

# ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM COMO SUBSÍDIO À IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE DA BARRAGEM JABURU I, UBAJARA, CEARÁ

Ewerton Torres Melo <sup>1</sup>  
Renata Rochelly de Mesquita Cavalcante <sup>2</sup>  
Daniel Afonso Nunes de Assis <sup>3</sup>  
Eubert Almeida Paixão <sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

As barragens desempenham um papel importante na oferta de água potável para as populações que vivem no semiárido brasileiro, além do fornecimento de água para produção agrícola, industrial e recreação. Contudo, apesar dos benefícios, essas estruturas podem também provocar prejuízos à sociedade, quando inadequadamente planejadas, projetadas, construídas, operadas ou mantidas. Segundo Vianna (2015), além dos impactos inerentes à construção destes empreendimentos, deve-se considerar também o risco que estas estruturas impõem, principalmente para o vale de jusante, em decorrência da possibilidade de ruptura da barragem.

O Brasil possui um regramento para segurança de barragens através da Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020, que alterou a Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e suas diretrizes. Porém, apesar dos avanços técnicos e legais que ocorreram no âmbito da gestão da segurança de barragens, a ocorrência de acidentes recentes no Brasil demonstra que tanto os empreendedores quanto o poder público precisam atuar de maneira mais efetiva nesta questão.

Segundo Pimenta (2009), a gestão de segurança de barragens apresenta, tradicionalmente, uma abordagem orientada para a segurança (centrada nas obras), porém

---

<sup>1</sup> Geógrafo, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH-CE, ewerton.torres@cogerh.com.br;

<sup>2</sup> Engenheira Civil, COGERH-CE, renata.mesquita@cogerh.com.br;

<sup>3</sup> Engenheiro Civil, COGERH-CE, daniel.nunes@cogerh.com.br;

<sup>4</sup> Engenheiro Civil, COGERH-CE, eubert.paixao@cogerh.com.br.

é necessário evoluir para abordagens orientadas para o risco, buscando tratar as ações, desempenho e consequências de forma integrada.

Bertrand (1971) foi um dos pioneiros a tratar a dimensão da paisagem de maneira integrada, considerando fatores naturais e sociais. Segundo o autor, a visão que se deve ter da paisagem não está apenas nos aspectos da natureza (clima, relevo, rocha, vegetação), mas no conjunto integrado dos mesmos aliados à ação antrópica.

Neste sentido, Lima e Monteiro (2020), analisam que o entendimento e a percepção de desastre na análise integrada da paisagem podem determinar as corretas sugestões para uma boa gestão e planejamento do território, pois quando devidamente compreendido, permite identificar os riscos, os perigos e ameaças em que estão propensos ao ambiente e as populações em situação de vulnerabilidade.

Em 2020, em conformidade com os preceitos da Lei de Segurança de Barragens, a COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará), empreendedora da barragem Jaburu I, contratou a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que incluiu o Plano de Ação de Emergência (PAE).

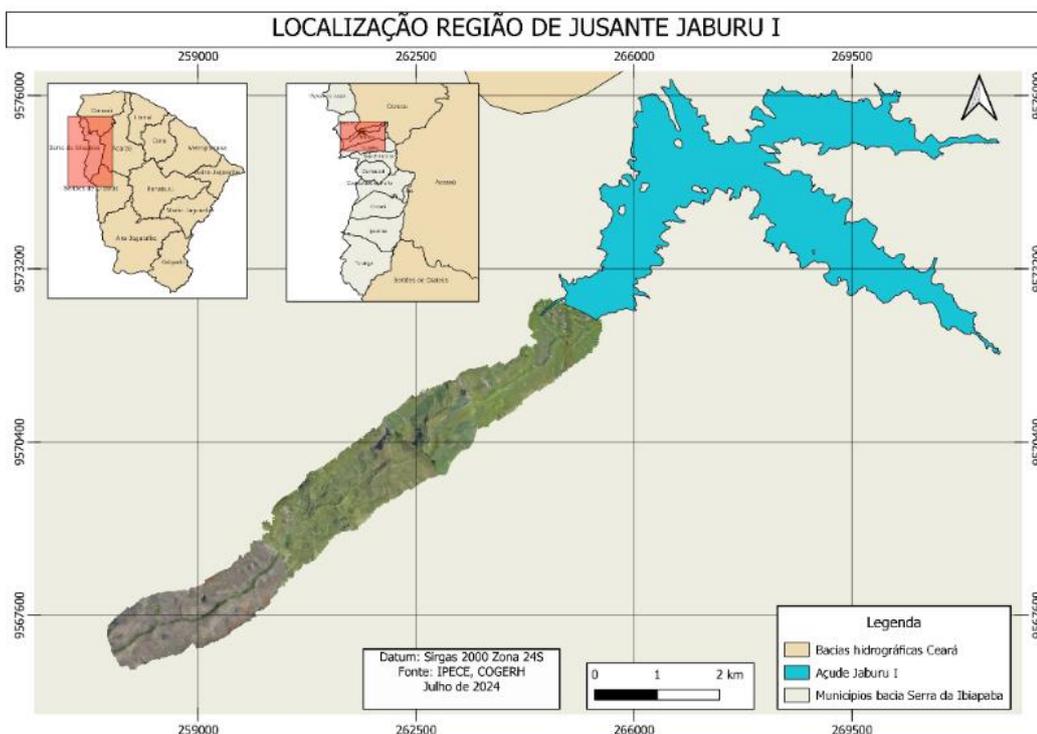
A barragem Jaburu I, localizada no município de Ubajara, noroeste do estado do Ceará, constitui o principal reservatório da região da Serra da Ibiapaba. Desde 1983, primeiro ano de operação desta barragem, várias intercorrências de segurança foram registradas, principalmente pela percolação excessiva devido ao tipo de rocha da fundação, de formação sedimentar. Essa rocha é de origem sedimentar com presença de um arenito fino, friável e pouco consistente, que possibilita a ocorrência de erosões (Sousa, 2013). A barragem encontra-se na categoria de risco e de dano potencial associado, como sendo de Classe A (Alto Risco, Alto Dano Potencial Associado), conforme o Plano de Segurança da Barragem (Cogerh, 2021a).

No processo de implementação do PAE da barragem Jaburu I, observou-se que os elementos da paisagem do vale de jusante impõem algumas implicações que reforçam a necessidade revisar o plano, sobretudo as ações que envolvem a população potencialmente afetada na Zona de Autossalvamento – ZAS. Nesse sentido, o presente trabalho buscou referências em estudos embasados na análise integrada da paisagem e como esses estudos podem contribuir a fim de subsidiar o planejamento de ações voltadas à prevenção e/ou mitigação de ocorrências de desastres.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A barragem Jaburu I possui capacidade de acumulação de 140,3 hm<sup>3</sup>, na qual barra o rio Jaburu, corpo hídrico este de domínio da União, pois nasce no Ceará e conflui com o rio Pejuaba já no estado do Piauí. Após a confluência, é formado o rio Jenipapo, compondo a rede de drenagem da bacia do rio Longá, uma sub-bacia do rio Parnaíba. A região à jusante da barragem foi definida como área de estudo neste trabalho, sobretudo o trecho que corresponde à ZAS, que no PAE é entendida como a área potencialmente afetada pela inundação ao longo de 10 km de extensão em uma hipotética ruptura da barragem. A Lei nº 14.066/2020, que versa sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens, define que essa é uma área em que não há tempo suficiente para intervenção de autoridade competente em situações de emergência, sendo adotada uma delimitação de tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km de distância. A Figura 01 mostra o mapa de localização da área de estudo.

**Figura 01** – Localização da barragem Jaburu I e ZAS.



Fonte: Cogerh (2024).

Os resultados e reflexões deste trabalho foram alcançados a partir de dados secundários para caracterização dos aspectos naturais (relevo, hidrografia, clima, geologia, solo, vegetação), obtidos essencialmente por meio do diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Serra da Ibiapaba (Cogerh, 2021b). Os dados de uso e ocupação da área de estudo foram obtidos através da pesquisa de campo e aerolevanteamento com drone (Mavic-2). As informações foram geocodificadas e distribuídos espacialmente utilizando o Quantum Gis (QGIS).

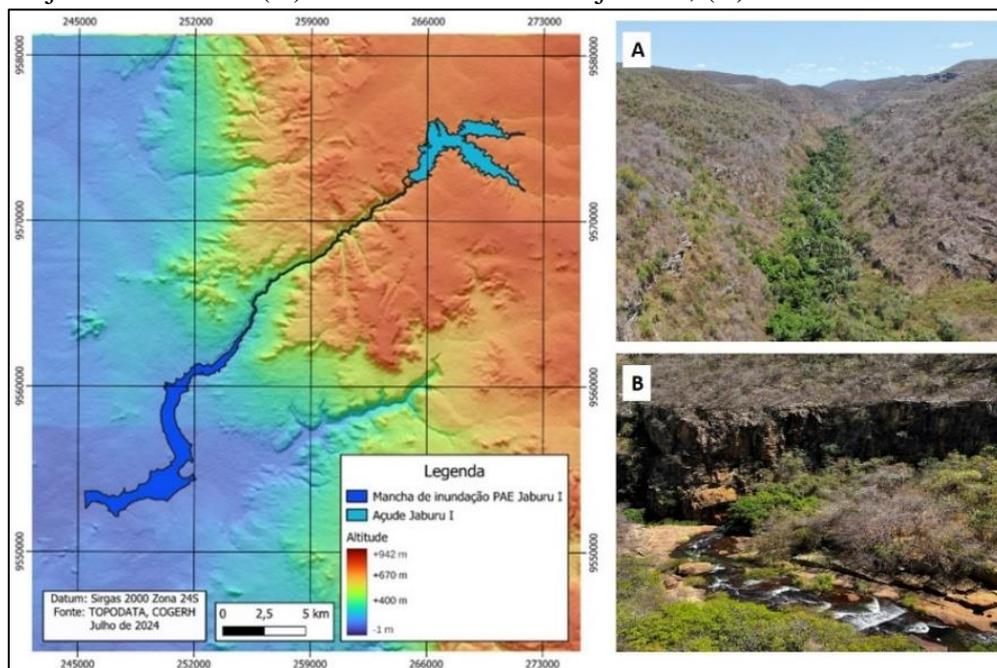
Em relação à mancha de inundação e às características da ZAS, os dados analisados foram extraídos do PAE da barragem Jaburu I, que é um documento formal onde estão estabelecidas as ações a serem executadas em caso de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados dessa ocorrência. Para uma melhor representação espacial da mancha de inundação correlacionada às feições do relevo, utilizaram-se imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) como modelo digital de elevação associado aos dados de entrada sobre a barragem e o canal de escoamento à jusante.

Nas atividades de campo foram realizadas visitas para avaliação das condições de acesso da população aos pontos identificados como vulneráveis dentro da ZAS. Nesta área, tem-se a verificação de atrativos turísticos, como as cachoeiras, piscinas naturais e as vertentes escarpadas do vale de jusante. As análises realizadas em campo foram fundamentais para discutir a redefinição das rotas de fuga e as estratégias para implantação de sistemas de alerta, assim como a realização de simulações de evacuação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na área de estudo, o rio Jaburu percorre um vale encaixado e profundo, com orientação de drenagem consequente, isto é, segue o mergulho estratigráfico das rochas sedimentares, acompanhando a declividade do reverso da Cuesta da Ibiapaba, que é constituída pelos arenitos siluro-devonianos da Formação Serra Grande, compondo a bacia sedimentar do Parnaíba. A morfodinâmica da região induziu o processo de dissecamento do vale, onde foi construída a barragem Jaburu I, expondo na porção à jusante as características de um cânion que se prolonga até as rupturas de declive com a depressão monoclinial, conforme representado abaixo (Figura 02).

**Figura 02** – Modelo Digital de Elevação (MDE) com a mancha de inundação do vale de jusante. Fotos: (A) vista aérea do vale de jusante, (B) trecho do cânion.



Fonte: Cogerh (2024).

Em relação às classes de solos, nos topos há predominância dos Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, solos muito profundos, bem drenados, muito friáveis, porosos e com baixa fertilidade natural, e dos Neossolos Quartzarênicos órticos, caracterizados pela baixa coesão e adesão entre suas partículas e pequena capacidade de retenção de umidade e de nutrientes. Nos terrenos escarpados, por sua vez, predominam Neossolos Litólicos, solos rasos, com grande influência do material originário, moderadamente drenado, normalmente pedregoso ou cascalhentos (Santos, 2011).

Na área do reverso a semiaridez prepondera em razão da atenuação das chuvas orográficas sobre a área de disposição do relevo justificando a dispersão fitogeográfica do Carrasco em associação com os Neossolos Quartzarênicos. Assim, na área de estudo foram identificados dois tipos de unidades fitogeográficas: o Carrasco, que recobre as áreas de topo e encostas e, a Mata de Galeria, vegetação florestal que acompanha o curso do rio no fundo do vale, formando corredores fechados (Figura 02 - Foto A).

Sobre o uso e ocupação da área, observou-se por meio do aerolevante e nas visitas de campo realizadas em 2023, que essa região à jusante da barragem Jaburu I representa um vazio demográfico, principalmente na porção definida como Zona de

Autossalmento (ZAS), onde não há evidência de moradores. Portanto, a ZAS pode ser considerada uma área anecúmena, pois os condicionantes da estrutura geocológica da paisagem nessa área inviabilizaram os assentamentos humanos, principalmente pelas condições do relevo escarpado. Por outro lado, essas mesmas condições proporcionam uma paisagem peculiar, com belezas cênicas naturais que favorecem o ecoturismo. Assim, foram identificados três locais de visitação nessa área, a Cachoeira do Frade, o Lajeiro e o Pulo do Bebo (Figura 03). Esses locais vulneráveis estão inseridos na ZAS.

**Figura 03** – Fotos: (1) Cachoeira do Frade, (2) Lajeiro, (3) Pulo do Bebo.

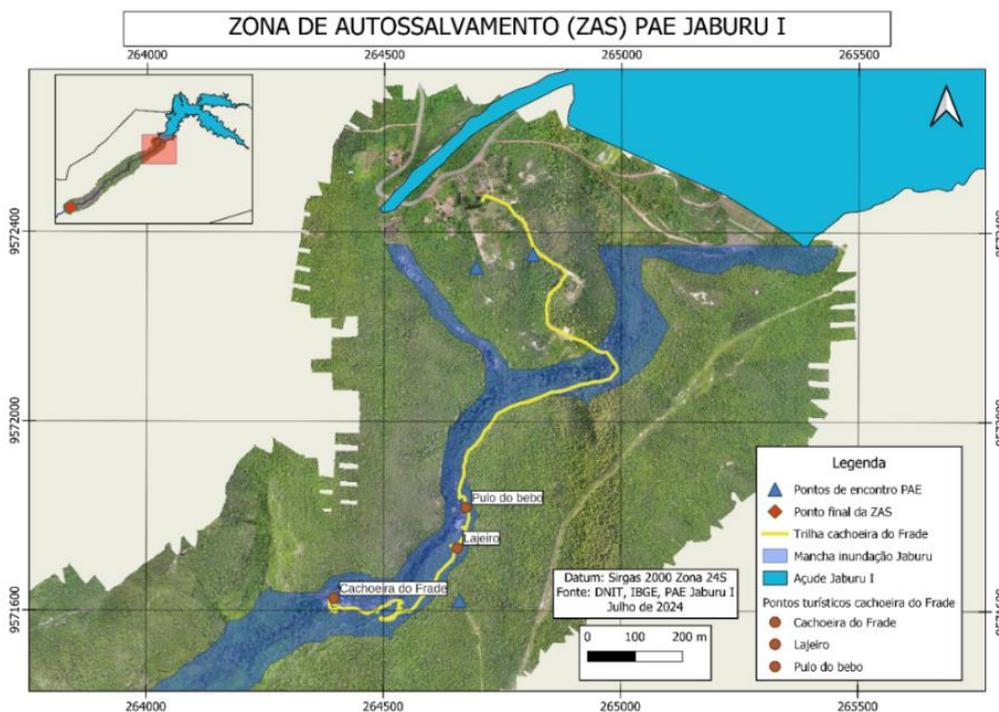


Fonte: Cogersh (2024).

Para a implementação do PAE essa situação torna-se bastante desafiadora, pois trata-se de uma população flutuante. O PAE determina que, é de responsabilidade do empreendedor da barragem, no caso a COGERH, alertar a população potencialmente afetada na ZAS. O problema é que esses locais estão em área particular, não havendo controle de acesso da população, o que tem dificultado a equipe da COGERH definir os mecanismos de alerta e promover simulações de evacuação.

Neste sentido, a proposta contida no PAE, da instalação de rotas para evacuação da área, instalação de sistemas sonoros, pontos de encontro e rotas de fuga, torna-se ineficiente. Com isso, faz-se necessária a revisão deste plano, considerando essencial a instalação de placas de aviso sobre a área de risco e a redefinição das rotas de fuga. Com base nas imagens obtidas pelo aerolevantamento e nos trabalhos de campo, elaborou-se um mapa do trecho da ZAS considerado crucial pela complexidade supracitada (Figura 04).

**Figura 04** – Mapa do trecho da ZAS com os locais turísticos e trilha de acesso.



Fonte: Cogerh (2024).

Conforme observado no mapa da ZAS, os locais de visitação turística, assim como a maior parte da trilha de acesso, estão dentro da mancha de inundação. É importante considerar também a proximidade desses locais com a barragem, que adicionado ao fator das vertentes escarpadas do vale e a precariedade das estruturas de acessos, dificultam as ações de evacuação numa situação de emergência. Diante disso, considera-se oportuno ponderar sobre a necessidade de compreender uma área dentro da ZAS que possa ser tratada com abordagem específica em decorrência da complexidade dos riscos.

No estado de Minas Gerais, por exemplo, o Ministério Público (MPMG) estuda incluir uma nova nomenclatura aos Planos de Ação de Emergência para as barragens, a ZIS - Zona de Impossível Salvamento, que seriam as áreas próximas às barragens em que não há chance de sobrevivência, em caso de rompimento de barragem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento da dinâmica da paisagem é imprescindível para compreensão das potencialidades e fragilidades do ambiente no contexto do planejamento territorial em diversas escalas. O presente trabalho procurou demonstrar como a análise integrada da

paisagem pode contribuir para o desenvolvimento de planos de ações que envolvam áreas propensas a desastres provocados por rompimento de barragens.

No caso da barragem Jaburu I, observou-se que os componentes físico-naturais da região à jusante e as atividades turísticas desenvolvidas nesse espaço forçaram a COGERH a realizar mudanças significativas no processo de implementação do Plano de Ação de Emergência. Constatou-se que dentro da Zona de Autossalvamento, existem locais vulneráveis tão próximos da barragem e com difícil acesso por conta do relevo fortemente acidentado, que impediria a realização da evacuação de emergência. Tais circunstâncias, no entanto, provocaram a revisão do Plano em conjunto entre os técnicos da COGERH, consultores do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) – Programa Japão – Banco Mundial para Integração da Gestão de Risco de Desastres em Países em Desenvolvimento; e organismos de Proteção e Defesa Civil.

É importante destacar que das 157 barragens monitoradas pela COGERH no Estado do Ceará, o PAE da barragem Jaburu I é o primeiro que está sendo implementado. Portanto, as lições aprendidas neste trabalho poderão servir como referência para auxiliar o planejamento das ações de prevenção de acidentes envolvendo as demais barragens do estado do Ceará. Por fim, considera-se que estudos relacionados a esse tema são fundamentais e constituem uma ferramenta valiosa para auxiliar o poder público em seu dever de garantir a segurança das pessoas, facilitando sua preparação, tendo em vista que é um direito da população saber os riscos aos quais ela está submetida e como agir em situações de emergência.

**Palavras-chave:** Análise da Paisagem; Segurança de Barragens; Planejamento.

## REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciência da Terra**. São Paulo, v. 13, p.1-27, 1971.

BRASIL. **Resolução nº 121**, de 09 de maio de 2022. Altera a Resolução ANA nº 236, de 30 de janeiro de 2017. Diário Oficial da União, DF, 13 de maio de 2022. Disponível em: [https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Resolucao\\_n%C2%BA121\\_-\\_altera\\_a\\_Resolucao\\_n%C2%BA\\_236-1652723776600.pdf](https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Resolucao_n%C2%BA121_-_altera_a_Resolucao_n%C2%BA_236-1652723776600.pdf). Acesso em: 02 de jul de 2024.

COGERH (Ceará). **Barragem Jaburu I/Plano de Segurança da Barragem**. Vol. 5 Revisão Periódica de Segurança, Vol. 6 Plano de Ação de Emergência. Fortaleza, 2021a.

COGERH (Ceará). **Diagnóstico da Região Hidrográfica da Serra da Ibiapaba**. Planos de Recursos Hídricos das Regiões Hidrográficas do Ceará. 2021b.

LIMA, A. M. M.; MONTEIRO, J. B. A análise integrada da paisagem como subsídio à gestão de riscos e resposta a desastres naturais: alguns apontamentos e reflexões. **Revista Equador**, v. 9, n. 4, p.56-73, Dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/10415/7023>. Acesso em: 10 de ago de 2024.

PIMENTA, M. L. B. **Abordagens de riscos em barragens de aterro**. Lisboa: LNEC, 2009. 570p.

SANTOS, H.G.; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de; PARES, J. G.; FONTANA, A; MARTINS, A. L. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p.

SOUSA, L. N. **Avaliação do comportamento da fundação de barragem em rocha arenítica: Estudo de caso da barragem Jaburu I**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

VIANNA, L. F. V. **Metodologias de análise de risco aplicadas em planos de ação de emergência de barragens: auxílio ao processo de tomada de decisão**. 2015. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.