



# II SIMPÓSIO PARAIBANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

**ANAIS DO EVENTO  
2024**

Organização  
Agência Executiva de Gestão das Águas do  
Estado da Paraíba - AESA

Copyright© 2024

Todos os direitos reservados para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. Nenhuma parte desse material pode ser reproduzida ou transformada em nenhuma forma e por nenhum meio mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento de informação, sem autorização expressa dos autores ou da AESA.

## PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO  
Esther Maria Barros de Albuquerque

### Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)

A265a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Anais do II Simpósio Paraibano de Segurança de Barragens [Recurso eletrônico]. João Pessoa – Paraíba, 2024.  
41 f. : il. color.

Formato e-book  
Anual  
ISSN

1. Anais-eventos. 2. Segurança de Barragens. 3. Água. I. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. II. Título.

CDU 627

[2024]

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba  
Av. Duarte da Silveira, S/N, Anexo ao DER – Torre  
João Pessoa/PB



AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA

---

## **AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA**

A AESA foi criada pela Lei nº 7.779, de 07/07/2005, sob a forma jurídica de uma Autarquia, com autonomia administrativa e financeira, vinculada à Secretaria da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos - SEIRH do Estado da Paraíba.

# II SIMPÓSIO PARAIBANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

## Diretor Presidente



## Porfírio Catão Cartaxo Loureiro

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro é engenheiro civil graduado pelo Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Atua como Diretor-Presidente da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA desde 2019.

# II SIMPÓSIO PARAIBANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

## GESTÃO E ORGANIZAÇÃO

### Organização

KATIA REGINA DE MEDEIROS SALES  
ESTHER MARIA BARROS DE ALBUQUERQUE  
JOÃO PEDRO C. DA SILVA RODRIGUES

### Diretoria

PORFÍRIO CATÃO CARTAXO LOUREIRO  
WALDEMIR FERNANDES DE AZEVEDO  
BERANGER ARNALDO DE ARAÚJO  
JOACY MENDES NOBREGA

### Projeto Gráfico e Diagramação

ESTHER MARIA BARROS DE ALBUQUERQUE

### Supervisão Editorial

CELENE CAVALCANTI DE CARVALHO  
LOVANIA MARIA WERLANG

### Colaboradores

AILTON MENDES DE SOUSA  
DIEGO MAGNO TAVARES DA SILVA  
ERIK ANDERSON DE OLIVEIRA  
FRANCISCO JOSÉ DE BRITO SOUSA  
FRANCISCO PEREIRA NETO  
JOSEMI CAVALCANTE CORREIA FILHO

MICHAEL LOPES DA SILVA  
MAGDA DAYSE FERREIRA RANGEL  
NICOLLY GOMES AZEVEDO  
PEDRO HENRIQUE GUEDES DE FIGUEIRÊDO  
PHAMELLA KAROLINE DE M. BONATES

### Revisão

OS AUTORES

# II SIMPÓSIO PARAIBANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

## SUMÁRIO

ALOCAÇÃO DE ÁGUA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NO SISTEMA HÍDRICO DA BARRAGEM RODEADOR/RN .....	6
AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVA DE GERAÇÃO DE RECEITA PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO DE BARRAGENS COM O USO DE USINAS FOTOVOLTAICAS FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DO DNOCS .....	12
GESTÃO AMBIENTAL DE BARRAGENS EM ÁREAS URBANAS .....	18
IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS EM BARRAGENS DE TERRA, NO ESTADO DA PARAÍBA.....	25
IMPACTOS CAUSADOS PELO EVENTO DE CHUVA INTENSA NO DIA 28 DE MAIO DE 2024 EM JOÃO PESSOA - PB.....	30
MAPEAMENTO DE BARRAGENS NA PARAÍBA: UMA ANÁLISE PARA AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO .....	35

**Área:** Boas práticas e lições aprendidas

## ALOCAÇÃO DE ÁGUA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NO SISTEMA HÍDRICO DA BARRAGEM RODEADOR/RN

Kaio Geovanne de Medeiros Dantas<sup>1</sup>; Gustavo Henrique de Medeiros Paiva<sup>1</sup>; Júnia Kizzy

Azevedo de Medeiros<sup>1</sup>; Jeová Santos de Macedo Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordenadoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN), [kaiogeovanne@gmail.com](mailto:kaiogeovanne@gmail.com), [gustavohmpaiva@hotmail.com](mailto:gustavohmpaiva@hotmail.com), [juniakizzymedeiros@gmail.com](mailto:juniakizzymedeiros@gmail.com), [jeovajr25@gmail.com](mailto:jeovajr25@gmail.com)

E-mail do autor correspondente: [kaiogeovanne@gmail.com](mailto:kaiogeovanne@gmail.com)

**RESUMO:** Regiões inseridas no semiárido brasileiro estão relacionadas com fatores de escassez hídrica. A área estudada faz parte deste contexto, sendo recorrente a presença de conflitos pelo uso de água. Diante disto, para que seja garantido os usos prioritários em situações de escassez é utilizado a alocação de água como ferramenta de gestão de conflitos. Este trabalho buscou aplicar a metodologia de alocação de água utilizada pela ANA para minimizar os conflitos pelo uso da água.

**Palavras-chave:** Alocação de água; Recursos Hídricos; Rodeador; Gestão.

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural que está se tornando cada vez mais escasso, além de apresentar distribuição desigual nas diferentes regiões geográficas. O Nordeste brasileiro, e em especial sua região semiárida, apresenta condições hídricas desfavoráveis que combinam evapotranspiração elevada e precipitações mal distribuídas, ocasionando escassez hídrica ao longo dos anos. Portanto, o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos nessa região é indispensável para garantir que esse recurso atenda suas diversas demandas. Por possuir diversas finalidades, a utilização da água pode conduzir a conflitos entre os seus usuários. O Art. 1º da Lei Nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), define que em casos de escassez o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Por sua vez, o Art. 2º da Lei nº 6.908/1996,

2

que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos no Rio Grande do Norte, ressalta que o aproveitamento dos recursos hídricos no estado do RN tem como prioridade o abastecimento

humano, e a distribuição da água deve obedecer sempre a critérios sociais, econômicos e ambientais. Dessa forma, percebe-se que a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada pelos órgãos competentes de forma criteriosa, considerando a ordem de prioridade de atendimento aos diversos usos, porém propiciando o uso múltiplo das águas. Acerca dos conflitos pelo uso da água, cabe destaque no estado do Rio Grande do Norte o caso da barragem Rodeador. O Açude Rodeador está localizado dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, mais precisamente no Município de Umarizal/RN, possui uma capacidade de 21.403.850,00 m<sup>3</sup>, área de 2,19 km e perímetro de 19,6 km. É considerado o quinto maior açude da referida Bacia, sendo abastecido pelo rio Umari. Na subbacia deste reservatório existem diversos usos da água, que vão desde o abastecimento humano dos municípios circunvizinhos até captações para atividades de irrigação no próprio reservatório e ao longo do trecho à jusante do rio Umari, o que ao longo dos anos tem ocasionando conflitos entre os usuários localizados à montante e à da barragem. A alocação negociada de água vem se mostrando uma importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos, contribuindo com a diminuição dos conflitos pelo uso da água em reservatórios. A alocação de água é uma forma de gerenciamento de reservatório que envolve múltiplos parceiros institucionais e os usuários de água em torno de uma decisão coletiva (ANA, 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho buscou aplicar a metodologia de Alocação de Água desenvolvida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) na barragem Rodeador, buscando minimizar os conflitos pelo uso da água deste reservatório e proporcionar aos usuários o direito de participar do processo de gestão desta, corroborando ainda com o disposto na PNRH, que relata que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

## **METODOLOGIA**

A metodologia de desenvolvimento da Alocação de Água da barragem Rodeador foi baseada na metodologia já utilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em diversos reservatórios e constante da Nota Técnica N° 10/2015/COMAR/SRE, que apresenta proposta de metodologia para alocação de água em açudes isolados. Inicialmente foi realizado um mapeamento dos usos da água no reservatório, através do levantamento das outorgas do direito de uso dos recursos hídricos emitidas pelo Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN) entre os anos de 2012 e

2023, para os municípios que compõe a área estudada (Rafael Godeiro, Olho D'água dos Borges, Caraúbas e Umarizal). A Tabela 1 apresenta as demandas de uso da água obtidas:

**Tabela 1.** Demandas de uso da água na barragem Rodeador

Captações no Reservatório		
Finalidade	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão (l/s)
CAERN	3.456,00	40,00
Demais Usos	140,53	1,63
	<b>TOTAL</b>	<b>41,63</b>

Captações à Jusante		
Finalidade	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão (l/s)
Humano/Animal/Irrigação	3.012,18	34,86
	<b>TOTAL</b>	<b>34,86</b>

De posse dos dados, considerando todos os usos e demandas, a aplicação de tal metodologia consistiu em definir os Estados Hidrológicos (EH) para o reservatório, com base em regras de utilização. Estes foram definidos de forma a atender às diferentes demandas em um período que se inicia no final da quadra chuvosa do ano corrente e finaliza após 20 (vinte) meses, a partir da análise do deplecionamento esperado do volume acumulado, alcançando o volume mínimo operacional ao final deste período.

Foram definidos 3 (três) Estados Hidrológicos: **Verde**, com volume capaz de atender à demanda total existente (usos prioritários e não prioritários; **Amarelo**, com volume capaz de atender à demanda dos usos prioritários e 50% da demanda dos usos não prioritários; **Vermelho**, com volume capaz de atender à demanda dos usos prioritários. Ambos os EH foram determinados para um período de 20 (vinte) meses, considerando afluência nula ao reservatório.

A próxima etapa consistiu em definir os cenários de utilização da água, com base no volume acumulado no reservatório no final do mês de junho, período no qual se considera finalizada a quadra chuvosa. Foram definidos 4 cenários, descritos na Tabela 2.

Com os cenários definidos, foram realizadas simulações hidrológicas do deplecionamento do reservatório para cada um dos cenários, utilizando o software AcquaNet. As simulações iniciaram com o volume do reservatório observado na data de 30 de junho de 2023, correspondente a 20,77 milhões de metros cúbicos e foram definidas para um período de 12 (doze) meses, considerando afluência nula ao reservatório no período.

**Tabela 2.** Cenários de uso para a barragem Rodeador.

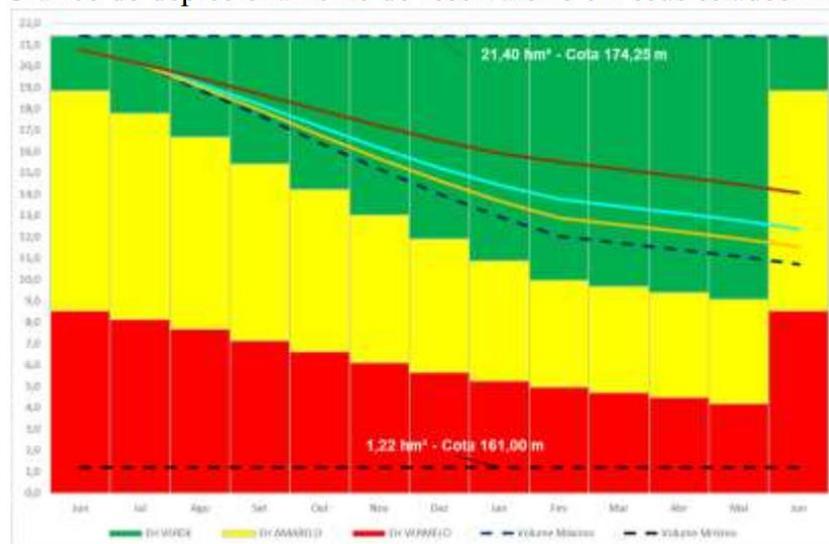
CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
Finalidade	Vazão Média (l/s)	Finalidade	Vazão Média (l/s)
CAERN*	40,00	CAERN*	40,00
Usos entorno do açude	2,00	Usos entorno do açude	1,50
<b>Defluência a jusante</b>		<b>Defluência a jusante</b>	
Jul/2023 à Fev/2024	200,00	Jul/2023 à Fev/2024	100,00
Mar/2024 à Jun/2024	0,00	Mar/2024 à Jun/2024	0,00
CENÁRIO 3		CENÁRIO 4	
Finalidade	Vazão Média (l/s)	Finalidade	Vazão Média (l/s)
CAERN*	40,00	CAERN*	40,00
Usos entorno do açude	1,50	Usos entorno do açude	2,00
<b>Defluência a jusante</b>		<b>Defluência a jusante</b>	
Jul/2023 à Fev/2024	100,00	Jul/2023 à Fev/2024	0,00
Mar/2024 à Jun/2024	0,00	Mar/2024 à Jun/2024	0,00

\*Abastecimento público através da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das simulações realizadas no AcquaNet foi elaborado o gráfico do comportamento do reservatório para cada cenário, conforme apresentado na Figura 2.

**Figura 2.** Gráfico do deplecionamento do reservatório em seus estados hidrológicos



Os resultados dos volumes ao final do período estudado são apresentados na Tabela 3 para cada cenário simulado.

**Tabela 3.** Volumes ao final do período de 12 meses para cada cenário

	<b>Cenário</b>	<b>Volume (hm<sup>3</sup>) ao final de 12 meses</b>
	Cenário 1	10,71
	Cenário 2	12,38
	Cenário 3	11,54
	Cenário 4	14,06

As simulações mostram que ao final de 12 (doze) meses, o reservatório tende a apresentar volumes que variam de 14,06 hm<sup>3</sup> (milhões de metros cúbicos) a 10,71 hm<sup>3</sup>, e o fator preponderante para um maior ou menor volume ao final é a vazão liberada para atender aos usos à jusante da barragem.

## CONCLUSÕES

Os cenários foram apresentados em reunião com a participação do órgão gestor do reservatório (IGARN), empreendedor do reservatório (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do RN – SEMARH), usuários, representantes do poder público e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró. Na oportunidade o Cenário 3 foi escolhido por consenso, uma vez que atenderia tantos os usuários à montante quanto à jusante da barragem.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. Nota Técnica nº 10/2015/COMAR/SRE. Metodologia para Alocação de Água em Açudes Isolados – Meta Institucional da Superintendência de Regulação - 01/10/2014 e 30/09/2015, (2015).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. Resolução nº 46 de outubro de 2020. Regulamenta o Termo de Alocação de Água para sistemas hídricos com corpos de água de domínio da União, (2020).

BHERING, A. ANTUNES, I. MARQUES, E. PAULA, R. Geological and hydrogeological review of a semi-arid region with conflicts to water availability (southeastern Brazil). Revista Environmental Research. v. 202, (2021).

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei nº7.990, de 28 de dezembro de 1989.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei 6.908 de 1 de julho de 1996. Dispõe sobre a Política

Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências.

### **AGRADECIMENTOS**

À SEMARH e ao IGARN pelos dados necessários ao desenvolvimento deste trabalho e à Fundação para o Desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Norte (FUNCITERN) pelo apoio financeiro.

**Área:** Aspectos socioeconômicos da segurança de barragens

## AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVA DE GERAÇÃO DE RECEITA PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO DE BARRAGENS COM O USO DE USINAS FOTOVOLTAICAS FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DO DNOCS

Cristiano Egnaldo Zinato<sup>1</sup>; Rafael José da Silva<sup>2</sup>; Rodrigo Mendes Xavier<sup>3</sup>; Vinícius Porto Rodrigues<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Coordenador-Geral de Parcerias e Articulação Institucional, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Brasília/DF, [cristiano.zinato@mdr.gov.br](mailto:cristiano.zinato@mdr.gov.br).

<sup>2</sup>Coordenador de Parcerias e Articulação Institucional, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Brasília/DF, [rafael.silva@mdr.gov.br](mailto:rafael.silva@mdr.gov.br).

<sup>3</sup>Chefe do Serviço de Parcerias e Articulação Institucional, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, Brasília/DF, [rodrigo.mxavier@mdr.gov.br](mailto:rodrigo.mxavier@mdr.gov.br).

<sup>4</sup>Estagiário, Graduando de Engenharia Ambiental, UnB, Brasília/DF, [vinicius.rodrigues@mdr.gov.br](mailto:vinicius.rodrigues@mdr.gov.br).

**RESUMO:** O presente artigo analisa a viabilidade econômica para a instalação de usinas fotovoltaicas flutuantes em barragens de responsabilidade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) localizadas na bacia hidrográfica do rio de Contas, na Bahia. As receitas da geração de energia foram somadas às receitas estimadas com a cobrança pela adução de água bruta. Os valores estimados de receita foram comparados aos valores de Operação, Manutenção e Monitoramento (OMM) dessas barragens. O objetivo desse levantamento foi encontrar alternativas viáveis para que essas barragens sejam economicamente autossuficientes e gerem receita para as atividades de OMM. A gestão dessas barragens e consequente exploração econômica podem ser feitos pela iniciativa privada, por meio de processos de concessão ou parceria público-privada. Os resultados preliminares mostraram que tal arranjo pode se mostrar viável e atrativo. Tais medidas pretendem desonerar o poder público dos custos relativos às atividades de OMM das barragens e garantir a segurança dessas obras de infraestrutura hídrica.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica; Operação, Manutenção e Monitoramento (OMM); Segurança de Barragens; Viabilidade econômica.

### INTRODUÇÃO

As barragens são estruturas artificiais construídas em cursos d'água formando reservatórios. No Brasil esse tipo de infraestrutura é utilizado para atendimento de usos múltiplos, sendo esses usos regulados, com o objetivo de garantir a gestão sustentável e equitativa dos recursos hídricos. São fundamentais para o incremento da oferta hídrica de uma bacia hidrográfica, sendo parte da solução para situações de escassez e regularização de vazões. As barragens contribuem também para a mitigação de eventos extremos além das

secas, como o controle de inundações, fenômenos que têm aumentado a ocorrência e a intensidade, em decorrência das mudanças climáticas globais.

Possuem elevado grau de importância como recursos de infraestrutura e integram a base de diversos serviços socioeconômicos, sendo usados para atender atividades ligadas como recreação, pesca, piscicultura, uso doméstico, abastecimento público, irrigação, pecuária, mineração, geração de hidroeletricidade e usos para fins industriais. Além desses usos, nos últimos anos surgiu mais uma oportunidade de utilização do espelho de água de barragens para geração de energia com a instalação de usinas fotovoltaicas flutuantes.

Por outro lado, para que se mantenham operantes, as barragens necessitam de um plano de manutenção que deve ser seguido rigorosamente. No entanto, a inexistência desses planos e a falta de conservação das barragens leva à degradação de suas estruturas, elevação dos custos de recuperação e ao aumento de risco de rompimentos.

Este artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da exploração dos serviços de adução de água bruta e aproveitamento do espelho d'água para a geração de receita para custear a OMM de um lote de sete barragens do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), localizadas na bacia do rio de Contas/BA.

## **METODOLOGIA**

O lote de analisado é composto pelas barragens de Brumado, Riacho do Paulo, Anagé, Tremedal, Truvisco, Champrão e Morrinhos, todas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio de Contas, na Bahia. O critério de composição do lote foi definido considerando a proximidade física, o que facilitaria a logística da OMM, a disponibilidade de informações técnicas e por serem considerados sistemas hídricos críticos em termos de disponibilidade hídrica e conflitos pelo uso da água, além de serem barragens do mesmo empreendedor.

A caracterização das barragens analisadas está apresentada na Tabela 1.

Os custos estimados com OMM de acordo com o porte das barragens estão apresentados na Tabela 2 (ANA, 2019; ANA, 2022), e referem-se realização de atividades locais, como a operação hidromecânica, testes de funcionamento, manutenção preventiva de equipamentos e da barragem, e monitoramento do reservatório, da barragem e das vazões. Incluem também supervisão local e remota da infraestrutura, elaboração de relatórios técnicos, controle de pessoal e administrativo e controle de materiais e serviços prestados. Os

custos de recuperação das barragens e segurança patrimonial não foram considerados nesta estimativa.

Tabela 1. Caracterização das barragens analisadas (ANA, 2024)

Nome da Barragem	Usos Associados	Capacidade (hm <sup>3</sup> )
Brumado/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•74% - Irrigação Pública (PPI Brumado)</li> <li>•21% Irrigação Privada e outros usos</li> <li>•5% - Abastecimento Público</li> </ul>	105
Riacho do Paulo/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•76% - Usos a jusante do reservatório.</li> <li>•24% - Uso no reservatório</li> </ul>	53,8
Anagé/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•61% - Irrigação Privada e outros usos</li> <li>•24% - Abastecimento Público</li> <li>•15% - Perenização de rio a jusante</li> </ul>	255,63
Tremendal/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•75% - Irrigação, dessedentação animal e humana</li> <li>•25% - Abastecimento Público</li> </ul>	23,75
Truvisco/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•53% - Perenização de rios a jusante.</li> <li>•31% - Abastecimento Público</li> <li>•Abastecimento Humano</li> <li>•16% - Demais usos</li> </ul>	38,95
Champrão/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>78% - Abastecimento Público Urbano</li> <li>6% - Abastecimento Público Rural</li> <li>16% - Irrigação, dessedentação e outros usos.</li> </ul>	5,98
Morrinhos/BA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•67% - Abastecimento Público</li> <li>•29% - Irrigação, aquicultura e outros usos.</li> <li>•4% - Dessedentação animal e humana</li> </ul>	3,11

Tabela 2: Custos de referência estimados de OMM de barragens

Custo OMM ANUAL		
Modelos	Volume (hm <sup>3</sup> )	R\$
1	Maior que 400	400.000,00
2	Entre 200 e 400	300.000,00
3	Entre 100 e 200	250.000,00
4	Entre 50 e 100	200.000,00
5	Menor que 50	150.000,00

A fim de se realizar uma simulação de receita versus despesas de um conjunto de sete barragens do DNOCS localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio de Contas, na Bahia, foi considerado que esse conjunto de barragens obterá receita por meio de adução de água bruta e produção de energia fotovoltaica flutuante, conforme a metodologia adotada por Ramos (2019), considerando os seguintes pontos:

- A área disponível de espelho d'água do reservatório para instalação de usinas fotovoltaicas flutuantes foi de 25% da área equivalente à conta mínima de operação da barragem;
- Potência instalada = 80,4 MW por km<sup>2</sup>;
- Produção média diária de energia = 6,62 horas (fator de carga – 27,58%);
- Redução da produção de energia no 1º ano = 2%;
- Redução da produção de energia do 2º ao 25º ano = 0,7% ao ano;
- Redução total estimada em 25 anos = 20%;

- Custo estimado de instalação com conexão à rede = entre R\$ 3 e 4 milhões por MW;
- Valor do MWh (arbitrado R\$ 85,00 – valor similar ao resultante do leilão ANEEL A-6 de outubro 2019);
- Custo estimado do OMM do reservatório (estimado em 2019 entre R\$100 mil e R\$ 500 mil – a depender do porte do reservatório); e
- Preço médio de captação de água bruta de R\$ 0,06, equivalente ao valor aplicado no interior do Ceará em 2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos estimados de OMM das barragens em estudo estão na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Custos de OMM estimados para as barragens analisadas

Barragem	Volume da Barragem hm <sup>3</sup>	Modelo OMM	CUSTO ANUAL OMM (R\$) *
Brumado	105	3	250.000,00
Riacho do Paulo	53,8	4	200.000,00
Anagé	255,63	2	300.000,00
Tremedal	23,75	5	150.000,00
Truvisco	38,95	5	150.000,00
Champrão	5,982	5	15.000,00
Morrinhos	3,11	5	150.000,00
<b>Total</b>			<b>1.215.000,00</b>

Os valores obtidos com a cobrança relativa ao serviço de adução de água bruta e as receitas com a geração de energia fotovoltaica em painéis flutuantes instalados no espelho d'água das barragens constam das Tabelas 4 e 5 abaixo, conforme metodologia utilizada pela ANA (2022).

Tabela 4. Receita estimada pela cobrança da adução de água bruta

Barragem	Abastecimento (m <sup>3</sup> /ano)	Custo (R\$/m <sup>3</sup> )	Receita Anual (R\$)	Custeio Administrativo 7,5% (R\$)	Receita de Cobrança de Água (R\$)
Brumado	3.216.672,00	0,06	193.000,32	144.475,02	178.525,30
Anagé	1.576.800,00	0,06	94.608,00	7.095,60	87.512,40
Tremedal	315.360,00	0,06	18.921,60	1.419,12	17.502,48
Truvisco	2.207.520,00	0,06	132.451,20	9.933,84	122.517,36
Champrão	946.080,00	0,06	56.764,80	4.257,36	52.507,44
Morrinhos	2.932.848,00	0,06	175.970,88	13.197,82	162.773,06
<b>Total</b>	<b>11.195.280,00</b>		<b>671.716,80</b>	<b>50.378,76</b>	<b>621.338,04</b>

Tabela 5. Receita estimada pela geração de energia solar em usina fotovoltaica flutuante

Barragem	25% da área min (km <sup>2</sup> )	Potência Instalada (MW)	Geração Anual	Estimativa MWh (R\$)	Receita de Usina Fotovoltaica Anual (R\$)
Brumado	0,155	12,462	30.111,93	85	2.559.514,10
Anagé	1,83	147,132	355.515,05	85	30.218.779,39
Tremedal	0,26	20,904	50.510,34	85	4.293.378,49
Truvisco	0,25	20,1	48.567,63	85	4.128.248,55
Total	2,495	200,598	484.704,95		41.199.920,53

## CONCLUSÕES

De forma preliminar, verifica-se que a exploração econômica do conjunto de barragens da Bacia Hidrográfica do Rio de Contas pode ser viável, quando consideramos que o custo anual de OMM é de R\$ 1.215.000,00 e a receita estimada foi estimada com bases em valores correspondentes ao ano de 2019 no valor de R\$ 41.821.258,00. Ou seja, o custo de OMM está abaixo de 3% do faturamento previsto.

Dado o pequeno porte ou baixa garantia de acumulação de água na cota do volume morto, não foram estimadas receitas de geração de energia fotovoltaica nos reservatórios de Riacho do Paulo, Champrão e Morrinhos, e não há abastecimento público a partir de Riacho do Paulo. Assim, a manutenção, a operação e o monitoramento dessas barragens deverão ser subsidiadas pelas receitas das demais barragens do lote.

As estimativas e simulações foram realizadas em 2019. Assim, o resultado apresentado nesse trabalho não reflete a situação atual. Com isso, estudos mais aprofundados e atualização dos valores de referência devem ser feitos, considerando a redução dos custos de placas fotovoltaicas e dos insumos necessários à instalação das usinas, assim como o valor da energia tem subido nos últimos anos.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Relatório de segurança de barragens 2023**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **A regulação do uso dos recursos hídricos e a operação da infraestrutura da União**. Brasília: ANA, 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Alocação de Água 2019-2020 Sistema Hídrico Anagé**. Anagé - BA: ANA, 2019. Disponível em <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/resolucoes-e-normativos/regras-especiais-de-uso-da-agua/alocacao-de-agua/2019-2020/alocacao-2019-2020-anage-09-05-2019.pdf>. Acessado em 18/07/2024. Acesso em 18 jul. 2024

RAMOS, Esdras Godinho. **EVTEA para o Uso de Fonte de Energia Renovável no PISF: uma avaliação de alternativas para a sustentabilidade energética**. 2019. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas de Infraestrutura. Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2019. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3995>. Acesso em 15 jul. 2024.

**Área:** Legislação, regulamentações e políticas públicas

## GESTÃO AMBIENTAL DE BARRAGENS EM ÁREAS URBANAS

Ruan Otávio Teixeira<sup>1</sup>; Junia Kizzy Azevedo de Medeiros<sup>2</sup>; Gustavo Henrique de Medeiros Paiva<sup>3</sup>; Anderson Flávio Queiroz<sup>4</sup>; Any Caroline Nunes da Silva<sup>5</sup>; Washington Brenno Bezerra Nóbrega<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH, Rua Dona Maria Câmara, 1884 - Capim Macio, Natal/RN – CEP: 59082-430, E-mail: [gabinete@semarh.rn.gov.br](mailto:gabinete@semarh.rn.gov.br).

<sup>2</sup>COGERH e USAG, SEMARH, Rua Dona Maria Câmara, 1884 - Capim Macio, Natal/RN – CEP: 59082-430, E-mail: [cogerh@semarh.rn.gov.br](mailto:cogerh@semarh.rn.gov.br).

E-mail do autor correspondente: [ruanteixeira@semarh.rn.gov.br](mailto:ruanteixeira@semarh.rn.gov.br).

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar o melhor formato de gestão ambiental do entorno de barramentos localizados em área urbana empreendidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH do Rio Grande do Norte. Para tanto foi realizada a delimitação das bacias hidráulicas, da APP e levantamento das legislações aplicadas em áreas urbanas sobre uso e ocupação do solo. A metodologia da pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas. Etapa 1: escolha da barragem piloto para desenvolvimento da pesquisa em área urbana. Etapa 2: levantamento da literatura e documental. Etapa 3: obtenção de imagem de satélite, tratamento das imagens e geração de shapefile e classificação do uso solo. Etapa 4: validação dos dados in loco, por meio de imagem do drone Mavic Pro 2 Zoom. Etapa 5: proposição de modelo de gestão ambiental das barragens em área urbana. Como resultados identificou-se a presença de vegetação herbácea, arbustiva, macrófitas nas margens do reservatório e residência. Portanto, conforme exposto, o formato eficiente para gestão ambiental de reservatórios em área urbana deve incluir a integração do empreendedor (SEMARH) e o município e a utilização de ferramentas disponíveis através de SIG, além das ações in loco.

**Palavras-chave:** Área de Preservação Permanente; Uso e ocupação de solo; Barragens; Gestão de Recursos Hídricos; Gestão Ambiental.

## INTRODUÇÃO

A Lei 12.651/2012 estabelece as delimitações e os usos das Áreas de Preservação Permanente (APP), além de determinar as áreas que serão designadas como APP. De acordo com essa lei APP são áreas protegidas que podem ou não ter a presença de vegetação nativa, possuem a função de preservar a paisagem, a biodiversidade, os recursos hídricos, favorecer o

fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo, assegurar o bem-estar da população humana, com também a estabilidade geológica. Entretanto, a lei 14.285/2021 fez algumas alterações referentes às áreas de APP tendo como uma delas a modificação no tamanho das áreas destinadas à preservação permanente, que anteriormente era de acordo com o tamanho da largura dos cursos d'água. Com a nova legislação o tamanho dessas faixas em áreas consolidadas pode ser definido por lei municipal ou distrital (Brasil, 2021).

A faixa determinada para APP em reservatórios de água que decorram de barramento ou represamento de rios destinado a geração de energia ou abastecimento público, são estabelecidas na licença ambiental do empreendimento. Entretanto, é necessário que o empreendedor observe a faixa mínima de 30 metros e máxima de 100 metros em área rural e 15 metros e 30 metros em área urbana (BRASIL, 2012).

No Brasil os corpos hídricos urbanos com uma faixa marginal de 30 metros apresentaram entre os anos de 1985 e 2020 um crescimento de 29% de áreas urbanizadas nessas faixas e 71% não estavam ocupados pela urbanização. Entretanto, a partir de 1985 houve um crescimento de 102% de área urbanizada entorno de corpos hídricos, isso se deve a pressão da expansão das cidades (Santos Junior et al, 2022) O que causa um alerta, pois a urbanização tem como uma das suas consequências a impermeabilização do solo, fazendo com que ocorra o aumento da vazão do escoamento superficial no período chuvoso como também alteração na qualidade de água.

O Nordeste brasileiro possui clima semiárido em grande parte do seu território, o que proporciona uma elevada taxa de evapotranspiração e variação no índice pluviométrico, fazendo com que seja comum a instalação de reservatório para armazenamento de água (Rebouças, 1997). Percebe-se uma diminuição da vegetação da mata nativa e ciliar em torno dos reservatórios que estão localizados próximos a centros urbanos (Nobrega et al, 2019). A ação de desmatamento das APPs dos reservatórios pode acontecer por vários motivos, um deles é o uso da área para o desenvolvimento da atividade agrícola e pecuária (Teixeira et. al, 2023).

Área de Preservação Permanente tem a importante função de proteger os recursos hídricos, evitando que esses recursos sejam degradados. Estudos mostram que a ação antrópica nessas áreas, como degradação na vegetação, pode causar a perda de biodiversidade e degradação dos corpos hídricos (Coelho Montenegro et al, 2014). A qualidade e quantidade dos corpos hídricos sofrem interferência direta com uso e ocupação do solo do seu entorno (Bortoli et al, 2017). A APP dos reservatórios tem a função de evitar erosão e o assoreamento, reduzindo os impactos das enxurradas no período chuvoso.

Nessa perspectiva, a pesquisa teve por objetivo avaliar e propor um formato eficiente de gestão ambiental do entorno de barramentos localizados em área urbana empreendidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH do Rio Grande do Norte. Para tanto foi realizada a delimitação das bacias hidráulicas, da APP e levantamento das legislações aplicadas em áreas urbanas sobre uso e ocupação do solo.

## **METODOLOGIA**

A metodologia da pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas. Etapa 1: escolha da barragem piloto para desenvolvimento da pesquisa em área urbana; Etapa 2: levantamento da literatura e documental; Etapa 3: obtenção de imagem de satélite, tratamento das imagens e geração de shapefile e classificação do uso solo; Etapa 4: validação dos dados in loco, por meio de imagem do drone Mavic Pro 2 Zoom; e Etapa 5: proposição de modelo de gestão ambiental das barragens em área urbana.

A barragem escolhida como escopo para a pesquisa foi a Vinte e Cinco de Março que se encontra localizada no município de Pau dos Ferros/RN, oeste do estado, no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró - BHRAM que tem como principal contribuinte o Riacho Cajazeiras.

**Tabela 1.** Dados da barragem escopo da pesquisa.

<b>Reservatório</b>	<b>Açude Vinte e Cinco de Março</b>
<b>Ano conclusão construção</b>	<b>1917</b>
<b>Capacidade (1.000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>4.722</b>
<b>Volume Morto (1.000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>1.227</b>
<b>Vazão Liberada (l/s)</b>	<b>0,00</b>
<b>Cota soleira sangradouro/vertedouro (m)</b>	<b>99,00</b>
<b>Cota do coroamento (m)</b>	<b>101,00</b>
<b>Bacia Hidráulica (ha)</b>	<b>233,00</b>

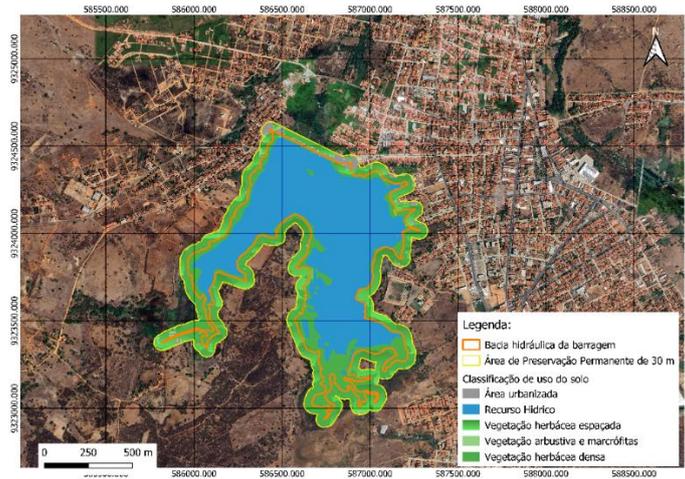
Fonte: DNOCS, 2024.

O levantamento documental contemplou estudos acadêmicos e técnicos relacionados a delimitação de APP e gestão de reservatórios. Na classificação da área no entorno da Barragem Vinte e Cinco de Março foi utilizada imagem de satélite de alta resolução espacial (10 m, Sentinel 2) para identificação do uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente (APP). A bacia hidráulica foi definida utilizando-se imagens aéreas tendo em vista que os dados de projeto não se encontravam disponíveis com a cota operacional, de vertimento/sangria entre outras informações no formato dwg. ou shapefile. A validação dos dados considerou os registros realizados através da Inspeção Regular de Segurança realizada

anualmente pela Coordenação de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - COGERH da SEMARH do Rio Grande do Norte.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

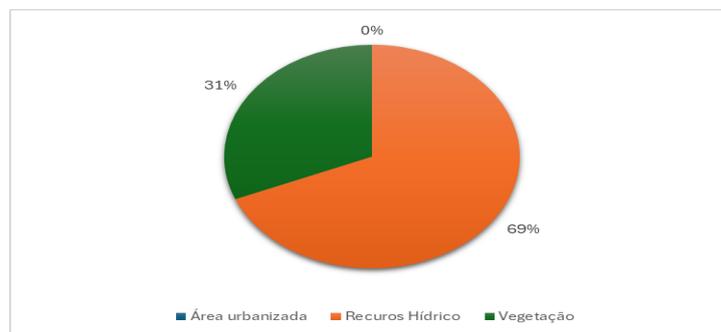
O reservatório Vinte e Cinco de Março por estar na área urbana de Pau dos Ferros/RN teve sua APP delimitada com 30 m (Figura 1).



**Figura 1.** Classificação das áreas do entorno da barragem.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Nessa área, considerando os dados recentes, entre maio e junho de 2024, identificou-se a presença de vegetação herbácea, arbustiva, macrófitas nas margens do reservatório e área urbanizada. Ressalta-se que a urbanização mesmo expandida em direção ao reservatório/APP tem percentual abaixo de zero que corresponde a uma área de 2,3 ha (Figura 2).



**Figura 2.** Classificação das áreas da barragem.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O uso e ocupação do solo são gerenciados por diversas leis, as quais podem ser mais restritivas nos Estados e Municípios quando se refere à Área de Preservação Permanente. A

Lei de Parcelamento do Solo, Código de Meio Ambiente e Plano Diretor das cidades são alguns dos instrumentos utilizados para determinar as diretrizes sobre o uso e ocupação do solo, estabelecendo áreas prioritárias para conservação e promovendo o desenvolvimento sustentável. Essas leis, dentre outras, podem ser utilizadas como mecanismo para subsidiar as novas diretrizes para o estabelecimento de faixas de APPs, pois de acordo com a Lei 14.285/2021 os estados, municípios assim como o distrito federal, poderão definir faixas marginais das APPs diferente das estabelecidas no artigo 4º da lei 12.651/2012 (Brasil, 2012).

Nesse sentido, o modelo de Gestão Ambiental a ser aplicado às barragens deve estar em consonância com o Plano de Uso do Entorno do reservatório, atendendo os requisitos legais preconizados na legislação Federal, Estadual e Municipal.

As ações a serem adotadas correspondem ao processo de recuperação da mata ciliar tendo em vista que na APP observou-se apenas vegetação herbácea espaçada ou densa. O monitoramento pode ser realizado in loco e via ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Conforme Brasil (2024) observa-se o Programa Brasil MAIS corresponde a uma excelente alternativa de monitoramento/fiscalização ambiental visto que tem como produto cartográficos mosaicos, disponibilizados mensalmente, que são acessados por meio de WebServices ou em Plugins QGIS em cores naturais (RGB), em composição falsa cor (NIR) e em diferentes índices espectrais, com resolução espacial de 4,77 metros e resolução radiométrica de 8 bits.

## **CONCLUSÕES**

Com base nos resultados, pôde-se concluir que o acompanhamento da gestão do entorno poderá se dar de duas formas complementares. A primeira envolve a Inspeção Regular de Segurança - IRS que o empreendedor realiza anualmente quando observa in loco os aspectos de segurança da estrutura de engenharia e o uso do entorno da barragem. A segunda envolve o acompanhamento mensal do uso do entorno da barragem por meio do Programa Brasil M.A.I.S que tem a finalidade de permitir aos usuários aperfeiçoar investigações e operações com base em imagens de satélites diários de alta resolução do Brasil. Dessa forma, qualquer intervenção em área de APP poderá ser identificada e imediatamente notificar o responsável pela ação, além do órgão competente que poderá atuar.

Nesse modelo de Gestão Ambiental a ser adotado deve-se considerar a realização de parceria ou Acordo de Cooperação Técnica (ACT) com os municípios que têm barragens empreendidas pela SEMARH em área urbana.

Essa ACT facilitará a gestão das barragens como também trará segurança jurídica nas emissões de certidão de uso do solo próximo a área de APP. Nos aspectos ambientais, essa prática proporcionará o controle dos aspectos qualitativos de acordo com os usos preponderantes do reservatório que correspondem ao abastecimento humano e irrigação considerando também a perspectiva do enquadramento do corpo hídrico a montante e jusante do reservatório. Portanto, conforme exposto, o formato eficiente para gestão ambiental de reservatórios em área urbana deve incluir a integração do empreendedor (SEMARH) e o município e a utilização de ferramentas disponíveis através de SIG, além das ações in loco.

## REFERÊNCIAS

Bortoli, J. Rempel, C. Maciel, M. J. Tavares, V. E. Q. **A qualidade da água de dessedentação animal e a preservação das áreas de preservação permanente.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. v.8, n.3. [2017].

BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispões sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428 de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis no 4.771 de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm?itid=lk\\_inline\\_enhanced-template](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm?itid=lk_inline_enhanced-template). Acesso em 20 jul. 2024.

BRASIL. **Lei 14.285 de 29 de dezembro de 2021.** Altera as Leis n<sup>os</sup> 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm). Acesso em 20 jul. 2024.

REBOUÇAS, A. C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Revista Scielo Brasil.** Dossiê Nordeste I, [1997]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>. Acesso em 21 jul. 2024.

NOBREGA, T. F. SOUZA, R. F. MEDEIROS, G. F. Efeito da Precipitação e Ocupação do Solo sobre a Qualidade de Água Superficial de Reservatório Urbano no Litoral do Nordeste Brasileiro. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental.** v. 8, n. 2, p. 626-647, [2019]. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6393/4449](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6393/4449). Acesso em 21 jul. 2024.

SANTOS JUNIOR, E. R. Montaña, M. Justiniano, E. F. Melo, B. M. Hirye, M. C. M. Shimbo, J. AZEVEDO, T. Pedrassoli, J. C. Nota Técnica - **Ocupação Urbana em torno de Corpos Hídricos no Brasil**. MapBiomas, vol. 01, [2022]. Disponível em: [https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Nota\\_tecnica\\_Ocupacao\\_urbana\\_em\\_torno\\_de\\_corpos\\_hidricos\\_no\\_Brasil\\_v010822\\_1.pdf](https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Nota_tecnica_Ocupacao_urbana_em_torno_de_corpos_hidricos_no_Brasil_v010822_1.pdf). Acesso em 20 jul. 2024

TEIXEIRA, N. N. SANTOS, Z. S. CRUZ JUNIOR, D. C. Remanescentes de Mata Atlântica da APP Barragem de Morrinhos em Poções – Bahia. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, e14912541674, [2023].

**Área:** Manutenção e inspeção de barragens

## **IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS EM BARRAGENS DE TERRA, NO ESTADO DA PARAÍBA**

João Pedro Chaves da Silva Rodrigues<sup>1</sup>; Francisco Pereira Neto<sup>2</sup>; Nicolly Gomes Azevedo<sup>3</sup>.

1Gerente de Operações de Mananciais e Segurança de Barragens, AESA, João Pessoa-PB, [joaopedro@aesapb.gov.br](mailto:joaopedro@aesapb.gov.br)

2Subgerente de Operações de Mananciais, AESA, João Pessoa-PB, [neto@aesapb.gov.br](mailto:neto@aesapb.gov.br)

3Subgerente de Segurança de Barragens, AESA, João Pessoa-PB, [nicolly@aesapb.gov.br](mailto:nicolly@aesapb.gov.br)

E-mail do autor correspondente: [joaopedro@aesapb.gov.br](mailto:joaopedro@aesapb.gov.br)

**RESUMO:** Este artigo focou na análise das condições de barragens de terra em três municípios do estado da Paraíba, com o objetivo de identificar e caracterizar anomalias estruturais e operacionais que possam comprometer a segurança e eficiência dessas infraestruturas. Durante a pesquisa, foram realizadas inspeções em 3 barragens, permitindo uma avaliação abrangente e detalhada dos problemas comuns enfrentados por essas estruturas. Os resultados das inspeções revelaram uma série de deficiências críticas que afetam 100% das barragens avaliadas, incluindo a falta de material para manutenção e a deficiência no treinamento dos operadores. Problemas estruturais também foram universalmente identificados, como a presença de vegetação nos taludes montante e jusante, corrosão e vazamentos nas tubulações de saída, além de construções inapropriadamente próximas nas regiões de jusante. Outras anomalias como obstruções no sangradouro, falhas no revestimento do coroamento e erosão nas ombreiras foram detectadas em proporções significativas. Deste modo, é necessário a implementação imediata de medidas corretivas, aumento de recursos para manutenção, e uma revisão nos programas de treinamento dos responsáveis pela operação das barragens, como passos essenciais para mitigar os riscos identificados e garantir a segurança a longo prazo das barragens de terra na Paraíba.

**Palavras-chave:** Anomalias em Barragens; Segurança de Barragens; Manutenção de Barragens; Inspeção de Barragens; Barragens de Terra;

### **INTRODUÇÃO**

Barragens têm sido erigidas ao longo de milênios, seja para regular inundações, represar águas como fonte de energia hidrelétrica, prover água para consumo humano direto, uso industrial ou para irrigação agrícola (CMB, 2000). As barragens, estruturas essenciais para a administração dos recursos hídricos, podem ser de grande ou pequeno porte e são projetadas tanto para armazenar água da chuva quanto para captar água de rios existentes. Essas construções variam em forma e material, podendo ser feitas de terra, concreto ou enrocamento.

A técnica de barrar um curso d'água, que consiste em acumular água durante os períodos de chuva para utilizá-la durante a estiagem, apesar de ser um método muito antigo, é ainda considerada a técnica mais prática e eficaz para o aproveitamento múltiplo das águas de

rios ou córregos (MORANO, 2006). As barragens de terra estão se tornando cada vez mais comuns em áreas rurais e são frequentemente construídas por iniciativa privada, visando benefícios como abastecimento de água para consumo humano ou para suportar a produção agrícola local. No entanto, muitos desses projetos não contam com estudos preliminares adequados para embasar a elaboração dos projetos e a subsequente construção. A falta dessas informações essenciais torna a construção, operação e vida útil da estrutura frágeis, podendo resultar em anomalias ao longo do tempo. De acordo com o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), algumas das anomalias mais comuns em barragens de terra incluem fissuras, surgências de água, instabilidade dos taludes, recalques localizados, afundamentos, proteção deficiente dos taludes, erosão superficial e presença de árvores, arbustos e tocas de animais. Desse modo, para prevenir anomalias e evitar grandes desastres e tragédias humanitárias, é fundamental que as barragens de terra recebam atenção constante por meio de ações mitigadoras, como inspeções periódicas e manutenções preventivas e corretivas. Os rompimentos das barragens de Mariana/MG em 2015 e Brumadinho/MG em 2019 exemplificam as graves consequências de uma gestão inadequada dessas estruturas, resultando em tragédias humanitárias e desastres ambientais de grandes proporções, com danos ao meio ambiente que são irreversíveis ou cujas soluções são economicamente dispendiosas e demoradas. Desse modo, este trabalho objetivou-se em identificar e caracterizar as anomalias estruturais e operacionais que comprometem a segurança e eficiência dessas infraestruturas.

## **METODOLOGIA**

Neste estudo, foi realizada uma análise detalhada das condições estruturais das barragens de terra Epitácio Pessoa (Boqueirão-PB), Engenheiro Avidos (São José de Piranhas-PB) e Lagoa do Arroz (Cajazeiras-PB), com o objetivo de identificar e caracterizar as anomalias presentes. A escolha dessas barragens foi com base em critérios que consideraram a importância hídrica para a região, a história operacional e os riscos potenciais associados à sua operação e condição atual.

Foi realizado uma vistoria minuciosa que permitisse não apenas a identificação de problemas existentes, como recalques, fissuras, erosão e outros tipos de deterioração, mas também proporcionar uma base sólida de dados para a formulação de estratégias de manutenção e reabilitação. As anomalias identificadas durante a vistoria foram avaliadas e categorizadas conforme os tipos conhecidos de anomalias em barragens de terra. Com isso,

foi elaborado um relatório de Inspeção Regular, contendo o registro completo da vistoria realizada na estrutura e seu entorno.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das inspeções realizadas nas barragens estudadas do empreendedor DNOCS, observou-se que existem falhas consistentes e preocupantes em diversas áreas críticas das estruturas (Tabela 1). Notavelmente, 100% das barragens apresentaram anomalias significativas, incluindo a falta de material adequado para manutenção e a deficiência no treinamento do pessoal responsável pela operação e conservação das barragens. Estes fatores são cruciais para a manutenção da integridade e segurança das barragens, indicando uma vulnerabilidade sistêmica na infraestrutura operacional delas.

Além das questões operacionais, problemas estruturais foram identificados em todas as barragens visitadas. As seguintes anomalias foram universalmente observadas:

- Presença de árvores e arbustos tanto no talude montante quanto na jusante: A vegetação nesses locais pode causar danos significativos à estrutura das barragens, pois as raízes podem facilitar caminhos para infiltração de água e conseqüentemente, a erosão do solo.
- Corrosão e vazamentos na tubulação de saída: Esse problema pode comprometer a eficiência da barragem em controlar o fluxo de água, além de potencialmente enfraquecer a estrutura com o passar do tempo.

**Tabela 1.** Anomalias estruturais e operacionais que comprometem a segurança e eficiência das barragens Epitácio Pessoa (Boqueirão-PB), Engenheiro Avidos (São José de Piranhas-PB) e Lagoa do Arroz (Cajazeiras-PB).

		<b>Barragem</b>		
		Engenheiro Avidos	Epitácio Pessoa	Lagoa do arroz
<b>Município</b>		São José de piranhas	Boqueirão	Cajazeiras
<b>Licença de obra</b>		AESA	AESA	AESA
<b>Infraestrutura Operacional</b>	Falta de documentação sobre barragem; Falta de material para manutenção; Falta de treinamento do pessoal; Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos hidromecânicos e elétricos;	Falta de documentação sobre barragem; Falta de material para manutenção; Falta de treinamento do pessoal; Falta ou deficiência de cercas de proteção; Falta de acompanhamento da Gerência Regional; Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos;	Falta de documentação sobre barragem; Falta de material para manutenção; Falta de treinamento do pessoal; Precariedade de acesso de veículos; Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos; Hidromecânicos e elétricos;	Falta de documentação sobre barragens; Falta de material para manutenção; Falta de treinamento do pessoal; Precariedade de acesso de veículos; Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos; Hidromecânicos e elétricos;
<b>Talude de montante</b>	Defeitos na drenagem		Árvores e arbustos	Erosão nos encontros das ombreiras; Árvores e arbustos;
<b>Coroamento</b>	Afundamentos e buracos		Falha e falta de revestimento	Defeitos na drenagem; Falha no revestimento; Defeitos do meio-fio;
<b>Instrumentação</b>	Falta de instrumentação.		Falta de instrumentação.	Falta de instrumentação.
<b>Sangradouro/ vertedouro</b>	Desalinhamento dos taludes e muros laterais.		Erosão na área à jusante (erosão regressiva); Árvores e arbustos;	Árvores e arbustos;
<b>Reservatório</b>	Construções em áreas de proteção; Desmatamentos na área de proteção;		Construções em áreas de proteção; Desmatamentos na área de proteção; Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc. Erosões e Assoreamento.	Régua danificada ou faltando; Construção em área de proteção; Existência de vegetação aquática excessiva; Desmatamento na área de proteção; Gado pastando;
<b>Talude de jusante</b>	Árvores e arbustos		Afundamentos e buracos; Canaletas quebradas ou obstruídas; Árvores e arbustos.	Erosões; Falha na proteção vegetal; Canaletas quebradas ou obstruídas; Árvores e arbustos;
<b>Região a jusante da barragem</b>	Fuga d'água; Construções irregulares próximas ao leito do rio;		Construções irregulares próximas ao leito do rio; Construções irregulares próximas ao leito do rio.	Construções irregulares próximas ao leito do rio; Árvores e arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem
<b>Estrutura de saída</b>	x		Corrosão e vazamentos na tubulação; Precariedade de acesso (árvores e arbustos); Falta de manutenção; Construções irregulares	Corrosão e vazamentos na tubulação; Defeitos nos dispositivos de controle; Vazamento nos dispositivos de controle; Falta de manutenção; Construções irregulares; Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas.

Adicionalmente, outras falhas foram detectadas com frequências variadas:

- 66,6% das barragens apresentaram obstrução no sangradouro: Isso pode impedir a passagem adequada de água, aumentando o risco de transbordamento e ruptura durante períodos de chuva intensa.

- 100% das inspeções constataram a presença de construções próximas ao rio na região de jusante: Tal proximidade pode aumentar o risco de impactos em caso de falha da barragem e também pode contribuir para a pressão adicional sobre as estruturas devido ao uso humano intensificado.
- 66,6% mostraram falha no revestimento do coroamento: O que compromete a proteção contra erosão na parte mais alta da barragem, crucial para a integridade da estrutura.
- 33,3% das barragens tinham erosão evidente nas ombreiras: O que é um sinal de degradação estrutural que pode evoluir para problemas mais graves se não for corrigido a tempo.

Estes resultados destacam a necessidade urgente de melhorias na gestão, manutenção e fiscalização das barragens, especialmente considerando os potenciais riscos para a segurança pública e para o meio ambiente. A implementação de medidas corretivas, juntamente com o aumento no financiamento para manutenção e treinamento adequado do pessoal, são passos essenciais para garantir a estabilidade e funcionalidade dessas infraestruturas críticas.

## **CONCLUSÕES**

Diante do exposto, concluímos que todas as estruturas de barragem, independentemente de seu tipo e finalidade, devem seguir rigorosamente as diretrizes estabelecidas pela Lei de Segurança de Barragem, tanto pelos proprietários quanto pelos órgãos fiscalizadores.

Recomenda-se que as vistorias sejam realizadas com frequência constante para a identificação de falhas e riscos. Além disso, diante dos problemas identificados, é crucial que sejam tomadas as devidas providências, incluindo a manutenção preventiva e corretiva, para prevenir o colapso estrutural e o potencial rompimento da barragem.

A importância desta prática é amplificada pelo fato de que as consequências de um acidente com barragens podem ser devastadoras tanto para a população quanto para o meio ambiente, com danos muitas vezes irreversíveis e de vasta magnitude, como já constatado ao longo da história.

## **REFERÊNCIAS**

- MORANO, J. R. Pequenas barragens de terra: metodologia para projetos e obras. CODASP, 2006.
- COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. CMB. Barragens e Desenvolvimento: Um Novo Modelo para Tomada de Decisões - Um Sumário. Brasil, 2000.

**Área:** Gestão de águas pluviais e drenagens

## **IMPACTOS CAUSADOS PELO EVENTO DE CHUVA INTENSA NO DIA 28 DE MAIO DE 2024 EM JOÃO PESSOA - PB**

Maria Marle Bandeira<sup>1</sup>; Edivan Silva dos Santos<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Meteorologista da Agência Executiva de Gestão da Águas do Estado da Paraíba – AESA, Campina Grande - PB, marle@aesa.pb.gov.br

<sup>2</sup>Estagiário da Agência Executiva de Gestão da Águas do Estado da Paraíba – AESA e estudante de Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande – PB, edivan.silva@estudante.ufcg.edu.br

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo averiguar os impactos relacionados ao evento de chuva intensa em João Pessoa/PB no dia 28 de maio de 2024. Foram utilizados dados horários de precipitação, direção/velocidade a 10m de altura provenientes da estação automática pertencente a AESA, adquirida pelo Projeto SEIRA/BANCO MUNDIAL/COOPERAR. A estação em estudo fica localizada na Vila Olímpica, Bairro dos Estados. Como também foram utilizados dados de ocorrência da Defesa Civil de João Pessoa e imagens de satélite do CPTEC/INPE e reportagens divulgadas pelas mídias locais. Diante de tudo a análise pode-se destacar a ocorrência da chuva intensa e duradoura, contribuiu significativamente para a ocorrência de alagamentos, deslizamento de barreiras, queda de árvores, entre outros. E de acordo com os dados de direção/velocidade pode-se concluir que a velocidade do vento estável contribuiu para que os aglomerados permanecessem estacionários, sobre a faixa litorânea por um longo tempo, principalmente no período da manhã.

**Palavras-chave:** Alagamentos; Chuvas intensas; Defesa Civil.

### **INTRODUÇÃO**

O município de João Pessoa, situado no estado da Paraíba tem vivenciado nos últimos tempos eventos de chuvas intensas. A chuva quando vem em excesso pode ocasionar alagamentos, enchentes, dentre outros impactos socio/ambientais. E a possibilidade de ocorrer alagamentos e enchentes são verificados pela combinação entre as condições naturais e as antrópicas Amaral e Ribeiro (2009). Já segundo Tucci (2003) os principais processos relacionados a alagamentos são o aumento das magnitudes das enchentes ocasionado pelas chuvas intensas e a intensificação da impermeabilização gerada pela urbanização

desordenada. O período mais chuvoso de João Pessoa ocorre entre abril e julho. O principal sistema gerador de chuvas são os Distúrbios Ondulatórios de Leste – DOLs, podendo ocasionar grandes volumes de chuvas diárias, Gomes et al., 2015. Podemos citar também o deslocamento de umidade oriunda do oceano Atlântico em direção à costa leste do estado, trazido pelos ventos em baixos níveis da atmosfera (ventos alísios de sudeste), Vianello, et. al., 2006. Os altos índices diários de chuva geralmente estão associados a ocorrência de desastre como alagamentos, inundações, quedas de barreiras e perdas econômicas, podendo ocorrer até perdas humanas. Esse trabalho tem como objetivo compreender o comportamento do evento extremo de precipitação em João Pessoa e discutir o principal sistema meteorológico que contribuiu para a ocorrência de chuva intensa e relacionar com os chamados Defesa Civil.

## **METODOLOGIA**

Foram utilizados dados de horários de precipitação e direção/velocidade a 2m de altura, da estação automática pertencente a AESA, adquirida pelo Projeto SEIRA/BANCO MUNDIAL/COOPERAR, localizada na Vila Olímpica, Bairro dos Estados, dados de ocorrência da Defesa Civil de João Pessoa, imagens de satélite pertencentes ao CPTECINPE, como também, reportagem divulgadas pelas mídias locais. Com base nos dados horários de precipitação e vento a 2m, foram realizados, através do EXCEL, somatórios tabelas e histogramas no intuito de mostrar as distribuições temporais da precipitação e da velocidade/direção do vento. Para análise da atuação e desenvolvimento do evento meteorológico atuante foram utilizadas imagens do satélite Meteosat-7, disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2024).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a análise da distribuição temporal da precipitação horária, mostrada na Figura 1, podemos destacar que a chuva iniciou entre 00:00h e 1:00h e terminou entre 17:00h e 18:00h, somando um total de 17 horas de chuva, com 139,4mm, sendo os maiores totais horários entre 5:00h e 09:00h acumulando, em apenas 04 horas um total de 88,0mm, na estação automática situada na Vila Olímpica.

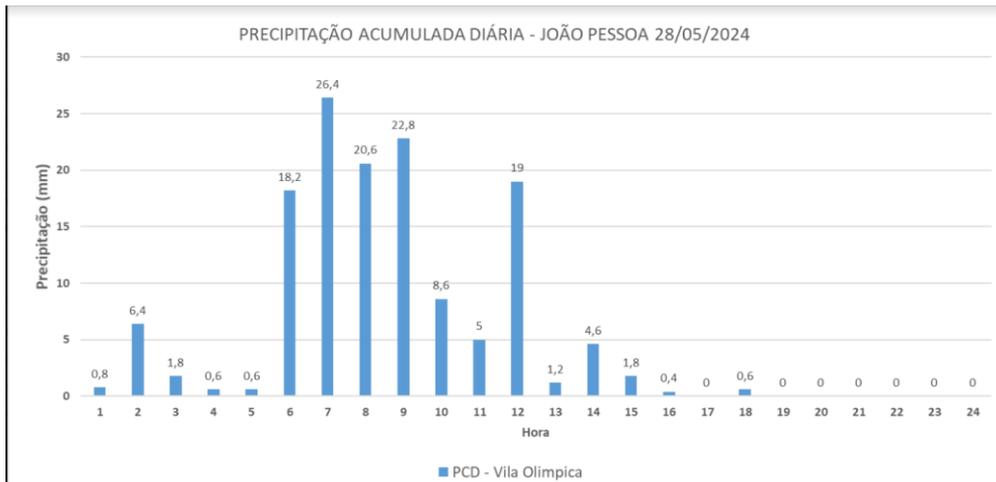


Figura 1- Distribuição horária da precipitação no dia 28 de maio de 2024 em João Pessoa/PB.

Através da análise temporal do vento a 2m pode-se observar que durante o período das 06:00h às 09:00h, ocorreu uma variação na direção do vento perceptível, inicialmente ao sul (170°), e em seguida para sudoeste (228°), depois voltando ao sul (176°) e finalmente variando para o noroeste (315°), como mostra a Figura 2. A velocidade do vento foi relativamente estável, variando entre 1,2 e 1,5 m/s, contribuindo para os aglomerados de nuvens ficarem estacionados sobre a faixa litorânea.

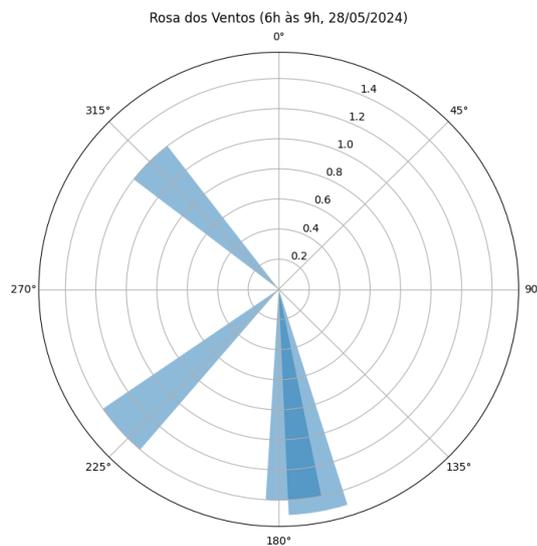


Figura 2 – Direção e Velocidade do Vento (m/s) durante o período de 6 a 9 horas do dia 28 de maio de 2024.

Através das imagens de satélite do METEOSAT do dia 28/05/2024 às 05:00h local mostra a formação instabilidade associada ao deslocamento de aglomerados de nuvens oriundas do oceano Atlântico em direção a costa leste dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. A sequência de imagens de satélite, na Figura 3, nos horários de 05:00h, 09:00h, 12:00h e 17:00h, mostra o desenvolvimento do aglomerado de nuvens com

chuvas fortes e persistente e sua atuação sobre a faixa litorânea dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba.

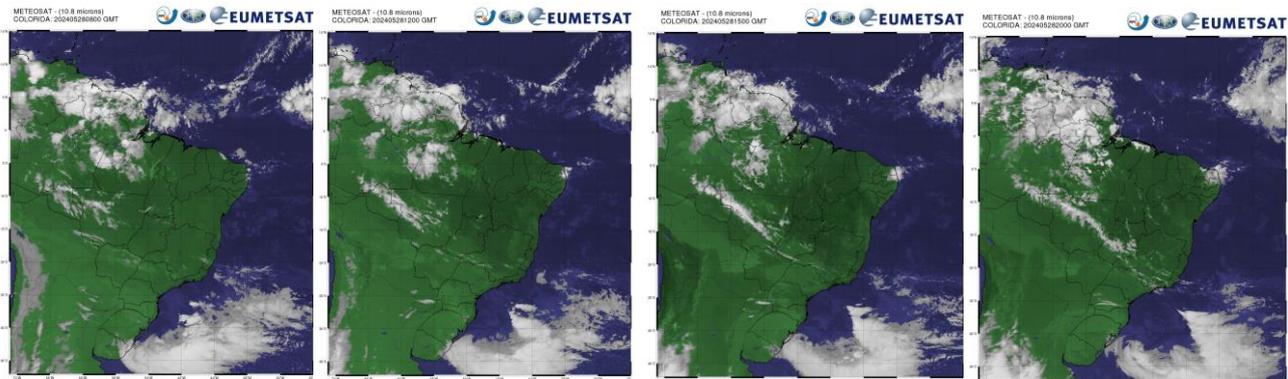


Figura 3 – Sequencia de imagens de satélite do METEOSAT do dia 28/05/2024. Fonte: CPTEC/INPE

Com a relação dos dados horários e as ocorrências registradas pela Defesa Civil foi possível entender o grande impacto que o evento de chuva intensa do dia 28 de maio de 2024 causou em João Pessoa. Ou seja, através dos dados fornecidos pela Defesa Civil de João Pessoa foram registraram 38 ocorrências recebidas via central de Operações, sendo 24 de alagamento, 01 de deslizamento de barreira, 03 de desabamentos em imóveis, 1 queda de árvore, 1 poda de arvore, 1 limpeza de boca de lobo, 2 limpezas de rio (São Jose e Penha), 1 buraco na rua e 4 vistorias preventivas (rachaduras). Podemos destacar que os maiores números de ocorrências relacionados ao evento foram de alagamento, com 24 ocorrência, representando 63% do total de ocorrência.



Figura 4 – Registros de imagens de alagamentos em João Pessoa vinculadas pelas mídias locais.

De acordo com as notícias vinculadas nos portais, destacam-se na Figura 4: a) alagamento no bairro José Américo — (Foto: TV Cabo Branco), b) carro em pane dentro de alagamento na capital paraibana — (Foto: TV Cabo Branco) e c) mostra teto de posto de combustível desaba em João Pessoa — (Foto: TV Cabo Branco/Reprodução).

## CONCLUSÕES

Diante dos impactos ambiental e social relacionados ao evento de chuva forte em João Pessoa no dia 28 de maio de 2024, se faz necessário discutir algumas medidas preventivas e mitigatórias com o objetivo de auxiliar na gestão de águas pluviais ao enfrentamento de eventos pluviométricos extremos. A importância de analisar eventos extremos de precipitação e associar o quanto essas chuvas estão associadas a alagamento entre outros desastres. E também compreender a dimensão das chuvas extremas em João Pessoa e observar o quanto essas chuvas estão relacionadas aos episódios de alagamentos na cidade e como geralmente causam transtornos e prejuízos para população.

## REFERÊNCIAS

- Amaral, R., Ribeiro, R. R., **Inundações e Enchentes**. In: Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. Desastres naturais: Conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- Gomes, H. B., Ambrizzi, T., Herdies, D. L., Hodges, K., e Pontes da Silva, B. F., **Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil: An Observational Analysis**. Advances in Meteorology, 2015, 1–20.
- Portugal L, L.; Becali, R. F. **Drenagem urbana: a impermeabilização do solo como um fator agravante a inundação**. Colatina: Instituto Federal do Espírito Santo, 2012.
- Santos, A. H. M. D., Aragão, M. R. D. S., Correia, M. D. F., Araújo, H. A. D., e Silva, A. B., 2012. **Distúrbio Ondulatório de Leste e seus impactos na cidade de Salvador**. Revista Brasileira de Meteorologia, 27, 355-364. Acesso: 20 ago. 2022.
- Texeira, R. F. B. **O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza/CE**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, p.282-291, 2008.
- Tucci, C.E.M. 2003. **Águas urbanas**. In: Tucci, C.E.M.; Bertoni, J.C. (Org.) Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. cap.2, p.11-44.
- Tucci, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. In: Tucci, et al. (org). 3ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004
- Vianello, R. L.; Alves, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: UFV. 2006.

**Área:** Monitoramento e instrumentação de barragens

## **MAPEAMENTO DE BARRAGENS NA PARAÍBA: UMA ANÁLISE PARA AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO**

Bruno José de Macedo Silva Leite<sup>1</sup>; Jana Yres Barbosa de Sousa<sup>2</sup>; Maria Adriana de Freitas Mágero  
Ribeiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Técnico de Recursos Hídricos, Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba, Av. Duarteda Silveira S/N Anexo DER – Torre – João Pessoa – Paraíba, bruno@aesa.pb.gov.br.

<sup>2</sup>Técnico de Recursos Hídricos, Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba, Av. Duarteda Silveira S/N Anexo DER – Torre – João Pessoa – Paraíba, jana@aesa.pb.gov.br.

<sup>3</sup> Professora efetiva do curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Av. Cel. Pedro Targino, s/n - Centro, Araruna- Paraíba, drickadefreitas@yahoo.com.br.

**RESUMO:** A fiscalização de barragens é essencial para os órgãos gestores de águas na Paraíba, onde a maioria dos municípios estão na região semiárida. A Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AES A) é responsável pela segurança das barragens, conforme a Lei n° 12.334/2010. Geotecnologias são fundamentais para monitorar e fiscalizar barragens de forma eficiente. Utilizando técnicas de geoprocessamento com software SIG, o objetivo deste estudo foi realizar um mapeamento preliminar, através de bases de dados oficiais, de barragens no Estado da Paraíba que não são documentadas.. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) e do relatório de Licenças de Obra Hídrica de barragens da AES A foram analisados, focando em barragens sem licença. As massas d'água foram verificadas visualmente com imagens do Google Earth, separando barragens de tanques de aquicultura e grandes rios. A distribuição das barragens foi mapeada por bacia hidrográfica, destacando áreas com maior concentração para ações de fiscalização. Foram identificadas 2.643 barragens irregulares, das quais 2.078 possuem área menor ou igual a 10 hectares, e 565 possuem área maior. A bacia do Piancó-Piranhas apresentou a maior quantidade de barragens (1.369), seguida pela bacia do Paraíba (911). O geoprocessamento se mostrou eficiente para direcionar ações de fiscalização e garantir a segurança das barragens, auxiliando na identificação de mananciais promissores em períodos de escassez hídrica.

**Palavras-chave:** Fiscalização, Geoprocessamento, Barragem.

## INTRODUÇÃO

A fiscalização de barragens é uma área de grande interesse principalmente para os órgãos gestores de águas. Muitas barragens foram construídas ao longo dos anos no Brasil para atender as mais diversas necessidades, porém poucas foram registradas e catalogadas, dificultando o trabalho dos entes públicos e privados em conhecer a localização dos seus reservatórios, fontes potenciais de captação de água e até mesmo de barragens com sua segurança comprometida.

Especificamente no estado da Paraíba, a reservação de água é uma prática comum e cultural devido a cerca de 90% do território do estadual (194 municípios) está inserido na região semiárida (IBGE, 2024; INSA, 2024), fazendo com que grande parte dos seus rios sejam de regime de fluxo intermitente e as vazões dos rios não atendam ao longo dos anos a demanda, sendo assim necessário a construção de barragens.

Na Paraíba, a AESA é autoridade do poder público estadual responsável pelas ações de fiscalização de segurança de barragem, de acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010), sendo de sua competência executar o disposto no artigo 16, no âmbito das suas atribuições legais.

Além das imposições normativas, a fiscalização de barragens garante o conhecimento de fontes d'água a serem requisitadas em períodos de escassez, gerenciamento da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas, controle da regularização dos rios, ciência das condições de segurança e possíveis comunidades em risco, impactos na afluência de reservatórios estratégicos, entre muitas outras informações.

Dessa forma, o uso de geotecnologias torna-se uma ferramenta poderosa para realizar levantamentos, comparações, acompanhamentos e verificações de dados em grandes áreas de maneira remota e assim direcionar as ações de fiscalização e autuações de empreendedores irregulares de forma mais eficiente.

Nessa perspectiva, este trabalho objetiva realizar um mapeamento preliminar, através de bases de dados oficiais, de barragens no estado da Paraíba que não são documentadas.

Espera-se que os resultados possam auxiliar os órgãos fiscalizadores estaduais ao contribuir com indicação de regiões de maior concentração de barragens para ações de fiscalização.

## METODOLOGIA

Realizou-se o estudo para o Estado da Paraíba utilizando técnicas de geoprocessamento através de software SIG.

Os dados geoespaciais utilizados foram as massas de água disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os cadastros de barragens no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) da ANA e barragens com licença de obra hídrica emitidas pela AESA.

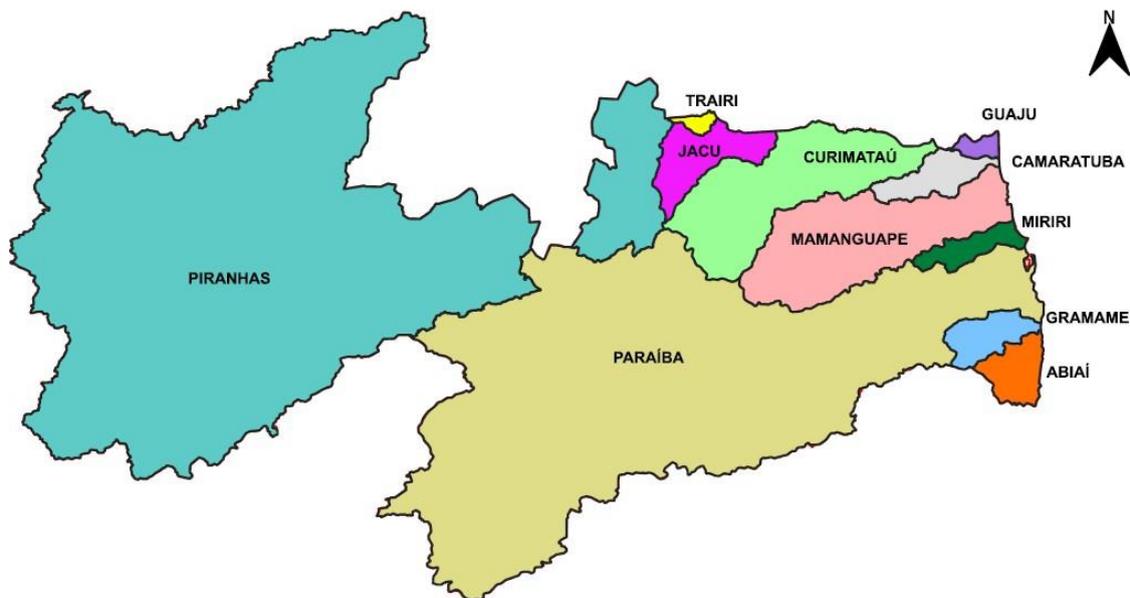
É importante salientar que foram utilizadas apenas as barragens de completudes mínimas e baixas do SNISB, que, mesmo mapeadas, não possuem licença.

Dessa forma, foi possível separar as massas d'água estaduais que não possuem licença ou cadastro em nenhuma das bases de dados.

Após essa etapa, validou-se visualmente, através das imagens de satélite do Google Earth, as massas d'água que realmente se enquadram na definição de barragem da Lei nº 12.334/2010, pois o arquivo vetorial continha, além dos reservatórios dos barramentos, espelhos d'água de tanques de aquicultura e rios de grandes superfícies hidráulicas.

Observou-se a distribuição das barragens irregulares por bacia hidrográfica para identificar locais com maior concentração de barragens e assim destacar focos de fiscalização através de mapas de calor para uma área de 2.000 Km<sup>2</sup> (ou mapas de densidade de Kernel).

**Figura 1.** Bacias hidrográficas da Paraíba



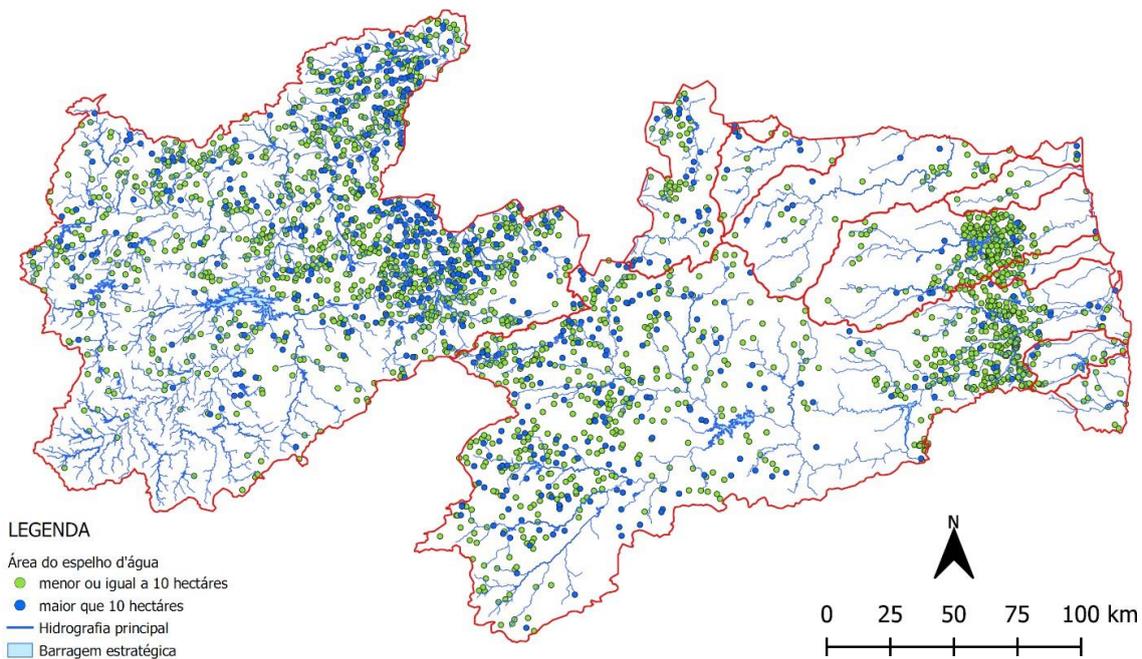
Fonte: Autores

Por fim, analisou-se a área das bacias hidráulicas das barragens dividindo-as em maiores do que 10 hectares (mais significativos) e menores ou iguais do que 10 hectares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise retornou um quantitativo total de 2.643 barragens irregulares, de dominialidade estadual e sem cadastro nas bases de dados utilizadas. Dentre esse total, 2.078 barragens possuem área de espelho d'água menor ou igual a 10 ha, enquanto 565 barragens possuem área de bacia hidráulica maior do que 10 ha, conforme apresentado na figura 2.

**Figura 2.** Espacialização das barragens irregulares com divisão das bacias hidrográficas



Fonte: Autores

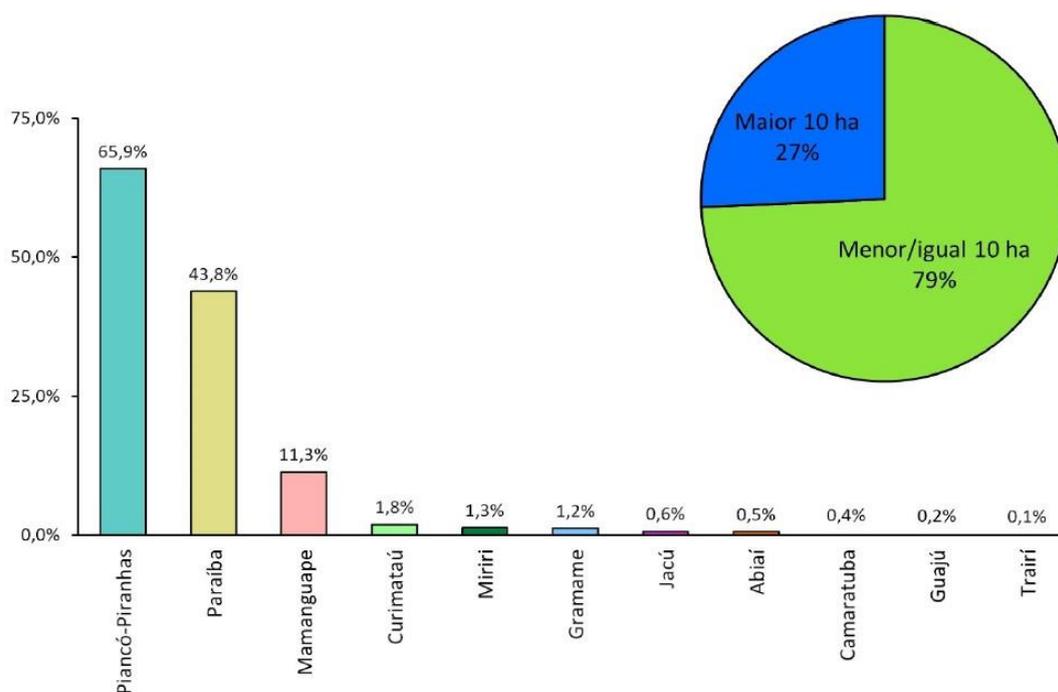
Para as bacias hidrográficas, a bacia do Piancó-Piranhas apresentou a maior quantidade com 1.369 enquanto a do Trairí apresentou o menor quantitativo com apenas 3, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Quantidade de barragens por bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica	Nº total de barragens	Bacia hidráulica <= 10 ha	Bacia hidráulica > 10 ha
Piancó-Piranahas	1.369	1.015	354
Paraíba	911	727	184
Mamanguape	234	224	10
Curimataú	38	31	7
Gramame	24	22	2
Jacú	13	8	5
Abiaí	11	11	0
Camaratuba	8	8	0
Guajú	5	3	2
Trairí	3	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>2.643</b>	<b>2.078</b>	<b>565</b>
Miriri	27	27	0

Apesar da bacia do Piancó-Piranhas apresentar o maior quantitativo, o que é justificado por estar totalmente inserida na região do semiárido, a bacia hidrográfica do Paraíba possui a segunda maior quantidade de barragens, principalmente na região mais ao leste onde o clima é mais úmido e os rios são perenes, conforme apresentado na figura 3.

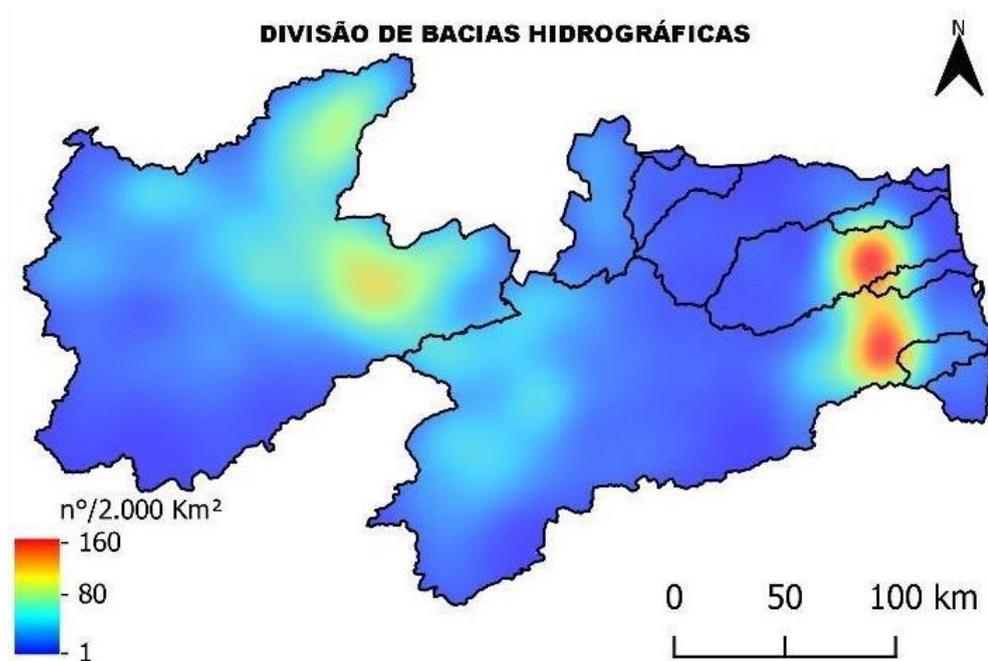
**Figura 3.** Representação das bacias hidrográficas por presença de barragens



Fonte: Autores

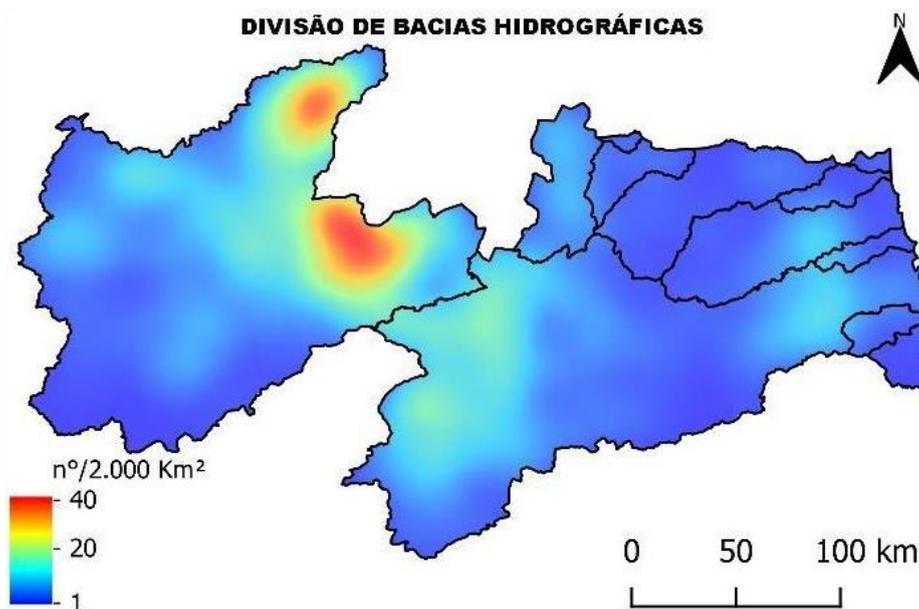
Esse contraste é interessante ao se observar os mapas de calor quanto a distribuição das barragens no Estado, pois há uma concentração maior na região leste em relação a área da bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas, porém há mais barragens com bacia hidráulica maior do que 10 ha na região nordeste desta, conforme apresentado nas figuras 4 e 5.

**Figura 4.** Densidade espacial das barragens irregulares



Fonte: Autores

**Figura 5.** Densidade espacial de barragens com área hidráulica > 10 ha



Fonte: Autores

Por fim, as áreas que se enquadram como pontos quentes para fiscalização de barragens são a região leste do Estado paraibano principalmente na bacia hidrográfica do Mamanguape e do Paraíba e na região nordeste da bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas.

## CONCLUSÕES

O geoprocessamento aplicado através de softwares SIG demonstraram ser nesse trabalho uma eficiente ferramenta para o direcionamento de ações de fiscalização para a segurança de barragens.

Portanto, alimentar e corrigir bancos de dados geoespaciais de segurança de barragens poderá garantir análises mais assertivas e direcionar ações mais eficientes e eficazes de fiscalização e identificação de mananciais promissores para abastecimento ou recarga em situações de escassez.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos: Camada vetorial de massas d'água. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/>>. Acessado em 22 de julho de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Acessado em 22 de julho de 2024.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. Sistema de relatórios de Licenças de Obra Hídrica. Disponível em: <<http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-relatorio/paginas/publico/menu.xhtml?faces-redirect=true>>. Acessado em 22 de julho de 2024.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Semiárido brasileiro. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html>> . Acessado em 22 de julho de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA. Semiárido brasileiro. Disponível em: <<https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>> . Acessado em 22 de julho de 2024.

# SITE

[www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br)

# INSTAGRAM

@aesagovpb

# TELEFONE

(83) 3225-5508

# ENDEREÇO

RUA DUARTE DA SILVEIRA,  
S/N. ANEXO - DER-PB