DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.1/4

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS E DE SEGURANÇA ESTRUTURAL DE BARRAMENTOS EM MUNICÍPIOS DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Pedro Henrique Costa Lima
Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, pedro.costalima@discente.univasf.edu.br

Plynio Armando da Silva Domingos
Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, plynio.domingo@discente.univasf.edu.br

Julio Cesar do Nascimento Martins
Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, julio.martins@discente.univasf.edu.br

Gustavo Henrique De Souza Bazante
Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, gustavo.bazante@discente.univasf.edu.br

Raliny Mota de Souza Farias
Professora Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, raliny.mota@univasf.edu.br

Rafael Amorim Viana de Moura
Professor Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro, Juazeiro, Brasil, rafael.vmoura@univasf.edu.br

RESUMO: As barragens são fundamentais para a segurança hídrica e o desenvolvimento socioeconômico do semiárido brasileiro, especialmente no Vale do São Francisco, em municípios como Juazeiro-BA e Petrolina-PE, onde sustentam a irrigação e o abastecimento urbano. As barragens de terra, predominantes na região, apresentam maior suscetibilidade a processos erosivos e instabilidades. Este trabalho teve como objetivo analisar as condições geotécnicas, estruturais e de segurança dessas estruturas, considerando sua classificação e o atendimento à Política Nacional de Segurança de Barragens. A metodologia envolveu revisão bibliográfica, análise documental e levantamento de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB/ANA), com foco nos estados da Bahia e Pernambuco. Os resultados indicaram que a irrigação é o principal uso das barragens, tanto regional quanto nacionalmente. Na Bahia, a irrigação representa 42,49% das barragens cadastradas, com maior criticidade nas estruturas de terra. Em Pernambuco, 30% das barragens apresentam Dano Potencial Associado alto, sendo as barragens de terra responsáveis pela maioria dos casos de alto risco. Identificou-se, como principal limitação, a insuficiência de dados geotécnicos e estruturais no cadastro nacional, o que compromete a fiscalização, o planejamento de emergências e a gestão eficaz dos riscos na região.

PALAVRAS-CHAVE: Barragens. Segurança Hídrica. Categoria de Risco. Dano Potencial. Semiárido brasileiro.

ABSTRACT: Dams play a fundamental role in water security and socioeconomic development in the Brazilian semi-arid region, particularly in the São Francisco Valley, including the municipalities of Juazeiro, Bahia, and Petrolina, Pernambuco, where they support irrigation and urban water supply. Earth dams, which are predominant in the region, are more susceptible to erosive processes and slope instability. This study aimed to

analyze the geotechnical, structural, and safety conditions of these dams, considering their classification and compliance with the National Dam Safety Policy. The methodology included a literature review, documentary analysis, and data collection from the National Dam Safety Information System (SNISB/ANA), focusing on the states of Bahia and Pernambuco. The results indicate that irrigation is the main purpose of dams both regionally and nationally. In Bahia, irrigation accounts for 42.49% of registered dams, with critical issues concentrated in earth structures. In Pernambuco, 30% of the analyzed dams present High Potential Associated Damage, with earth dams representing the majority of high-risk cases. The main limitation identified was the lack of complete geotechnical and structural data in the national database, which hinders effective inspection, emergency planning, and risk management in the region.

KEYWORDS: Dams. Water security. Risk category. Potential damage. Brazilian semiarid region.

1 INTRODUÇÃO

A segurança de barragens é um tema de relevância estratégica no Brasil, especialmente devido ao papel dessas estruturas no armazenamento de água, geração de energia e contenção de resíduos. Em regiões de clima semiárido, como o Vale do São Francisco, as barragens são fundamentais para garantir a segurança hídrica e sustentar o desenvolvimento socioeconômico, apoiando diretamente atividades como a fruticultura irrigada e o abastecimento humano. No entanto, falhas estruturais ou a falta de monitoramento adequado podem resultar em impactos sociais e ambientais severos, exigindo uma gestão de risco rigorosa.

Nesse cenário, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010, estabelece diretrizes e critérios para a avaliação da segurança dessas estruturas, introduzindo parâmetros como a Categoria de Risco (CRI), que expressa a probabilidade de ocorrência de falhas, e o Dano Potencial Associado (DPA), que representam a magnitude das consequências decorrentes de um eventual rompimento (BRASIL, 2010). Ambos os parâmetros são classificados em níveis alto, médio e baixo, permitindo a definição de prioridades para ações de monitoramento e manutenção.

Os estados da Bahia e de Pernambuco apresentam importância estratégica nesse contexto, uma vez que concentram um número expressivo de barragens destinadas a usos múltiplos da água, geração de energia e contenção de rejeitos, destacando-se, entre essas, as localizadas na região do Vale do São Francisco. Tal região, de forte relevância socioeconômica para o Nordeste, depende fortemente dos recursos hídricos disponíveis, o que reforça a necessidade de análises detalhadas sobre o estado de conservação e segurança de suas barragens.

O problema central reside na vulnerabilidade técnica de determinadas estruturas e na escassez de dados cadastrais completos em algumas localidades. Nas cidades irmãs de Juazeiro-BA e Petrolina-PE, embora as barragens sejam vitais para a economia regional, observa-se que muitas estruturas possuem informações técnicas desatualizadas ou insuficientes no sistema nacional. Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise diagnóstica das condições de segurança e classificação das barragens situadas em Juazeiro-BA e Petrolina-PE. Buscando avaliar o panorama de riscos dessas estruturas.

2 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para este estudo consistiu em uma abordagem quantitativa e qualitativa, fundamentada na coleta de dados de bases oficiais e revisão bibliográfica especializada. O foco da análise concentrou-se na categorização de risco e no dano potencial associado, para as estruturas de maior porte, visando identificar vulnerabilidades específicas, como a fragilidade de barramentos de terra. Foram gerados mapas e gráficos de análise focados nas cidades irmãs de Juazeiro e Petrolina, permitindo a indicação visual dos principais barramentos e a avaliação dos riscos técnicos inerentes a cada empreendimento.

2.1 Local de estudo

O cenário nacional brasileiro contabilizou, em 2025, um total de 29.896 barragens cadastradas no SNISB, das quais os estados da Bahia e Pernambuco possuem papel de destaque no Semiárido devido à dependência hídrica do Rio São Francisco. A área de estudo compreende o núcleo urbano binacional formado

por Juazeiro-BA e Petrolina-PE, localizados nas margens opostas do rio e integrados pela Rede Integrada de Desenvolvimento (RIDE). Conforme ilustrado na Figura 1, a porção norte (em azul) representa Petrolina, que possui uma extensão territorial de aproximadamente 4.561 km e uma população estimada em 386.778 habitantes (IBGE, 2022), apresentando um IDH de 0,697 e uma economia robusta baseada na fruticultura irrigada. A porção sul (em rosa) corresponde a Juazeiro, com área de 6.501 km, população de cerca de 235.816 habitantes e IDH de 0,677 (IBGE, 2010), onde a renda per capita e o PIB municipal são fortemente impulsionados pelo setor agroindustrial. Juntas, as cidades concentram os principais barramentos de maior porte e relevância estratégica da região, como a Barragem de Sobradinho em Juazeiro e as infraestruturas de captação em Petrolina, cujos riscos técnicos e classificações de DPA e CRI são cruciais para a segurança de mais de 600 mil pessoas que compõem este polo socioeconômico.

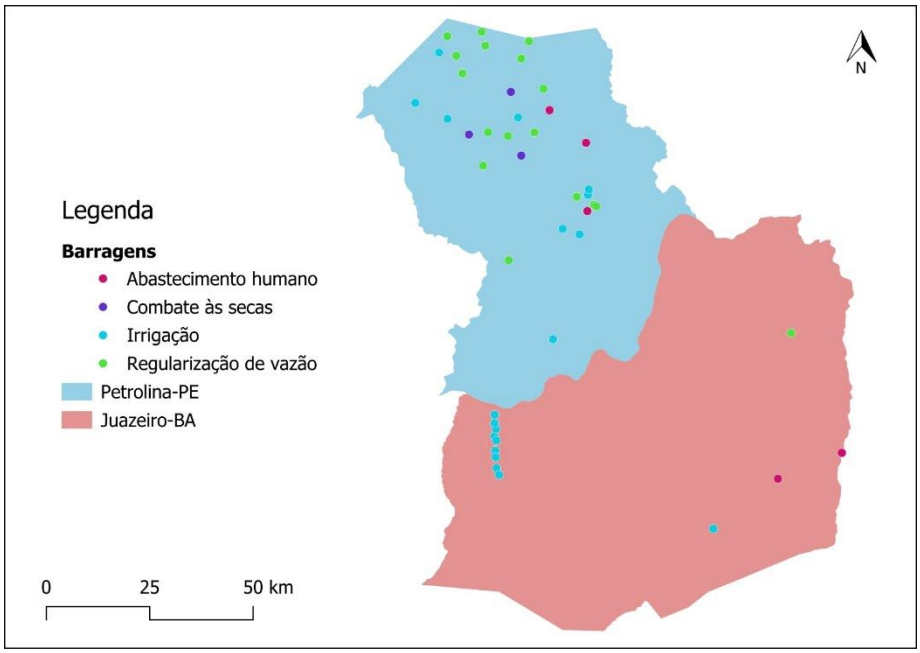


Figura 1. Mapa de localização de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, com a concentração de suas barragens.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS BARRAMENTOS NO CENÁRIO NACIONAL E LOCAL

O cenário das barragens no Brasil é vasto e estratégico, contabilizando atualmente 29.896 estruturas cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Geotecnicamente, essas infraestruturas são definidas como obras de engenharia construídas transversalmente a vales ou cursos d'água para acumulação de líquidos ou detritos (ANA, 2016). No território brasileiro, as barragens de terra são preponderantes devido à disponibilidade de materiais naturais e viabilidade econômica. Elas são construídas com solos compactados, podendo apresentar núcleos impermeáveis de argila e taludes protegidos por enrocamentos (blocos de rocha). Os riscos inerentes a essa tipologia incluem o *piping* (erosão interna), a instabilidade por saturação e o galgamento em cheias extremas, exigindo manutenção constante para evitar o colapso estrutural.

Abaixo, a Tabela 1 apresenta o quadro comparativo entre os dados nacionais e os estados de Pernambuco e Bahia, evidenciando a distribuição dessas estruturas por finalidade de uso. Ao analisar os dados estaduais, observa-se que em Pernambuco e na Bahia a lógica de uso acompanha a necessidade de enfrentamento à escassez hídrica. Em Pernambuco, destaca-se o uso para abastecimento urbano (16,03%) e combate às secas (12,71%), refletindo o papel das barragens como reservatórios de sobrevivência. Na Bahia, a irrigação domina com 42,49% das estruturas, percentual superior à média nacional, o que intensifica a demanda por fiscalização técnica nas áreas produtivas.

Tabela 1. Quantitativo de barramentos classificados segundo DPA e CRI, em Pernambuco.

Finalidade de Uso	Brasil (Unid.)	Brasil (%)	Pernambuco (Unid.)	Pernambuco (%)	Bahia (Unid.)	Bahia (%)
Irrigação	10.395	34,77%	134	24,70%	425	42,49%
Dessedentação Animal	4.183	13,99%	61	11,21%	128	12,80%
Abastecimento Humano	2.766	9,25%	87	16,03%	112	11,22%
Outros Usos	1.838	6,15%	44	8,10%	76	7,61%
Recreação	1.558	5,21%	12	2,21%	14	1,41%
Combate às Secas	1.398	4,68%	69	12,71%	88	8,78%
Regularização de Vazão	1.342	4,49%	48	8,86%	52	5,23%
Aquicultura	1.258	4,21%	15	2,78%	18	1,82%
Geração de Energia (UHE)	1.157	3,87%	9	1,67%	42	4,18%
Contenção de Rejeitos	946	3,16%	5	0,91%	22	2,19%
Industrial	851	2,85%	11	2,05%	13	1,29%
Paisagismo	621	2,08%	3	0,55%	3	0,31%
Proteção Meio Ambiente	452	1,51%	2	0,39%	2	0,22%
Controle de Cheias	428	1,43%	39	7,19%	4	0,41%
Mineração	382	1,28%	1	0,18%	1	0,05%
Navegação	262	0,88%	2	0,45%	0	0,00%
Resíduos Industriais	60	0,20%	0	0,00%	0	0,00%
TOTAL	29.896	100%	542	100%	1.000	100%

Fonte: SNIBS/ANA (2025).

Ao restringir a análise aos municípios de Petrolina e Juazeiro, observa-se que a funcionalidade dos barramentos está intrinsecamente ligada à infraestrutura de irrigação e regularização de vazão para o agronegócio. De acordo com os dados coletados, Juazeiro concentra estruturas de grande relevância, como a Barragem de Sobradinho (próximo a cidade), que desempenha um papel múltiplo na geração de energia e no controle do Rio São Francisco. Petrolina, por sua vez, destaca-se pela densidade de infraestruturas voltadas à captação hídrica para os perímetros irrigados, fundamentais para a estabilidade socioeconômica da RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento).

A característica técnica predominante nessas cidades são as barragens de terra, muitas vezes construídas há décadas. O levantamento aponta que a principal fragilidade reside na insuficiência de informações cadastrais completas na base do SNISB/ANA.

No município de Juazeiro-BA, o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) cataloga um total de 13 estruturas. A finalidade predominante é a irrigação, com 10 barramentos, seguida pelo abastecimento humano (2) e regularização de vazão (1), conforme Figura 2. Um diferencial técnico relevante na região é que a maioria dessas unidades foi projetada como galgável, permitindo o transbordamento seguro da lâmina d'água. Entretanto, estruturas como Pinhões, Baraúna, Poções e Rancharia não possuem essa característica, o que exige monitoramento rigoroso em períodos de pluviosidade intensa.

Em contrapartida, Petrolina-PE apresenta um volume maior de barramentos, totalizando 31 estruturas cadastradas. O perfil de uso é focado na regularização de vazão (16 unidades) e irrigação (9), além de atender ao combate às secas e abastecimento humano. Um desafio identificado na gestão local é a ausência de informações técnicas completas para barramentos de pequeno porte ou em processo de cadastramento, o que

impede a filtragem precisa de dados sobre os materiais construtivos utilizados e dificulta a análise preditiva de falhas geotécnicas.

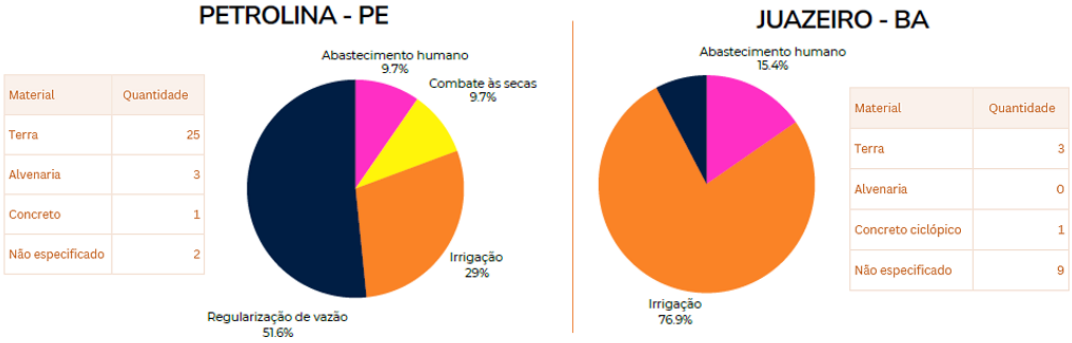


Figura 2. Análise dos tipos de barragens no municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA

Os riscos inerentes a essas infraestruturas tornam-se evidentes em eventos climáticos extremos. Em Juazeiro, a barragem de Pinhões gerou alerta em janeiro de 2025 após chuvas de 100 mm provocarem um acúmulo de água acima da capacidade esperada, resultando em vazamentos. Em Petrolina, o caso da barragem de Terra Nova em 2020 ilustra a gravidade do Dano Potencial Associado (DPA): durante um período de enchentes, a estrutura entrou em estado de alerta, exigindo a execução de planos de contingência que resultaram na realocação de 1.923 pessoas. Como demonstrado na Figura 3, esses eventos reforçam que a falha em estruturas não galgáveis ou o transbordamento não controlado representam uma ameaça direta à integridade física e ao patrimônio das comunidades ribeirinhas.



Figura 3: Cenários de Risco e Impactos de Eventos de Cheias no Vale do São Francisco

4 RESULTADOS

Diante da caracterização nacional e local apresentada, este tópico analisa os resultados referentes às classificações de segurança das barragens nos estados da Bahia e de Pernambuco. É neste contexto regional que estão alocadas as cidades irmãs Petrolina e Juazeiro, cujas infraestruturas hídricas são fundamentais para o desenvolvimento do Vale do São Francisco. A análise foca na interseção entre a Categoria de Risco (CRI), que avalia o estado físico e de manutenção das estruturas, e o Dano Potencial Associado (DPA), que mensura o impacto socioeconômico e ambiental em caso de falha.

4.1 Categoria de Risco-CRI e Dano Potencial-DPA em Pernambuco

Em Pernambuco, a análise dos dados do SNISB revela um cenário de atenção para as estruturas de terra e alvenaria. Conforme detalhado na Tabela 2, das 592 barragens analisadas no estado, 178 apresentam simultaneamente Alto CRI e Alto DPA. O dado mais alarmante refere-se às barragens de terra, que representam

68,54% do quantitativo de alto risco e alto dano, totalizando 122 estruturas. As barragens de alvenaria também possuem participação relevante, respondendo por 11,80% dos casos críticos.

Tabela 4. Quantitativo de tipos de barramentos que apresentam alto DPA e CRI, em Pernambuco.

Material	Quantidade	Alto DPA e CRI	Porcentagem
Terra	325	122	68,54%
Sem informação	136	13	7,30%
Alvenaria	53	21	11,80%
Concreto convencional	30	8	4,49%
Concreto compactado a rolo (CCR)	20	8	4,49%
Concreto ciclópico	8	5	2,81%
Terra-enrocamento	6	1	0,56%
Enrocamento	4	0	0,00%
Rejeitos	0	0	0,00%
Outros	8	0	0,00%
-	2	0	0,00%
Total	592	178	100,00%

A Figura 3 apresenta a distribuição quantitativa das barragens em Pernambuco sob a ótica cruzada da Categoria de Risco (CRI) e do Dano Potencial Associado (DPA). Esta análise é o primeiro filtro de segurança do estado e revela dados preocupantes sobre a vulnerabilidade regional. De acordo com o gráfico, observa-se que uma parcela significativa das estruturas no estado está concentrada no quadrante de DPA Alto. Isso significa que, independentemente do estado de conservação atual da barragem, um eventual rompimento causaria impactos severos devido à presença de populações, infraestruturas ou ecossistemas sensíveis à jusante.

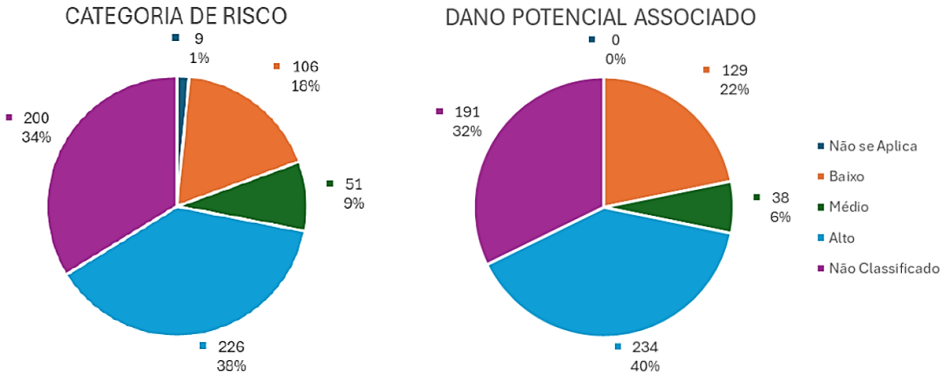


Figura 4. Quantidade de barramentos quanto à categoria de risco e dano potencial associado em Pernambuco.

A Figura 5 ilustra essa vulnerabilidade, reforçando que a tipologia construtiva de terra, amplamente utilizada no semiárido pernambucano, é a mais suscetível a processos de degradação que elevam o risco. O fato de 7,30% das estruturas críticas constarem como "sem informação" ressalta a lacuna documental que compromete a gestão de segurança no estado, impactando diretamente o planejamento de emergência em municípios como Petrolina.

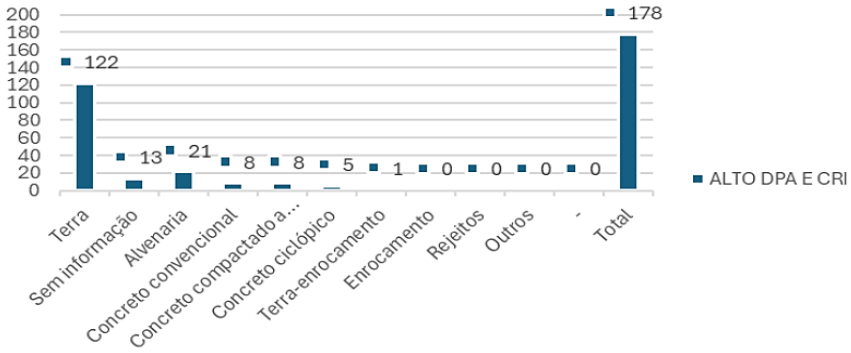


Figura 5. Quantitativo de barramentos quanto à tipologia que apresentam tanto alto dano potencial associado (DPA) quanto alta categoria de risco (CRI), em Pernambuco, segundo o SNISB.

4.2 Categoria de Risco-CRI e Dano Potencial- DPA na Bahia

No estado da Bahia, onde se localiza o município de Juazeiro, os índices de criticidade também apontam para a predominância das estruturas de terra na composição dos riscos. Segundo os dados consolidados na Tabela 5, das 819 barragens inventariadas, 242 foram classificadas com Alto CRI e Alto DPA. Novamente, a tipologia de terra lidera o ranking de perigo, correspondendo a 60,33% (146 unidades) das barragens em situação crítica no estado.

Tabela 5. Quantitativo de tipos de barramentos que apresentam tanto alto dano potencial associado (DPA), quanto alta categoria de risco (CRI), em Bahia.

Material	**Quantidade**	**Alto DPA e CRI**	**Porcentagem**
Terra	306	146	60,33%
Sem informação	360	58	23,97%
Alvenaria	46	32	13,22%
Concreto convencional	22	2	0,83%
Concreto compactado a rolo (CCR)	10	1	0,41%
Concreto ciclópico	4	1	0,41%
Terra-enrocamento	22	1	0,41%
Enrocamento	9	1	0,41%
Rejeitos	28	0	0,00%
Outros	2	0	0,00%
-	10	0	0,00%
Total	819	242	100%

A Figura 6 apresenta a distribuição das barragens no estado da Bahia conforme a intersecção entre a Categoria de Risco (CRI) e o Dano Potencial Associado (DPA). Este gráfico é essencial para compreender a dimensão da segurança hídrica no estado que abriga Juazeiro, revelando como a vulnerabilidade estrutural se comporta diante da possibilidade de impactos severos.

A análise visual dos dados indica uma concentração crítica no quadrante de DPA Alto. Assim como observado em Pernambuco, a Bahia possui uma vasta quantidade de estruturas localizadas próximas a centros urbanos, rodovias e áreas de preservação, o que eleva o potencial de dano em caso de colapso. O diferencial preocupante na Bahia é o volume de barragens que, além do alto dano potencial, também se encontram na faixa de CRI Alto, totalizando as 242 estruturas.

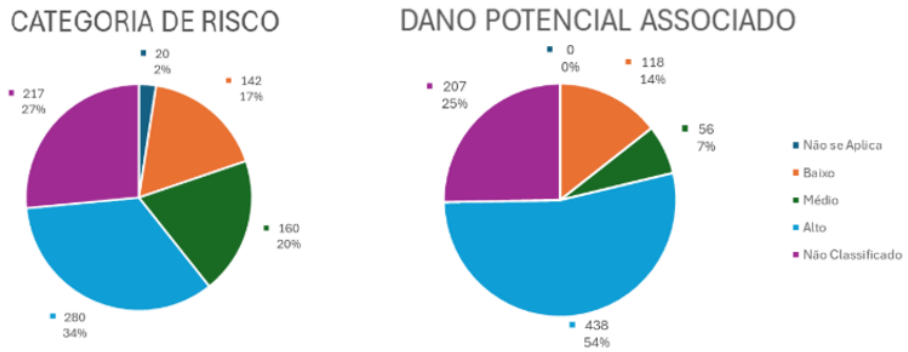


Figura 6. Quantidade de barramentos quanto à categoria de risco e dano potencial associado na Bahia

Um ponto de preocupação adicional na Bahia é o elevado índice de barragens "sem informação" técnica, que representam 23,97% dos casos de alto risco e dano potencial. Esse vácuo de dados, como sugerido pela Figura 7, indica que uma parcela significativa dos barramentos baianos opera sem o devido respaldo documental ou inspeções validadas, o que eleva a incerteza sobre a estabilidade estrutural. As estruturas de alvenaria aparecem em terceiro lugar, com 13,22%, consolidando o perfil de vulnerabilidade das técnicas tradicionais de construção em relação às exigências da PNSB na região.

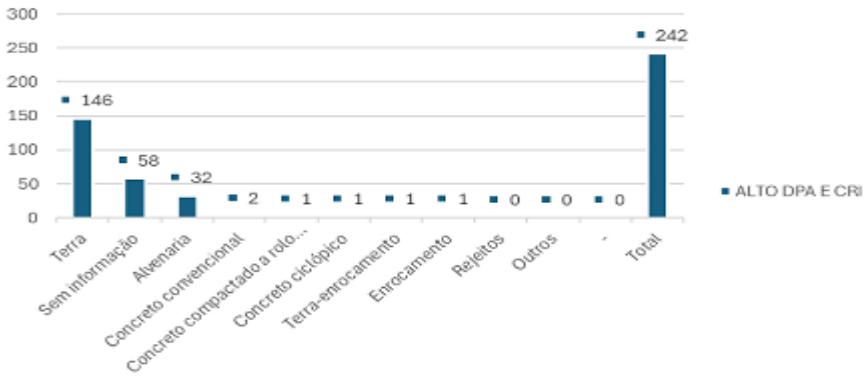


Figura 7. Quantitativo de barramentos quanto à tipologia que apresentam tanto alto DPA e CRI na Bahia

Os resultados obtidos em Pernambuco e na Bahia evidenciam que o perfil crítico de segurança das barragens é fortemente condicionado pelo predomínio das estruturas de terra que, embora economicamente viáveis e comuns no semiárido, apresentam elevada sensibilidade a processos erosivos e instabilidade estrutural, demandando manutenção preventiva e fiscalização rigorosa. Enquanto em Pernambuco a presença de barragens em alvenaria reforça a necessidade de recuperação para proteger comunidades sob alto DPA e CRI, na Bahia a escassez de informações cadastrais completas configura um desafio adicional, tornando urgente a integração entre órgãos gestores e a padronização do monitoramento técnico para garantir a efetividade das políticas de segurança na região.

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu compreender a relevância das barragens no cenário b rasileiro, uma vez que desempenham funções essenciais relacionadas ao fornecimento de água, irrigação entre muitas outras funções. Em âmbito nacional, os dados do SNISB mostram a ampla diversidade de usos e a grande quantidade de barragens cadastradas. Já a comparação entre os estados da Bahia e de Pernambuco evidenciou diferenças significativas, ligadas às características socioeconômicas e climáticas de cada região. No recorte local, o caso de Juazeiro e Petrolina ressalta o papel estratégico das barragens no semiárido, especialmente no apoio à irrigação e à regularização de vazões. Contudo, também revelou deficiências no acesso a informações técnicas em algumas estruturas, o que pode representar um entrave para a gestão eficiente e para a segurança hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens: Diretrizes para a Elaboração de Projeto de Barragens.* Volume V. Brasília, DF: ANA, 2016;

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)*. Brasília, DF: ANA, [s.d.]. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/. Acesso em: 28 ago. 2025;

BRASIL. *Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB*). Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022: População e Domicílios.* Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 12 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010 [Dados comparativos atualizados em 2022]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 21 dez. 2025.