



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

FRANCISCO ANDREW DE OLIVEIRA

**Enquadramento da Barragem do Setor Nova Flamboyant na Política Nacional
de Segurança de Barragens (PNSB), em Palmas – TO.**

**PALMAS
2025**

FRANCISCO ANDREW DE OLIVEIRA

**Enquadramento da Barragem do Setor Nova Flamboyant na Política Nacional
de Segurança de Barragens (PNSB), em Palmas – TO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia
em Engenharia Civil Campus Palmas do Instituto
Federal do Tocantins, como exigência à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Flávio da Silva Ornelas

PALMAS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

O48e Oliveira, Francisco Andrew
 Enquadramento da Barragem do Setor Nova Flamboyant na Política
 Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), em Palmas – TO. / Francisco
 Andrew Oliveira. – Palmas, TO, 2025.
 59 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
 Palmas, Palmas, TO, 2025.

 Orientador: Dr. Flávio da Silva Ornelas

 1. Categoria de Risco. 2. Dano Potencial Associado. 3. Análise visual. I.
 da Silva Ornelas, Flávio. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

FRANCISCO ANDREW DE OLIVEIRA

**Enquadramento da Barragem do Setor Nova Flamboyant na Política
Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), em Palmas – TO.**

Trabalho de conclusão de curso II
apresentado à Coordenação do curso de
Engenharia Civil Instituto Federal do
Tocantins - Campus Palmas, como
exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em: 17/12/2025

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Flávio da Silva Ornelas
Orientador

Prof. Dra. Pâmela Daniela Nogueira Reges
Membro da Banca Avaliadora

Prof. Evandro Schmitt
Membro da Banca Avaliadora

Dedico este trabalho à minha família que sempre acreditou em mim, me apoiou em cada desafio e me ensinou o valor da educação e da dedicação.

Que todo o fruto dessa batalha possa resultar em benefícios para eles e para a contribuição de uma sociedade melhor na aplicação da prática da Engenharia aprendida aos longos desses anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado Graça e Favor para chegar até aqui.

Sou bastante grato aos meus pais Francisco Xavier de Oliveira e Maria Luzanira Cândida que estiveram do meu lado acreditando em mim, dando todo o apoio e suporte necessário.

A minha esposa Erica Pinheiro Rodrigues, por não me deixar sozinho nessa caminhada e sempre está me apoiando mesmo nos momentos que pensei em desistir.

Aos meus irmãos por me incentivar a ser um profissional exemplar e não desistir dos meus sonhos.

E ao meu orientador Prof. Flávio Ornelas, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) analisa o enquadramento da barragem localizada no Setor Nova Flamboyant, em Palmas – TO, na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010. Dada a ausência de documentação técnica específica, a metodologia baseia-se em pesquisa descritiva e documental, incluindo análise da legislação pertinente (PNSB, Resoluções CNRH e ANA), normas técnicas (ABNT NBR 13028:2024), literatura especializada, análise de fotografias da estrutura e visitas in loco. A análise visual sugere uma barragem de terra de pequeno porte, possivelmente para reservação de água. O enquadramento formal na PNSB depende de critérios dimensionais (altura $\geq 15\text{m}$ ou volume $\geq 3.000.000\text{ m}^3$) ou da classificação de Dano Potencial Associado (DPA) como médio ou alto e a avaliação do DPA requer análise da área a jusante. A Categoria de Risco (CRI) foi alto devido à falta de informações de projeto, construção, manutenção e de um Plano de Segurança. Conclui-se que, mesmo sem atingir os limiares dimensionais, a barragem pode se enquadrar na PNSB via DPA ou demandar atenção pela CRI. A análise permitiu concluir a Categoria de Risco (CRI) da barragem como alta, sendo constatadas fragilidades decorrentes da ausência de documentação técnica, da insuficiência de registros de inspeção e da inexistência de procedimentos operacionais estabelecidos. Esses resultados reforçam a necessidade de ações corretivas estruturadas e alinhadas à legislação vigente e às boas práticas de engenharia, de modo a garantir a segurança da estrutura e o adequado enquadramento no PNSB.

Palavras-chave: Categoria de Risco. Dano Potencial Associado. Análise visual.

ABSTRACT

This Final Course Project (TCC) analyzes the classification of the dam located in the Nova Flamboyant Sector, in Palmas – TO, within the National Dam Safety Policy (PNSB), established by Law No. 12.334/2010. Given the absence of specific technical documentation, the methodology is based on descriptive and documentary research, including analysis of relevant legislation (PNSB, CNRH and ANA Resolutions), technical standards (ABNT NBR 13028:2024), specialized literature, analysis of photographs of the structure, and on-site visits. Visual analysis suggests a small earthen dam, possibly for water storage. Formal classification under the PNSB depends on dimensional criteria (height $\geq 15\text{m}$ or volume $\geq 3,000,000 \text{ m}^3$) or the classification of Associated Potential Damage (DPA) as medium or high, and the DPA assessment requires analysis of the downstream area. The Risk Category (RC) was high due to a lack of information regarding the design, construction, maintenance, and a Safety Plan. It is concluded that, even without meeting the dimensional thresholds, the dam may qualify for the National Dam Safety Policy (PNSB) via the Dam Safety Assessment Program (DPA) or require attention due to the RC. The analysis concluded that the dam's Risk Category (RC) is high, highlighting weaknesses associated with the absence of technical documentation, lack of inspection records, and the absence of operational procedures. These results reinforce the need for structured corrective actions aligned with current legislation and good engineering practices, in order to guarantee the structure's safety and proper compliance with the PNSB.

Keywords: Risk Category. Associated Potential Damage. Visual Analysis.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Classificação da Barragem Nova Flamboyant conforme critérios de Categoria de Risco (CRI), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança da Barragem (PSB), segundo a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010) e diretrizes da ANA	29
Tabela 2 – Síntese dos critérios de Enquadramento na PNSB aplicados a Barragem Nova Flamboyant.....	56

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Localização da barragem Nova Flamboyant no município de Palmas/TO	15
Figura 2.2 – Página inicial do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), evidenciando o total de barragens cadastradas, indicadores de fiscalização e acessos às classificações CRI/DPA.....	21
Figura 2.3 – Governança da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), apresentando a estrutura institucional composta pelo Congresso Nacional, CNRH, CINSB, órgãos fiscalizadores, ANA, empreendedores e planos de segurança de barragens	22
Figura 3.1 – Vista lateral do reservatório no período chuvoso (março/2025).....	30
Figura 3.2 – Vista frontal do reservatório no período chuvoso (março/2025).....	31
Figura 3.3 – Visão panorâmica do reservatório durante o período chuvoso (março/2025).....	31
Figura 3.4 – Localização georreferenciada dos pontos de inspeção da barragem.....	32
Figura 3.5 – Condição do reservatório no período seco (novembro/2025).....	33
Figura 3.6 – Vista geral do reservatório durante a estiagem(novembro/2025).....	33
Figura 3.7 – Área de jusante com evidências de erosão no período seco (setembro/2025).....	34
Figura 3.8 – Delimitação da área inundada do reservatório no final do período chuvoso.....	35
Figura 3.9 – Redução da área alagada durante o período seco	36
Figura 3.10 – Delimitação complementar da área útil do reservatório durante a estiagem.....	37
Figura 3.11 – Relatório de Inspeção de Segurança da Barragem (RISB) nº 03/2022	38
Figura 3.12 – Talude exposto e lâmina d'água residual durante o período seco.....	39
Figura 3.13 – Vista da área a jusante da barragem, evidenciando ocupação urbana próxima.....	40
Figura 3.14 – Matriz de Classificação do Dano Potencial Associado (DPA) segundo o Anexo da Resolução ANA nº 265/2025	43
Figura 3.15 – Foto aérea do reservatório da barragem Nova Flamboyant	47
Figura 3.16 – Perfil batimétrico da barragem, elaborado a partir de medições diretas em campo durante o período de estiagem	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.3.1	Objetivo Geral.....	14
1.3.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	16
2.1	Barragens: Conceito e Importancia.....	16
2.2	Mecanismos de Ruptura e Modos de Falhas em Barragens de Terra.....	18
2.3	A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)	19
2.4	Instrumentos da PNSB	20
2.4.1	Classificação das Barragens.....	20
2.4.2	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	20
2.4.3	Inspeções de Segurança	20
2.4.4	Revisão Periódica de Segurança (RPS)	21
2.4.5	Plano de Ação de Emergência (PAE)	21
2.4.6	Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens (SNISB).	22
2.4.7	Relatório de Segurança de Barragens (RSB)	23
2.4.8	Órgãos Fiscalizadores e Responsabilidades.....	23
2.5	CrITÉrios TéCNicos e Normativos.....	24
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	Levantamento e Análise documental	26
3.1.2	Análise de Referências Técnicas	27
3.1.3	Análise de Trabalhos Acadêmicos e Artigos.....	27
3.2	Caracterização da Barragem	28
3.2.1	Análise in Loco	28
3.2.2	Coleta de Dados Indiretos	35
3.3	Procedimentos de Análise para Enquadramento na PNSB.....	41
3.3.1	Verificação dos Critérios de Aplicabilidade	41
3.3.2	Estimativa da Classificação (CRI e DPA).....	42

3.3.3	Avaliação dos Requisitos Legais.....	45
3.3.4	Limitações do Estudo.....	46
3.4	ANALISE DA BARRAGEM DO SETOR NOVA FLAMBOYANT	46
3.4.1	Caracterização Visual da Estrutura e Entorno	47
3.4.2	Tipo de Estrutura	47
3.4.3	Localização do Reservatório	47
3.4.4	Taludes.....	48
3.4.5	Crista.....	49
3.4.6	Sistema Extravasor.....	49
3.4.7	Condições de Conservação Aparentes	49
3.5	Levantamento Batimétrico	50
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A segurança de barragens representa um tema de crescente relevância no cenário nacional e internacional, impulsionado tanto pela necessidade de garantir o suprimento hídrico e energético quanto pela preocupação com os riscos associados a essas estruturas. A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010, surge como um marco regulatório fundamental, estabelecendo diretrizes, instrumentos e responsabilidades para a gestão da segurança de barragens destinadas à acumulação de água, disposição de rejeitos ou resíduos industriais no Brasil (BRASIL, 2010; PANIAGO, s.d).

Historicamente, o Brasil vivenciou eventos que evidenciaram a criticidade da segurança dessas estruturas. Acidentes como o da barragem de Camará (PB) em 2004, e os rompimentos das barragens de Fundão (Mariana, MG) em 2015 e Córrego do Feijão (Brumadinho, MG) em 2019, trouxeram consequências socioambientais devastadoras, intensificando a pressão social e a necessidade de aprimoramento contínuo das práticas e legislações vigentes (SILVA et al., 2023; PANIAGO, s.d). Esses eventos trágicos sublinharam a urgência de mecanismos de fiscalização, monitoramento e prevenção, bem como a importância da classificação adequada das barragens quanto ao risco e ao Dano Potencial Associado (DPA).

A barragem em questão, utilizada para reservação de água, necessita de uma avaliação criteriosa para determinar sua classificação de risco e DPA, bem como para verificar a adequação de suas características e de sua gestão aos requisitos legais e normativos.

A relevância deste estudo reside na aplicação prática dos instrumentos da PNSB a um caso concreto, contribuindo para a compreensão dos desafios e especificidades do enquadramento de barragens no contexto da legislação brasileira. A análise envolverá a consulta a documentos técnicos, legislações pertinentes (Lei nº 12.334/2010, Resolução CNRH nº 241/2024, que estabelece os critérios atualizados de classificação de barragens, Resolução ANA nº 121/2022, que introduziu alterações significativas no conteúdo do Plano de Segurança da Barragem (PSB), e Resolução ANA nº 236/2017, atualizada por normativos posteriores, além da ABNT NBR 13028:2017, entre outras), e dados específicos da barragem do Setor Nova Flamboyant, incluindo suas características construtivas, operacionais e a área potencialmente afetada em caso de incidente.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em razão da importância da segurança de barragens e da existência de uma estrutura de acumulação de água no Setor Nova Flamboyant, em Palmas–TO, formulou-se a seguinte questão norteadora: Considerando as informações obtidas por meio de levantamentos in loco, registros fotográficos, batimetria realizada e análise do arcabouço legal da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), como a barragem localizada no Setor Nova Flamboyant pode ser enquadrada quanto à aplicabilidade da Lei nº 12.334/2010 e classificada em termos de Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA)?

1.2 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo justifica-se por fatores de ordem social, ambiental e técnica. Primeiramente, a segurança de barragens é uma questão de interesse público fundamental. Mesmo estruturas de menor porte, como a analisada no Setor Nova Flamboyant, podem representar riscos significativos para comunidades e infraestruturas localizadas a jusante em caso de falha. A aplicação dos critérios da PNSB, é um passo para a identificação e mitigação desses riscos, contribuindo para a segurança da população local e a prevenção de acidentes.

Do ponto de vista ambiental, a integridade de barragens está diretamente relacionada à conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes. Um eventual comprometimento estrutural pode resultar em impactos ambientais significativos, com destaque para o assoreamento dos cursos d'água, que provoca a alteração do regime hidrossedimentológico, redução da profundidade dos corpos hídricos e prejuízos aos habitats aquáticos. Esses processos afetam diretamente a biodiversidade local, comprometendo a qualidade ambiental e os serviços ecossistêmicos associados. Assim, avaliar o enquadramento e a segurança da barragem torna-se essencial para a gestão e proteção ambiental na região.

Tecnicamente, o estudo aborda um desafio comum na engenharia brasileira: a avaliação de barragens existentes com documentação incompleta ou inexistente. A aplicação da metodologia de enquadramento da PNSB neste contexto específico fornece um exemplo prático e relevante para engenheiros e gestores que lidam com situações similares, demonstrando como proceder mesmo com informações limitadas e quais investigações adicionais são necessárias.

Ele fomenta a discussão sobre a importância da segurança de barragens e os desafios de sua implementação, especialmente no contexto de estruturas menores que, muitas vezes, escapam a uma fiscalização mais rigorosa, mas não estão isentas de riscos.

Espera-se que este trabalho forneça subsídios para a gestão da segurança da barragem estudada, identificando eventuais necessidades de adequação e contribuindo para a disseminação do conhecimento sobre a PNSB e sua aplicação, visando a prevenção de acidentes e a proteção da sociedade e do meio ambiente na região de Palmas – TO.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar o enquadramento da barragem localizada no Setor Nova Flamboyant, em Palmas-TO, segundo os critérios estabelecidos pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB - Lei nº 12.334/2010).

1.3.2 Objetivos Específicos

Revisar o arcabouço legal e normativo da PNSB referente aos critérios de classificação de barragens.

- Revisar o arcabouço legal e normativo da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), com ênfase nos critérios de enquadramento, classificação de risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), conforme a Lei nº 12.334/2010, a Resolução ANA nº 236/2017 e a Resolução ANA nº 265/2025. Realizar uma avaliação da classificação da barragem quanto à Categoria de Risco (CRI) e ao Dano Potencial Associado (DPA), conforme os critérios da PNSB.

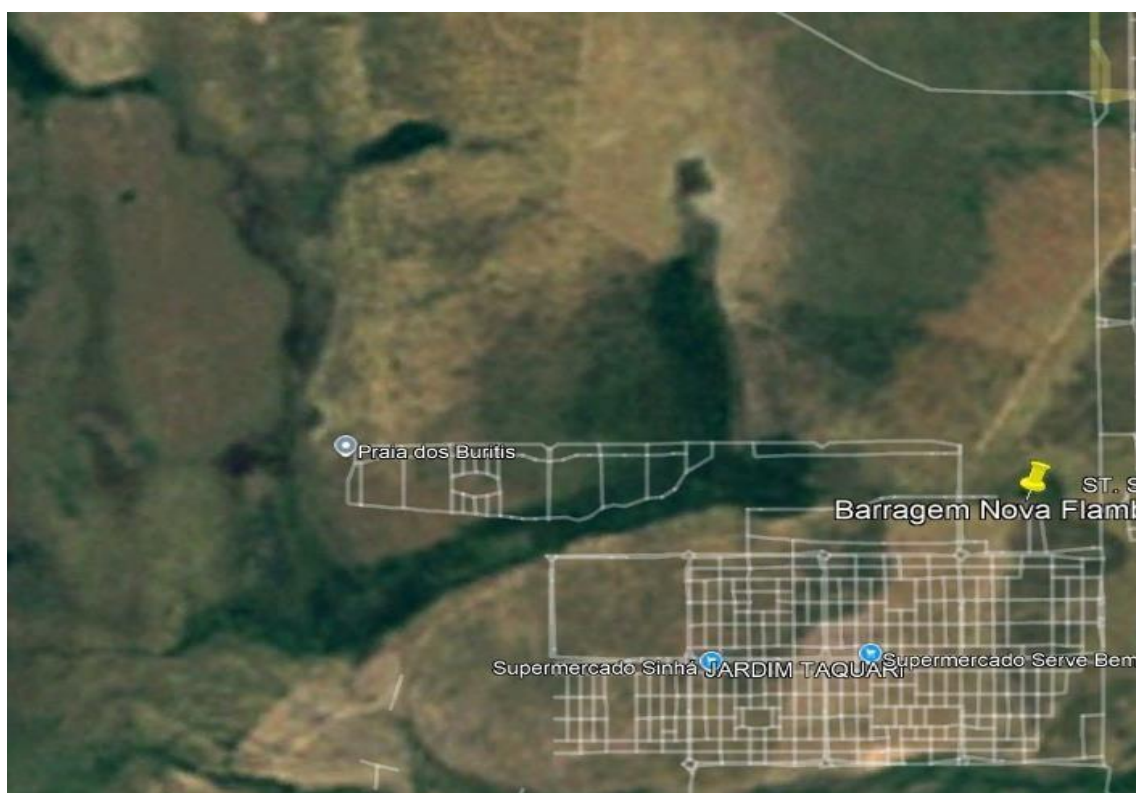
- Caracterizar a barragem do Setor Nova Flamboyant por meio da análise integrada de informações visuais, levantamento batimétrico in loco, dados indiretos e referências técnicas aplicáveis, a fim de inferir suas condições estruturais, geométricas e operacionais.
- Aplicar os critérios oficiais de CRI e DPA ao caso estudado, realizando o enquadramento da barragem no âmbito da PNSB com base nos parâmetros obtidos em campo e na legislação vigente.
- Identificar as limitações técnicas e documentais da estrutura e discutir suas implicações para a segurança da barragem, destacando riscos, não conformidades e necessidades de fiscalização.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

Este capítulo apresenta os conceitos e fundamentos teóricos essenciais para a compreensão do enquadramento de barragens na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), com foco nos aspectos legais, normativos e técnicos pertinentes à análise da barragem do Setor Nova Flamboyant em Palmas – TO.

A fim de contextualizar o estudo de caso, a **Figura 2.1** apresenta a localização georreferenciada da Barragem Nova Flamboyant no município de Palmas/TO, destacando sua inserção territorial e o cenário do entorno.

Figura 2.1 – Localização da barragem Nova Flamboyant no município de Palmas/TO.



Fonte: Google Earth (2025)

2.1 Barragens: Conceitos e Importância.

Barragens são estruturas de engenharia construídas transversalmente em um curso d'água ou vale com o objetivo principal de reter ou acumular água, rejeitos ou sedimentos. Sua importância socioeconômica é inegável, atendendo a múltiplos propósitos como abastecimento humano e industrial, irrigação, geração de energia hidrelétrica, controle de

cheias, navegação, lazer e contenção de rejeitos de mineração ou resíduos industriais (ELETROBRÁS, 2003; USBR, 1987).

O Brasil possui um dos maiores conjuntos de barragens do mundo, distribuídas para múltiplas finalidades, como abastecimento público, geração de energia, irrigação, regularização de vazões, contenção de cheias e disposição de rejeitos de mineração. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2025), o país conta com mais de 28 mil barragens cadastradas, embora apenas uma parte esteja, de fato, inserida no escopo da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010. A PNSB estabelece diretrizes mínimas para a segurança das estruturas, incluindo inspeções regulares, classificação quanto à Categoria de Risco (CRI) e ao Dano Potencial Associado (DPA), elaboração dos Planos de Segurança de Barragem (PSB) e implementação de sistemas de monitoramento (BRASIL, 2010).

Apesar dos avanços trazidos pela legislação, relatórios recentes apontam desafios persistentes na gestão e fiscalização das barragens brasileiras. A ANA (2022) destaca que parte expressiva das estruturas ainda não possui documentação técnica completa, apresenta lacunas na atualização das inspeções, ou permanece sem classificação oficial. Esses fatores são agravados pela diversidade de empreendedores — que incluem órgãos públicos, empresas privadas e pequenos usuários — e pela variação regional na capacidade de fiscalização. Eventos críticos, como os rompimentos de barragens de rejeitos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), ressaltaram a necessidade de fortalecer os sistemas de controle e promover maior rigor nas ações preventivas (IBAMA, 2019; MIRANDA; PEREIRA, 2020).

No contexto regional, o estado do Tocantins apresenta um conjunto significativo de barragens voltadas principalmente para irrigação, piscicultura, abastecimento humano e pequenos aproveitamentos hidrelétricos. De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins – SEMARH (2021), o estado possui centenas de estruturas cadastradas, das quais apenas uma parte atende integralmente aos requisitos da PNSB. Muitos empreendimentos ainda passam por processo de regularização, principalmente no que se refere à classificação quanto ao risco, elaboração de planos de segurança e implementação de rotinas de inspeção. Além disso, estudos técnicos indicam que, embora existam poucas barragens de rejeitos no estado, diversas estruturas de usos múltiplos apresentam vulnerabilidades relacionadas à manutenção insuficiente, documentação incompleta e ausência de monitoramento contínuo (TOCANTINS, 2021; SOUZA; NUNES, 2022).

Diante desse cenário, compreender o panorama das barragens no Brasil e no Tocantins torna-se fundamental para contextualizar a importância das ações de gestão, prevenção e segurança. A análise das práticas de inspeção, dos mecanismos de controle e das lacunas estruturais contribui para a adoção de medidas que reduzam riscos, assegurem a confiabilidade das obras e promovam maior proteção socioambiental, preservando vidas humanas, recursos hídricos e atividades econômicas dependentes dessas estruturas.

Apesar de seus benefícios, a existência de barragens implica riscos inerentes. Falhas estruturais, seja por problemas de projeto, construção, operação, manutenção ou eventos externos extremos (como cheias ou sismos), podem levar a rompimentos com consequências catastróficas, incluindo perdas de vidas humanas, danos materiais significativos, prejuízos econômicos e impactos ambientais severos e duradouros (SILVA et al., 2023; PANIAGO, s.d). O histórico mundial e nacional de acidentes reforça a necessidade de uma gestão rigorosa da segurança dessas estruturas.

2.2 Mecanismos de Ruptura e Modos de Falha em Barragens de Terra

Barragens de terra, especialmente as homogêneas e de pequeno porte, podem apresentar diferentes mecanismos de falha, cuja ocorrência está relacionada a fatores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos e operacionais. A literatura técnica destaca como causas principais de incidentes e rupturas em barragens de terra: galgamento (overtopping), erosão interna (piping), instabilidade de taludes, erosão superficial e problemas de fundação (USBR, 1987; ELETROBRÁS, 2003).

a) Galgamento (overtopping)

O galgamento ocorre quando a lâmina d'água ultrapassa a crista do barramento devido a cheias superiores à capacidade de extravasão do vertedouro ou por inexistência de estrutura extravasora formal. Esse processo provoca erosão acelerada do maciço, podendo evoluir rapidamente para ruptura total. Trata-se de um dos modos de falha mais frequentes em barragens de terra, especialmente em estruturas com vertedouros subdimensionados ou inexistentes, e com manutenção deficiente.

b) Erosão interna e piping

A erosão interna é associada à percolação de água por dentro do maciço ou fundação, carregando partículas de solo. Quando ocorre evolução progressiva do carreamento, surgem canais internos (piping) que podem causar colapso do maciço de

forma súbita. Esse tipo de falha está ligado à ausência de filtros e drenos adequados, baixa qualidade de compactação, heterogeneidade do solo e presença de trincas ou caminhos preferenciais de fluxo.

c) Instabilidade de taludes

A instabilidade de taludes pode ocorrer tanto no talude de montante quanto no de jusante, devido à redução de resistência ao cisalhamento do solo, aumento de poro-pressão, erosão de base e variação rápida do nível d'água. Em barragens com baixa cobertura vegetal e ausência de proteção superficial, a instabilidade pode ser acelerada por ciclos sazonais de chuva e seca, favorecendo fissuras, ravinas e perda de massa de solo.

d) Erosão superficial e degradação do maciço

A erosão superficial é comum em taludes expostos e sem revestimento adequado, resultando em ravinas, sulcos e perda gradual de material do maciço. Esse processo pode comprometer o perfil geométrico original da barragem e facilitar a infiltração, contribuindo indiretamente para mecanismos mais críticos como piping e instabilidade.

e) Importância do reconhecimento dos modos de falha no enquadramento pela PNSB

A identificação desses mecanismos de ruptura é essencial para fortalecer a análise do enquadramento e classificação na PNSB, pois permite associar as condições reais observadas em campo aos critérios de Categoria de Risco (CRI) e ao Dano Potencial Associado (DPA). Pequenas barragens em áreas urbanizadas ou com ocupação próxima apresentam maior criticidade, uma vez que falhas que seriam consideradas localizadas podem resultar em danos socioeconômicos relevantes

2.3 A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)

Diante da relevância e dos riscos associados às barragens, o Brasil instituiu, por meio da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Esta lei representa um marco legal ao estabelecer princípios, diretrizes, instrumentos e a atribuição de competências para garantir a segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais (BRASIL, 2010).

A PNSB aplica-se a barragens que atendam a pelo menos um dos seguintes critérios: altura do maciço igual ou superior a 15 metros; capacidade total do reservatório

igual ou superior a 3.000.000 m³; reservatório contendo resíduos perigosos (conforme normas técnicas); ou classificação de Dano Potencial Associado (DPA) como médio ou alto (BRASIL, 2010; PANIAGO, s.d).

Os principais objetivos da PNSB incluem a garantia da observância de padrões de segurança, a regulamentação das ações de segurança, a promoção do monitoramento e o acompanhamento das ações implementadas pelos responsáveis pelas barragens, visando reduzir a probabilidade de acidentes e minimizar suas consequências (BRASIL, 2010).

2.4 Instrumentos da PNSB

A PNSB se operacionaliza por meio de diversos instrumentos de gestão, destacando-se:

2.4.1 Classificação das Barragens:

As barragens são classificadas por Categoria de Risco (CRI) e por Dano Potencial Associado (DPA). A CRI avalia as características técnicas, o estado de conservação e a adequação do Plano de Segurança da Barragem (PSB). O DPA considera os potenciais impactos sociais, econômicos, ambientais e a perda de vidas humanas a jusante em caso de ruptura. Essa classificação, definida pelas Resoluções CNRH nº 143/2012 e detalhada pelas normativas dos órgãos fiscalizadores (como a Resolução ANA nº 236/2017), orienta a priorização de ações e a intensidade da fiscalização (CNRH, 2012a; ANA, 2017; PANIAGO, s.d).

2.4.2 Plano de Segurança da Barragem (PSB):

Documento técnico obrigatório para as barragens enquadradas na PNSB, elaborado pelo empreendedor. O PSB deve conter informações gerais da barragem, documentação técnica do projeto e construção (ou "as built"), procedimentos de inspeção, segurança e monitoramento, relatórios de inspeção, revisões periódicas e, quando exigido, o Plano de Ação de Emergência (PAE) (BRASIL, 2010; ABNT, 2017; PANIAGO, s.d).

2.4.3 Inspeções de Segurança:

A PNSB prevê Inspeções de Segurança Regulares (ISR), realizadas pelo próprio empreendedor com periodicidade definida em função da classificação CRI/DPA, e Inspeções de Segurança Especiais (ISE), realizadas em situações específicas (eventos

extremos, anomalias, antes do primeiro enchimento, etc.) ou quando solicitadas pelo órgão fiscalizador (BRASIL, 2010; ABNT, 2017).

2.4.4 Revisão Periódica de Segurança (RPS):

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) é um instrumento técnico previsto na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) que tem como objetivo reavaliar, de forma sistemática e aprofundada, as condições gerais de segurança da barragem ao longo do tempo. Diferentemente de inspeções rotineiras, a RPS possui caráter mais amplo, pois envolve a verificação da estabilidade e integridade do barramento, a análise das condições operacionais, bem como a atualização das informações técnicas e documentais relacionadas ao empreendimento.

Na prática, a RPS deve considerar fatores como condições geotécnicas do maciço, presença de patologias (erosões, trincas, recalques, surgências), eficiência do sistema extravasor, condições do entorno e possíveis alterações que impactem no Dano Potencial Associado (DPA). Além disso, esse processo permite identificar a necessidade de intervenções corretivas, reforços, recuperação de estruturas e melhoria dos procedimentos de operação e manutenção, aumentando a confiabilidade da barragem e reduzindo a probabilidade de falhas ao longo do tempo (BRASIL, 2010; ANA, 2017).

Dessa forma, a RPS contribui diretamente para a gestão da segurança de barragens, pois fornece uma base técnica para reclassificação, priorização de ações e atualização dos instrumentos previstos em lei, como o Plano de Segurança da Barragem (PSB) e, quando aplicável, o Plano de Ação de Emergência (PAE).

2.4.5 Plano de Ação de Emergência (PAE):

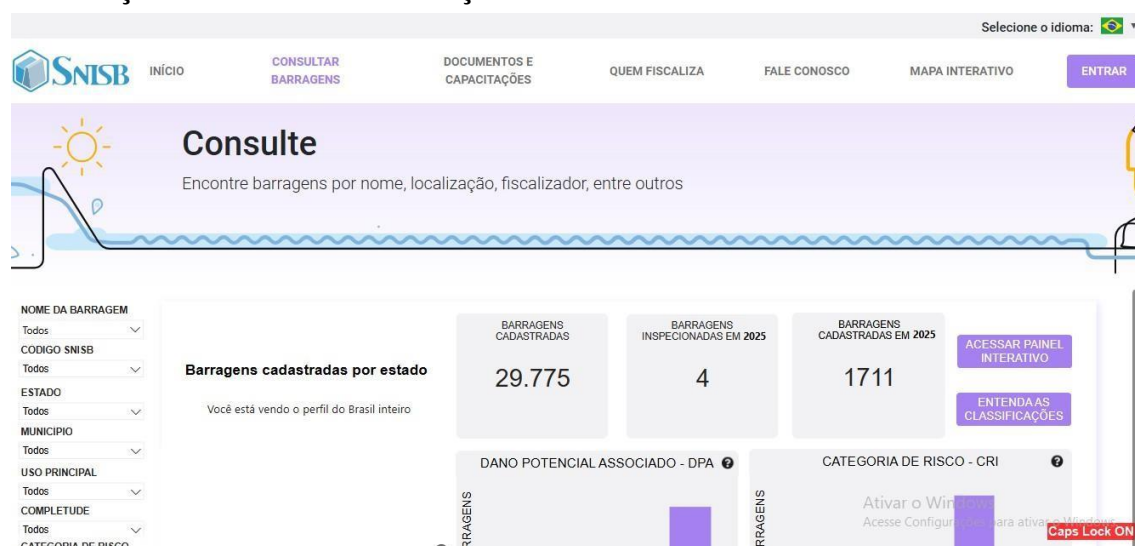
Exigido para barragens classificadas com DPA alto ou médio, ou para barragens de rejeitos de mineração (conforme Lei 14.066/2020). O PAE estabelece os procedimentos a serem adotados em situações de emergência (como alertas, evacuação de áreas de risco, comunicação com autoridades e população) e identifica a Zona de Autossalvamento (ZAS) e a Zona de Segurança Secundária (ZSS) (BRASIL, 2010; BRASIL, 2020; PANIAGO, s.d).

2.4.6 Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB):

Sistema gerido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que coleta, integra e divulga informações sobre as barragens brasileiras, incluindo dados cadastrais, classificações CRI/DPA, status do PSB e PAE, e relatórios de segurança (BRASIL, 2010; CNRH, 2012b; PANIAGO, s.d)

A **Figura 2.2** apresenta a página inicial do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), plataforma oficial mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Nessa interface, é possível consultar a situação das barragens cadastradas no país, incluindo número total de estruturas, quantidade de barragens fiscalizadas, classificação quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) e à Categoria de Risco (CRI), além de acessar o painel interativo de classificações. A imagem destaca, de forma direta, o panorama atualizado do cadastro nacional, evidenciando o total de **29.775 barragens registradas**, bem como informações essenciais sobre inspeções e enquadramentos definidos pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Dessa forma, a figura ilustra visualmente as funcionalidades iniciais do SNISB, contribuindo para a compreensão da importância do sistema como ferramenta de gestão e monitoramento.

Figura 2.2 – Página inicial do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), evidenciando o total de barragens cadastradas, indicadores de fiscalização e acessos às classificações CRI/DPA.



Fonte: SNISB, 2025.

2.4.7 Relatório de Segurança de Barragens (RSB):

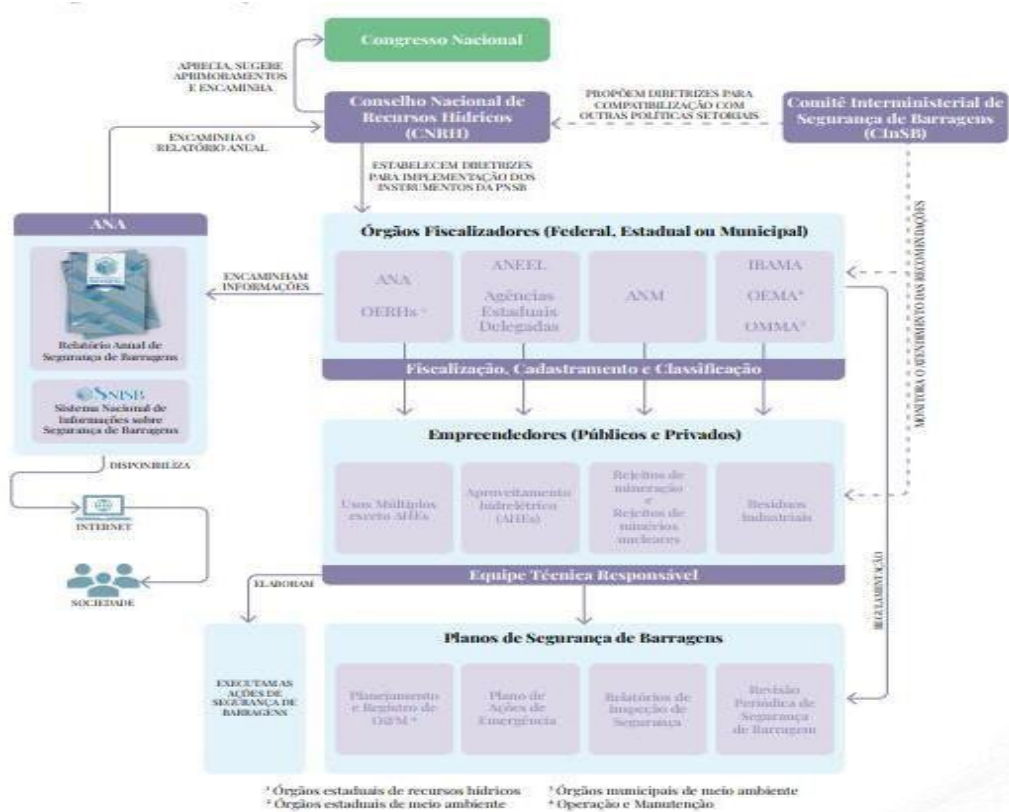
Publicação anual coordenada pela ANA, consolidando as informações do SNISB e apresentando um panorama da segurança das barragens no país, encaminhado ao CNRH e ao Congresso Nacional (BRASIL, 2010; CNRH, 2012b).

2.4.8 Órgãos Fiscalizadores e Responsabilidades

A Fiscalização da segurança das barragens é descentralizada e atribuída a diferentes entidades, dependendo da finalidade da barragem e do domínio do corpo hídrico.

A **Figura 2.3** ilustra a estrutura de governança da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), evidenciando como os diferentes níveis institucionais se articulam para a fiscalização, gestão e monitoramento das barragens no Brasil. No topo, o Congresso Nacional e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelecem diretrizes gerais e coordenam as políticas públicas relacionadas à segurança de barragens. Em paralelo, o Comitê Interministerial de Segurança de Barragens (CINSB) promove a compatibilização das ações governamentais. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), responsável pelo Relatório de Segurança de Barragens e pelo SNISB, consolida e encaminha informações aos órgãos fiscalizadores. Estes, por sua vez — como ANA, ANEEL, ANM, IBAMA, órgãos estaduais de recursos hídricos e meio ambiente — realizam atividades de fiscalização, cadastramento e classificação das barragens. A figura também destaca o papel dos empreendedores públicos e privados, da equipe técnica responsável e dos diversos componentes dos Planos de Segurança de Barragens (PSB), compondo uma visão integrada da governança necessária para assegurar o cumprimento da PNSB.

Figura 2.3 – Governança da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), apresentando a estrutura institucional composta pelo Congresso Nacional, CNRH, CINSB, órgãos fiscalizadores, ANA, empreendedores e planos de segurança de barragens.



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (Relatório de Segurança de Barragens, 2023).

2.5 Critérios Técnicos e Normativos

A elaboração, construção, operação e manutenção de barragens devem seguir não apenas as normas técnicas vigentes, mas também critérios de engenharia, fundamentos de segurança e diretrizes metodológicas consolidadas nacional e internacionalmente. A segurança dessas estruturas depende de parâmetros que envolvem aspectos hidrológicos, geotécnicos, hidráulicos, estruturais e operacionais, cuja aplicação deve considerar as características específicas de cada barragem.

Do ponto de vista normativo, a ABNT NBR 13028:2024 estabelece requisitos mínimos para elaboração, apresentação e atualização de projetos de barragens de mineração, aplicáveis por analogia a outros tipos de barragens. Ela define diretrizes para estudos preliminares, investigações geotécnicas, análises hidrológicas, dimensionamento de estruturas hidráulicas, estabilidade de taludes e instrumentação (ABNT, 2024). No entanto, a segurança de barragens não se restringe ao cumprimento de normas: exige a aplicação de critérios técnicos fundamentados na engenharia.

Documentos clássicos como os “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” (ELETROBRÁS, 2003) e o “Design of Small Dams” do USBR (1987) complementam as normas brasileiras ao fornecer diretrizes de projeto baseadas em conceitos de hidrologia, hidráulica, geotecnia e análise de estabilidade. Esses manuais abordam critérios como:

- Análise de ruptura por liquefação e por erosão interna,
- Dimensionamento de taludes para condições estáticas e dinâmicas,
- Verificação de percolação e gradientes hidráulicos admissíveis,
- Definição de fatores de segurança compatíveis com o tipo de barragem e com sua função,
- Desempenho esperado sob condições extremas (enchentes, recalques, sismos).

A análise de estabilidade é fundamental, sendo recomendada a verificação em diferentes condições de carregamento: situação normal, operação excepcional, cheias, construção e pós-construção. Essas análises devem considerar efeitos de peso próprio, pressões hidrostáticas, pressões neutras, sismos (quando aplicável) e variação do nível d’água (ELETROBRÁS, 2003; USBR, 1987; ABNT, 2017).

Não menos importante é o dimensionamento das estruturas extravasoras, pois o vertedouro deve ser capaz de conduzir cheias de projeto definidas com base em estudos hidrológicos que considerem tempo de recorrência adequado ao Dano Potencial Associado (DPA) e ao risco da estrutura. Vertedouros subdimensionados aumentam significativamente o risco de galgamento — uma das principais causas históricas de rompimentos de barragens no mundo (ICOLD, 2020).

Do ponto de vista geotécnico, os critérios incluem:

- Caracterização adequada dos solos do maciço e da fundação,

- Controle de compactação,
- Avaliação da permeabilidade,
- Análise da interação água-solo,
- Definição de sistemas de drenagem eficientes,
- Mitigação de processos erosivos e piping.

Esses elementos, em conjunto, compõem o arcabouço técnico que permite avaliar a confiabilidade estrutural da barragem, bem como estabelecer diretrizes seguras para sua operação e manutenção.

Assim, os critérios técnicos e normativos aplicados à segurança de barragens envolvem não apenas o cumprimento de normas, mas a incorporação de boas práticas de engenharia, conhecimento técnico consolidado e análises integradas, essenciais para garantir a estabilidade e o desempenho seguro da estrutura ao longo de toda sua vida útil.

3. METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem de pesquisa descritiva e documental, configurando-se como um estudo de caso aplicado à barragem localizada no Setor Nova Flamboyant, em Palmas–TO. A metodologia foi desenvolvida seguindo uma sequência lógica e cronológica de etapas, contemplando desde a revisão normativa até o levantamento em campo e a análise dos critérios de classificação aplicáveis.

3.1 Levantamento e Análise Documental:

Procedeu-se a uma revisão sistemática da legislação federal aplicável à segurança de barragens — incluindo a Lei nº 12.334/2010, a Lei nº 14.066/2020 e as Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH nº 241/2024) —, bem como das normativas específicas dos órgãos fiscalizadores. Entre elas, destaca-se a Resolução ANA nº 236/2017, que detalha os procedimentos de classificação e de fiscalização, e a

Resolução ANA nº 265/2025, que atualiza os critérios de enquadramento pelo Dano Potencial Associado (DPA).

Também foram analisadas normas técnicas pertinentes, como a ABNT NBR 13028:2024, e materiais de referência como o e-book “Segurança de Barragens: Legislação Federal Brasileira Comentada” (PANIAGO, s.d), utilizados para orientar a interpretação jurídica e técnica do arcabouço normativo.

Como resultado dessa análise, verificou-se que:

- A barragem não atende aos critérios de porte da Lei nº 12.334/2010 (altura ≥ 15 m ou volume $\geq 3.000.000$ m³), não sendo enquadrada automaticamente no PNSB por esse critério;
- Contudo, pode ser enquadrada pela Resolução ANA nº 265/2025, via avaliação do Dano Potencial Associado (DPA), independentemente do porte da estrutura;
- As normas analisadas forneceram os critérios utilizados posteriormente na etapa de classificação quanto à Categoria de Risco (CRI) e ao DPA, permitindo a aplicação metodológica adequada ao estudo de caso.

Assim, a análise documental estabeleceu as bases legais e técnicas que orientaram as etapas seguintes da pesquisa, especialmente a caracterização da barragem e sua avaliação segundo os instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

3.1.2 Análise de Referências Técnicas:

Serão consultados manuais técnicos de referência internacional e nacional, como o "*Design of Small Dams*" (USBR, 1987) e os "Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas" (ELETROBRÁS, 2003), para embasar conceitos sobre dimensionamento, segurança e boas práticas de engenharia de barragens.

3.1.3 Análise de Trabalhos Acadêmicos e Artigos:

Foram analisados artigos científicos (SILVA et al., 2023) e dissertações (PINTO, 2020), além de materiais produzidos por órgãos institucionais como a ANA e empresas do setor hidrelétrico, que discutem a aplicação da PNSB, metodologias de avaliação de

risco, critérios de classificação de barragens e desafios operacionais da política de segurança. Essa revisão permitiu contextualizar o estudo de caso, identificar abordagens consolidadas na literatura e reconhecer lacunas relacionadas à gestão de pequenas barragens.

As informações extraídas desses trabalhos foram organizadas em três eixos centrais:

- Critérios de enquadramento e classificação (CRI e DPA), conforme adotado em pesquisas aplicadas à PNSB;
- Métodos de caracterização e avaliação de pequenas barragens, incluindo análises geométricas, estruturais e operacionais;
- Desafios e recomendações de segurança, especialmente para estruturas com documentação limitada ou inexistente — realidade semelhante à da barragem estudada.

Essa organização subsidiou a definição dos procedimentos analíticos empregados na pesquisa e permitiu comparar os resultados obtidos com achados da literatura, fortalecendo a fundamentação técnica do estudo.

3.2 Caracterização da Barragem:

3.2.1 Análise in loco:

A análise visual foi realizada a partir de duas campanhas fotográficas: a primeira no período chuvoso, em março de 2025, e a segunda no período seco, em novembro de 2025. As imagens permitem observar diferenças marcantes na variação volumétrica do reservatório, na estabilidade dos taludes e na condição geral do entorno da barragem.

No mês de março, o reservatório apresentava maior volume armazenado, com um espelho d'água bem distribuído e contornos mais definidos. A vegetação marginal encontrava-se parcialmente estabelecida e havia maior umidade superficial. Tais condições são compatíveis com o final da estação chuvosa na região de Palmas-TO.

Em contraste, as fotografias registradas em novembro evidenciam redução extrema do volume hídrico, com vastas áreas de solo exposto, deposição de sedimentos e diminuição expressiva da lâmina d'água. Os taludes apresentam sinais de erosão superficial e ressecamento, enquanto o entorno revela acúmulo de resíduos e vegetação

debilitada. Esse comportamento indica possível assoreamento do reservatório, além de alta sensibilidade às oscilações sazonais.

O Quadro 1 apresenta a classificação da Barragem Nova Flamboyant conforme os critérios de Categoria de Risco (CRI), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança da Barragem (PSB), permitindo comparar tecnicamente as condições observadas nos períodos chuvoso e seco.

A comparação entre os dois períodos demonstra que a barragem possui grande variabilidade hidrológica e potencial vulnerabilidade estrutural e ambiental, reforçando a necessidade de inspeções periódicas, manutenção preventiva e avaliações complementares conforme diretrizes da PNSB.

Tabela 1 – Classificação da Barragem Nova Flamboyant conforme critérios de Categoria de Risco (CRI), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança da Barragem (PSB), segundo a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010) e diretrizes da ANA.

	Março/2025 (Período Chuvoso)	Novembro/2025 (Período Seco)	Interpretação Técnica
Volume armazenado	Volume moderado a elevado; espelho d'água amplo	Volume drasticamente reduzido; áreas extensas secas	Forte sazonalidade e possível assoreamento
Taludes	Parcialmente úmidos; vegetação presente	Secos; erosões visíveis; desníveis expostos	Necessidade de inspeção e manejo
Margens	Umidade superficial e cobertura vegetal parcial	Solo exposto, endurecido e com manchas erosivas	Indício de degradação marginal
Qualidade da água	Turva, coloração amarelada	Turva e estagnada	Baixa renovação e aporte de sedimentos
Área exposta	Reduzida	Muito ampliada	Baixa profundidade, tendência ao assoreamento
Entorno	Vegetação verde; maior umidade	Vegetação seca; resíduos visíveis	Baixa manutenção e seca severa

	Março/2025 (Período Chuvoso)	Novembro/2025 (Período Seco)	Interpretação Técnica
Risco potencial	Moderado	Aumentado devido à proximidade urbana	Eleva o DPA, possivelmente para DPA Médio

Durante o período seco (novembro/2025), observa-se uma redução expressiva do nível do reservatório, com maior exposição do leito e diminuição da superfície livre de água. Essa condição favorece a visualização de faixas expostas, bancos sedimentares e alterações no padrão de ocupação vegetal nas margens, indicando cenário compatível com estagnação e assoreamento progressivo. Além de afetar a capacidade de armazenamento, esse comportamento pode intensificar processos erosivos e comprometer o desempenho hidráulico do reservatório, reforçando a necessidade de monitoramento e ações preventivas.

As imagens também evidenciam o avanço do assoreamento, com bancos de areia e acúmulo de sedimentos visíveis em diversas partes do reservatório. O material anteriormente submerso aparece oxidado e com marcas de retração hídrica, reforçando a tendência de perda de capacidade de armazenamento ao longo do tempo.

Além disso, registram-se processos erosivos nos taludes, especialmente na **Figura 3.7**, onde ravinas e cortes profundos indicam ausência de drenagem superficial adequada e exposição prolongada do solo. Tais evidências demonstram vulnerabilidade estrutural do entorno, mesmo se tratando de uma barragem de pequeno porte.

A comparação entre março e setembro permite concluir que a Barragem Nova Flamboyant apresenta forte variação sazonal do volume armazenado, associada a um processo contínuo de assoreamento e erosão marginal. Esse comportamento reforça a necessidade de monitoramento periódico, especialmente durante a transição entre períodos chuvosos e secos, para garantir a manutenção das condições mínimas de segurança conforme recomenda a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010).

Durante o período chuvoso (março/2025), observa-se nas **Figuras 3.1, 3.2 e 3.3** um reservatório com nível elevado de armazenamento, apresentando um espelho d'água

contínuo e de maior extensão. As margens encontram-se parcialmente submersas, e a vegetação marginal aparece mais densa, indicando boa disponibilidade hídrica sazonal. A coloração turva da água sugere a presença de material em suspensão, característica comum de reservatórios formados em áreas de solos argilosos. Nota-se ainda a presença de pequenos bancos de sedimento próximos ao centro do reservatório, evidenciando início de processo de assoreamento.

A **Figura 3.1** mostra o espelho d'água ampliado no final da estação chuvosa, destacando o contato entre o talude e a lâmina d'água da Barragem Nova Flamboyant.

Figura 3.1 – Vista lateral do reservatório no período chuvoso (março/2025)



Fonte: Autor

A **Figura 3.2** apresenta um novo ângulo, permitindo observar melhor a superfície da água e a vegetação próxima

Figura 3.2 – Vista frontal do reservatório no período chuvoso (março/2025)



Fonte: Autor

Por fim, a **Figura 3.3** traz uma visão panorâmica da Barragem e seu entorno imediato, evidenciando a dimensão do reservatório e a vegetação ao redor.

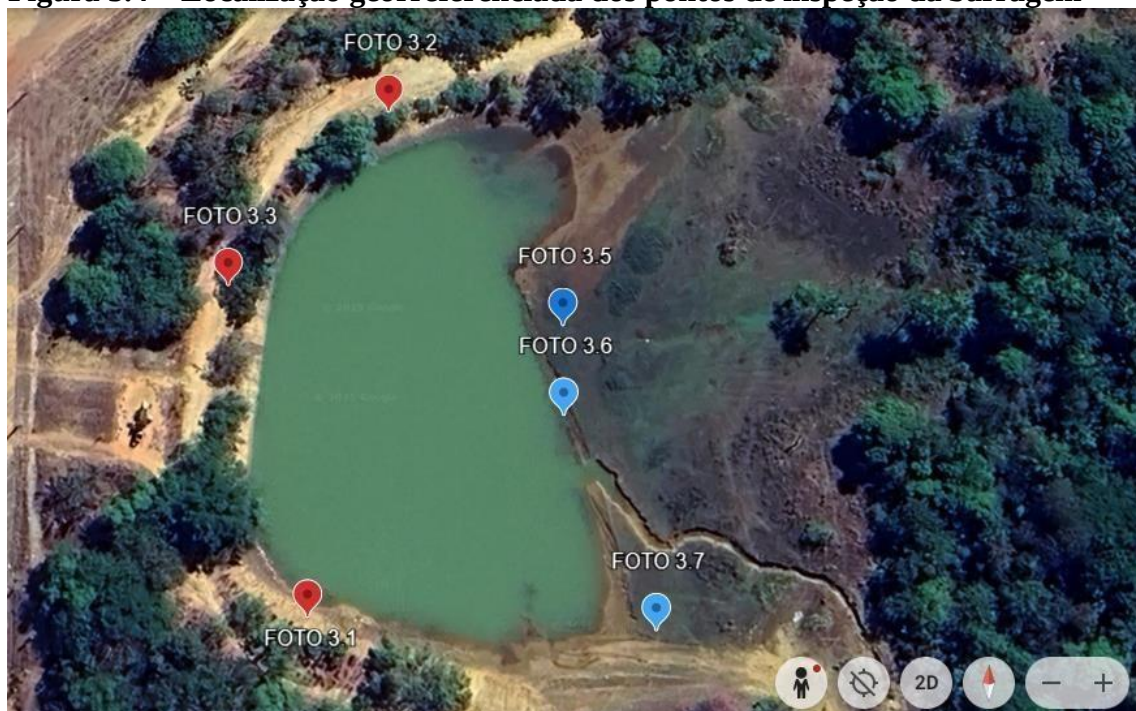
Figura 3.3 – Visão panorâmica do reservatório durante o período chuvoso (março/2025)



Fonte: Autor

A **Figura 3.4** apresenta a imagem aérea georreferenciada com os pontos de inspeção utilizados para a caracterização visual, evidenciando a distribuição espacial das fotografias realizadas ao redor da margem. Essa representação auxilia na compreensão da geometria do reservatório e na identificação de áreas mais suscetíveis a erosão e deposição de sedimentos.

Figura 3.4 – Localização georreferenciada dos pontos de inspeção da barragem



Fonte: Google Earth / Autor (2025)

No período seco (Novembro/2025), as **Figuras 3.5, 3.6 e 3.7** mostram uma alteração significativa no cenário do reservatório. Há uma redução drástica da lâmina d'água, característica típica da estação de estiagem na região de Palmas (TO). O espelho d'água torna-se restrito às áreas mais profundas, enquanto extensas faixas de solo ficam expostas, revelando manchas de vegetação rasteira em processo de ocupação das áreas antes inundadas.

As imagens também evidenciam o avanço do assoreamento, com bancos de areia e acúmulo de sedimentos visíveis em diversas partes do reservatório. O material anteriormente submerso aparece oxidado e com marcas de retração hídrica, reforçando a tendência de perda de capacidade de armazenamento ao longo do tempo.

A **Figura 3.5** apresenta o reservatório com volume significativamente reduzido, característico da estação seca, evidenciando bancos de sedimentos expostos e retração do espelho d'água.

Figura 3.5 – Condição do reservatório no período seco (novembro/2025)



Fonte: Autor

A **Figura 3.6** mostra a redução acentuada do nível d'água e o avanço do assoreamento, com grandes áreas de solo exposto ao redor do reservatório.

Figura 3.6 – Vista geral do reservatório durante a estiagem (novembro/2025)



Fonte: Autor

Além disso, registram-se processos erosivos nos taludes, especialmente na **Figura 3.7**, onde ravinas e cortes profundos indicam ausência de drenagem superficial adequada e exposição prolongada do solo. Tais evidências demonstram vulnerabilidade estrutural do entorno, mesmo se tratando de uma barragem de pequeno porte.

A Figura 3.7 registra processos erosivos no entorno da barragem, mais visíveis durante a estiagem, indicando fragilidade do solo e ausência de drenagem adequada.

Figura 3.7 – Área de jusante com evidências de erosão no período seco (setembro/2025)



Fonte: Autor

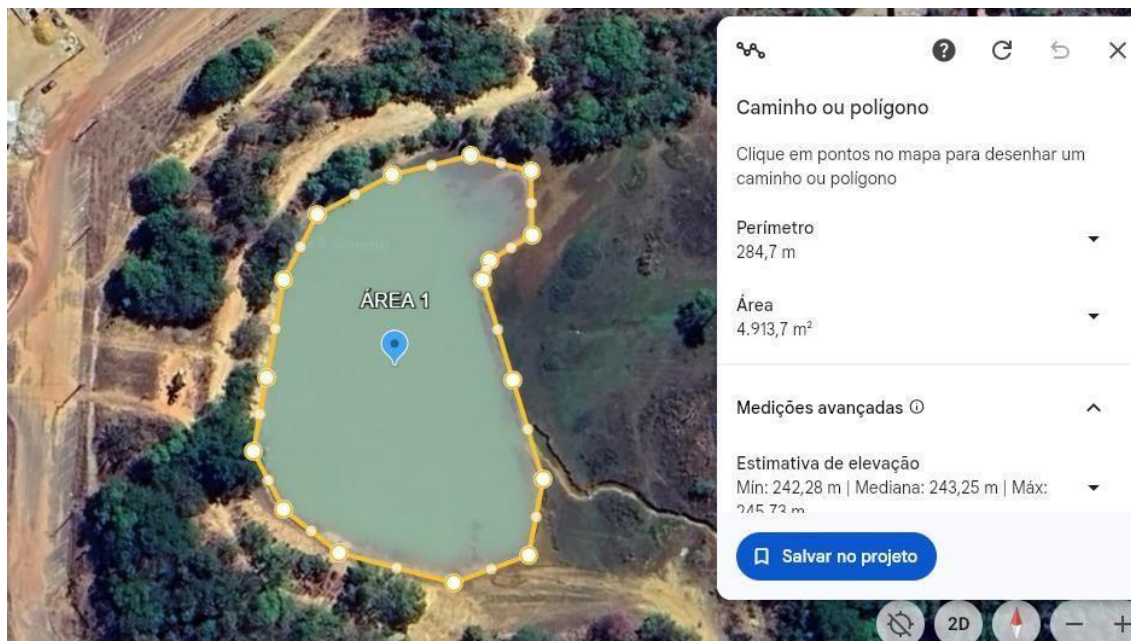
3.2.2 Coleta de Dados Indiretos:

Buscou-se inferir dados relevantes (como possível altura e volume, finalidade presumida, localização e características da bacia a montante e da área a jusante) a partir da análise combinada das fotos e do tema proposto, reconhecendo as limitações inerentes à falta de dados de projeto, construção ou inspeção específicos.

A **Figura 3.8** apresenta a delimitação da área do reservatório durante o período chuvoso, obtida por meio de ferramenta de medição no Google Earth e confirmação in loco. Com área estimada em **4.913,7 m²**, esta imagem permite inferir a extensão do espelho d'água no final da estação úmida, quando o reservatório opera com sua maior capacidade natural. Observa-se que as margens se encontram submersas de forma mais uniforme, sugerindo transbordamento natural da água para áreas marginalmente mais baixas do terreno. O formato arredondado e irregular reforça a característica de um

reservatório raso, influenciado diretamente pela topografia natural. A análise dessa figura é essencial para compreender a capacidade sazonal de armazenamento da barragem, uma vez que fornece um retrato da condição de máxima ocupação hídrica no ano de 2025.

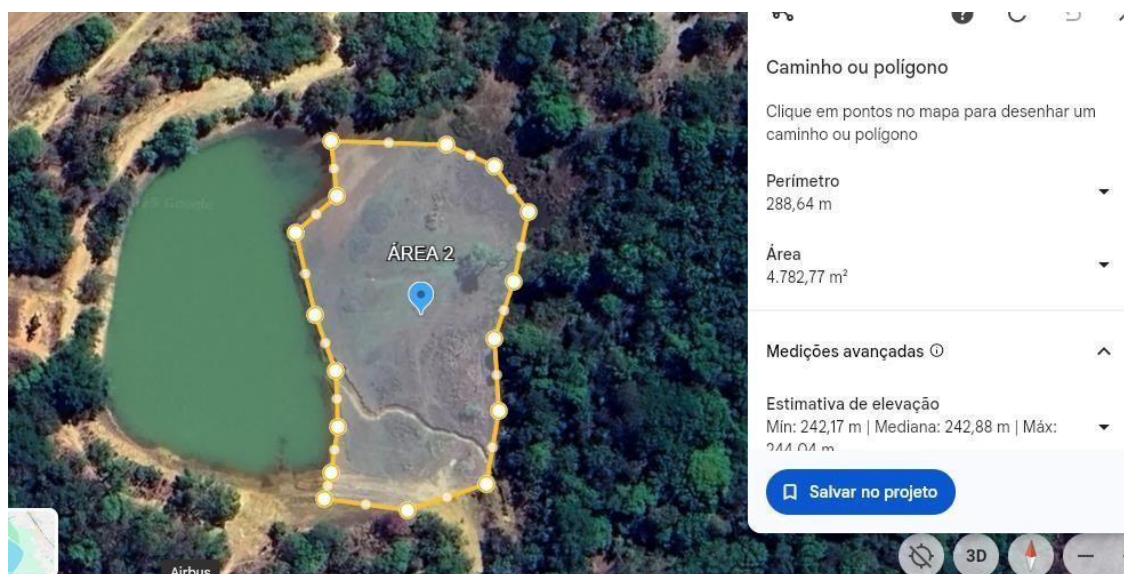
Figura 3.8 – Delimitação da área inundada do reservatório no final do período chuvoso.



Fonte: Autor

A **Figura 3.9** ilustra a configuração do reservatório durante o período seco, quando o espelho d'água se reduz significativamente em relação ao observado no período chuvoso. A área identificada, de **4.782,77 m²**, representa uma diminuição de 130,93 m² em comparação à Figura 3.8. Esse recuo da lâmina d'água evidencia a forte dependência do reservatório das precipitações e indica que a evaporação e infiltração exercem papel marcante na perda de volume armazenado. Além disso, a Figura 3.9 mostra claramente bancos de sedimentos expostos nas margens, sinalizando um processo de assoreamento ativo que compromete a profundidade útil. A leitura dessa figura fornece indícios importantes sobre a vulnerabilidade da barragem em períodos de estiagem prolongada, reforçando a necessidade de manutenção e monitoramento.

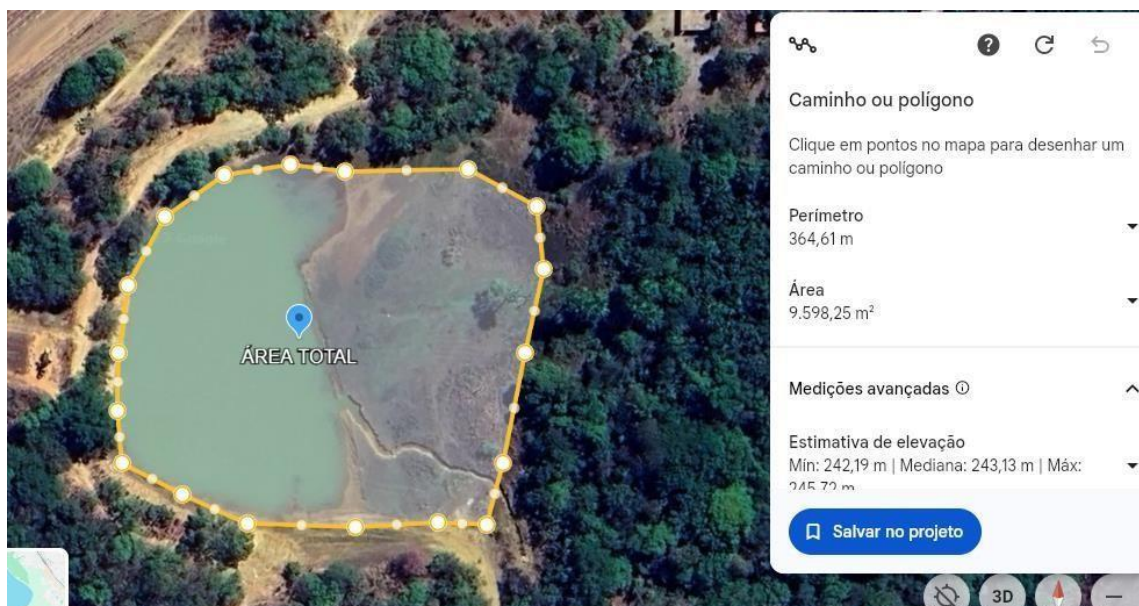
Figura 3.9 – Redução da área alagada durante o período seco



Fonte: Autor

A **Figura 3.10** apresenta uma segunda medição complementar do reservatório no período seco, reforçando os dados coletados na **Figura 3.9**. Com área de **9.598,25 m²** destacada no polígono lateral adjacente, esta imagem evidencia que a bacia física da barragem é mais ampla que a área inundada atualmente, sugerindo que o reservatório poderia comportar um volume significativamente maior caso não estivesse tão assoreado. A **Figura 3.10** também permite observar a forma da bacia de contribuição imediata, composta por encostas suaves e ausência de canais definidos, indicando entrada difusa de água e sedimentos. Essa medição complementar aumenta a precisão da análise indireta da capacidade de armazenamento e auxilia na projeção de eventual necessidade de dragagem ou regularização de taludes

Figura 3.10 – Delimitação complementar da área útil do reservatório durante a estiagem.



Fonte: Autor

A **Figura 3.11** apresenta o Relatório de Inspeção de Segurança da Barragem emitido pela ANA em 2022. Este documento é fundamental para complementar a análise indireta, pois fornece parâmetros estruturais e cadastrais, como altura da barragem (3 m), tipo de material (terra homogênea), idade (2001) e inexistência de estruturas extravasoras formais. A comparação entre o documento oficial e as condições atuais observadas em campo permite identificar se houve mudanças, degradações ou melhora no estado de conservação da barragem ao longo dos últimos anos.

Figura 3.11 – Relatório de Inspeção de Segurança da Barragem (RISB) nº 03/2022.**RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS Nº: 03-2022**

DATA DE EMISSÃO: 31/05/2022
OUTORGA(S):

DATA DE INSPEÇÃO: 25/05/2022

1. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL

Nome do Empreendedor: NOVA FLAMBOYANT EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS LTDA
Nome da Propriedade: LOTEAMENTO NOVA FLAMBOYANT I
Telefone Celular: (83)99950-2246
Telefone Fixo:
E-mail: Inussio@terra.com.br
CPF/CNPJ: 15.704.048/0001-58
Endereço: Quadra 106 Norte, Av. NS – 04, Lt 06 – SI 01 – Plano Diretor Norte
Nome do morador responsável:
Telefone do morador responsável:
Município: Palmas /TO

2. CLASSIFICAÇÃO – BARRAGEM NOVA FLAMBOYANT I

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT		
Característica	Informação	Valor
Altura (a)	3	0
Comprimento (b)	227	3
Tipo de Barragem quanto ao material de construção (c)	Terra Homogenea	3
Tipo de fundação (d)	Sem Informação	4
Idade da Barragem (e)	Ano 2001	2
Vazão de Projeto (f)	0	10
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC		
Característica	Informação	Valor
Confiabilidade das Estruturas extravasoras (g)	Não existe	4
Confiabilidade das Estruturas de Adução (h)	0	0
Percolação (i)	0	5
Deformações e Recalques (j)	0	1
Deterioração dos Taludes / Paramentos (l)	0	5
Eclusa (*) (m)	0	0

Fonte: Ana (2022)

A **Figura 3.12** evidencia o talude de montante totalmente exposto em função da retração do espelho d'água. As marcas de erosão, a presença de ravinas superficiais e a coloração do solo indicam processos erosivos acelerados, intensificados pela ausência de revestimento vegetal e pela inclinação acentuada do talude, verificada in loco em aproximadamente 33°. A presença de vegetação esparsa na borda superior indica instabilidade progressiva, que pode ser agravada no período chuvoso.

Figura 3.12 – Talude exposto e lâmina d'água residual durante o período seco.



Fonte: Autor

Conforme apresentado na **Figura 3.13** a seguir, a área a jusante da barragem encontra-se fortemente urbanizada, com vias pavimentadas, rede de energia elétrica e residências a poucos metros do corpo da barragem. Essa proximidade reforça o risco potencial em caso de falha estrutural, ainda que a barragem seja de pequeno porte. A presença de desníveis acentuados, de taludes irregulares e ausência de drenagem superficial estruturada revela vulnerabilidade que deve ser considerada na avaliação do DPA.

Figura 3.13 – Vista da área a jusante da barragem, evidenciando ocupação urbana próxima.



Fonte: Autor

3.3 Procedimentos de Análise para Enquadramento na PNSB:

3.3.1 Verificação dos Critérios de Aplicabilidade:

As características preliminares inferidas da barragem foram comparadas com os critérios definidos no Art. 1º da Lei nº 12.334/2010 (altura $\geq 15\text{m}$, ou volume $\geq 3.000.000\text{ m}^3$, ou resíduos perigosos, ou DPA médio/alto) para determinar se a barragem se enquadra compulsoriamente na PNSB.

Os procedimentos adotados para o enquadramento da Barragem Nova Flamboyant no PNSB seguiram as diretrizes estabelecidas pela Lei nº 12.334/2010, pela Resolução CNRH nº 143/2012, pela Resolução ANA nº 236/2017 (Anexos I e II) e, adicionalmente, pelos critérios atualizados da **Resolução ANA nº 265/2025**, que introduziu ajustes

metodológicos para determinação da altura, volume, Dano Potencial Associado (DPA) e Categoria de Risco (CRI) com base em dados diretos e inferências técnicas.

Inicialmente, realizou-se a **coleta de dados diretos e indiretos**, incluindo medições simplificadas da geometria do talude, análise topográfica básica em campo, registro fotográfico, delimitação do reservatório por imagens de satélite (Google Earth) e comparação sazonal entre março (final do período chuvoso) e setembro/novembro de 2025 (período seco). Esses insumos permitiram estimar a geometria da barragem, o volume provável do reservatório e o comportamento hídrico anual.

A Resolução **ANA nº 265/ 4 de setembro 2025** estabelece que a análise de enquadramento deve considerar:

- **Altura do barramento (H):** diferença entre o ponto mais alto da crista e o ponto mais baixo da fundação, mesmo quando o reservatório está parcialmente seco;
- **Volume máximo acumulável (V):** obtido a partir da área inundável e da profundidade estimada na cota máxima possível;
- **Dano Potencial Associado (DPA):** considerando ocupação a jusante, proximidade de residências, infraestrutura, vias e impactos ambientais;
- **Categoria de Risco (CRI):** avaliando estado de conservação, estabilidade aparente, documentação disponível e operação.

Com base nas imagens georreferenciadas (Figuras 3.8, 3.9 e 3.10), estimou-se a área inundável sazonal e o contorno máximo provável do reservatório. Em seguida, esses valores foram integrados ao perfil topográfico obtido in loco (Figura 3.12), permitindo inferir um **volume significativamente inferior ao limite legal de 3.000.000 m³**. A altura do barramento também se mostrou **inferior ao critério mínimo de 15 m**, mesmo considerando o perfil geométrico completo.

3.3.2 Estimativa da Classificação (CRI e DPA):

Com base nas informações disponíveis e nos critérios estabelecidos pela Resolução CNRH nº 143/2012, Resolução ANA 265/2025 e detalhados na Resolução ANA nº 236/2017 (Anexos I e II), foi realizada a Categoria de Risco (CRI) e do Dano Potencial Associado (DPA). O DPA considerou principalmente os impactos potenciais observáveis e inferidos na área a jusante (presença de ocupações, infraestrutura, áreas ambientais sensíveis).

A **Figura 3.14** apresenta a matriz completa de classificação do **Dano Potencial Associado (DPA)** conforme o *Anexo da Resolução ANA nº 265/2025*. Essa matriz define os critérios utilizados para enquadrar barragens quanto às consequências potenciais de um eventual rompimento, considerando três grupos de parâmetros: **(a) potencial de perdas de vidas humanas, (b) impacto ambiental e (c) impacto socioeconômico**.

Na figura, observa-se que cada nível de DPA — **Baixo, Médio e Alto** — é estabelecido a partir da combinação entre os diferentes tipos de ocupação humana a jusante, a presença de áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas e a existência de estruturas, serviços ou instalações cuja interrupção gere prejuízos relevantes. A matriz também detalha, os cenários típicos que justificam a classificação em determinado nível, incluindo situações de inexistência de ocupação, ocupação esporádica, presença de instalações críticas, áreas urbanizadas ou grandes impactos ambientais.

Assim, a **Figura 3.14** sintetiza o instrumento normativo usado para determinar o DPA de barragens de acumulação de água para usos múltiplos, proporcionando um **referencial padronizado obrigatório** para os órgãos fiscalizadores e empreendedores no âmbito da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Figura 3.14 – Matriz de Classificação do Dano Potencial Associado (DPA) segundo o Anexo da Resolução ANA nº 265/2025.

ANEXO

Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA para barragens de acumulação de água reguladas e fiscalizadas pela ANA

Nível	Potencial impacto devido ao volume (DPA1)	Potencial de perda de vidas humanas (DPA2)	Potencial de impacto ambiental (DPA3)	Potencial de impacto socioeconômico (DPA4)
Nível 0	MÍNIMO	-	MUITO BAIXO	-
	Volume $\leq 1 \text{ hm}^3$	-	Reservatórios com volume de acumulação de até 1 hm^3 E quando a área afetada se encontra ambientalmente degradada	-
			OU um eventual rompimento não implica danos ambientais superiores aos relacionados a eventos hidrológicos naturais e frequentes (*)	
	0	-	0	-
Nível 1	MUITO BAIXO	BAIXO	BAIXO	MUITO BAIXO
	$1 \text{ hm}^3 < \text{Volume} \leq 3 \text{ hm}^3$	Não existem pessoas permanentes, residentes ou temporárias na área de inundação, exceto	Quando a área afetada se encontra ambientalmente degradada e um eventual rompimento não implica danos ambientais	Sem possibilidade de impactar nenhuma área ocupada permanente ou temporariamente na área afetada
		aquelas indispensáveis à operação	superiores aos relacionados a eventos hidrológicos naturais e frequentes (*)	
	1	0	1	0
Nível 2	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	BAIXO
	$3 \text{ hm}^3 < \text{Volume} \leq 10 \text{ hm}^3$	Existem locais de ocupação temporárias, rodovia, ferrovia, estrada e acessos de uso local (**), mas não existem pessoas ocupando	Quando a área afetada não constitui áreas de interesse ambiental protegidas em legislação específica (excluídas APPs).	Com possibilidade de impactar somente área rural, sem nenhum aglomerado rural (*) na área afetada Ou
		permanentemente ou residentes na área de inundação, além daquelas indispensáveis à operação		Reservatórios com volume de acumulação de até 1 hm^3 com possibilidade de atingir patrimônios históricos ou
	2	2	2	1

Nível 3	MÉDIO	ALTO	ALTO	MÉDIO
	10 hm³ < Volume ≤ 75 hm³	Existem edificações (""') ocupadas permanentemente, residentes na área de inundação, somente em zonas rurais	Quando a área afetada atinge áreas de proteção de uso sustentável (""')	Com possibilidade de impactar aglomerado rural (') ou somente áreas não-urbanizadas de cidade ou vila (') na área afetada
	3	4	3	2
Nível 4	ALTO	MUITO ALTO	MUITO ALTO	ALTO
	75 hm³ < Volume ≤ 200 hm³	Existem edificações (""') ocupadas permanentemente, residentes na área de inundação, incluindo zonas urbanas	Quando a área afetada inclui áreas de proteção integral (""')	Com possibilidade de impactar área urbanizada ou distrito ('), ou descontinuar, pelo menos, uma atividade de grande impacto econômico regional, ou atingir patrimônios
				históricos ou sítios arqueológicos, comunidades tradicionais (""'), terras indígenas ou quilombolas na área afetada
	4	5	5	4
Nível 5	MUITO ALTO			MUITO ALTO
	Volume > 200 hm³			Com possibilidade de impactar serviços públicos essenciais (""'), na área afetada
	5			5
		(') Risco de perda de vida humanas, dado pelo risco hidrodinâmico conforme metodologia definida nos guias de boas práticas (inciso X do art. 6º da Lei nº 12.334, de 2010)	(') Considerar como eventos hidrológicos naturais e frequentes as vazões determinadas com tempo de recorrência de 50 anos	(') Conforme definição do glossário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
		reconhecidos pelos órgãos fiscalizadores de segurança de barragens. Em não havendo mapa com risco hidrodinâmico, nesses termos, será considerada toda a área de inundação		
		(""') Não inclui a estrada ou acesso que possa haver na estrutura do empreendimento	(""') Área de proteção de uso sustentável ou áreas de proteção integral conforme o disposto na	(""') Por serviço público essencial competem os que se referem ao provimento de energia,
		(""') Não devem ser consideradas as edificações ou ocupações indispensáveis à operação da barragem		(""') Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, ou substituto desse

Fonte: Adaptado de ANA (2025)

3.3.3 Avaliação dos Requisitos Legais:

Com base na aplicabilidade da PNSB e na classificação CRI/DPA, foram identificados os requisitos legais aplicáveis à barragem, como a obrigatoriedade de possuir Plano de Segurança da Barragem (PSB), a periodicidade das Inspeções de Segurança Regulares (ISR), a necessidade de Revisão Periódica de Segurança (RPS) e a eventual exigência de um Plano de Ação de Emergência (PAE).

3.3.4 Limitações do Estudo:

Reconhece-se que a análise realizada apresenta limitações relevantes decorrentes da indisponibilidade de documentos técnicos essenciais para uma caracterização completa da barragem. Não foram localizados o **projeto executivo**, os **relatórios de construção** (“as built”), séries históricas de **monitoramento instrumental**, nem **estudos hidrológicos e geotécnicos específicos** que permitissem uma avaliação mais precisa do comportamento estrutural do maciço. Além disso, a barragem possui apenas **um relatório de inspeção de segurança** emitido desde sua fase de execução, o que reduz a confiabilidade na reconstituição de seu histórico de desempenho.

Em razão dessas lacunas documentais, a caracterização da estrutura e a estimativa preliminar de sua classificação quanto à **Categoria de Risco (CRI)** e ao **Dano Potencial Associado (DPA)** foram conduzidas principalmente por meio de **análise visual**, **interpretação de fotografias**, observações obtidas em **visitas in loco** e inferências fundamentadas em **referências normativas oficiais**, como a Lei nº 12.334/2010, as Resoluções ANA nº 236/2017 e nº 265/2025, além de diretrizes do órgão fiscalizador competente no estado do Tocantins, o **Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS)**.

Ressalta-se que, embora tais procedimentos permitam uma avaliação inicial da situação da barragem, os resultados possuem caráter **preliminar e dependem de validação futura** mediante disponibilização dos documentos técnicos completos e realização de inspeções detalhadas conduzidas pelo órgão responsável.

3.4. ANÁLISE DA BARRAGEM DO SETOR NOVA FLAMBOYANT

Conforme explicitado na Metodologia, a análise baseia-se fundamentalmente na interpretação das fotos, visitas no local e em inferências realizadas a partir do contexto geral e dos referenciais teóricos sobre segurança de barragens, dada a ausência de documentação técnica específica (projetos, relatórios de construção, inspeções ou monitoramento).

3.4.1 Caracterização Visual da Estrutura e Entorno:

A análise das imagens disponibilizadas, aliada às observações realizadas in loco, permite identificar que a estrutura em estudo corresponde a uma barragem de terra de pequeno porte, implantada para fins de acumulação de água. A conformação do maciço, o arranjo do reservatório e as características visíveis do entorno confirmam tratar-se de uma estrutura construída com técnicas simplificadas e sem indícios aparentes de revestimentos ou obras complementares típicas de barragens de maior complexidade.

3.4.2 Tipo de Estrutura:

A análise sugere um maciço homogêneo de terra, compactado, típico de barragens de pequeno porte construídas com material local. Não são visíveis estruturas de concreto significativas no corpo da barragem, como paramentos ou galerias, reforçando a hipótese de ser uma barragem de terra.

Durante a avaliação da barragem, não foi observada nenhuma forma de extravasamento da água pela estrutura, e não ocorreu overtopping (transbordamento) em nenhum momento analisado.

No entanto, verificou-se que a água está saindo por percolação no solo, indicando a presença de fluxo através do maciço ou de suas fundações. Esse comportamento deve ser monitorado, pois a percolação, quando não controlada, pode gerar processos erosivos internos e comprometer a segurança da barragem ao longo do tempo.

3.4.3 Localização e Reservatório:

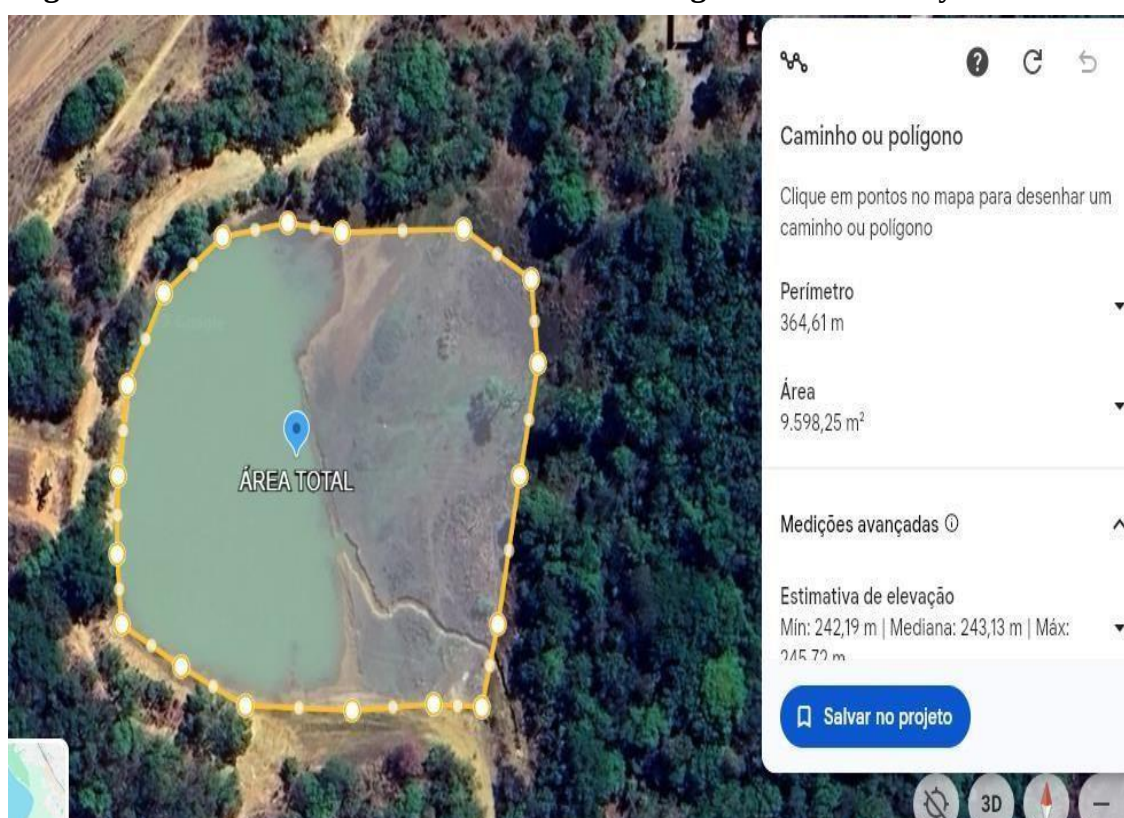
A barragem está localizada em uma área com características periurbanas, considerando sua proximidade com o perímetro urbano de Palmas/TO e a presença de áreas antropizadas no entorno. Apesar disso, observa-se também a existência de vegetação relativamente densa nas margens, composta por árvores de porte variado, o que indica uma transição entre ambiente natural e área de expansão urbana.

O reservatório apresenta um espelho d'água significativo, com área aproximada de 9.598,35 m², conforme medição realizada in loco e verificada no Google Earth. A água do reservatório possui coloração amarelada, sugerindo possível presença de sedimentos

em suspensão ou matéria orgânica, o que pode estar associado ao processo erosivo das margens ou ao carreamento superficial típico de áreas com solos expostos. A vegetação marginal encontra-se parcialmente estabelecida, com trechos mais preservados e outros mais degradados.

Além disso, a **Figura 3.15** fornece uma visão detalhada da área inundada e da extensão do reservatório.

Figura 3.15 – Foto aérea do reservatório da barragem Nova Flamboyant.



Fonte: Google Earth (2025)

3.4.4 Taludes:

O talude de montante (voltado para o reservatório) apresenta inclinação aproximada de 1:1,5 (V:H), medida em campo durante a etapa de batimetria e levantamento geométrico da estrutura. Tal geometria é compatível com barragens de terra de pequeno porte e indica condições mínimas para estabilidade global, ainda que análises geotécnicas específicas sejam necessárias para confirmação.

A superfície do talude apresenta cobertura vegetal esparsa e áreas com solo exposto, de coloração avermelhada/amarronzada, sugerindo a presença de material laterítico característica comum em maciços de terra construídos na região. Também foram observados sinais de erosão superficial localizada, principalmente próximos à crista, indicando ausência de manejo adequado e necessidade de ações de manutenção preventiva.

3.4.5 Crista:

A crista da barragem apresenta-se estreita, com solo compactado e sem qualquer tipo de revestimento superficial (como concreto, rip-rap ou asfaltamento), o que a torna suscetível a processos erosivos e degradação por ação de chuvas ou tráfego ocasional.

Durante a visita técnica, foi possível verificar que o nivelamento da crista não é uniforme, existindo pequenas depressões e irregularidades que podem comprometer a segurança em situações de cheia. Sua largura reduzida reforça a característica de uma estrutura construída de forma simplificada, sem projeto executivo documentado.

3.4.6 Sistema Extravaso:

Não é possível identificar a presença ou as características de um sistema extravaso (vertedouro). A existência e a adequação de um vertedouro são cruciais para a segurança da barragem contra galgamento durante eventos de cheia, sendo um ponto crítico a ser investigado (ELETROBRÁS, 2003; USBR, 1987).

3.4.7 Condições de Conservação Aparentes:

Superficialmente, a estrutura não apresenta sinais óbvios de instabilidade iminente nas áreas visíveis, como grandes erosões, trincas ou deslocamentos. No entanto, a presença de vegetação arbustiva e arbórea próxima ou sobre a estrutura (visível nas margens) pode ser um ponto de atenção, pois as raízes podem comprometer a integridade do maciço e dificultar inspeções visuais (USBR, 1987). A área de solo exposto na borda

pode indicar algum processo erosivo incipiente ou ser apenas uma característica do acesso.

3.5 Levantamento Batimétrico:

O levantamento batimétrico do reservatório foi realizado diretamente em campo, aproveitando o período de estiagem, quando o volume armazenado se encontrava significativamente reduzido. Essa condição permitiu a exposição parcial do fundo do reservatório, facilitando a medição manual das profundidades remanescentes e a coleta de informações geométricas mais precisas sobre o relevo submerso.

Foram obtidas medidas lineares das profundidades residuais, das larguras transversais e do desenvolvimento longitudinal da bacia hidráulica, possibilitando a elaboração do perfil batimétrico apresentado na Figura 3.16. Esse perfil representa a diferença entre a cota máxima de operação e o nível do fundo do reservatório, que resultou em uma profundidade máxima estimada de 8,13 m e um talude de montante com extensão aproximada de 13,1 m, inclinação média de aproximadamente 33°, e patamares intermediários observados in loco.

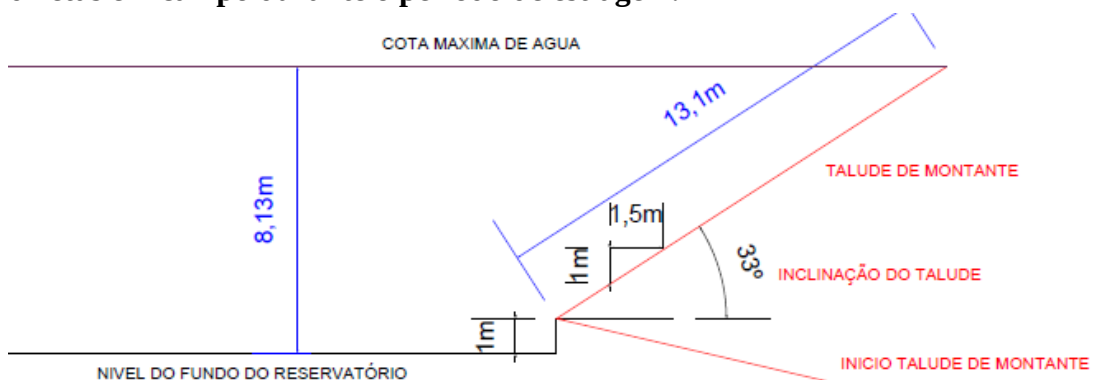
Além disso, foi realizada a medição da área do reservatório em campo, utilizando marcação periférica e validação posterior através de ferramentas de geoprocessamento, obtendo-se uma área aproximada de 9.598,35 m². Esses dados combinados permitiram inferir o formato tridimensional da bacia de acumulação e contribuem para a futura estimativa volumétrica do reservatório com maior confiabilidade.

Os resultados batimétricos levantados são fundamentais para o enquadramento da barragem na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), uma vez que o volume total armazenado é um dos critérios determinantes para aplicação da Lei nº 12.334/2010 e das resoluções complementares da ANA. Além disso, os dados obtidos fornecem subsídios para:

- Avaliação da capacidade real de armazenamento atual,
- Identificação de processos de assoreamento,
- Análise preliminar de estabilidade geométrica do talude,
- Apoio à elaboração, quando necessário, do Plano de Segurança da Barragem (PSB).

Assim, diferente de análises puramente visuais ou estimativas baseadas apenas em imagens aéreas, o levantamento realizado oferece uma base técnica concreta, construída a partir de medições diretas, que melhora substancialmente a precisão das avaliações hidrométricas e geométricas da barragem estudada.

Figura 3.16 – Perfil batimétrico da barragem, elaborado a partir de medições diretas em campo durante o período de estiagem.



Fonte: Autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do levantamento batimétrico realizado em campo e das medições de área obtidas por geoprocessamento, verificou-se que o reservatório da Barragem Nova Flamboyant apresenta profundidade máxima em torno de 8,13 m e área inundada da ordem de 9.598,35 m² na condição de maior enchimento observada. Esses valores indicam um volume total de armazenamento significativamente inferior a 1 hm³, portanto muito abaixo do limiar de 3.000.000 m³ estabelecido pela Lei nº 12.334/2010 como critério dimensional para enquadramento compulsório na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Da mesma forma, a altura do barramento é bem inferior a 15 m, conforme informações do Relatório de Inspeção de Segurança da Barragem (RISB) e observações em campo, o que reforça que, exclusivamente pelos critérios geométricos da Lei nº 12.334/2010, a estrutura não seria automaticamente enquadrada na PNSB.

Entretanto, a aplicação dos critérios atualizados da Resolução ANA nº 265/2025, em conjunto com as diretrizes da Resolução CNRH nº 143/2012 e da Resolução ANA nº 236/2017 (Anexos I e II), demonstra que a barragem passa a ser enquadrada na PNSB pela via do Dano Potencial Associado (DPA). A partir da análise integrada da ocupação

a jusante, da situação ambiental e da importância socioeconômica da área potencialmente afetada, foram atribuídos os seguintes níveis de impacto: (i) DPA1 – Potencial impacto devido ao volume: nível 0 (mínimo), em função do volume $\leq 1 \text{ hm}^3$; (ii) DPA2 – Potencial de perda de vidas humanas: nível 4 (muito alto), uma vez que existem edificações ocupadas permanentemente e áreas urbanas consolidadas na zona de inundação; (iii) DPA3 – Potencial de impacto ambiental: nível 0 (muito baixo), por se tratar de área ambientalmente degradada, sem unidades de conservação ou ecossistemas sensíveis que possam sofrer danos superiores aos de eventos hidrológicos naturais; e (iv) DPA4 – Potencial de impacto socioeconômico: nível 4 (alto), devido à possibilidade de afetar área urbanizada, infraestrutura local e atividades de relevante importância econômica e social.

Além disso, conforme verificado na plataforma oficial do SNISB, a barragem já se encontra atualmente classificada como Dano Potencial Associado (DPA) Alto. Importante destacar que, no início desta pesquisa, tal classificação ainda não aparecia registrada no sistema, tendo sido identificada somente na data de hoje. Essa atualização recente corrobora de forma direta os resultados apresentados ao longo deste estudo, evidenciando que a estrutura realmente possui características e condicionantes compatíveis com a categoria de DPA Alto, reforçando, portanto, sua necessidade de enquadramento no âmbito da PNSB.

A combinação desses parâmetros, conforme a matriz normativa da ANA, conduz a um enquadramento global de DPA elevado, o que, por si só, insere a barragem no escopo da PNSB mesmo na ausência de grandes dimensões geométricas.

No que se refere à Categoria de Risco (CRI), os resultados também são preocupantes. A barragem apresenta lacunas significativas de documentação técnica: não há projeto executivo ou “as built” disponível, inexistem estudos hidrológicos e geotécnicos específicos, e foi identificado apenas um relatório formal de inspeção de segurança desde a fase de execução. As inspeções visuais realizadas neste estudo evidenciaram processos erosivos nos taludes, assoreamento avançado do reservatório, ausência de sistema extravasor claramente definido e inexistência de Plano de Segurança da Barragem (PSB) implantado. Tais fatores, quando avaliados à luz da Resolução CNRH nº 143/2012 e da Resolução ANA nº 265/2025, levam à classificação da barragem em

Categoria de Risco alta, sobretudo pela deficiência de controles de operação, manutenção e monitoramento sistemático.

A combinação de DPA elevado (em função, principalmente, dos subíndices DPA2 e DPA4) com CRI alto indica que, embora a Barragem Nova Flamboyant seja uma estrutura de pequeno porte e baixo volume, ela apresenta potencial de consequências severas em caso de ruptura, especialmente pela presença de ocupação urbana consolidada imediatamente a jusante. Esse resultado reforça a importância da atualização do marco regulatório promovida pela Resolução ANA nº 265/2025, que amplia o foco da PNSB para além dos grandes volumes armazenados, incorporando de forma mais explícita o risco para vidas humanas e impactos socioeconômicos em áreas periurbanas. Na prática, a barragem passa a demandar, do empreendedor e do órgão fiscalizador competente (NATURATINS/ANA), a elaboração e implementação de um Plano de Segurança da Barragem compatível com sua classificação, a realização periódica de Inspeções de Segurança Regulares e Especiais e, em função do DPA elevado, a avaliação da necessidade de um Plano de Ação de Emergência (PAE).

Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam que a análise apoiada apenas em critérios dimensionais seria insuficiente para captar o real nível de risco associado à barragem estudada. O enquadramento pela via do DPA, previsto na Lei nº 12.334/2010 e operacionalizado pelas resoluções da ANA, mostra-se essencial para incluir no escopo da PNSB estruturas de pequeno volume, porém inseridas em contextos urbanos sensíveis e com elevado potencial de danos humanos e socioeconômicos. A Barragem Nova Flamboyant constitui, portanto, um exemplo representativo da importância de associar levantamentos geométricos e batimétricos a avaliações integradas de ocupação do território e de estado de conservação, orientando ações prioritárias de regularização e de incremento de segurança em nível local.

Os resultados obtidos indicam que, do ponto de vista estritamente dimensional, a barragem apresenta parâmetros inferiores aos limiares tradicionalmente utilizados como critério de enquadramento automático na PNSB, como altura inferior a 15 m e volume de reservatório inferior a 3.000.000 m³. Contudo, a análise não deve se limitar apenas aos aspectos geométricos, pois estruturas de menor porte podem apresentar vulnerabilidades relevantes, especialmente quando inseridas em áreas com presença urbana no entorno e com usos que ampliam as consequências em caso de falha.

Nesse contexto, a presença de ocupação próxima e a possibilidade de impactos a pessoas, vias e infraestrutura sugerem que o Dano Potencial Associado (DPA) tende a assumir maior relevância do que o porte da estrutura. Dessa forma, ainda que os resultados apontem para uma barragem “pequena” em termos de dimensões, o risco global não é necessariamente reduzido, pois o cenário de jusante e a ocupação podem elevar significativamente os danos em situações críticas, como galgamento em eventos extremos, erosão progressiva e instabilidades localizadas.

Além disso, a condição observada no reservatório e no entorno indica tendência de redução de capacidade por processos associados ao assoreamento e à estagnação, o que pode afetar o comportamento hidráulico e a eficiência do vertedouro ao longo do tempo. Essa situação reforça a importância de acompanhamento técnico, uma vez que mudanças graduais no reservatório podem alterar a dinâmica de operação e aumentar a susceptibilidade a falhas, principalmente durante períodos de chuvas intensas.

Portanto, os resultados obtidos se alinham ao entendimento de que a segurança de barragens deve ser avaliada de forma integrada, considerando não apenas dimensões, mas também fatores como estado de conservação, condições operacionais, presença de patologias visíveis, manutenção e impactos potenciais sobre a área a jusante, justificando a necessidade de enquadramento e ações de gestão conforme os critérios normativos aplicáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar a Barragem Nova Flamboyant, localizada no município de Palmas/TO, visando sua caracterização técnica, avaliação da segurança estrutural e enquadramento normativo à luz da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Para isso, foram adotadas metodologias combinadas, incluindo: inspeção visual em campo, levantamento batimétrico in loco, análise de imagens georreferenciadas (Google Earth), verificação de critérios estabelecidos pela Lei nº 12.334/2010 e aplicação dos parâmetros definidos pelas Resoluções ANA nº 236/2017 e nº 265/2025.

Os resultados demonstraram que, embora a barragem apresente volume armazenado inferior a 1 hm³ e altura que não alcança 15 m, portanto não se enquadre compulsoriamente na PNSB pelo Art. 1º da Lei nº 12.334/2010, os critérios atualizados da Resolução ANA nº 265/2025 permitiram verificar que a estrutura deve sim ser enquadrada na PNSB pelo Dano Potencial Associado (DPA).

O estudo identificou que:

- **DPA1 – Impacto devido ao volume:** nível 0 (mínimo), pois o reservatório possui volume $\leq 1 \text{ hm}^3$.
- **DPA2 – Potencial de perda de vidas humanas:** nível 4 (muito alto), dado que a área de inundação atinge edificações permanentes e setor urbanizado.
- **DPA3 – Impacto ambiental:** nível 0 (muito baixo), por se tratar de área antropizada, sem unidades de conservação ou ecossistemas sensíveis.
- **DPA4 – Impacto socioeconômico:** nível 4 (alto), podendo afetar comunidade urbana, infraestrutura e atividades econômicas relevantes.

Tabela 2. Síntese dos critérios legais de enquadramento na PNSB aplicados à Barragem Nova Flamboyant.

Critério Legal	Limite PNSB	Valor Obtido	Enquadra?
Altura do Barramento	≥ 15,0 m	~ 3,0 m	NÃO
Volume Total	≥ 3.000.000 m ³	< 80.000 m ³	NÃO
Resíduos Perigosos	Contém	Não Contém	NÃO
Dano Potencial (DPA)	Médio ou Alto	ALTO	SIM
Categoria de Risco (CRI)	Alto	MÉDIO	NÃO
 Barragem Enquadrada na PNSB			

Fonte: Autor

Com base na matriz de enquadramento normativo da ANA, o conjunto desses parâmetros resulta em DPA elevado, tornando obrigatória a inclusão da barragem no âmbito da PNSB, mesmo sendo uma estrutura de pequeno porte. Esse achado está em consonância com o entendimento de que barragens pequenas podem demandar atenção equivalente a estruturas maiores quando existem consequências significativas a jusante, sobretudo em áreas urbanas ou periurbanas (BRASIL, 2010; CNRH, 2012; ANA, 2017; PORTO; TUCCI, 2017)

A análise do Critério de Risco (CRI) também indicou um cenário crítico. A ausência de projeto executivo, a inexistência de documentação “as built”, a carência de relatórios periódicos de inspeção e a falta de um Plano de Segurança da Barragem (PSB) colocam a estrutura na Categoria de Risco Alta, conforme Resolução CNRH nº 143/2012. Esse diagnóstico é compatível com as observações de autores como Vick (2013) e Fell et al. (2015), que destacam que o risco em barragens está diretamente associado à qualidade da documentação, do monitoramento e da operação — independentemente do porte da estrutura.

O levantamento batimétrico realizado forneceu dados essenciais para avaliação volumétrica do reservatório e permitiu identificar áreas de assoreamento significativo, taludes com inclinações irregulares e morfologia compatível com erosões superficiais, fatores que podem contribuir para perda de capacidade de armazenamento e redução da segurança operacional. Esses resultados corroboram os achados de estudos técnicos

nacionais sobre degradação hidrossedimentológica em pequenas barragens (CUNHA; SOUZA; PESSOA, 2021).

Em síntese, a pesquisa alcançou plenamente seus objetivos, cumprindo as etapas de caracterização, avaliação normativa e diagnóstico de risco. A metodologia adotada mostrou-se adequada para suprir a ausência de documentos estruturais formais, permitindo inferências fundamentadas e tecnicamente consistentes.

Entretanto, o estudo apresenta limitações — como a falta de dados de projeto, monitoramento hidrológico ou instrumentação — dependentes exclusivamente do empreendedor e do órgão fiscalizador (NATURATINS). Tais lacunas reforçam a necessidade urgente de regularização, atualização cadastral e implementação de instrumentos obrigatórios de segurança, incluindo:

- Plano de Segurança da Barragem (PSB),
- Procedimentos de operação e manutenção,
- Inspeções de segurança regulares (ISR) e especiais (ISE),
- Elaboração de Plano de Ação de Emergência (PAE), dada a urbanização a jusante.

Como recomendação final, conclui-se que a Barragem Nova Flamboyant demanda prioridade de gestão pelo poder público e pelo empreendedor, a fim de reduzir riscos à população e promover segurança hídrica e territorial, conforme defendem as diretrizes da ANA (2025) e da literatura técnica especializada. A continuidade dos estudos, com levantamentos geotécnicos e hidrológicos aprofundados, é fundamental para garantir a segurança estrutural e operacional da barragem a médio e longo prazo.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 13028: Mineração — Elaboração e apresentação de projeto de barragem para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservatório de água — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Relatório de Segurança de Barragens. Brasília, 2023.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017. Brasília, 2017.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Resolução nº 265, de 4 de setembro de 2025. Brasília, 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 set. 2010.
- BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. **Altera a Lei nº 12.334/2010**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 out. 2020.
- CNRH. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. Brasília, 2012.
- CNRH. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Resolução nº 144, de 11 de julho de 2012. Brasília, 2012.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. Metodologia científica. **6. ed.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- CUNHA, R.; SOUZA, D.; PESSOA, F. Assoreamento e degradação com reservatórios de pequeno porte, 2021.
- ELETROBRÁS. Critérios e diretrizes básicos para projetos de usinas hidrelétricas. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2003.
- IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Relatório de Avaliação de Acidentes e Desastres Ambientais. Brasília, 2019.
- MIRANDA, R.; PEREIRA, L. Lições aprendidas após o rompimento de barragens de rejeitos no Brasil. **Revista de Engenharia e Meio Ambiente**, 2012.
- PANIAGO NEVES, Luiz. **Segurança de barragens: legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2018/06/e-book-livre-legislacao-federal->

brasileira-em-seguranca-de-barragens-autor-luiz-paniago-neves-2.pdf. Acesso em: 15 dez. 2025.

PINTO, W. L. H. **Índice de segurança de pequenas barragens (ISPB) como método para avaliação da segurança de pequenas barragens de água**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Instituto Federal de Goiás (IFG), Goiânia, 2020.

PORTO, R.; TUCCI, C. Gestão de recursos hídricos e segurança de barragens no Brasil. 2017.

SEMARH. **Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins**. Cadastro Estadual de Barragens. Palmas, 2021.

SILVA, Thalya Evelyn; ARAÚJO, Carmina Maria Gomes de; SOUSA, Francisco Jaquiel Vieira de; SAMPAIO, Francisco Jurimar Pereira; SILVA, Thiago Fernandes da. **Perspectivas futuras para a política nacional de segurança de barragens: melhorias e inovações**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 14., 2023, Natal, RN. Anais...** Natal, RN: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.V-021>.

SOUZA, R.; NUNES, A. Diagnóstico de estruturas hidráulicas no Estado do Tocantins. Revista Tocantinense de Ciências e Recursos Hídricos, Palmas, 2022.

TOCANTINS. Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS). Nota Técnica nº 519-2020: Plano de Trabalho 2020/2 de atividades da Supervisão de Segurança de Barragens do Instituto Natureza do Tocantins – NATURATINS. Palmas, 2020

UNITED STATES. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. Design of small dams. 3. ed. Denver: U.S. Government Printing Office, 1987.

VICK, S. G. Planning, design, and analysis of tailings dams. 2. ed. Littleton: BiTech Publishers, 2013.