

DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO DA MANCHA DE DANO POTENCIAL ASSOCIADO À BARRAGEM HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE PONTO NOVO, ESTADO DA BAHIA, REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

DELIMITATION OF SELF-RESCUE ZONES FROM THE POTENTIAL DAMAGE SPOT ASSOCIATED WITH THE WATER DAM IN THE MUNICIPALITY OF PONTO NOVO, STATE OF BAHIA, NORTHEAST REGION OF BRAZIL

DELIMITACIÓN DE ZONAS DE AUTORESCATE DEL PUNTO DE POTENCIAL DAÑO ASOCIADO A LA PRESA DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE PONTO NOVO, ESTADO DE BAHÍA, REGIÓN NORESTE DE BRASIL

Sarah Andrade Sampaio¹

Joanderson Santos Silva²

Sirius Oliveira Souza³

RESUMO: O rompimento de barragens superficiais ocasiona danos humanos, naturais e/ou materiais e consequentes prejuízos econômicos e sociais, ocorrências frequentes no território brasileiro. Diante disso, esse trabalho objetiva colaborar com as ações de monitoramento e prevenção de desastres naturais na Barragem de Ponto Novo, Estado da Bahia, Região Nordeste do Brasil, ao identificar as áreas de mancha de dano potencial, zona de autossalvamento e demarcar possíveis rotas de fuga e pontos de encontro seguros. Além de identificar características de vazão e deslocamento da onda de cheia, frente à possibilidade de ocorrência de rompimento. Para tanto, seguiu-se a metodologia proposta pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2019). Entre os principais resultados, foram identificadas áreas urbanizadas e terrenos voltados a usos agrícolas dentro da mancha de DPA, o que demanda ao poder público um melhor redirecionamento em caso de ações emergenciais, a exemplo de cadastro das residências e propriedades rurais às ações indenizatórias; suporte de saúde pública em caso de riscos à doenças de veiculação hídrica; assim como a correta instalação de um sistema de alerta pela entidade responsável pela gestão da Barragem de Ponto Novo, indicando as áreas de DPA e as Zonas de Autossalvamento. Tal mapeamento amplia as ações de prevenção bem como sua integração às demais políticas setoriais no município.

Palavras-chave: Barragem. Ações de Prevenção. Zonas de Autossalvamento.

¹ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia - Instituto de Geociências/Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1302-7064>. E-mail: sarahandradegeo@gmail.com

² Discente do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7649-1617>. E-mail: joanderson.santos@discente.univasf.edu.br

³ Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8831-5709>. E-mail: sirius.souza@univasf.edu.br

ABSTRACT: The rupture of surface dams causes human, natural and/or material damage and consequent economic and social losses, which are frequent occurrences in Brazilian territory. Therefore, this work aims to collaborate with the monitoring and prevention actions of natural disasters in the Ponto Novo Dam, State of Bahia, Northeast Region of Brazil, by identifying areas of potential damage, self-rescue zone and demarcating possible routes of escape and healthy meeting points. In addition to identifying flow characteristics and displacement of the flood wave, given the possibility of a breach occurring. To this end, the methodology proposed by the National Water Agency (ANA, 2019) was followed. Among the main results, urbanized areas and land dedicated to agricultural uses were identified within the DPA area, which demands better redirection from the public authorities in case of emergency actions, such as the registration of residences and rural properties for compensation actions; public health support in case of risks to waterborne diseases; as well as the correct installation of an alert system by the entity responsible for managing the Ponto Novo Dam, indicating the DPA areas and Self-Rescue Zones. This mapping expands prevention actions as well as their integration with other sectoral policies in the municipality.

Keywords: Dam. Prevention Actions. Self-rescue Zones.

RESUMEN: La ruptura de represas de superficie causa daños humanos, naturales y/o materiales y las consiguientes pérdidas económicas y sociales, que son frecuentes en el territorio brasileño. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo colaborar con las acciones de monitoreo y prevención de desastres naturales en la Represa Ponto Novo, Estado de Bahía, Región Nordeste de Brasil, mediante la identificación de áreas de daño potencial, zona de autorrescate y demarcación de posibles rutas de escape y saludables puntos de encuentro. Además de identificar las características del flujo y desplazamiento de la onda de inundación, ante la posibilidad de que se produzca una ruptura. Para ello se siguió la metodología propuesta por la Agencia Nacional del Agua (ANA, 2019). Entre los principales resultados, se identificaron áreas urbanizadas y terrenos dedicados a usos agrícolas dentro del área del DPA, lo que exige una mejor reorientación de las autoridades públicas en caso de acciones de emergencia, como el registro de residencias y propiedades rurales para acciones de compensación; apoyo a la salud pública en caso de riesgos de enfermedades transmitidas por el agua; así como la correcta instalación de un sistema de alerta por parte de la entidad responsable de la gestión de la Represa Ponto Novo, indicando las áreas DPA y Zonas de Auto-Salvamento. Este mapeo amplía las acciones de prevención así como su integración con otras políticas sectoriales del municipio.

Palabras-clave: Presa. Acciones de Prevención. Zonas de Autorrescate.

INTRODUÇÃO

A funcionalidade dos ambientes naturais é modificada pelas ações humanas em um ritmo mais ativo que aquele normalmente produzido pela própria natureza. Quando não planejadas, tais alterações proporcionam uma série de desequilíbrios funcionais que, muitas vezes acarretam consequências drásticas à vida humana e à própria natureza (ROSS, 2006).

Exemplos desses desequilíbrios ambientais podem ser visualizados na maioria dos municípios situados no semiárido brasileiro. Esses, nas últimas décadas, sofreram com a implantação imprópria de novas formas de uso e ocupação da terra. O desmatamento, o lançamento de efluentes nos cursos de água, o aterramento e construção desenfreada de barragens e açudes em canais fluviais intermitentes denunciam a falta de preocupação com o ordenamento do território.

No que se refere às barragens hídricas superficiais, essas são entendidas enquanto qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, sabe-se que o rompimento de barragens superficiais ocasiona danos humanos, naturais e/ou materiais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Visto que ao dispor de um considerável volume de água, as barragens hídricas superficiais concentram elevada quantidade de energia, desta forma, a ruptura desse tipo de estrutura tende a liberar em um curto período, uma grande massa de fluido acarretando extensos prejuízos econômicos, ambientais, materiais, sociais, e, principalmente humanos (LIMA, 2020).

Desta forma, o planejamento e a gestão das barragens hídricas superficiais constituem-se na contemporaneidade uma necessidade para se evitar o comprometimento destes recursos e a potencialização ou o desencadeamento de desastres naturais. Nos ambientes semiáridos, essa situação torna-se preocupante, haja vista que tais ambientes apresentam características físicas de geologia, relevo, solos, cuja natureza e evolução favorecem a atuação intensa de processos complexos e dinâmicos (JATOBÁ; LINS, 1998).

Para que as barragens sejam seguras é primordial monitorar e regular as ações preventivas de rompimentos e acidente. Nesse contexto, a instituição da Política Nacional de Segurança de Barragens pela resolução 132/2016 da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016) e pela Lei 12.334 (BRASIL, 2010), estabelece critérios para se garantir a observância de padrões de fiscalização, monitoramento e gerenciamento de barragens, tendo em vista a redução da possibilidade de acidentes e suas consequências.

Dentre os instrumentos estabelecidos nas normas supracitadas, este trabalho se relacionará a delimitação da mancha de dano potencial (DPA), que se refere a um polígono calculado com base na vazão máxima de rompimento na barragem e na estimativa da altura máxima da onda de ruptura (ANA, 2017). Utilizaremos também a delimitação das zonas de autossalvamento (ZAS), definidas enquanto a região que está até 10 km ou 30 minutos do ponto de rompimento da barragem. Que são zonas onde não há tempo para o órgão público providenciar o salvamento, os próprios moradores devem se encaminhar para uma zona segura (BRASIL, 2017).

Tendo como área em estudo, a barragem do rio Itapicuru–Açu, localizada no município de Ponto Novo, centro norte do estado da Bahia, com capacidade de armazenamento de 48.280.000 milhões de metros cúbicos, a cerca de três quilômetros da área urbana do município, o objetivo deste trabalho é a partir da proposta metodológica de ANA (2017), colaborar com as ações de monitoramento e prevenção de desastres naturais na barragem de Ponto Novo (Bahia), identificando as áreas de mancha de dano potencial, zona de autossalvamento e demarcando possíveis rotas de fuga e pontos de encontro sadios, além de identificar características de vazão e deslocamento da onda de cheia, frente à possibilidade de ocorrência de rompimento.

Nesse sentido, este trabalho se justifica primeiramente pelo caráter inovador frente a inexistência de estudos que versem as zonas de autossalvamento e zonas seguras em Ponto Novo (BA). Também se legitima frente aos instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens estabelecidos pela lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que contempla, entre seus princípios fundamentais, as ações de prevenção e mapeamento de áreas de dano potencial, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente. Além disso, a compreensão da dinâmica hidrológica da barragem de Ponto Novo (BA) poderá contribuir e/ou justificar a tomada de decisões implícitas ao planejamento e ordenamento ambiental.

FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

O Nordeste brasileiro é uma Região acometida pela escassez hídrica, em especial a zona semiárida. Nessa zona, as precipitações são concentradas em um curto período de tempo, além de serem irregulares. Com isso, torna-se essencial o aproveitamento máximo dos recursos hídricos da região, os quais à maioria das vezes são provenientes da retenção de água das chuvas por meio de barramentos nos canais, e também da utilização, em menor escala, de aquíferos profundos (NASCIMENTO, 2019).

A necessidade do aproveitamento hídrico por meio de barragens é de longa data. Os povos Sumérios e da Mesopotâmia, há cerca de 7.500 anos, já utilizavam barragens principalmente para irrigação na agricultura por meio de canais com até 200 km (OLIVEIRA, 2016). Desta forma, as barragens foram e ainda são imprescindíveis para o desenvolvimento da humanidade ao longo da história.

As barragens hídricas podem ser entendidas como estruturas da engenharia construídos em cursos d'água, geralmente rios, que originam um reservatório artificial visando a acumulação de água para diversas atividades (GONÇALVES, 2018). Na atualidade, as barragens desencadeiam inúmeras funções, como abastecimento de água para o consumo humano e animal, geração de energia elétrica, controle de cheias, irrigação e lazer.

Por outro lado, as barragens oferecem um grande risco em caso de um possível rompimento, especialmente quando há concentração populacional a jusante da construção. Um fato observado por todo o mundo, é a ocorrência de muitos acidentes envolvendo essas construções, o que gera diversas exigências a respeito desses empreendimentos,

como a sapiência da sociedade em relação aos riscos ao qual estão submetidos e como agir em situações de emergência (SOUZA; SILVA, 2017).

A energia potencial liberada na ruptura de uma barragem é muito grande e os prejuízos acarretados por tal são catastróficos para o ambiente, os animais e aos seres humanos com a possibilidade de perda de vidas e prejuízos materiais, fato que condiciona risco potencial para os moradores próximos (OLIVEIRA, 2016). Atualmente, por mais que existam esforços para a melhoria da segurança das barragens, compreende-se que ainda assim existem riscos. Estes devem ser levados em consideração na elaboração do projeto para serem avaliados e determiná-los como toleráveis ou não. Desse modo, em todos os países existe a necessidade de implementação de legislações que estabeleçam diretrizes a serem seguidas, no intuito de reduzir a chance de acidentes e seus danos (SOUZA; SILVA, 2017).

As pesquisas relacionadas a este tema se fazem necessário sobretudo com os eventos trágicos ocorridos nas últimas duas décadas, como o rompimento da barragem em Mariana, no Estado de Minas Gerais, em 5 de novembro de 2015, considerado o maior desastre ambiental do Brasil. O rompimento da barragem de Fundão em Mariana, deixou 19 mortos, 362 famílias desabrigadas, o subdistrito de Bento Rodrigues devastado e um rastro de destruição ao longo do Rio Doce chegando até o oceano Atlântico. 3 anos depois, em Brumadinho, outra barragem de rejeitos se rompeu, deixando 270 mortos, sendo que 11 pessoas continuam desaparecidas e mais um gigantesco dano ambiental (GONÇALVES, 2018). À medida que a lama avançou, o distrito de Bento Rodrigues foi devastado, o Rio Doce e alguns afluentes contaminados, situação que se repetiu no oceano Atlântico com a chegada da lama. Tais eventos despertaram uma preocupação na sociedade devido à gravidade das consequências sociais, econômicas e à biodiversidade gerados por acidentes de barragens (NEVES, 2018).

No âmbito internacional, diversos autores apontam riscos associados à instalação de barragens. Segundo You *et al.* (2012) as razões para o rompimento de barragens podem ser causas naturais ou atributos humanos. A primeira decorre de eventos como chuvas fortes, furacões, terremotos etc. enquanto a segunda razão inclui as ações do homem para manter a segurança da barragem, caso contrário, temos os inúmeros acidentes registrados durante a história. Hu *et al.* (2020) mencionam em seu trabalho, o perigo do rompimento sucessivo de barragens ao longo de um mesmo curso d'água, conhecido como "efeito cascata". Na atualidade observamos diversos barramentos ao longo do percurso dos cursos d'água, a quebra de uma dessas construções pode ser fatal para o restante dos barramentos a jusante, em decorrência da energia liberada e seu poder de destruição.

Autores como Chambers e Higman (2011) ressaltam que a incidência de falhas em barragens de rejeitos é significativamente maior do que em barragens de abastecimento de água por dois motivos: primeiro que os tipos de construção das barragens de rejeitos são mais susceptíveis a falhas, segundo, as barragens de rejeitos são construídas frequentemente em elevações sequenciais ao longo de vários anos e devem que ser projetadas para durar "para sempre" mesmo depois que as atividades de mineração forem encerradas. A pesquisa de Kumar *et al.* (2017) aponta que o fracasso das barragens pode ser

gradual ou instantâneo. Geralmente as barragens de concreto rompem por falha repentina devido ao processo de galgamento, enquanto barragens de terra tendem a falhar devido a erosão do seu material.

Fema (2013), em seu estudo, destaca a importância dos mapas de inundação e a identificação das áreas de risco associadas ao rompimento desse tipo de estrutura. Visto que tais mapeamentos possuem vários usos, desde o planejamento, mitigação de danos, situações de emergência e avaliações das consequências. Em paralelo, Seker, Kabdasli e Rudvan (2003) em seu artigo sobre a Barragem de Alibeyköy na Turquia, mostram que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são uma ferramenta com grande eficiência, já que é possível produzir informações sobre dados topográficos, hidrográficos, demográficos, socioeconômicos, ou modelagens ambientais que apontam as probabilidades do tempo e elevação de onda de cheia, as áreas potencialmente atingidas, e as populações que podem ser afetadas, aplicabilidades cujo intuito pode reduzir os riscos associados a acidentes em barragens.

Lima (2020) em seu trabalho sobre as zonas de autossalvamento e dano potencial associado no município de Junqueiro/AL afirma que os fatores de vulnerabilidade nos casos de rompimentos de barragens no Brasil e no mundo estão relacionados às legislações negligentes (falta de fiscalização) e a corrupção dos agentes públicos, assim como fatores naturais, como terrenos geologicamente instáveis, e a ocorrência de grandes cheias.

Melo (2019) em sua pesquisa relacionada ao dano potencial associado a barragem de flores no estado do Maranhão, menciona que as barragens possuem um determinado tempo de vida útil, tornando necessário esforços contínuos de manutenção e funcionamento de suas estruturas de forma adequada, para dessa forma manter a segurança desses locais. Com isso, Gonçalves (2018) acrescenta que os empreendedores devem realizar ações preventivas de acidentes para que as barragens sejam seguras.

A legislação brasileira avançou nos aspectos técnicos de construção, manutenção e gestão de barragens na última década, no entanto é necessário que sejam realizados mapeamentos identificando as diferentes áreas que envolvem esse tipo de estrutura. Entre elas, a geração da Mancha de Inundação e a classificação do Dano Potencial Associado são necessários para a determinação das Zonas de Autossalvamento (ZAS).

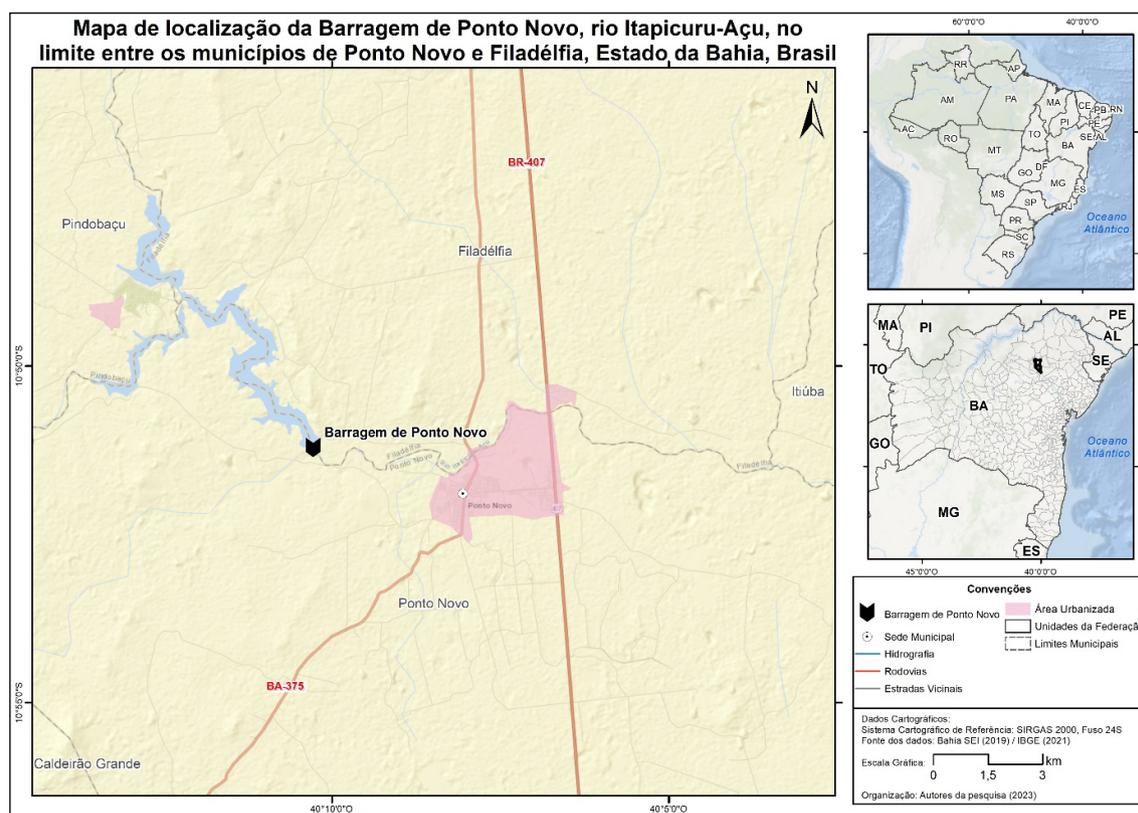
Em observância ao Art. 12º da Lei nº 12.334/2010, cabe ao empreendedor a responsabilidade de alertar a população na área da ZAS em caso de potenciais riscos, utilizando um sistema de alerta definido por ele como por exemplo sirenes ou mensagens de texto. Essas atribuições mencionadas devem constar no Plano de Ação de Emergência (PAE), bem como o mapa de inundação da área com a delimitação das ZAS e as rotas de fuga e pontos de encontro, treinamento para os funcionários do empreendimento e para a comunidade possivelmente afetada, capacitando-os sobre como agir em situações de emergência (BRASIL, 2010).

Moecke (2019) cita que independentemente do reservatório ou dos prejuízos ambientais e socioeconômicos causados, o Dano Potencial Associado sempre deve ser classificado como alto quando existe pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem. Gonçalves (2018) relata que a Agência Nacional das Águas (ANA) buscou auxílio ao Banco Mundial para desenvolver e aprimorar método simplificado de

produção da mancha DPA e de classificação quanto ao Dano Potencial Associado, para isso foi contratado o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC). Júnior (2020) explica como, posteriormente, a ANA alterou algumas proposições anunciadas pelo LNEC tornando todas as etapas mais ágeis e adaptando a realidade do Brasil com informações sobre a localização das barragens, dos cursos de água e da altimetria.

Área em Estudo

O município de Ponto Novo está localizado no Território de Identidade do Piemonte Norte do Itapicuru, no Centro Norte do Estado da Bahia, Região Nordeste do Brasil. A barragem de Ponto Novo (Figura 1), lócus desta pesquisa, foi construída pela Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia - CERB em 1999, e está localizada no rio Itapicuru-Açu no limite entre os municípios de Ponto Novo e Filadélfia, latitudes $10^{\circ}47'29.47''S$ e $10^{\circ}51'11.62''S$ e longitudes $40^{\circ}10'07.43''O$ e $40^{\circ}13'34.38''O$ na região hidrográfica Atlântico Leste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Mapa de localização da Barragem de Ponto Novo, rio Itapicuru-Açu no limite entre os municípios de Ponto Novo e Filadélfia.

Acerca de alguns aspectos ambientais na área em estudo, têm-se como clima predominante o semiárido, caracterizado pelo baixo índice pluviométrico ao longo do

ano, distribuição irregular das precipitações e temperaturas elevadas na maior parte do ano. Geralmente as precipitações são concentradas nas duas estações do ano que são bem definidas: verão e inverno. No verão, concentram-se os maiores acumulados de chuva nas chamadas pancadas de trovoadas que descarregam altos volumes em um curto período de tempo, ao passo que no inverno as chuvas são menos volumosas, mas com uma duração de tempo maior (RADAMBRASIL, 1983).

Enquanto a geologia do município de Ponto Novo é constituída por rochas consolidadas pelo resfriamento do magma derretido e rochas que sofreram fusão parcial sendo que o município se estrutura em uma área cratônica caracterizada pela sua estabilidade. As litologias possuem uma grande semelhança com os terrenos gnáissico granulíticos, característicos do Arqueano. Coberturas detríticas com sedimentos areno-argilosos inconsolidados e mal selecionados (RADAMBRASIL, 1983). Tais características climáticas e geológicas condicionaram a formação geomorfológica no município, caracterizada pela presença de um extenso Pediplano, cujos aspectos de uma superfície de aplainamento retocada, inumada, são permeadas por formações de Tabuleiros Interioranos e por formas residuais de inselbergues (RADAMBRASIL, 1983).

Com ênfase nos aspectos hidrográficos, o principal canal fluvial é o Rio Itapicuru-Açu um dos afluentes do Rio Itapicuru. Esse canal tem papel fundamental no desenvolvimento de diversas atividades econômicas, não só para o município de Ponto Novo, como também para os municípios limítrofes, visto que as águas da barragem de Ponto Novo abastecem esses municípios.

O Rio Itapicuru Açu nasce na Serra de Jacobina no município de Saúde e, ao se encontrar com o Rio Itapicuru Mirim entre os municípios de Itiúba e Queimadas, forma o Rio Itapicuru, o qual deságua no Oceano Atlântico no município baiano de Conde (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005).

A caatinga é o bioma presente no município de Ponto Novo, tendo em vista que as formações fitofisionômicas são adaptadas aos baixos índices pluviométricos da região. Predominam características de cobertura vegetal de baixo e médio porte nas áreas mais aplainadas e floresta estacional decídua nas áreas de relevo mais alçado (MMA, 2023).

Os aspectos demográficos desse município conferem um total de 17.938 habitantes, dos quais, 54% residem na zona urbana (IBGE, 2023). Com relação ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), aspecto relevante ao considerar análises de probabilidade de danos a seres humanos, Ponto Novo pontuava 0,580 (IBGE, 2010), o que é considerado baixo, quando comparado ao Estado da Bahia (0,691) e ao território brasileiro (0,754).

Procedimentos Operacionais

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho foi dividido em três etapas principais. A primeira composta pela realização de revisão bibliográfica acerca da delimitação da mancha de dano potencial associado a barragens hídricas superficiais. A segunda etapa composta pela aquisição dos planos de informação, dados da barragem e planilhas para

os cálculos necessários. A terceira etapa foi caracterizada pelo georreferenciamento, vetorização, integração dos dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e pela redação final da pesquisa. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e terceira etapas.

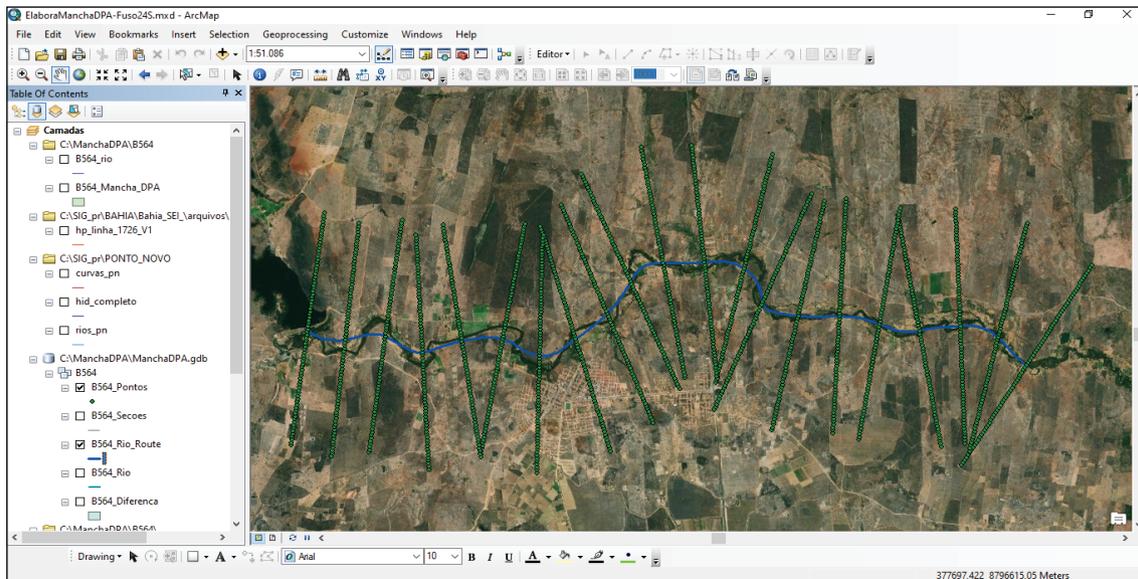
Para a realização desta pesquisa se utilizou a “Metodologia Simplificada para Definição da Mancha de Classificação do Dano Potencial Associado (DPA) da Barragem”. Uma metodologia inicialmente desenvolvida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC) com base em uma solicitação efetuada pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2019). Atualmente, com base na Resolução N°132, de 22 de fevereiro de 2016 (ANA, 2016) esta metodologia é utilizada para classificação de barragens de sua competência e da competência dos estados.

Cabe ressaltar aqui que a metodologia simplificada proposta pela ANA se baseia na utilização de imagens do *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* como modelo digital de elevação associado a certos dados de entrada sobre a barragem e o canal de escoamento a jusante. Portanto, apesar do resultado ser semelhante a uma área de inundação, no entanto, não se entende como uma mancha de inundação *stricto sensu*, em razão da insuficiência de dados precisos, principalmente no que se refere ao relevo, tendo em vista que a resolução do SRTM utilizado é de 30 metros. Desta forma, a delimitação da mancha de DPA indica uma referência para o que o órgão fiscalizador de segurança de barragens e demais agentes públicos (ANA, 2019).

Nesse sentido, em ambiente SIG, com uso do software ArGIS 10.4 (versão *free trial*) iniciou-se a abertura da imagem SRTM-30 já corrigido, seguido pela preparação do ambiente de processamento com a instalação dos scripts de comando, ambos disponibilizados gratuitamente pela ANA (2019). Posteriormente, seguiu-se a execução do script 0- preparação do ambiente, o qual se inseriu o código da barragem (564) no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), o volume da barragem (48,28hm³), seguidos do fuso e hemisfério (24S). Este primeiro comando determina a extensão empírica do rio a ser modelada por meio de uma curva de regressão válida para volume de reservatórios máximos de 1.000 hm³ (ANA, 2019). Como resultado, encontrou-se que a distância a ser calculada seria de 18.94 km a jusante da barragem estudada.

Em seguida, realizou-se a verificação da adequação do limite determinado analisando a ocupação e o relevo do vale a jusante da barragem. Não se constatando possíveis necessidades de ajustes, seguiu-se a a vetorização manual do traçado do canal fluvial até o limite da distância supracitada. Tal execução se deu por meio do comando *Editor – Create Features*. Após a vetorização completa do canal, executou-se o script 1 preparação do rio que resulta em um arquivo de vetor (.shp) com o traçado do canal suavizado.

Seguindo a proposta da ANA (2019), com uso do comando *Properties - Hatches* realizou-se a obtenção das 21 seções transversais com intervalos de 4.000 metros ao longo do canal suavizado. Logo depois, seguiu-se a conversão das seções transversais em pontos por meio do comando *Convert Hatches to Graphics*, resultando em seções transversais compostas por 81 pontos cada, totalizando 1.701 pontos, conforme exposto na Figura 2:



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Interface do ArcGIS com as seções transversais pontuais.

Subsequentemente, por meio do script 2 Prepara MDE's e Excel, neste script se inseriu o código da barragem e o comprimento da seção determinada (4.000 m). Como resultado, este script recorta o MDE pela extensão do canal, projeta o MDE recortado em UTM, obtém as cotas altimétricas de cada ponto das seções e gera uma tabela em formato Excel com esses pontos cotados.

Em seguida, base nas planilhas disponibilizadas pela ANA (2019), realizou-se o cálculo hidráulico para estimativa do nível máximo da onda de ruptura em cada uma das seções transversais, com base nos dados de cota de coroamento, volume do reservatório e o perfil topográfico das 21 seções. A planilha de cálculo foi desenhada de forma a permitir determinar a capacidade de transporte de cada seção transversal com base na equação de Manning-Strickler (Equação 1):

$$\frac{Q_x}{\sqrt{j}} = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \quad (1)$$

Onde:

Q_x - a vazão máxima à distância x da seção da barragem, em (m³/s);

j - a inclinação da linha de energia com base no esquema da Figura 7;

K_s - o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler, valor admitido de $K_s=15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;

A - a área da seção de escoamento (m²);

R - o raio hidráulico da seção de escoamento (m).

O resultado do cálculo hidráulico traduz-se por uma tabela que ilustra os níveis de água máximos atingidos em cada seção transversal de cálculo, posteriormente apresentada nos resultados. Para esclarecimentos adicionais sugerimos que seja consultado ANA (2019).

Em sequência, executou-se o script 3-Elaboração da mancha de DPA, que simula uma superfície gerada com base nos valores de cota máxima da onda de ruptura, subtraí ponto a ponto os valores do modelo digital de elevação (SRTM-30m) dos valores da superfície gerada e produz ao final um polígono no formato vetorial contendo a mancha de dano potencial associado. Após a determinação da mancha de DPA, seguiu-se a utilização do comando *Editor* para a realização de ajustes manuais na eliminação de manchas desconexas ou no ajuste da dimensão da mancha, com base nas curvas de nível e MDE disponível, tendo em vista o máximo alcance da verossimilhança.

Após a determinação da mancha DPA, seguiu-se a análise e identificação das zonas de autossalvamento. Para tal, em ambiente SIG foram utilizadas as imagens de satélite disponibilizadas no comando basemap do ArcGIS. Para a identificação das ZAS e dos pontos seguros, se utilizou os dados confeccionados e/ou organizados referentes à: ocorrência de logradouros, estradas, construções, altimetria, declividade, compartimentos geomorfológicos e cursos fluviais, cujas fontes de dados estão descritas no Quadro 1, foram inseridas no SIG para orientar a delimitação manual das zonas.

Quadro 1. Fontes de dados cartográficos utilizados para orientação da delimitação dos ZAS e pontos seguros.

Base cartográfica	Tipo	Fonte dos dados	Ano
Divisão política – estados	Vetorial	IBGE	2019
Divisão política – municípios	Vetorial	IBGE	2022
Relevo	Vetorial	IBGE	2021
Hipsometria	Raster	Alos Palsar	2022
Linha de transmissão - eólica	Vetorial	ANEEL	2023
Localidades	Vetorial	IBGE	2010
Rede hidrográfica	Vetorial	INEMA	2019
Rodovias	Vetorial	DNIT	2021; 2022
Sedes municipais	Vetorial	IBGE	2010

Fonte: Organizado pelos autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme dados do SNISB (2020) a barragem de Ponto Novo possui altura de 25,50 metros da fundação à crista, detém capacidade total de 48.280.000 milhões de metros cúbicos e ocupa uma área de 662,73 hectares. A barragem é gerida pela Companhia

de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia – CERB, mesma empresa que quem tem direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório. Cabe mencionar que o agente fiscalizador de barragens no Estado da Bahia, o qual é responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência, é o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA.

De acordo com os dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB, a Categoria de Risco da barragem de Ponto Novo é considerada baixa, enquanto o Dano Potencial Associado é considerado alto. Além disso, a barragem também possui o Plano de Ação de Emergência (PAE) e Plano de Segurança de Barragem, documentos obrigatórios para esse tipo de estrutura no Brasil (SNISB, 2020).

Ademais, no ano de 2019 foi concluída a obra de instalação do sistema *Fusegate* que aumentou a capacidade do reservatório de água em cerca de 24%, acrescentando mais 9,34 milhões de metros cúbicos. O sistema *Fusegate* é uma tecnologia francesa e foi construído no vertedouro da barragem elevando-o em 1,20 m, assim a capacidade total passou de aproximadamente 39 milhões para mais de 48 milhões de metros cúbicos. O custo de implantação do *Fusegate* foi R\$ 7,5 milhões de um investimento de R\$ 14,2 milhões no município de Ponto Novo realizado pelo Governo do Estado da Bahia, por meio do projeto Pró-Semiárido, executado pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR), da Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), mediante acordo de empréstimo entre o Governo da Bahia e o Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) (GOVERNO DA BAHIA, 2019).

Diante dessas informações sobre aspectos de gestão da barragem de Ponto Novo e, partindo da concepção de existência de um Dano Potencial Associado considerado alto, busca-se identificar o alcance e o impacto em caso de um evento de rompimento dessa estrutura às populações que residem à jusante. Nesse sentido, parte-se da perspectiva que a velocidade do fluxo das águas num canal natural é variável e está susceptível aos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Com isso, obtiveram-se os resultados a partir dos perfis transversais da área em estudo (vide Figura 2), tais informações estão sistematizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Síntese de resultados para os perfis transversais da área em estudo.

Perfil	Distância à Barragem (m)	Vazão máxima Q (m³/s)	Altura de Escoamento h (m)	Cota do Talvegue Ntv (m)	Cota máxima da Sup. Livre Nsl(m)	Velocidade média U (m/s)
S0	0	6791	10,10	345,24	355,35	1,5
S1	947	6609	8,93	346,22	355,16	1,2
S2	1894	6432	8,66	346,36	355,02	1,3
S3	2841	6260	9,43	343,94	353,37	1,4
S4	3788	6093	10,79	342,96	353,75	1,2
S5	4735	5930	7,58	343,23	350,81	1,1
S6	5681	5771	12,33	341,98	354,31	1,5
S7	6628	5617	9,16	342,65	351,81	1,2
S8	7575	5467	7,63	339,78	347,41	1,1
S9	8522	5321	6,15	339,44	345,59	1,1
S10	9469	5178	8,89	338,13	347,02	1,4
S11	10416	5040	6,82	338,03	344,85	1,2
S12	11363	4905	5,62	337,55	343,17	1,0
S13	12310	4774	7,45	336,34	343,79	1,0
S14	13257	4646	7,90	334,79	342,69	1,2
S15	14204	4522	7,68	335,95	343,63	1,3
S16	15151	4401	5,28	335,82	341,10	1,0
S17	16097	4284	5,04	333,50	338,54	1,0
S18	17044	4169	5,06	334,19	339,26	0,9
S19	17991	4058	4,62	332,65	337,27	1,0
S20	18938	3949	10,44	331,11	341,56	1,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que a altura da onda de cheia vai diminuindo à medida que avança à jusante e se distancia do ponto de barramento. A Tabela 1 também fornece dados das seções transversais com maiores e menores potenciais, bem como sua correlação com a altura do escoamento (h) em relação à velocidade média em m².

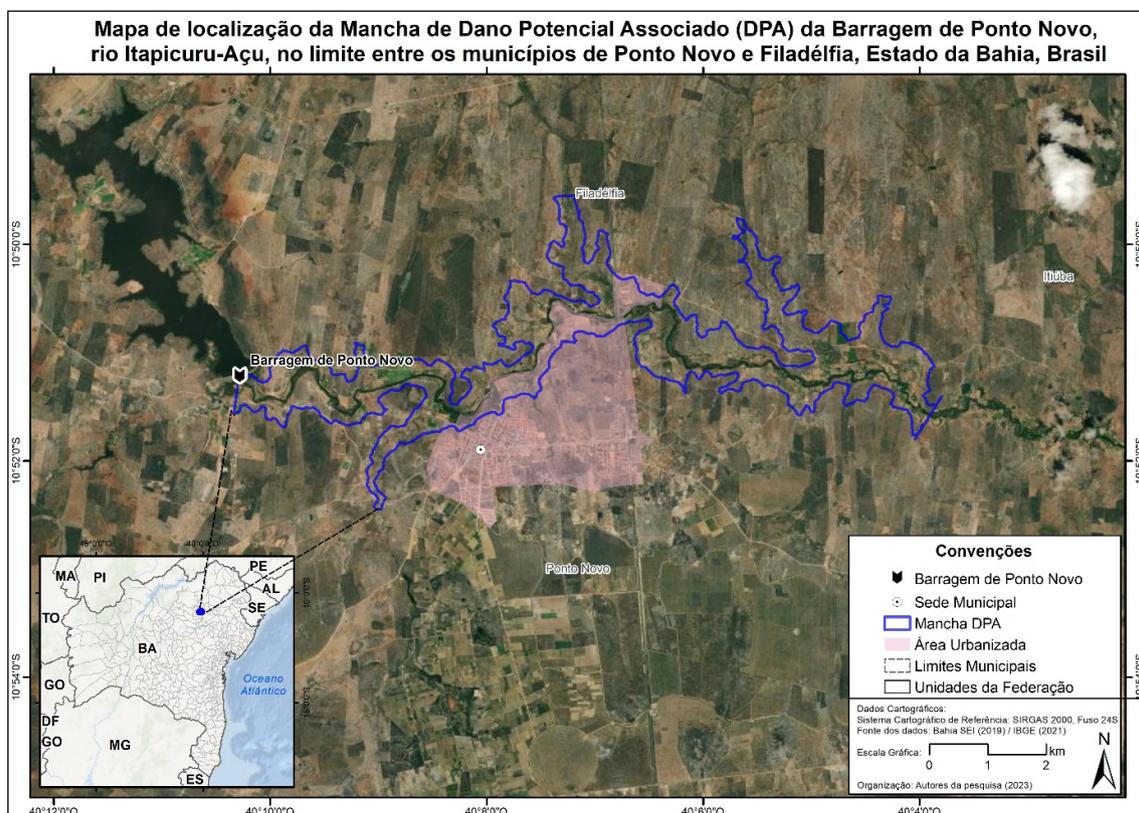
No que se refere à velocidade da onda num possível cenário de rompimento, o comportamento mais preocupante ocorre nos perfis S0, S3, S6 e S10, que apresentam velocidade >1,4 m/s, configurando zonas onde há um encurtamento do tempo disponível para o auto salvamento, já que são locais de escoamento imediato a ocorrência do evento de rompimento, impossibilitando a identificação de rotas de fuga rápidas (LIMA, 2020).

O setor S6, por exemplo, apresentou um total de 12,33 m de altura de escoamento, o maior entre os perfis mapeados, que ainda em termos de um cenário de inundação, configura um dos maiores perfis de potencial destrutivo, juntamente com o setor S0, pelo fator de proximidade a barragem.

Segundo a ANA (2016), estes locais próximos à barragem são importantes espaços de estudos para definição de zonas de risco, já que numa possível inundação a população teria tempo limitado para se prepararem para evacuação, bem como para a intervenção das autoridades, sendo o poder público responsável por explicitar o risco potencial do terreno previamente, por meio da adoção de zoneamento através de critérios específicos da área. Com efeito, sugere-se para os ambientes dos perfis transversais mencionados (S0, S3, S6 e S10) que a Defesa Civil municipal elabore um Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PlanCon), estabelecendo suas ações de prevenção, mitigação, resposta e recuperação frente ao desastre (HENRIQUE, 2020).

Com relação à Mancha de Dano Potencial (Figura 3), é possível perceber que ela engloba áreas com ocupação antrópica, tanto na zona rural, quanto na zona urbana, a exemplo de uso residencial, pontes, estradas, plantações, zonas que serão atingidas pela onda de cheia no caso de rompimento da barragem. Nota-se, que há expressivo uso e ocupação nas zonas abaixo do centro-sul da DPA, onde está a sede do município, a 210m do limite da mancha, bem como na parte norte, e em zonas que bordejam o canal fluvial a leste e oeste, que são usadas para cultivo agrícola.

A área total da Mancha de Dano Potencial corresponde a 13,2 km². Nessa área, a quantidade, velocidade e nível de impacto das águas são heterogêneas. A mudança de velocidade também ocorre no sentido horizontal dos perfis transversais, de modo que a velocidade maior se encontra no nível inferior ao superficial e a menor próximas as paredes laterais e ao fundo, essa mudança de velocidade ocorre devido a presença de atrito e da resistência do ar (CHRISTOFOLETTI, 1980).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 3. Mapa de localização da Mancha de Dano Potencial Associado (DPA) da Barragem de Ponto Novo, rio Itapicuru-Açu, no limite entre os municípios de Ponto Novo e Filadélfia, Estado da Bahia, Brasil.

Ademais, a área em estudo é marcada por precipitações irregulares e concentradas ao longo do ano (IBGE, 2009; LIMA; LUPINACCI, 2019), atributo que serve de alerta, já que um evento pluviométrico rigoroso potencializaria o rompimento das estruturas da barragem (LIMA, 2020). Cabe ressaltar que o evento pluviométrico não interfere nos riscos de rompimento apenas pelo escoamento superficial, mas também pela elevação do lençol freático (SCHIETTI, 2013), no caso da ocorrência de rompimento durante o evento pluviométrico as zonas próximas ao rio seriam bastante afetadas, pela inundação, mas também pelo risco de enchimento dos lençóis freáticos e elevação dos níveis do rio, impossibilitando o tráfego humano para autossalvamento.

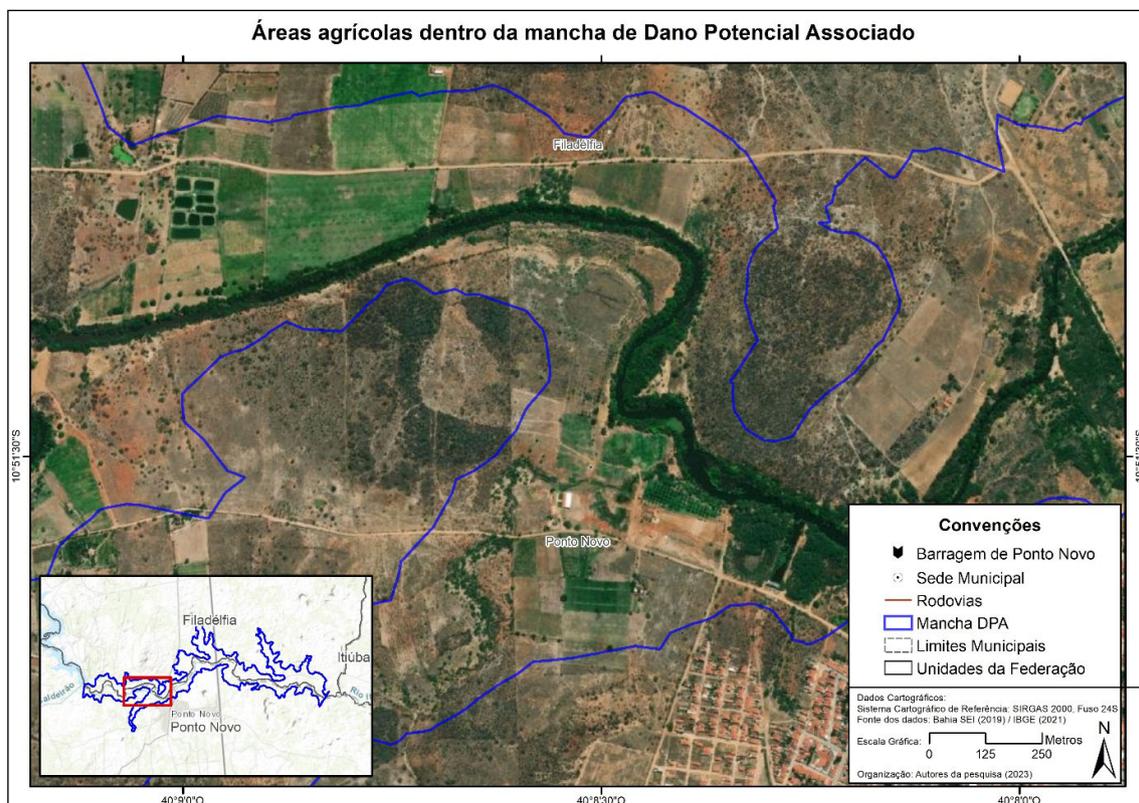
Visto isso, as áreas de risco a jusante da barragem precisam de delimitações geotécnicas específicas, com previstas pela a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), com demarcação de rotas de fuga para as comunidades que circundam a zona, bem como seguimento as diretrizes da Lei Federal Nº 12.334, De 20 de Setembro de 2010, que trata das categorias de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas (BRASIL, 2010).

Ainda no cenário de potencialidade dos perfis transversais, cabe mencionar que os perfis S0, S1, S3 também apresentam um comportamento espacial alarmante por estarem próximos a terrenos de planícies aluviais, locais de ocorrência de acumulação de

material proveniente de montante. Tendo em vista que planícies aluviais correspondem a áreas planas, que resultam da combinação de processos de acumulação fluvial, podendo comportar canais anastomosados, paleomeandros (*oxbow lakes*) (IBGE, 2009; SOUZA; LUPINACCI; OLIVEIRA, 2021), estes terrenos facilitam o processo de escoamento superficial, já que integram um modelado de acumulação (IBGE, 2009).

Nestes perfis (S0, S1, S3) também há ocorrência de cultivos agrícolas, que aponta para a necessidade de estabelecer uma metodologia que discipline o uso e a ocupação da terra próxima à barragem, áreas irregulares pois estão localizadas em zonas com menos de mil metros de proximidade. Consoante à realidade de muitas comunidades do semiárido baiano, é comum a existência de cultivos agrícolas próximos aos cursos fluviais, pois esses abastecem grande parcela da população regional (HOFFMANN *et al.*, 2016).

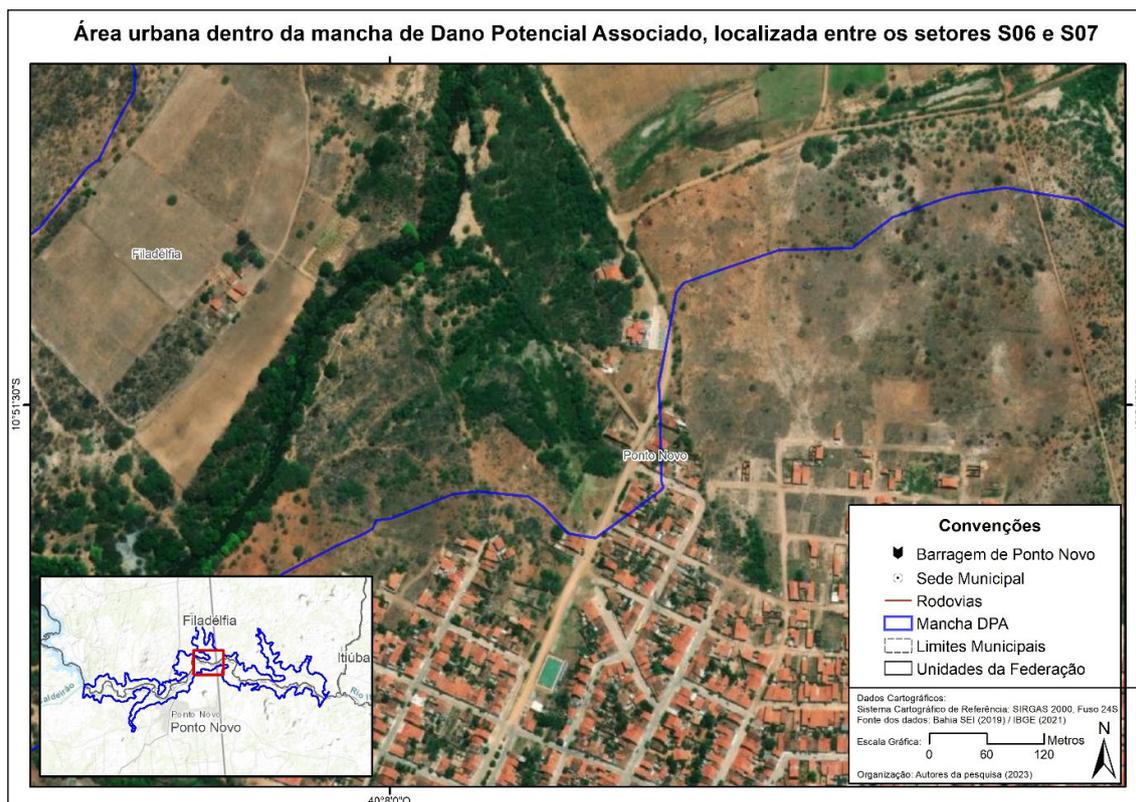
Neste mapeamento, foram identificadas plantações dentro da mancha de DPA, conforme ilustra a Figura 4. Desta forma, é importante destacar que Política Nacional de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010), também esboça diretrizes acerca dos danos econômicos que envolvem as comunidades que estão estabelecidas à jusante da barragem, enquanto alternativa de seguridade a estes indivíduos localizados em áreas de riscos e em situação de vulnerabilidade, até no que diz respeito às ações indenizatórias (LIMA, 2020).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 4. Áreas agrícolas dentro da mancha de Dano Potencial Associado.

Conforme exposto na Figura 5, a mancha de DPA engloba uma das ruas da sede municipal de Ponto Novo, localizada a 156 m do canal fluvial, zona de ocorrência entre os setores S06 e S07. Nesse cenário, a mancha de Dano Potencial Associado apresenta considerado grau de potencial de perda de vidas humanas, o que para a Resolução nº 143/2012 configura uma zona altamente perigosa e esboça a necessidade de estudos específicos de classificação de DPA.



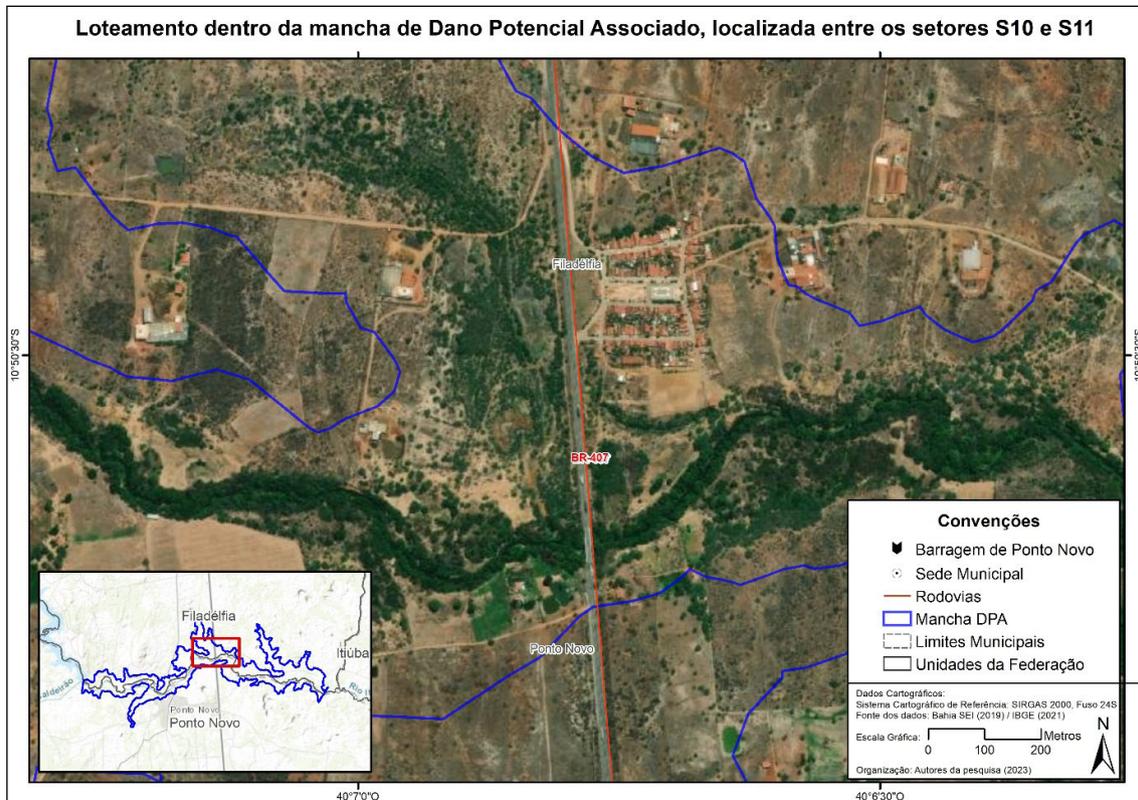
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 5. Área urbana dentro da mancha de Dano Potencial Associado, localizada entre os setores S06 e S07.

O impacto sobre a rua mapeada se amplia ao perceber que, a onda de cheia que atingiria essa rua numa possível inundação, traria consigo uma série de problemáticas, como a flutuação de resíduos sólidos, e as doenças de veiculação hídrica, associadas às questões de saneamento inadequado dos municípios interioranos (TUCCI, 2003), que muitas vezes são canalizados aos canais fluviais, propiciando o contágio dessas doenças pela população, geralmente a população mais vulnerável (SILVA, 2020).

De forma similar, foi identificada a existência de um loteamento dentro da mancha da DPA (Figura 6), pertencente ao município de Filadélfia -BA, que configura um comportamento espacial de susceptibilidade semelhante às zonas urbanizadas discutidas anteriormente. No entanto, diferentemente da rua apresentada na Figura 4, todo o condomínio se encontra dentro da mancha. O loteamento localizado no centro-norte da DPA possui mais de cem residências, e tende a manter crescente o nível de ocupação, tanto pela proximidade da BR-407, que facilita o tráfego com a sede municipal de Ponto

Novo, com a cidade vizinha Filadélfia e com o município polo do território Senhor do Bonfim, como pela lógica que envolve a instauração dos condomínios, a exemplo da ideia de ar puro, natureza, proximidade ao canal fluvial, etc. (HENRIQUE, 2006).

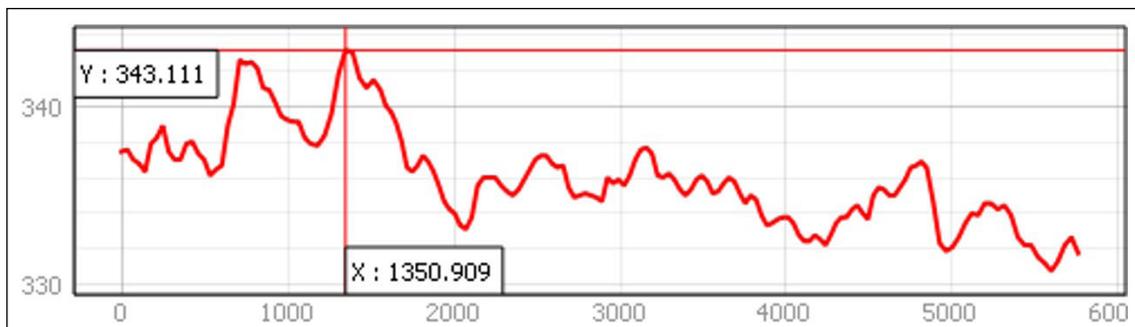


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 6. Loteamento dentro da mancha de Dano Potencial Associado, localizada entre os setores S10 e S11.

O loteamento se encontra entre os perfis transversais S10 e S11, locais que a onda de cheia apresenta velocidade 1,1 e 1,4 m/s, respectivamente. Nestes ambientes, o valor de altura de escoamento pode chegar a 8,89m, que somada à velocidade de onda pode encurtar o tempo de evacuação. Vale ressaltar que apesar do condomínio estar distante da barragem, a quase 10 km, o que pode agravar a situação é a proximidade com o canal fluvial, que chega a menos de 160m. Logo, semelhantemente à zona urbanizada atingida, há preocupação com questões de flutuação de resíduos e doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 2003; SILVA, 2020), além dos danos econômicos e de bens materiais.

Outra característica que carece destaque é a baixa hipsometria dos perfis S19 e S20, que potencializam os riscos de um cenário de inundação, pois são os terrenos mais baixos dentro da DPA, no extremo leste da mancha, com 350m de altitude (Figura 7). Apesar da quantidade de energia de vazão ser menor, em relação às zonas próximas a barragem – em caso de possível rompimento –, o fato de apresentarem baixas altitudes, bem como a menor cota de talvegue (setor S20), equivalente a 331,11 m, aumentam os riscos de ramificações de inundação em direção às áreas mais rebaixadas (LIMA, 2020).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 7. Perfil topográfico do extremo leste da DPA (transecto S20)

A partir do exposto, com base na Portaria nº 70.389/2017, delimitou-se também os pontos de autossalvamento (Figura 8), áreas localizadas fora da mancha de dano potencial. Segundo a legislação, a zona de autossalvamento (ZAS) é região do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10km (DNPM, 2017). Nesse sentido, para a delimitação das ZAS obedeceu-se a alguns critérios, tanto de distanciamento com base na portaria, como a observação de locais mais elevados, afastados, com rotas de fácil acesso, através da identificação de estradas e rodovias.

Apesar da legislação ressaltar que a difusão dos avisos de alerta se tratam de responsabilidade do empreendedor, cabe à gestão municipal assegurar que a população conheça as rotas existentes em um eventual vazamento ou ruptura da barragem (LIMA, 2020). Outra medida de responsabilidade da gestão é a adoção de estratégias de proibição do uso e ocupação nas ZAS, sendo passível de caracterização de pena de improbidade administrativa (BRASIL, 2010). Nesse sentido, a delimitação das ZAS partiu no intuito de compreender as rotas de fuga em detrimento das comunidades adjacentes, já que elas possibilitam levar o indivíduo para uma zona segura (BRASIL, 2010; DNPM, 2017; LIMA, 2020).

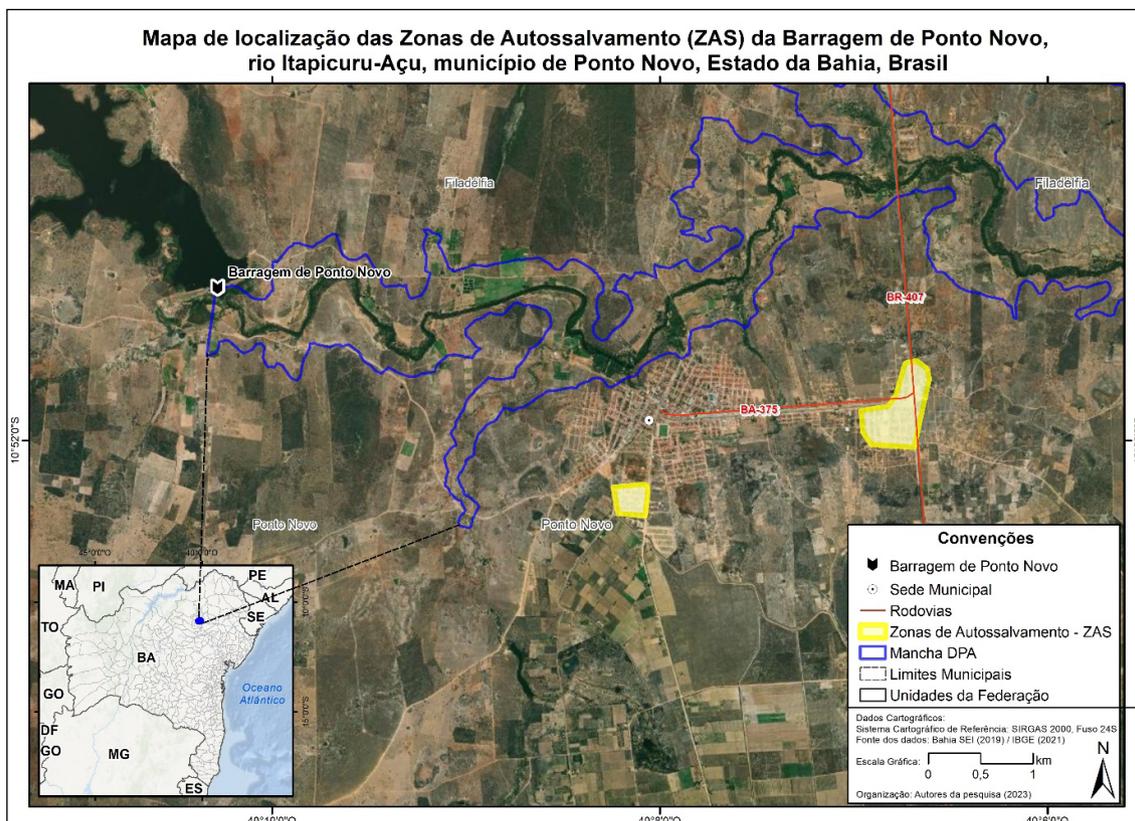


Figura 8. Zonas de autossalvamento da mancha de Dano Potencial Associado à barragem de Ponto Novo, Estado da Bahia.

A criação das zonas de autossalvamento também auxilia no intuito de mitigar cenários de impactos ambientais, tanto no sentido de deixar os indivíduos cientes que estão em zonas de risco e que existem rotas de fuga, quanto manter a responsabilidade do empreendimento perante a população, inclusive para propostas de testes de fugas periódicos, através da definição de procedimentos emergenciais e atuação conjunta dos empreendedores envolvidos para a criação de um Plano de Ação de Emergência (PAE) (BRASIL, 2010; DNPM, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que é um direito da população saber os riscos aos quais ela está submetida e como agir em situações de emergência. As barragens oferecem certo potencial de risco de ruptura, não existe risco ou dano zero. Por isso, ter estudos relacionados a esse tema é indispensável sendo uma ferramenta de conhecimento para a sociedade.

Diante dos instrumentos legais e documentos técnicos, tendo como área em estudo a barragem do rio Itapicuru – Açu, localizada no município de Ponto Novo, Estado da Bahia, Região Nordeste do Brasil, os resultados desse trabalho apontam um caráter inovador

frente a inexistência de estudos que versem as zonas de autossalvamento e zonas seguras na localidade, além de permitir a identificação da mancha de Dano Potencial Associado à possibilidade de ocorrência de rompimento da Barragem de Ponto Novo, o que amplia as ações de prevenção bem como sua integração às demais políticas setoriais no município.

Foram identificadas áreas urbanizadas e terrenos voltados a usos agrícolas dentro da mancha de Dano Potencial Associado, o que demanda ao poder público um melhor redirecionamento em caso de ações emergenciais, a exemplo de cadastro das residências e propriedades rurais no que diz respeito às ações indenizatórias; suporte de saúde pública em caso de riscos à doenças de veiculação hídrica; assim como a correta instalação de avisos de alerta, sirenes e instalação de placas pela entidade responsável pela gestão da Barragem de Ponto Novo, indicando as áreas de risco e as Zonas de Autossalvamento.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas - ANA. **Relatório de Segurança de Barragens**. 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/lancamento-do-rsb-2019>>. Acesso em: 2 de out. 2020.

Agência Nacional das Águas - ANA. **Resolução N° de 30 de janeiro de 2017**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/236-2017.pdf>>. Acesso em: 1 de out. 2020.

BELLADONA, Rossano. **Zoneamento do uso do solo em áreas localizadas no vale a jusante de barragens**. 2018.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm>. Acesso em: 14 de out. 2020.

CHAABERS, David M.; HIGMAN, Bretwood. **Long Term Risks Of Tailings Dam Failure**. Disponível em: <<http://www.csp2.org/files/reports/Long%20Term%20Risks%20of%20Tailings%20Dam%20Failure%20-%20Chambers%20%26%20Higman%20Oct11-2.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2021.

Conselho Nacional dos Recursos Hídricos - CNRH. **Resolução nº 143 de julho de 2012**. Acesso em: 15 de out. 2020.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; GIRÃO, Osvaldo. **A Contribuição da Geomorfologia para o planejamento da ocupação de Novas Áreas**. Disponível em: <<https://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/A-CONTRIBUI%C3%87%C3%83O-DA-GEOMORFOLOGIA-PARA-O1.pdf>>. Acesso em: 5 de nov. 2020.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Portaria nº. 70.389, de 17 de maio de 2017**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnmp-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GOVERNO DA BAHIA. **Investimentos garantem 100% da capacidade da Barragem de Ponto Novo**. Disponível em: <<http://www.bahia.ba.gov.br/2019/04/noticias/infraestrutura/investimentos-garantem-100-da-capacidade-da-barragem-de-ponto-novo/>>. Acesso em: 18 de nov. 2020.

HENRIQUE, Bruno Inocência. **Avaliação dos impactos a jusante da Barragem Lomba**

do Sabão, em Porto Alegre/RS, em caso de rompimento. 2020.

HENRIQUE, Wendel. A cidade e a natureza: a apropriação, a valorização e a sofisticação da natureza nos empreendimentos imobiliários de alto padrão em São Paulo. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 10, n. 1, p. 65-77, 2006.

HU, Liangming; YANG, Xu; LI, Qian; LI, Shuyu. **Numerical Simulation and Risk Assessment of Cascade Reservoir Dam-Break.** Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/12/6/1730/htm>>. Acesso em: 25 de jan. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades.** 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/ponto-novo/panorama>>. Acesso em: 22 de out. 2020.

JUNIOR, Paulo Roberto Lopes. **Definição da Mancha de Inundação Gerada por Rompimento Hipotético de Barragem: Uma Comparação entre Modelos Dinâmico e Estático.** Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/item/17457/Rel_PontoNovo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 de jan. 2021.

LIMA, Valdeny Caroline de Vasconcelos. **Delimitação das Zonas de Autossalvamento da Mancha de Dano Potencial Associado à Barragem Bosque-IV no Município de Junqueiro/AL.** Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/6776>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Ponto Novo.** Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/212048/TCC_Paulo_Roberto_Lopes_Junior.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 de jan. 2021.

MOECKE, Giorgia Cleto. **Análise da classificação quanto ao dano potencial associado de 15 barragens brasileiras: Com Base Nos Resultados De 90 Cenários De Ruptura.** Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/49955#:~:text=C.-,An%C3%A1l>>. Acesso em: 1 de out. 2020.

NASCIMENTO, Francisco Jhefison do: **Análise de Estabilidade de Barragens de Pequeno Porte – Estudo de caso no Semiárido Nordeste.** 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Unifersa, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4761/1/FranciscoJN_MONO.pdf>. Acesso em: 1 de out. 2020.

NEVES, Luiz Paniago. **Segurança de Barragens – Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/e-book-livre-legislacao-federal-brasileira-em-seguranca-de-barragens-autor-luiz-paniago-neves>>. Acesso em: 12 de out. 2020.

OLIVEIRA, Alarcon Matos de. **Mapeamento de áreas suscetíveis a inundação por rompimento de barragem em ambiente semiárido.** 2016. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/T.8.2017.tde-09032017-114124. Acesso em: 2023-09-18.

Prefeitura Municipal de Ponto Novo. **História.** Disponível em: <<http://pontonovo.ba.gov.br/site/historia/>>. Acesso em: 22 de out. 2020.

RADAMBRASIL. **Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL,** v. 30. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=216003&view=detalhes>>.

Acesso em: 5 de jan. 2021.

SCHIETTI, Juliana. **Interações entre floresta, chuva e solo em áreas com lençol freático superficial na Amazônia Central**. 2013.

SILVA, Dayara Boiani da. **Relação entre ocorrência de doenças de veiculação hídrica, áreas suscetíveis a inundações e populações vulneráveis, RMPA-RS**. 2020.

Sistema Nacional de Informações Sobre Barragens - SNISB. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=93e7af22c2294572b5aa554dfc048bc4>>. Acesso em: 16 de nov. 2020.

SOUZA, Jonatã Gomes de; SILVA, Igor Martins Costa Ferreira. **Classificação de Barragem Quanto à Categoria de Risco e Dano Potencial Associado – Um Estudo de Caso**. Disponível em <encurtador.com.br/brtFL>. Acesso em: 1 de out.2020.

TUCCI, Carlos EM; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

YOU, Luo; LI, Chen; MIN, Xu; XIAOLEI, Tong. **Review of Dam-break Research of Earth-rock Dam Combining with Dam Safety Management**. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812007473>>. Acesso em: 26 de jan. 2021.