
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da operação e represamento da barragem

A barragem da vinte e cinco de Março, barramento de terra estudado, encontra-se no bairro Riacho do Meio, localizado na zona urbana. Possui como finalidade além do abastecimento, a irrigação de lavouras e dessedentação animal, sendo estratégico para elaboração de atividades econômicas. Segundo o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOC'S), o reservatório possui capacidade de $4.772.000\text{m}^3$ que pela Política nacional de segurança de barragens já é necessário um (PSB), e um volume morto de $1.227.000\text{ m}^3$, além de seu curso d'água estar inserido na bacia do Apodi-Mossoró.

Entretanto, o elemento hidráulico em análise, trata-se de uma barragem de terra homogênea com a crista sendo constituída de 510,86 metros de extensão – sendo uma pavimentação em paralelepípedo – com uma largura de 4,32 metros e 5,19 de altura máxima da parede. Além disso, faz parte de sua estrutura: a crista, talude de montante e talude de jusante, o que corrobora para o grau de segurança no represamento e na operação ser satisfatório, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Crista, talude montante, talude de jusante e vertedouro



Fonte: Autoria própria (2025).

Pode ser elencado também o vertedouro, sendo do tipo canal escavado em rocha com soleira livre, elemento essencial para escoar o excesso de água ao longo dos períodos de quadros chuvosos intensos, o que assegura que o nível da barragem não ultrapasse a crista do barramento, sendo um fator determinante para prevenção acerca de um possível rompimento da barragem, o que protege a população circunvizinha, propriedades e meio ambiente local.

Portanto, essas características do vertedouro garantem uma boa vida útil, uma vez que reduz a ação de possíveis erosões, infiltrações e danos estruturais; assim sendo, evita-se ainda assoreamento, facilita também na manutenção e monitoramento do comportamento hidrológico da barragem, e permite intervenções rápidas em situações de vulnerabilidade, o que é uma ferramenta de controle a eventos extremos. Tais estruturas podem ser visualizadas nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Estrutura dos taludes de montante, jusante e o coroamento da barragem da vinte e cinco de Março em Pau dos Ferros-RN



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7 – Vertedouro da barragem vinte e cinco de Março

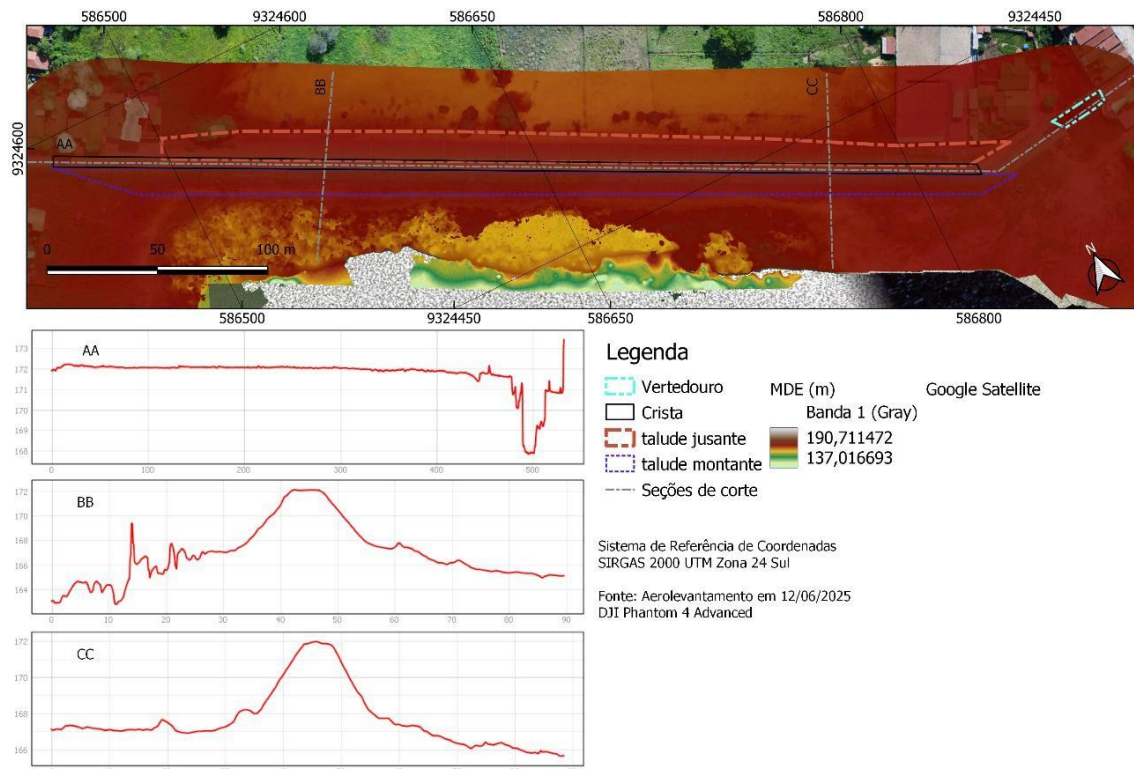


Fonte: Autoria própria (2025).

Todavia, é observado que o talude de montante encontra-se com vegetação rasteira, o que potencializa processos erosivos, que no caso do talude na presença de uma vegetação de porte maior pode criar ou abrir caminhos para infiltrações internas, ao qual pode desencadear o fenômeno chamado “*piping*” e comprometer a estrutura da barragem.

Sendo realizado uma análise planialtimétrica na barragem, utilizando o modelo digital de elevação (MDE), ao qual evidencia variações na cota do vertedouro, conforme é ilustrado nos trechos AA, BB e CC da figura 8. Portanto, essas variações são resultado de vegetações e entulhos acumulados na estrutura do vertedouro, fato que impossibilita o devido funcionamento e segurança do barramento. Com isso, pode ser concluído que tal fato como a obstrução parcial ou total do vertedouro, pode gerar uma sobrelevação da lâmina d’água, a qual eleva o risco de galgamento da crista, culminando em um risco potencial sobre rompimento do barramento.

Figura 8 – Análise planialtimétrica da barragem da vinte e cinco de Março e do seu vertedouro



Fonte: Autoria própria (2025).

Segundo a Agência Nacional de águas (ANA,2024), obstruções de vertedouros por detritos sólidos é uma das anomalias mais identificadas nas inspeções em pequenas barragens, o que gera ineficiência no escoamento e aumenta o risco de falha hidráulica. Então, é recomendado inspeções regulares e a remoção desses sólidos acumulados, com a finalidade de manter a capacidade de descarga.

Nesse caso em estudo, é observado que os resíduos acumulados na estrutura criaram cotas mais elevadas, necessitando assim de uma limpeza para corrigir essa problemática e garantir o funcionamento do sistema de extravasor.

5.2 Usos múltiplos da água e pressão antrópica em seu entorno

A barragem analisada realiza papel fundamental na dinâmica socioeconômica no bairro que está inserido, sendo utilizado para múltiplos usos, como o abastecimento animal, irrigação de pequenas lavouras, além de até mesmo oferecer suporte hídrico aos habitantes instalados em seu entorno imediato. Para tanto, esses usos múltiplos não representam apenas a variabilidade

da destinação dos recursos hídricos, mas também as pressões antrópicas crescentes que interferem ou agem sobre os corpos d'água, especialmente, no contexto da oferta hídrica limitada.

No que tange ao abastecimento animal, observa-se que a água da barragem é utilizada como fonte primária para dessedentação de rebanhos, sobretudo de bovinos, que é uma atividade de extrema relevância para subsistência da comunidade local. Ainda há o uso da água para irrigação de culturas agrícolas de pequeno porte, especialmente relacionadas à agricultura familiar. Embora essas práticas sejam fundamentadas com os princípios do uso racional, possui ineficiência de um sistema hídrico regulatório, o que compromete a qualidade e disponibilidade hídrica, ainda mais nos períodos de estiagem severa.

Todavia, além desses usos diretos, a presença de habitações nas margens do reservatório, conforme ilustra a Figura 9, caracteriza uma importante fonte de pressão antrópica sobre a segurança hídrica e estrutural do barramento. O código florestal (Lei nº 12.651/2012), define as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno de corpos hídricos, como:

“para açudes e reservatórios artificiais ou naturais, a faixa marginal de proteção devendo ser observado: a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana. Sendo tal situação não contemplada diante da presença de diversas habitações instaladas em tal área.”

Figura 9 – Habitações edificadas dentro da APP no entorno da barragem da vinte e cinco de Março

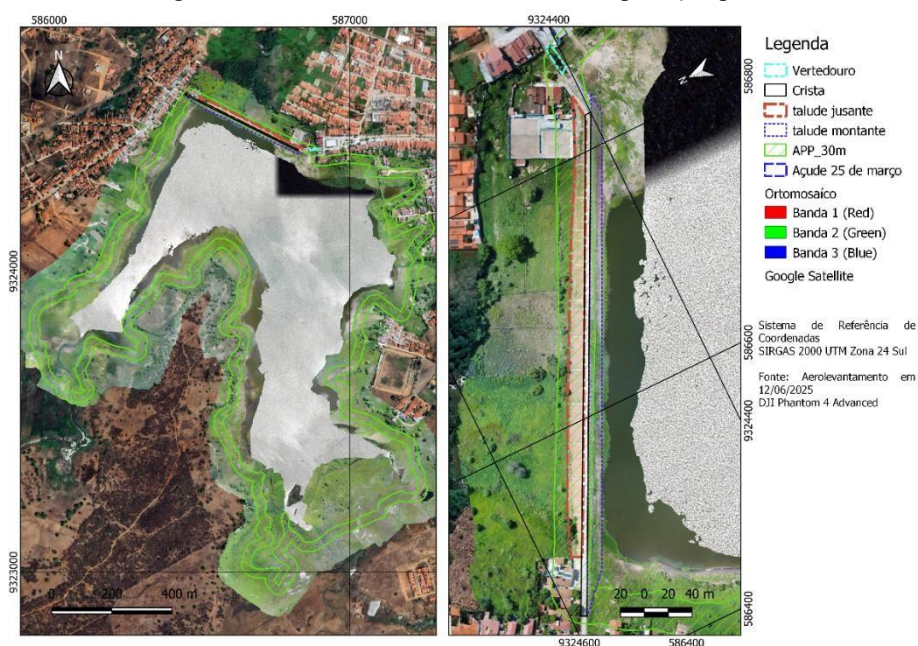


Fonte: Autoria própria (2025).

Portanto, a ocupação irregular das faixas marginais de proteção da barragem representa um risco, onde há maior propensão a degradação das encostas e assoreamento, o que afeta a

capacidade de armazenamento; agora, sob o ponto de vista humano, representa uma ameaça à segurança das famílias locais, que podem ser impactadas em eventos extraordinários de cheias, extravasamento ou rompimento de alguma estrutura hidráulica. Na Figura 10, é marcado em verde todo o perímetro das (APPs)

Figura 10 – Faixa de 30 metros das áreas de proteção permanentes



Fonte: Autoria própria (2025).

Com isso, nessas dadas condições, fica claro a necessidade de um planejamento territorial e gestão integrada dos recursos hídricos, de modo, que os múltiplos usos da água sejam assegurados de maneira sustentável, sem comprometer a integridade física da barragem e nem tampouco a segurança das populações locais.

Então, o uso produtivo e conservação ambiental deve ser um dos pilares das estratégias de mitigação das pressões antrópicas, com o fim de garantir longevidade hídrica da área frente as variações climáticas e a crescente demanda por água com o aumento da população.

5.3 Agentes passivos no entorno da barragem

A segurança e a estabilidade dos barramentos artificiais requerem inspeções regulares para que seja possível identificar a presença de agentes passivos, mesmo que inicialmente possa parecer inofensivo a estrutura, no entanto ao se agravar pode comprometer a funcionalidade de operação do reservatório.

Na barragem da 25 de março em Pau dos Ferros/RN, foram observados anomalias e ações antrópicas que, se não forem devidamente mitigadas, podem colaborar para desencadear impactos estruturais, ambientais e sociais na comunidade local significativos.

Todavia, uma das irregularidades observadas está relacionada ao enrocamento do talude de montante, que apresenta defeitos estruturais como o descolamento dos blocos de rocha, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 – Descolamento do maciço que compõem o “*Rip rap*” do talude de montante da barragem da vinte e cinco de Março



Fonte: Autoria própria (2025).

Esse tipo de degradação compromete diretamente a função protetora do enrocamento, responsável por evitar a erosão da estrutura, além de dissipar a energia mecânica provocada pelo vento e gravidade que culminam na formação das ondas. É compreendido, que a falta de manutenção adequada potencializou processos erosivos e contribuiu para a degradação do maciço do “*rip rap*”, ao qual aumenta a possibilidade de falhas estruturais em eventos extraordinários de cheia (Alves, 2023).

Outro ponto observado, foi a presença de vegetação no talude também de montante, o que é danoso, e de acordo com a Figura 12, sendo espécies de médio e pequeno porte, que podem ter o desenvolvimento de raízes de forma mais profunda e afetar a integridade do maciço, o que gera ou cria caminhos para a infiltração da água, aumentando o risco de percolação e erosão interna – o *piping*-, conforme expõe (Bezerra, 2025).

Figura 12 – presença de vegetação e animais no talude de montante



Fonte: Autoria própria (2025).

Portanto, é sugerido que essa vegetação seja retirada, o que estava sendo feito até a metade do barramento de montante, sobretudo durante visita in loco. Moradores locais haviam afirmado que o DNOC'S responsabilizou o município de fazer o restante da limpeza, fato que é importante para evitar erosões.

Além disso, foi verificado a existência de formigueiros ao longo de ambos os taludes de montante e jusante, o que representa uma ameaça a segurança da barragem. Isso porque é formado por meio desses insetos trechos ou caminhos que promovem a erosão da estrutura e possibilita a percolação da água, sendo essas uma das principais causas de ruptura em barragens de terra segundo Cardoso et al. (2022).

Com isso, é necessário a eliminação desses formigueiros e inspeções regulares para evitar agravamento e riscos voltados para a estrutura existente. Nas Figuras 13 e 14, é possível perceber esse agente nocivo.

Figura 13 – Presença de formigueiros no talude de jusante da estrutura



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 14 – Presença de formigueiros na ombreira direita do reservatório



Fonte: Autoria própria (2025).

Sobretudo, também foi constatado criação e o abastecimento de água aos animais no entorno imediato da barragem, que apesar de ser comum em zonas rurais, é definido como uma prática inadequada do ponto de vista técnico e ambiental, uma vez que está dentro da faixa de APP. Esse fato é embasado devido a destruição da vegetação nativa das margens da barragem, ao qual acaba acelerando os processos de erosão superficial das margens.

Pode ser citado também que os dejetos orgânicos produzidos pelos animais podem ser carreados para o reservatório, culminando e contribuindo na contaminação da água, ao qual desencadeia o processo de eutrofização, e tal fato também compromete a qualidade da água para múltiplos usos (Cardoso et al, 2022)

Portanto, esse evento quando não manejado adequadamente, representa risco à saúde pública, especialmente a comunidade próxima. Através disso, é imprescindível que a criação de animais seja realizada fora dos limites das APPs, com infraestrutura correta respeitando o afastamento imposto pela Código Florestal e o cercamento da área projetada para práticas de manejo.

5.4 CLASSIFICAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA BARRAGEM

Primeiramente, na infraestrutura operacional, foi observado a ausência de cercamento de proteção no entorno da barragem, caracterizando assim uma falha de controle de acesso. Então, essa condição favorece a entrada de animais, corroborando para a degradação da vegetação nativa, o que compromete diretamente a segurança e o estado de conservação da estrutura. Portanto, a anomalia foi registrada como uma manifestação patológica visível com magnitude Pequena (P) e nível de magnitude 1 (NP=1), sinalizando uma necessidade de correção preventiva.

Sobre o talude de jusante, foram constatadas duas anomalias relevantes: ausência de proteção vegetal e presença de formigueiros. Com isso, ambos apresentam magnitude pequena (P) e NP=1, o que mostra um impacto inicial com potencial de agravamento. Entretanto, a vegetação pode expor o solo a ação das águas pluviais, e os formigueiros, representa uma ameaça a integridade do solo e podem favorecer a processos de infiltração e desagregação.

Analisando agora o vertedouro, foi apresentado duas manifestações patológicas. Sendo a primeira sobre a presença de arbustos em sua área, ao qual é classificado com magnitude

média (M) e NP=2. A segunda ocorrência é a proximidade de construções residenciais ao lado do vertedouro, o que representa interferência direta em área crítica da estrutura hidráulica, classificado com magnitude Grande (G) e NP=1. Portanto, essa condição apresenta risco a segurança das edificações quanto ao funcionamento do vertedouro, especificamente em eventos extremos de cheia.

Analisando a ficha de inspeção do talude de montante, foram encontradas manifestações críticas, ao qual foi observado a presença de erosões localizadas com magnitude (P) e NP=1, o que indica ser falha na integridade da proteção. Além disso, o revestimento do talude (*rip rap*) encontra-se incompleto, o que compromete sua função de dissipar a energia das ondas e proteger a estrutura da erosão. Com isso, esse fato foi classificado com magnitude média (M) e NP=2, sendo assim considerado um dos pontos mais relevantes por expor o corpo da barragem a degradação contínua. Além disso, também foi identificado arbustos e formigueiros ambos classificados com magnitude pequena (P) e NP=1 e um certo afundamento ou buraco na região do *rip rap* obstruído, com NP=2. Conclui-se que, é um ponto de atenção, pois pode indicar perda de material interno, o que exige intervenção imediata.

Sobretudo, no coroamento da barragem, foi constatado a presença de gramíneas e formigueiros, ambos classificados com magnitude pequena (P) e NP=1. No entanto, apesar de parecer superficiais, essas manifestações podem indicar ausência de manutenção e controle eficiente, ao qual pode se agravar com o tempo. Portanto, a presença de vegetação e insetos no coroamento pode interferir na compactação e homogeneidade do topo da barragem, além de ser um ponto inicial aos processos erosivos. A seguir, consta o Quadro 1 apresenta o resumo das manifestações patológicas visíveis (PV) da barragem.

Quadro 1: Resumo das manifestações patológicas visíveis (PV) da barragem 25 de março.

Setor da Barragem	Manifestações Patológica (PV)	Magnitude	Nível de Prioridade (NP)
Infraestrutura Operacional	Ausência de cercamento de proteção	P	1
Talude de jusante	Falha na proteção vegetal	p	1
	Presença de formigueiros	P	1
Vertedouro	Presença de arbustos	M	2
	Construções residenciais próximas ao vertedouro	G	1

Talude de montante	Erosões superficiais	P	1
	<i>Riprap</i> incompleto	M	1
	Presença de arbustos	P	1
	Presença de formigueiros	P	1
	Afundamento/buraco em área de <i>riprap</i> obstruído	P	2
Coroamento	Presença de arbustos	P	1
	Presença de formigueiros	P	1

Fonte: Dados obtidos por meio das fichas de inspeções da ANA (2005)

5.5 Propostas de medidas de controle e mitigação para preservação e segurança do reservatório

Diante da presença de agentes passivos no entorno e na estrutura do barramento da barragem da vinte e cinco de março, é sugerido adoção de medidas corretivas e preventivas com o objetivo de garantir a funcionalidade da operação e segurança do reservatório. Entretanto, baseado nas irregularidades observadas durante as visitas técnicas e do diagnóstico realizado, propõem-se as seguintes ações estruturais como a reparação do talude de montante, ambientais e de gestão podendo ser a criação de faixas de proteção riparia (matas ciliares) e implementação de um plano de segurança de barragens (PSB), bem como fiscalizações e monitoramentos constantes para evitar a evidência das anomalias, buscando o controle e mitigação dos danos identificados.

Um dos problemas mais críticos está relacionado a estrutura do enrocamento no talude de montante, o qual apresenta falhas como o desencaixe de blocos de pedra e sinais de erosão localizada. Com isso, para corrigir esse dano é recomendado a recomposição da camada de *riprap* com blocos de rocha de granulometria conforme a que está executada no talude.

Outra medida também importante consiste na remoção da vegetação do talude de montante, pois, essas plantas ao desenvolverem comprometem estrutura de barramento e facilitam as infiltrações, o que pode resultar em processos de percolação ou *Piping*. No talude de jusante, é recomendado complementar a vegetação (gramíneas), isso porque esse tipo de vegetação protege o solo contra erosão superficial sem comprometer a estrutura interna do maciço.

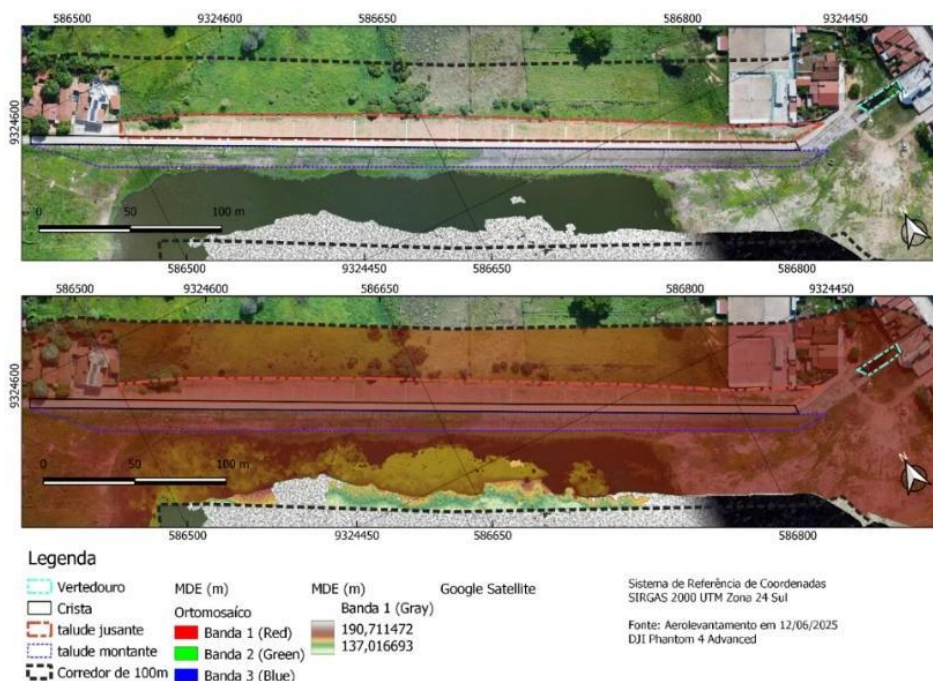
Todavia, em relação a presença dos formigueiros nos taludes e nas ombreiras, sugere-se a eliminação dessas colônias através de técnicas de manejo, que pode incluir controle físico e

uso de produtos biológicos ou químicos. Após a remoção, é importante a realização da compactação do solo, o plantio de vegetação rasteira, de maneira que seja garantido a coesão e estabilidade local analisada.

Em relação as ocupações irregulares no entorno da barragem por residências construídas dentro da Área de preservação Permanente (APP), tem-se que também representa um risco socioambiental relevante. Além de comprometer a qualidade da água e acelerar a degradação das margens.

Essa ocupação expõe as famílias a riscos de alagamentos e/ou colapsos estruturais. Assim, propõe que seja feita uma vistoria e análise mais detalhada se as habitações não correm riscos maiores e necessitam de intervenções, como também palestras ou debates públicos que visem esclarecer a população mais próxima sobre os possíveis riscos de está inserido dentro de uma área de preservação. A Figura 14 mostra as habitações no entorno do reservatório e a Figura 15 o modelo digital de elevação (MDE) de declividade das margens da barragem, que em vermelho mostra as maiores cotas e as cotas mais frias representa o interior do reservatório.

Figura 15 – Modelo digital de elevação (MDE) de declividade das margens da barragem



Fonte: Autoria própria (2025).

Sobre a criação de animais, que pode ser observado na figura 16, deve ser sugerido trechos específicos para a dessedentação e proposto o cercamento das demais faixas, com o intuito de minimizar os impactos ocasionados. Pois, o ideal é a construção de bebedouros fora da área de proteção; também pode ser sugerido, ações informativas sobre educação ambiental

voltada aos produtores locais, reforçando a importância da preservação da qualidade da água. Por último, todas essas medidas levadas em consideração, como um Plano de Segurança de Barragem (PSB), conforme previsto pela lei nº 12.334/2010, que vai estabelecer a Política Nacional de Segurança de Barragens. Assim sendo, esse plano deve conter o manual de operação do reservatório, plano de ação emergência, as diretrizes de inspeções regulares e mecanismos de participação da comunidade local. Sobretudo, a elaboração do (PSB) deve ser conduzido por uma equipe multidisciplinar, onde deve ser composta por engenheiros ambientais, civis e representantes dos órgãos públicos como o DNOCS e a ANA.

Figura 16 – Presença de animais próximas ao reservatório



Fonte: Autoria própria (2025).

Dessa maneira, as medidas que foram aqui propostas visam não somente elencar ações voltadas a promoção de correções das falhas observadas, mas como também a construção de uma cultura de prevenção e de gestão eficiente integrada dos recursos hídricos, ao qual irá assegurar a continuidade dos múltiplos usos da água, o equilíbrio ambiental e a segurança da população local que depende da barragem para sobrevivência.

8. CONCLUSÃO

Diante dos levantamentos realizados no entorno da barragem Vinte e Cinco de Março, que conta com taludes de montante, jusante, coroamento e vertedouro, e contempla aos múltiplos usos de agricultura, agropecuária e dessedentação animal. Ainda foi constatado que, embora não esteja em situação emergencial, a estrutura requer atenção e intervenções técnicas planejadas. A ausência de cercamento de proteção (PV – magnitude P e NP 1) pode favorecer processos erosivos e instabilidades localizadas. No sangradouro, observou-se a presença de arbustos (magnitude M e NP 2), que podem comprometer o escoamento, e construções residenciais próximas ao vertedouro (magnitude G e NP 1), representando risco direto à operação da barragem e à segurança da população.

No talude de montante, identificou-se o cenário mais crítico: falhas no riprap (magnitude M e NP 1), erosão superficial, arbustos e formigueiros (magnitude P e NP 1) e um afundamento na área com riprap incompleto (magnitude P e NP 2), que pode causar descompactação do material interno. Já no coroamento, verificaram-se sinais de erosão e vegetação indesejada (magnitude P e NP 1), exigindo limpeza e controle adequado.

Conclui-se que na barragem necessita de um plano de manutenção preventiva e corretiva para garantir estabilidade e segurança a longo prazo. Recomenda-se o restabelecimento do riprap, a eliminação de vegetação invasiva, o controle de fauna e a regularização das áreas próximas ao vertedouro. Além disso, inspeções periódicas por equipes técnicas e uma articulação entre SEMARH, DNOCS e a Secretaria Municipal de Obras são essenciais para o monitoramento e recuperação efetiva da estrutura, assegurando a segurança da população residente.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Plano de Ações e Investimentos para o 2º Ciclo de Implementação do PRH Piancó-Piranhas-Açu. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/planos-de-recursos-hidricos/planos-de-recursos-hidricos-de-bacias-hidrograficas/planos-de-bacias-hidrograficas-interfederativas/pianco-piranhas-acu/ANA_PRNPPI_PIRH_P6_REV02.pdf. Acesso em: 07 maio 2025.

ARAUJO, Antonio Anderson Fontenele. Estudo teórico e experimental da segurança de filtros de barragens de terra à erosão interna. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ALVES, Lucas Migotto. Estudo comparativo em modelo reduzido do uso de enrocamento e geomembrana em proteção do talude de montante de barragens de terra. Alegrete: Universidade Federal do Pampa, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola).

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, estabelece normas gerais sobre as áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal, entre outros dispositivos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 28 jun. 2025.

BEZERRA, Thalya Evelyn Silva. *Análise da percolação de água na barragem de terra do Realejo – CE*. Crateús: Universidade Federal do Ceará, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Disponível em repositório institucional da UFC

CAMPOS, José Nilson B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. *Estudos Avançados*, v. 28, p. 65–88, 2014.

CARDOSO, Isabella Fernandes; COSSETTI, Julia; BERNARDO, Luisa Morgan; MIRANDA DA SILVA, Mirella Gonçalves da Fonseca. Análise de Anomalias em Barragens da Bacia do Rio Itaúnas. *Revista Esfera Tecnologia*, v. 6, n. 2, 2022.

CASTRO, César Nunes de. Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília: Ipea, 2022.

COSTA, W. da S. et al. Recursos hídricos no semiárido brasileiro: disponibilidade, vulnerabilidades e desafios de gestão. *Confins*, n. 58, 2023. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/50094>. Acesso em: 10 maio 2025.

DANTAS, José Carlos et al. Gestão da água, gestão da seca: a centralidade do açude no gerenciamento dos recursos hídricos do semiárido. 2018.

DE LIMA, Sueilton Junior Braz et al. Discursos e argumentação em memórias que constituem o açude público 25 de Março. *Diálogo das Letras*, v. 6, n. 2, p. 264–283, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). Plano Estratégico Institucional 2021–2024. Fortaleza: DNOCS, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/aceso-a-informacao/t-pc/planejamento-gestao-resultados/documentos-de-planejamento/pei-2021-2024-dnocs-atualizacao-2024.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). Estudo Técnico Preliminar nº 2/2025. Fortaleza: DNOCS, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/aceso-a-informacao/licitacoes-e-contratos/conteudo/consulta-de-licitacoes/2025/pregoes/administracao-central/pregao-eletronico-no-90004-2025/estudo-tecnico-preliminar-2-2025.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). O Semiárido Brasileiro. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 14 maio 2025.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. BDMEP – Dados históricos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/bdmep-dados-hist%C3%B3ricos> (acesso em 09 jul. 2025).

GADELHA, José Eduardo Ferreira Da Silva et al. Consequências da eutrofização em corpos hídricos. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 3, n. 1, 2022.

HERNÁNDEZ, Jorge Eliecer Ibarra. Avaliação da fragilidade à erosão das margens do reservatório de Ilha Solteira-SP, utilizando as geotecnologias como ferramentas de análise ambiental. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

LEITE, Hosana Emília Sarmiento Costa et al. Aspectos sobre instrumentação e monitoramento de barragens. *Revista Brasileira de Geotecnia*, 2024.

LEME, Rosiel Ferreira. Avaliação de uma metodologia para projeto de pequenas barragens de terra no semiárido: construção, ensaios e modelagem numérica. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

LINHARES, Franklin Mendonça et al. As ilhas hidro-pedo-geológicas no contexto da região semiárida do Nordeste brasileiro. 2019.

OLIVEIRA, M. K. T.; MACEDO, R. C. B. S.; REBOUÇAS, C. K. O.; SILVA, K. C. N. Ação antrópica na erosão de solo em bacias hidrográficas do semiárido brasileiro. *Revista Holos*, v. 39, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2023.16838>. Acesso em: 10 maio 2025.

OLIVEIRA, Sônia Maria Alves de et al. Tecnologias sociais contextualizadas para a convivência com o semiárido: dialogando com os sujeitos. *Ensino em Perspectivas*, v. 2, n. 4, p. 1–11, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Manual Operativo Açudes Avançar. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202308/15163656-08165652-manual-operativo-acudes-avancar-final-08-04.docx>. Acesso em: 07 maio 2025.

SANTOS, Everson de Oliveira; MEDEIROS, Paulo Ricardo Petter. A ação antrópica e o processo de eutrofização no Rio Paraíba do Meio. *Sociedade & Natureza*, v. 35, p. e66441, 2023.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Geologia e recursos minerais da folha Pau dos Ferros, SB.24-Z-A-II: estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM, 2017. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/17717/1/relatorio_pau_dos_ferros.pdf (acesso em 09 jul. 2025).

SILVA, Mayra Soares; MEDEIROS, Verônica Pereira; SILVA, Anieres Barbosa. Tecnologias sociais hídricas para convivência com o semiárido: o caso de um assentamento rural do município de Cabaceiras-PB. *Holos*, v. 1, p. 295–309, 2016.

SILVA, M. S.; GALVÃO, C. O.; GOMES, M. F. C. Barragem subterrânea: transformando vidas no Semiárido brasileiro. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131011>. Acesso em: 10 maio 2025.

SOUSA, Vicente Heitor Tavares de. Estudo dos vertedouros e zonas de escoamento do açude 25 de Março em Pau dos Ferros-RN. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros, 2021.

TAVARES, S. C. C. de H.; SILVA, Wilson Tadeu Lopes da; SILVA, Davi Ferreira da. Integração de tecnologias sociais no manejo ambiental da agricultura familiar no suporte hídrico e alimentar no semiárido brasileiro – INTECS. 2024.

TOMAZ, Benedita Martins; FLORENTINO, Hugo da Silva. Tecnologias sociais de acesso à água enquanto estratégias de convivência com o semiárido: experiências e protagonismo da comunidade do Sítio Carcaré, São José da Lagoa Tapada-PB. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, n. 1, p. 2, 2021.

ANEXO A - FICHA DE INSPEÇÕES DOS TALUDES DE MONTANTE, JUSANTE, CRISTA E INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

PREENCHIMENTO DOS DADOS GERAIS E DAS INFORMAÇÕES DAS INFRAESTRUTURAS OPERACIONAIS

DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL

DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL:	
1 - Barragem:	
2 - Coordenadas:	/
3 - Município/Estado:	/
4 - Vistoriado por:	Assinatura:
5 - Cargo:	Instituição:
6 - Data da Vistoria: __ / __ / ____	Vistoria N°:
7 - Cota atual do nível d'água:	m
8 Bacia:	
9 Proprietário/Adm. Regional:	/

INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
A.	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL													
1	Falta de documentação sobre a barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Adm. Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de instrução dos equipamentos hidromecânicos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														