

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PRELIMINAR PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE RESERVATÓRIO ARTIFICIAL: O CASO DO ‘AÇUDE DO GOVERNO’ EM CRATEÚS-CE.

Francisco Jurimar Pereira Sampaio Júnior¹
Thayres de Sousa Andrade²

RESUMO

Este estudo teve como objetivo diagnosticar o estado de conservação das margens do Açude do Governo, no município de Crateús-CE, delimitar sua Área de Preservação Permanente (APP) e propor medidas de recuperação para a área mais degradada. Utilizando ferramentas de geoprocessamento, análise em campo e por imagens de drone, foi possível identificar uma área de aproximadamente 1,57 hectares com sinais de intensa degradação, caracterizada principalmente pelo descarte irregular de resíduos sólidos. A delimitação da APP, realizada com base em critérios normativos, revelou que uma pequena parte da área degradada (0,093 hectares) encontra-se inserida nessa zona de proteção, porém, pode impactar na qualidade ambiental do reservatório como um todo, devido seu potencial poluidor-degradador. As medidas propostas incluem a remoção e destinação adequada dos resíduos, a implantação de técnicas de revegetação e a criação de barreiras físicas para evitar novas ações antrópicas. A recuperação dessa área é fundamental para a proteção da qualidade da água do açude e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, beneficiando diretamente a comunidade local. Recomenda-se a realização de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para toda a APP do açude, buscando um monitoramento contínuo da área para avaliar a eficácia das medidas implementadas e a necessidade de ajustes na recuperação.

Palavras-chave: Açude. APP. SIG. Nucleação.

ABSTRACT

This study aimed to assess the conservation status of the margins of the Açude do Governo, in Crateús-CE, delimit its Permanent Preservation Area (PPA) and propose recovery measures for the most degraded area. Using geoprocessing tools, field analysis and drone imagery, an area of approximately 6 hectares was identified with signs of intense degradation, mainly characterized by the irregular disposal of solid waste. The delimitation of the PPA, carried out based on regulatory criteria, revealed that a small portion of the degraded area is located within this protection zone, however, it may impact the overall environmental quality of the reservoir, due to its polluting-degrading potential. The proposed measures include the removal and proper disposal of waste, the implementation of revegetation techniques, and the creation of physical barriers to prevent further

¹ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús. E-mail: jurimarjr@alu.ufc.br.

² Engenheira Ambiental, Doutora em Biologia, Universidade de Aveiro, Professora do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús. E-mail: thayresandrade@crateus.ufc.br.

anthropogenic activities. The recovery of this area is essential for the protection of the water quality of the reservoir and the maintenance of the ecosystem services, directly benefiting the local community. It is recommended to develop a Degraded Area Recovery Plan (DARP) for the entire reservoir protection area, with continuous monitoring of the area to assess the effectiveness of the implemented measures and the need for adjustments in the recovery process.

Keywords: Dam. PPA. GIS. Nucleation.

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido do Nordeste Brasileiro, caracterizado por clima árido e chuvas intermitentes, historicamente enfrenta desafios relacionados à escassez hídrica. Desde a colonização, açudes se tornaram elementos essenciais para a mitigação dos efeitos da seca, possibilitando o armazenamento de água durante a estação chuvosa para suprir a demanda durante o período seco (MELO, 2022).

Ao longo de mais de um século, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) tem desempenhado um papel crucial na mitigação dos impactos da seca no Nordeste brasileiro. A autarquia federal, vinculada ao Ministério da Integração Nacional, desenvolve e implementa soluções inovadoras para a gestão dos recursos hídricos e a inclusão socioeconômica das comunidades rurais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região. Uma das técnicas utilizadas pelo órgão é a construção de reservatórios artificiais, ou açudes, ferramenta de desenvolvimento para comunidades (ARAÚJO, 2013).

Nesse contexto, as matas ciliares assumem papel fundamental na preservação dos reservatórios. Classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APPs) pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), atuam como filtros naturais, protegendo os corpos hídricos contra erosão, assoreamento e poluição, além de garantir a qualidade da água e a biodiversidade local (BRASIL, 2012).

Apesar da relevância ecológica e legal das APPs, sua proteção ainda é um desafio. O avanço desordenado da urbanização e das atividades agropecuárias, muitas vezes em áreas ambientalmente protegidas, resulta em desmatamento, lançamento de poluentes e ocupações irregulares (PEREIRA, 2010).

A intensificação da pressão antrópica sobre os ecossistemas, decorrente do crescimento urbano acelerado tem ocasionado a degradação acentuada das Áreas de Preservação Permanente (APPs) em diversas regiões e tipos de reservatórios. A perda dessas áreas cruciais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos resulta em uma série de impactos ambientais negativos, tais como processos erosivos acelerados, assoreamento de cursos d'água, diminuição da infiltração de água no solo e consequente redução dos recursos hídricos disponíveis para o abastecimento humano, animal e para as atividades produtivas (TNC, 2015).

Diante desse cenário, este estudo se propõe a analisar a situação ambiental da Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório hídrico artificial "Açude do Governo" e do seu entorno, localizado em Crateús-CE. Por meio de um diagnóstico detalhado utilizando ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e análise técnica com base em indicadores ambientais, serão identificadas as áreas com maior grau de degradação e propostas

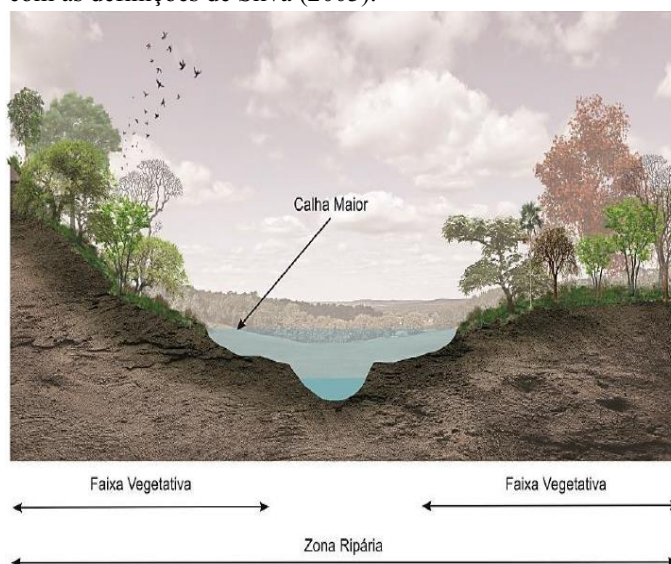
medidas de recuperação e restauração adequadas, com base em técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD).

2.1. Áreas de Preservação Permanente (APP): Zona Ripária e Matas Ciliares

As Zonas Ripárias são responsáveis pela contribuição na conservação e manutenção dos recursos hídricos, sendo definidas como faixas vegetativas de largura medidas da distância horizontal perpendicular ao rio, iniciada do fim da sua calha maior, como está ilustrado na Figura 01. As faixas de APP nas áreas ripárias variam de acordo com diversos fatores, como o tipo de curso d'água, a declividade do terreno, a cobertura vegetal e o uso do solo adjacente. (ALMEIDA et al. ,2020)

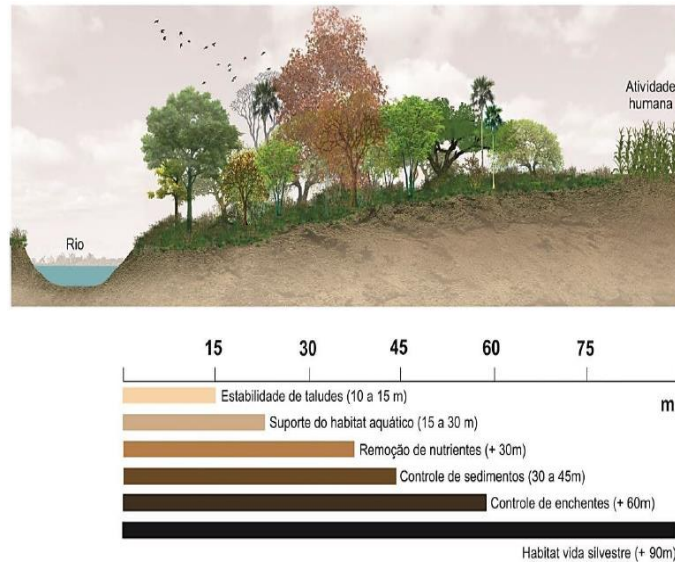
Silva (2003) classifica as funções das zonas ripárias como: estabilização de taludes; manutenção da morfologia do corpo hídrico e proteção contra inundações; reter nutrientes e sedimentos nas margens; controlar a temperatura da água e do solo; fornecer alimento e habitat para os seres vivos; são corredores ecológicos; formam paisagem e recreação; fixam CO_2 ; interceptam materiais rochosos. As larguras ideais das zonas ripárias, atreladas às funções que podem desempenhar, estão explícitas na Figura 02.

Figura 01 - Ilustração de uma zona ripária de acordo com as definições de Silva (2003).



Fonte: ROSIN, 2016

Figura 02 - Larguras ideais para as zonas ripárias com base em suas funções.



Fonte: ROSIN, 2016

Ao longo da história, a sociedade se instalou frequentemente às margens de corpos hídricos, impulsionada pela busca por água e recursos naturais. Essa proximidade, no entanto, tem gerado impactos negativos, como a derrubada da mata ciliar e a ocupação indevida das margens. De acordo com Antunes (2002), a remoção da cobertura vegetal da mata ciliar acarreta diversas consequências para os cursos de água, como a redução do intervalo de tempo entre a chuva e os efeitos nos cursos d'água; a diminuição da capacidade de retenção de água nas bacias hidrográficas e consequente aumento do pico das cheias: A ausência da vegetação intensifica o escoamento da água, elevando o nível dos rios e causando inundações.

A vegetação que margeia rios, lagos e reservatórios atua como uma barreira natural, protegendo as margens da erosão e do desmoronamento. Quando essa vegetação é removida, o solo fica exposto à ação da água e do vento, aumentando o risco de erosão e assoreamento. As zonas ripárias e a mata ciliar, portanto, são essenciais para a proteção dos corpos hídricos, impedindo a chegada de agentes degradadores e preservando o equilíbrio ambiental (AAC, 2024). A delimitação de APPs é fundamental para garantir a proteção da mata ciliar e de outras áreas frágeis, assegurando a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.

2.2. Considerações acerca da delimitação das APPs

A promulgação da Lei do Código Florestal Brasileiro, ou Lei de Proteção da Vegetação Nativa do Brasil (LPVN), denominada assim por Rodrigues et. al. (2016), alterou significativamente o cenário jurídico brasileiro no que tange à proteção ambiental, especialmente em áreas de preservação permanente (APPs). No ano de 2021 foi promulgada a Lei nº 14.285/2021, que altera a LPVN no que dispõe sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Um dos pontos mais controversos é o fato de que a Nova Lei de 2021 permite que municípios definam faixas marginais de cursos d'água com dimensões inferiores àquelas previstas no LPVN, desde que atendam a critérios específicos, como a realização de diagnóstico socioambiental e a garantia da preservação ambiental e da segurança pública.

Essa flexibilização das APPs em áreas urbanas consolidadas, embora defendida por alguns como forma de desburocratizar a regularização fundiária e promover o desenvolvimento urbano, gera preocupações significativas entre ambientalistas e especialistas em recursos hídricos. A principal delas reside no risco de aumento da vulnerabilidade a desastres naturais, como inundações e deslizamentos de terra, em decorrência da diminuição da área de proteção ambiental. As implicações da Lei nº 14.285/2021 nos reservatórios artificiais são ainda mais complexas, pois envolvem a interação entre diversos fatores ambientais, sociais e econômicos. A redução das faixas de proteção ambiental ao redor dos reservatórios pode levar a um aumento do assoreamento, à diminuição da qualidade da água e à perda de biodiversidade (ANTUNES, 2022).

A urbanização desordenada, impulsionada por ações humanas, é a principal causa das grandes alterações ambientais, gerando poluição e degradação ambiental (OLIVEIRA, 2017). Nesse contexto, Santos et al. (2016) alertam para a grave questão da degradação das águas, especialmente em áreas urbanas, onde grande volume de resíduos é lançado nos cursos hídricos sem controle. É crucial reconhecer que a degradação ou destruição de um ecossistema compromete a qualidade de vida da sociedade. Medeiros e Souza (2022, p. 62) destacam que o Código Florestal de 2012, com suas últimas modificações, estabelece uma faixa mínima de 30 metros para as Áreas de Preservação Permanente (APPs) em torno de reservatórios artificiais.

Essas APPs são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade local. Pinto e Dias (2018, p. 154) apontam que a preservação das APPs em açudes urbanos enfrenta desafios específicos, como a pressão por expansão urbana e a poluição difusa. É fundamental que o Poder Público Municipal implemente medidas de proteção e fiscalização para impedir o desvirtuamento da finalidade dessas áreas. Considerando as funções das áreas verdes urbanas e das APPs para o meio urbano, é necessário integrá-las de forma complementar. Além da preservação ambiental e da segurança, como ressalta Jelinek (2012), é importante considerar a preservação da paisagem, da estética do meio e de outras funções sociais da cidade, como lazer, educação e cultura.

Não basta apenas delimitar e afastar as APPs dos usos particulares, é necessário fomentar a apropriação adequada desses espaços pela sociedade, promovendo a compreensão de seu valor e importância, propiciando a interação e o contato do homem com o meio natural. As APPs urbanas devem interagir com a cidade, pois são componentes do meio ambiente. Para isso, é necessário criar normas que atendam às necessidades específicas do meio urbano. Seria importante fixar de forma clara e inequívoca regras adequadas de uso, manejo e interação com os demais espaços urbanos, visando sua efetiva preservação. Silva e Ferreira (2020, p. 130) sugerem que medidas como a recuperação de matas ciliares, a implementação de cercas vivas, a criação de parques lineares urbanos e a educação ambiental são cruciais para fortalecer a proteção das APPs em reservatórios artificiais, especialmente em áreas urbanas.

2.3. Uso de VANTS no Monitoramento Ambiental

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) são destinados à aquisição de dados georreferenciados. Dentre as aplicações dos VANTS estão: monitoramento e análise ambiental; planejamento de uso da terra; manejo de recursos naturais; projetos de engenharia e manejo florestal. O uso de drones no monitoramento é viável para os estudos ambientais, pois as imagens obtidas são de alta resolução e podem ser trabalhadas em ambiente SIG gratuito, em um curto período de tempo e baixo custo. Getzin et. al (2012) trazem que os drones assumem um papel crucial no monitoramento de áreas em recuperação, proporcionando acompanhamento

preciso e detalhado do processo de restauração, facilitando a identificação de pontos que necessitam de medidas corretivas.

A aerofotogrametria com drones se consolida como uma ferramenta poderosa para a coleta de dados geoespaciais de alta qualidade, abrindo caminho para a geração de produtos inovadores como o ortomosaico. Este produto consiste na composição precisa de ortofotos, imagens aéreas capturadas por drones sob rigorosos parâmetros geométricos, resultando em um mapa digital de alta resolução e fidelidade à realidade.

2.4. Recuperação de Áreas Degradadas

O conceito clássico de Recuperação Ambiental é definido por Williams et al. (1990) como a aplicação de um conjunto de técnicas que seguem um planejamento prévio, para que um sítio degradado tenha condições estáveis para desempenhar funções oriundas no uso do solo, e tais condições estão em consonância com os valores ambientais, sociais e estéticos, estabelecendo-se um equilíbrio dinâmico na área. Não antagônico, mas ressignificado para os tempos atuais, a Instrução Normativa N° 14/2024, que estabelece procedimentos para elaboração, apresentação, execução e monitoramento de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Área Alterada (PRAD), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), traz o termo Recuperação Ambiental no Art. 3°:

XXV - recuperação ambiental: conjunto de ações e medidas adotadas por meio de projetos ou programas que visam à restituição de atributos ambientais a uma condição sustentável, não degradada; (IBAMA, 2024)

Entende-se por área degradada uma área que não possui potencial para retornar de forma natural a um estado previamente conhecido (IBAMA, 2024). Por sua vez, a degradação pode ser qualquer alteração adversa ao ambiente (IBAMA, 2024). As degradações podem ser classificadas quanto: i) o tipo de processo; ii) sua intensidade; iii) a extensão degradação; iv) ao componente ambiental afetado; v) serviços ambientais degradados; vi) grupo de geoindicadores (CALIJURI, 2012).

Há algumas formas de recuperação com eficácia comprovada, porém, para o presente trabalho, será utilizada a vertente da recuperação ecológica, que por meio de intervenções antrópicas desencadeia, facilita ou acelera o processo natural de sucessão ecológica para alcançar o ecossistema de referência ou o mais próximo possível (IBAMA, 2024).

Para atingir tais resultados de recuperação, é imprescindível o planejamento das ações. No caso da recuperação de áreas, se faz necessário a criação de planos de recuperação são importantes instrumentos de gestão ambiental para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo as que abrangem desmatamentos, terraplenagem, exploração de jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) diretamente no solo (Silva, 2010).

Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) são instrumentos de planejamento que apresentam as ações de recuperação ou recomposição da vegetação nativa contendo metodologias, cronogramas e demais itens para subsidiar as ações projetadas (IBAMA, 2024).

As etapas básicas componentes de um PRAD são:

- **Identificação:** são identificadas áreas suspeitas de degradação com base na avaliação preliminar, e, para aqueles em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória. É sabido que a degradação ambiental remete à perda de qualidade ou de capacidade produtiva, devendo ser avaliada com relação à

extensão e ao grau do dano ao meio ambiente (Zuquette et al., 2012). O IBAMA em sua Instrução Normativa evidencia que é importante determinar o cenário ambiental da área para propor as ações;

- Diagnóstico: inclui a investigação detalhada nos meios físico, biológico e social, e investigação de risco, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação;

- Intervenção: execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, considerando o uso atual e futuro da área;

- Monitoramento: conjunto de atividades a serem realizadas pelo responsável técnico do projeto com avaliações parciais e finais dos resultados, conforme metodologia de monitoramento estabelecido no PRAD (IBAMA, 2024).

3. METODOLOGIA

3.1. Local do Estudo

O Açude Público Municipal de Crateús, ou “Açude do Governo”, está localizado na cidade de Crateús - CE, que está situada a 353 km da capital Fortaleza, em coordenadas N 9427334.33 m, E 314025.876 m, com altitude de 274,7 m, com base no sistema UTM. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, é do domínio BSh, semiárido quente, onde a pluviosidade é de 710,2 mm, a evapotranspiração chega a 1998,6 mm com temperaturas médias variando de 26°C a 28°C e período chuvoso principalmente entre os meses de janeiro e abril. Seu relevo é característico de Planalto da Ibiapaba, Depressões Sertanejas e Maciços Residuais, onde o solo possui amostras de Areias Quartzosas Distróficas, Bruno não Cálcico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo (FUNCEME/IPECE, 2021). Crateús está compreendida na micro Região Hidrográfica do Rio Poti, quando o Rio Poti intercepta a zona urbana recebe o nome de Riacho do Meio, e também está na macro Região Hidrográfica do Parnaíba.

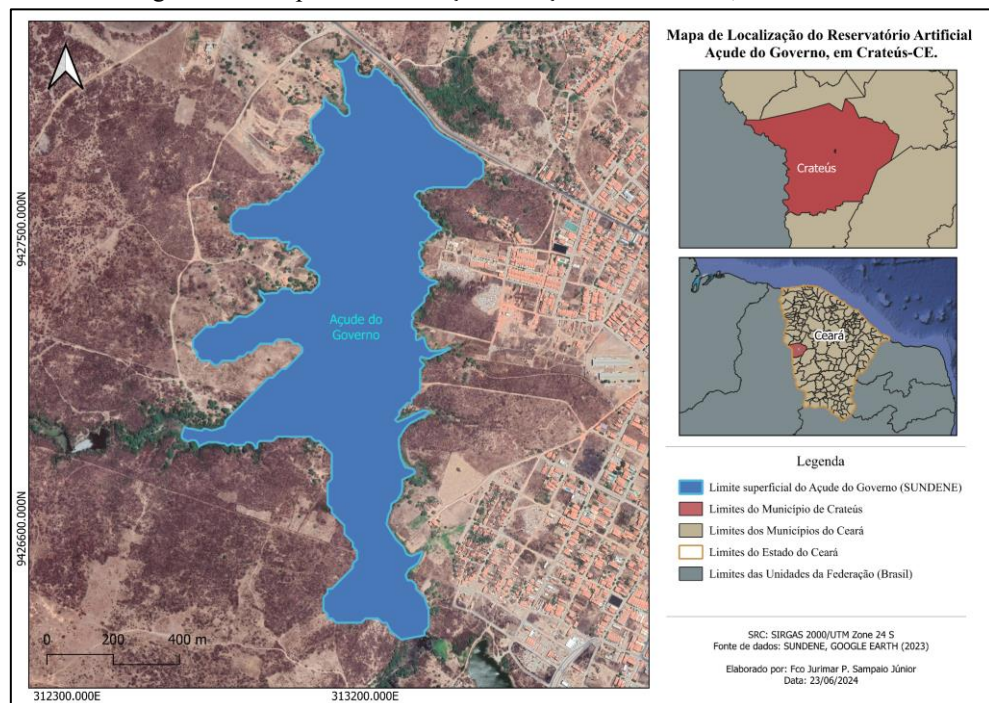
O “Açude do Governo”, como é visto no Mapa 01, localiza-se em Coordenadas Norte 9427814.63 m e Este 313356.28 m, para o sistema UTM. Mais precisamente, o barramento do reservatório se dá na BR-226, na Rua José Saboia Livreiro - Bairro Altamira, via que liga Crateús ao estado do Piauí. O açude está compreendido nos domínios de solo Planossolo Háplico Eutrófico, que possui composição arenosa média e arenosa argilosa. As vegetações predominantes no açude, assim como no município de Crateús, são de Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Caducifólia Espinhosa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, que caracterizam biodiversidade de flora e fauna (IPECE, 2010).

Figura 03 – Vista aérea do Açude do Governo, em Crateús-CE.



Fonte: Autor (2024).

Figura 04 – Mapa de Localização do Açude do Governo, em Crateús-CE.



Fonte: Autor (2024).

O reservatório possui uma de suas margens em zona urbana e outra em zona rural, ambas possuem agentes degradadores, porém, este trabalho será voltado para o avanço da zona urbana em direção ao reservatório. O açude também possui grande potencial para ser uma área verde urbana, pois a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMAM) de Crateús está localizada em um dos terrenos às margens do reservatório, e desenvolve programas de educação ambiental, como visitas às trilhas ecológicas. Ademais, o açude necessita de integração com o

povo crateuense para que haja sua preservação por meio da sensação de pertencimento em tê-lo como espaço de contemplação do meio ambiente.

3.2. Procedimentos de obtenção e análise de dados

As imagens que serão utilizadas nos diagnósticos ambientais para geoprocessamento com o uso de SIGs foram obtidas das seguintes formas: i) imagens de satélites de bases gratuitas fornecidas por instituições; ii) imagens por levantamento aéreo com o uso de VANTs, no caso um drone, para gerar uma ortofoto da área de maior degradação; iii) fotografias em campo, de pontos de degradação, para análise mais detalhada das áreas em que serão aplicadas as técnicas de RAD. No Quadro 01 estão descritos os dados de entrada para cada mapa a ser produzido.

Quadro 01 - Dados a serem utilizados para gerar os mapas de diagnóstico ambiental.

Produto Gerado	Dado de Entrada
Mapa de Delimitação da APP	Imagens Satélite <i>CBERS-4A</i> + Hidrografia da SUDENE
Mapa de Uso e Ocupação do Solo	Rasters da plataforma Map Biomas (dados de 2023)
Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)	Imagens Satélite <i>CBERS-4A</i>
Mapa do Modelo Digital de Terreno (MDT)/Hipsométrico e Curvas de Nível da APP	Modelo Digital de Elevação (MDE) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Topodata
Mapa de Delimitação da Bacia Hidrográfica do Reservatório e Fluxo de Drenagem	
Mapa do MDT/Hipsométrico e Curvas de Nível da Área Degradada	Modelo Digital de Elevação (MDE) - feito com drone
Mapa de Direção de Drenagem da Área Degradada	
Ortofoto Georreferenciada	

Fonte: Autor (2024).

A partir do monitoramento ambiental com o uso dos SIGs no geoprocessamento, foi selecionada a área que sofre maior pressão antrópica. Em seguida foram feitas visitas à área escolhida e capturadas fotografias para melhor compreensão da dinâmica das degradações ali

existentes. O levantamento aéreo com drone também foi realizado na área escolhida e, posteriormente, foram gerados os produtos utilizando o ortomosaico georreferenciado. Após realização dos estudos ambientais, foi apresentada uma análise final de todos os produtos gerados, mapas e fotografias da área de interesse, bem como a determinação das formas de recuperação da área.

Para identificar degradações ambientais deve-se levar em consideração a observação e avaliação de diferentes indicadores e sinais de danos ao meio ambiente. Com base na metodologia de Zuquette et. al. (2012), foram realizadas no presente trabalho:

- Pesquisa e coleta de dados: realização de pesquisas e coleta de dados relevantes sobre a área em questão. Incluindo informações sobre a qualidade da água, qualidade do ar, biodiversidade, uso da terra e atividades humanas na região, buscando sinais de contaminação, equilíbrio ecológico, perda de espécies nativas ou invasão de espécies exóticas.
- Observação direta: por meio de visitas em campo na área em questão e observações diretas do ambiente. Observar se há sinais visíveis de emissão de poluentes, desmatamento, erosões no solo, descarte inadequado de resíduos ou qualquer outro tipo de degradação. É necessário identificar os usos da água e do solo no entorno do reservatório. Por fim, avaliar o potencial dessas atividades de impacto no meio ambiente, como combustível no ar, água e solo, destruição de habitats, fragmentação de ecossistemas, entre outros.
- Análise de imagens de satélite: por meio da utilização de imagens de satélite para análise de mudanças na cobertura vegetal, expansão urbana, alterações no curso de rios e outros indicadores que podem evidenciar uma degradação ambiental.

3.2.1. Mapa de Delimitação da APP

Utilizando o *QGIS 3.34*, foram utilizadas imagens do Açude do Governo do satélite *CBERS-4A*, do INPE, e também dos *shapefiles* da SUDENE que delimitam o corpo hídrico. A temporalidade das imagens foi a mais próxima do final da quadra chuvosa na região, que compreende os meses de junho ou julho, a fim de se obter a delimitação com base na calha maior do reservatório.

Foi feita a vetorização dos limites superficiais, que é o traçado de uma linha, que formará um polígono e posteriormente foi utilizada a ferramenta de *buffer* para indicar as Áreas de Preservação Permanente. O *buffer* é construído na largura que se deseja a faixa de APP. Por meio da delimitação, foi aprimorado o escopo do PRAD, para atuar especificamente nesta área. A faixa de APP adotada foi a de 30 metros, por se tratar de um reservatório artificial situado em área urbana consolidada, seguindo a faixa especificada no Código Florestal e na Resolução CONAMA N°302/2022, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

3.2.2. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O mapa foi gerado a partir dos *rasters* disponibilizados pelo projeto Map Biomas, que fornece dados sobre uso e ocupação do solo, mapas rurais, mapas de escalas temporais,

todos em um intervalo que se estende de 1985 - 2023. Então, foram coletados dados acerca do município de Crateús-CE e posteriormente foram utilizados apenas os dados no entorno da Bacia Hidrográfica do reservatório, a fim de se analisar quais os usos da região que podem influenciar a preservação da APP.

3.2.3. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Mapas NDVI são instrumentos que utilizam o Sensoriamento Remoto e a extração de dados obtidos através da Radiação Eletromagnética (REM) que é refletida ou absorvida espacialmente por superfícies terrestres. No inglês, este índice é representado pela sigla NDVI, e em tradução livre, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. O índice busca destacar o verde da vegetação enquanto minimiza a diferença de valores da irradiação solar e os efeitos do solo ou um dossel de vegetação. Dessa forma o mapa NDVI mostra o quanto uma vegetação está presente em uma área, sendo importante para diagnósticos ambientais (Fitz, 2020). Os dados foram obtidos a partir do satélite *CBERS-4a*, com as bandas 0, 3, 4 e 8, e suas descrições estão na Tabela 01. A resolução espacial final do mapa foi de 2 m x 2 m, que foi obtida através da Banda 0, Banda Pancromática, exclusiva do satélite escolhido, conferindo uma ótima resolução espacial para o estudo. O Índice NDVI também foi utilizado no Ortomosaico Georreferenciado obtido com o uso do drone na área mais degradada, para avaliar a saúde da vegetação. No caso do Ortomosaico, as bandas de cor já estão presentes na imagem.

Tabela 01 - Características das Bandas Espectrais do Satélite CBERS-4a.

Bandas Espectrais	Resolução Espacial	Nome da Banda
B0 : 0,45 - 0,90 μm	2 m x 2 m	Pancromática
B3: 0,63 - 0,69 μm	8 m x 8 m	Green (verde)
B4: 0,77 - 0,89 μm	8 m x 8 m	Red (vermelho)
B8: 0,77 - 0,89 μm	16,5 m x 16,5 m	NIR (Infravermelho Próximo)

Fonte: Adaptado de INPE (2024).

3.2.4. *Mapa do MDT/Hipsométrico e de Curvas de Nível da APP*

O mapa foi gerado a partir do MDE obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - Topodata), com resolução espacial de 30 m x 30 m, que possui um nível de detalhamento satisfatório. Neste mapa foram combinados o mapa de curvas de nível com espaçamento de 5 m, que representam o relevo através de linhas imaginárias, e o mapa hipsométrico, uma representação gráfica de altitudes do relevo. Com a união destes mapas, foi possível analisar a necessidade de realizar ou não técnicas de geotecnia ambiental para alteração do relevo, bem como verificar as potencialidades para a ocorrência de erosões na área. O relevo da área mais degradada, bem como as curvas de nível, foi gerado através do Ortomosaico.

3.2.5. Mapa de Delimitação da Bacia Hidrográfica do Reservatório e Fluxo de Drenagem

O mapa de fluxo hídrico mostra as direções de drenagem na área estudada, sendo importante para a análise de como as águas de escoamento superficial chegam ao reservatório. Por meio deste mapa, podem ser analisados possíveis pontos de maior carreamento de sólidos que causam assoreamento do corpo hídrico, e podem ser analisados pontos de diluição de poluentes, bem como seu caminho até as águas do reservatório, deduzindo então a influência de pontos mais críticos, impedindo a contaminação das águas. O mapa foi gerado a partir do MDE do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - Topodata), com o uso das ferramentas do programa GRASS localizadas no QGIS 3.34. A partir do relevo gerado pelo Ortomosaico, foi projetada a drenagem na área mais degradada.

3.2.6. Mapas gerados a partir do MDT obtido com o mapeamento por drone

A geração dos produtos a partir do drone foi feita com fotos que o equipamento registrou em um voo, e estas fotos foram processadas, formando o Modelo Digital de Terreno (MDT). A partir do MDT foi possível gerar os outros produtos descritos no Quadro 01. A Ortofotografia permite que o observador veja a imagem com excelente resolução e faça análises mais acuradas sobre a área estudada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise das fotografias e visita à Área de Disposição de Resíduos Sólidos

Conforme detalhado na metodologia, foram realizadas fotografias na área que apresentou o maior índice de degradação e se encontrava na APP, conforme identificado no estudo por sensoriamento remoto utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG). As fotos apresentam indícios das causas de poluição e degradação. Todas as imagens foram capturadas em 22 de janeiro de 2024. Também foram feitos apontamentos visuais mediante visita à área.

A visita in loco permitiu constatar que a área apresenta acúmulo de Resíduos de Construção Civil (RCC), presentes nas Figuras 5, 8, 10, composto por materiais como gesso, tijolos e madeira (Figuras 12 e 13). Essa deposição irregular configura um crime ambiental, conforme previsto na Lei de Crimes Ambientais. Além disso, observa-se a presença de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), vistos nas Figuras 9, 10 e 12, incluindo plásticos, vidros e restos de poda, que contribuem para a degradação do solo e atraem vetores de doenças.

A área apresenta escassez de cobertura vegetal no topo dos taludes, com predomínio da espécie mamona (*Ricinus communis*). Considerada invasora, essa planta indica contaminação do solo por substâncias nitrogenadas (EMBRAPA, 2012). A vegetação nativa está presente na parte baixa do terreno, no vale que leva ao açude, servindo como a última contenção natural da poluição, em que é possível ser visualizada na Figura 10. A presença de aves na área é um indicativo de certa resiliência ambiental, mas a ausência de outros animais silvestres demonstra o impacto negativo da degradação sobre a biodiversidade local.

O solo da área apresenta sinais evidentes de erosão laminar e ravinas (são vistas na Figura 15), processos esses de degradação intensificados pela má gestão dos resíduos e pela ausência de cobertura vegetal. Também é visto na Figura 10 a presença de RSU no interior da erosão. A composição do solo por aterro irregular com RCC e outros materiais contribui para a fragilidade do terreno e acelera os processos erosivos. O relevo acidentado, com a presença de um talude principal onde os resíduos se acumulam, intensifica os riscos de escoamento superficial e erosão laminar, levando sedimentos para cursos d'água próximos e causando poluição hídrica. A significativa geração de RCCs e sua destinação final, quando feita de forma inadequada, podem resultar em impactos ambientais negativos, como: obstrução de vias e logradouros públicos, comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local, proliferação de vetores, assoreamento de córregos e rios, além dos custos com limpeza, entre outros (SANTANA, 2016)

A área não possui cerca ou delimitação física, facilitando o depósito clandestino de resíduos e a entrada de animais domésticos e silvestres, intensificando os problemas ambientais. Essa falta de delimitação também dificulta o controle do acesso e a implementação de medidas de recuperação. Na Figura 11 e 14 é possível verificar a formação dos taludes de resíduos. Nas Figuras 6 e 7 é perceptível a utilização de máquinas para supressão da vegetação. Todos os fatores intensificam os impactos negativos na área.

Figura 05 - resíduos dentro da APP do açude do governo.



Fonte: Autor (2024).

Figura 06 - Parte da vegetação da APP foi retirada por maquinário.



Fonte: Autor (2024).

Figura 07 - Rastros do maquinário e amontoado de restos da vegetação retirada da APP.



Fonte: Autor (2024).

Figura 08 - tijolos, madeira e demais resíduos a céu aberto.



Fonte: Autor (2024).

Figura 09 - resíduos domiciliares a céu aberto.



Fonte: Autor (2024).

Figura 10 - resíduos de construção e domiciliares, e ao fundo o açude do governo.



Fonte: Autor (2024).

Figura 11 - resíduos de diversos tipos sendo utilizados como aterro.



Fonte: Autor (2024).

Figura 12 - resíduos de poda e domiciliares a céu aberto.



Fonte: Autor (2024).

Figura 13- gesso e demais resíduos a céu aberto.



Fonte: Autor (2024).

Fotografia 14 - pilha de resíduos sendo utilizados como aterro.



Fonte: Autor (2024).

Fotografia 15 - resíduos domiciliares obstruindo erosão do tipo ravina.



Fonte: Autor (2024).

Fotografia 16 - pilha de resíduos da construção e de podas. Presença de *Ricinus communis*.



Fonte: Autor (2024).

4.2. Mapas gerados por meio dos SIGs.

4.2.1. Mapa de Delimitação da APP

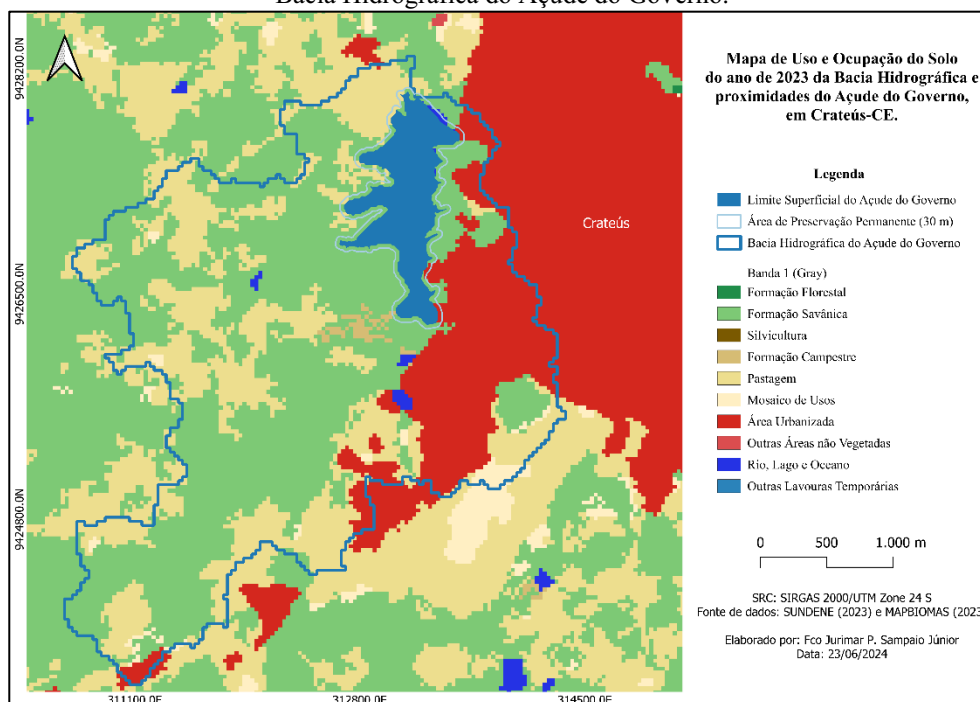
Medeiros e Souza (2022, p. 62) explicam que o Código Florestal de 2012, com suas modificações mais recentes, estabelece que as APP de reservatórios artificiais devem ter uma faixa de preservação de, no mínimo, 30 metros, podendo ser ampliada de acordo com o impacto ambiental e a largura do reservatório. Destarte, a delimitação foi realizada considerando uma faixa de 30 metros adjacente ao limite superficial do Açude do Governo. A Área de Preservação Permanente (APP), conforme delimitada na presente pesquisa, encontra-se representada nos

mapas a seguir para melhor identificação da interação da APP e os parâmetros que serão analisados.

4.2.2. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A partir deste mapa é possível inferir que a área da Bacia Hidrográfica do Açude (BHA) sofre interferências pela expansão urbana em direção ao reservatório e pela inserção de pastagens em detrimento da vegetação nativa na região. É reconhecido que a ocorrência da urbanização transforma os processos hidrológicos das bacias hidrográficas alterando características e funções das bacias (YANG et al., 2012). Com a expansão urbana desordenada se esperam a redução da infiltração, aumento dos volumes de fluxo de tempestade, tempos de atraso na drenagem, descarga máxima de água pluvial, frequência maior de inundações e escoamento superficial alterados (OGDEN et al., 2011).

Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo (dados do ano de 2023) da Bacia Hidrográfica do Açude do Governo.

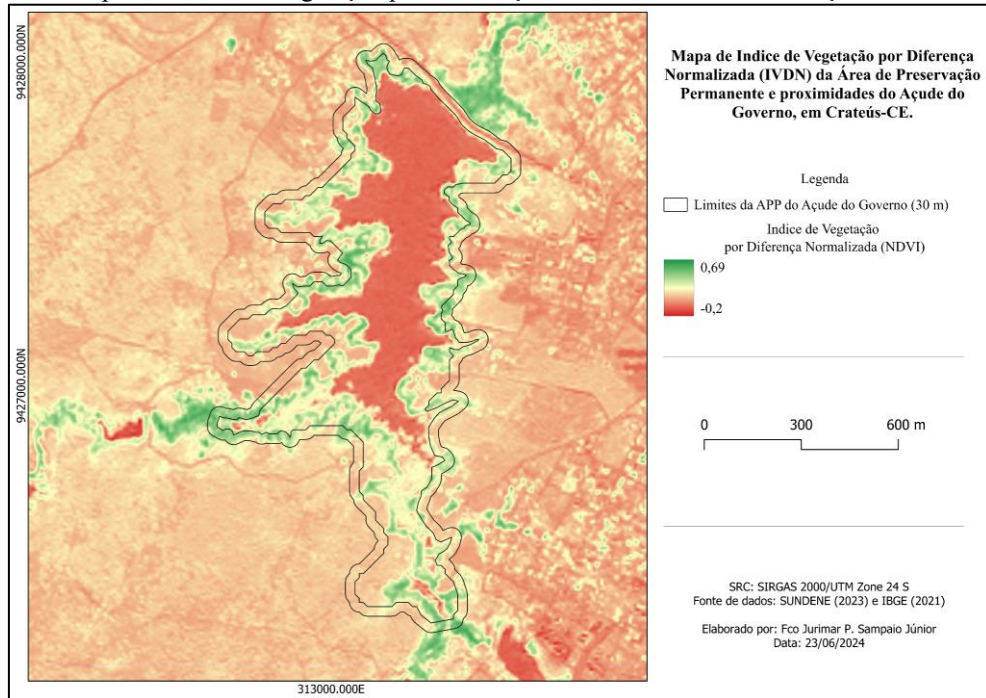


Fonte: Autor (2024).

4.2.3. Mapa de NDVI

O índice apresentou que a APP possui fragmentos de vegetação espaçados e não conectados, o que pode dificultar a dispersão de fauna, prejudicando o ecossistema aquático e da zona ripária. A falta de vegetação não está somente na área da APP, mas em toda a bacia e zona urbana da cidade.

Figura 18 - Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada da APP do Açude do Governo.

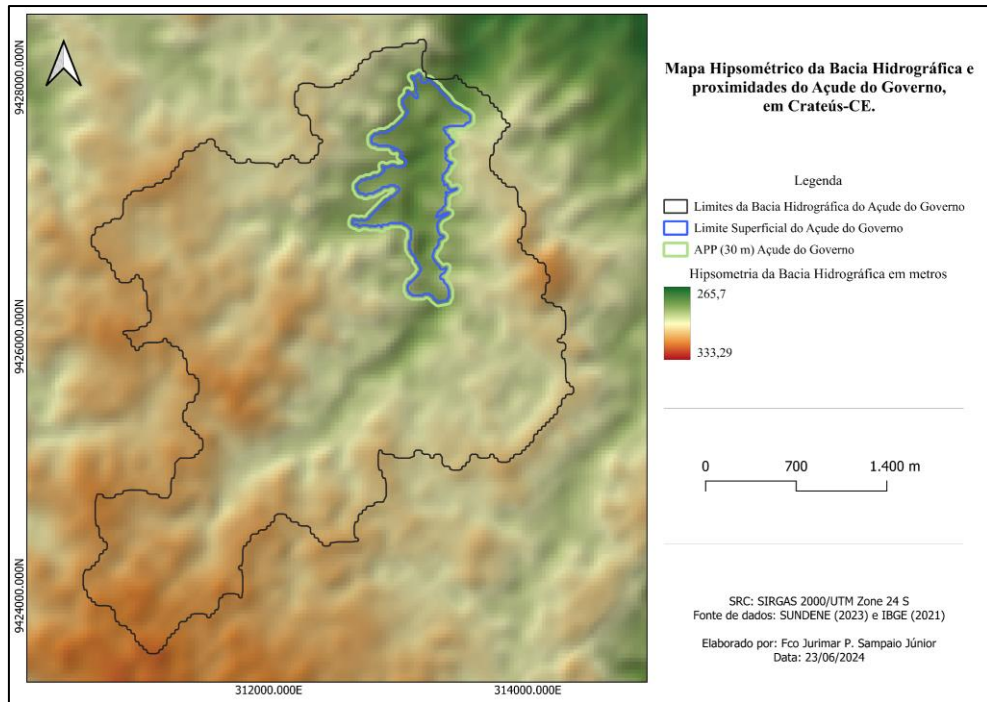


Fonte: Autor (2024).

4.2.4. Mapa do MDT/Hipsométrico e de Curvas de Nível da APP

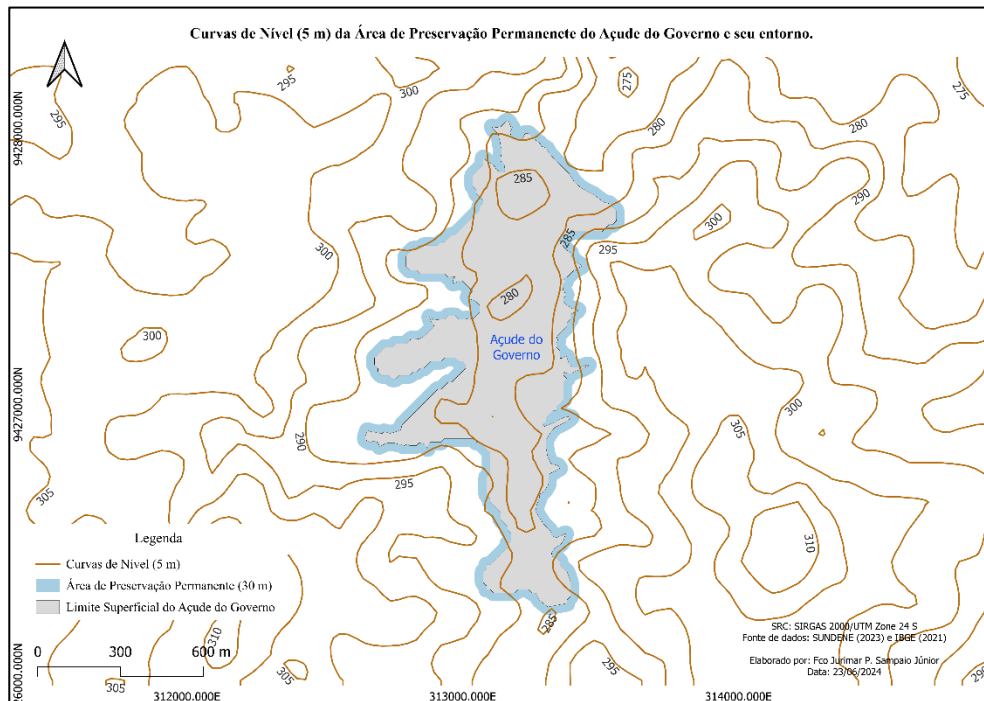
Os mapas Hipsométrico e de Curvas de Nível são gerados pelo MDT. Enquanto um é uma representação gráfica, o outro é uma representação linear e poligonal, mas ambos evidenciam que o relevo na região não possui grandes declividades, exceto em pontos específicos, ou que possuem interferência humana. Não foram identificados pontos de APP devido à declividade do terreno ou por se tratar de topos de morro, seguindo parâmetros do Código Florestal.

Figura 19 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Açude do Governo.



Fonte: Autor (2024).

Figura 20 - Mapa das Curvas de Nível do entorno do Reservatório.

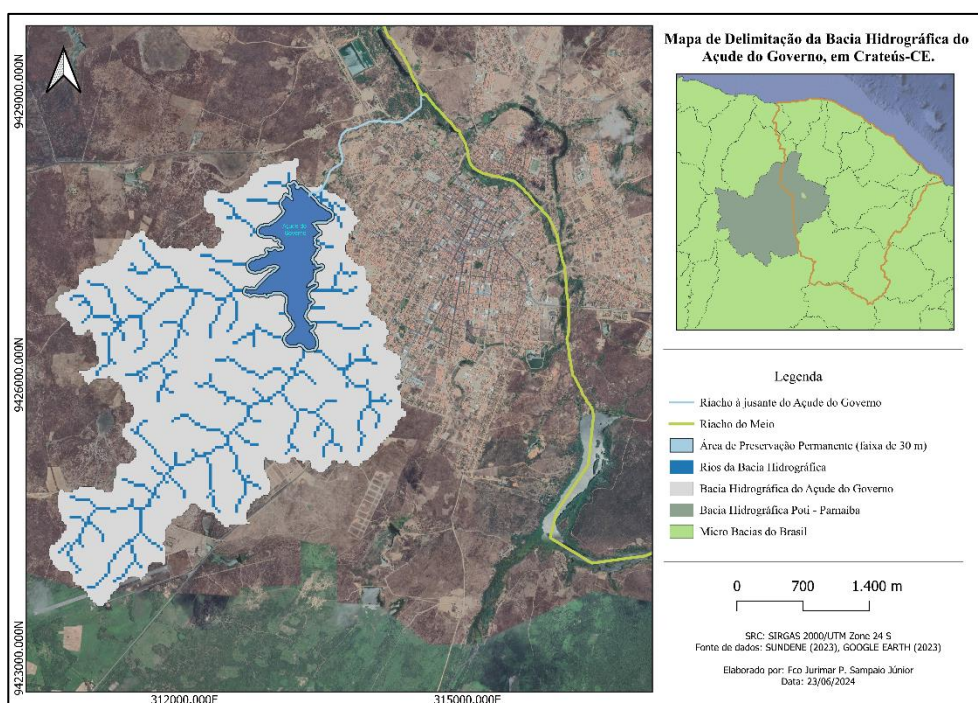


Fonte: Autor (2024).

4.2.5. Mapa de Delimitação da Bacia Hidrográfica do Açude do Governo

A BHA apresenta uma porção significativa de sua área inserida em área urbana, o que ocasiona alterações em suas funções naturais, tais como redução da permeabilidade do solo e aumento da poluição hídrica. Neste mapa é apresentado o fluxo de drenagem na APP e no seu entorno. Com base no mapa gerado foi calculado que o rio principal da bacia possui 7,6 km de extensão, enquanto a área total da bacia atinge 909 ha. A BHA é fundamental para a manutenção da qualidade ambiental, controle de inundações e regulação do clima na região. É possível também inferir que a urbanização altera as funções da bacia hidrográfica do reservatório, pois a cidade se expande em direção à área da bacia, representada na Figura 21.

Figura 21 - Mapa de Delimitação da Bacia Hidrográfica do Açude do Governo.

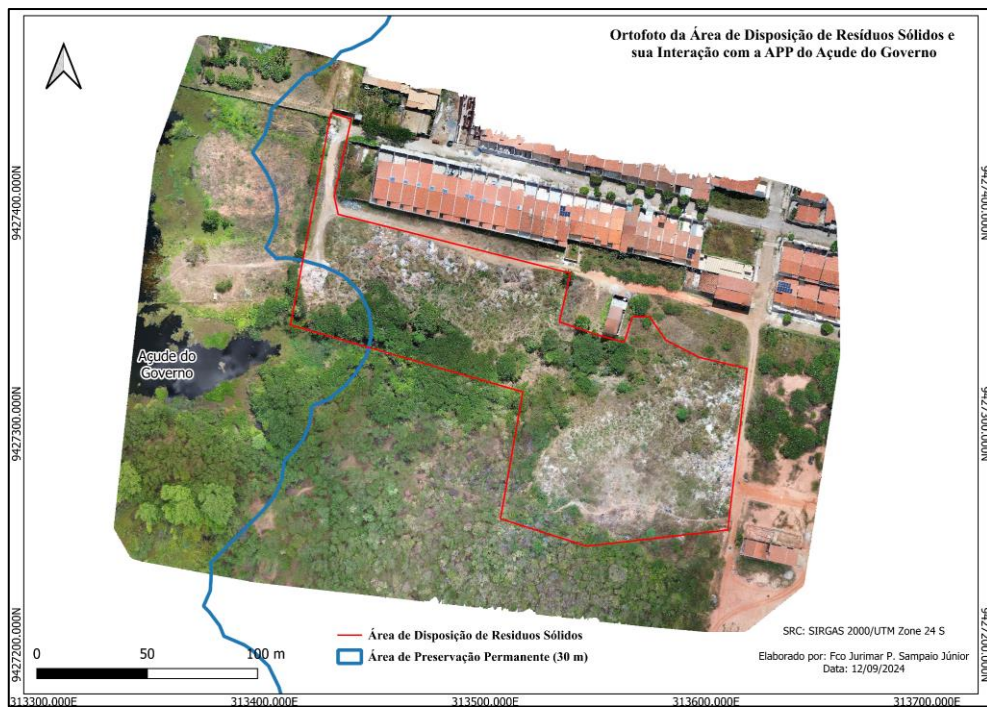


Fonte: Autor (2024).

4.2.6. Mapa da Área de Maior Degradação/Ortofoto Georreferenciada

A partir da delimitação da área que apresentou mais degradações, foi identificada uma área de aproximadamente 1,57 hectares, caracterizada principalmente pelo descarte irregular de resíduos sólidos, porém, apenas 0,093 hectares estavam dentro do perímetro da APP. A área degradada de disposição de resíduos sólidos não está dentro da APP em sua totalidade, mas oferece grandes riscos ao açude, principalmente no que diz Rosin (2016), salientando que diferentes faixas de APP cumprem diferentes funções e a faixa de 30 metros cumpre majoritariamente a função de estabilizar taludes. Portanto, outras funções da APP inexistem na área em questão. Como foi possível analisar nas figuras do diagnóstico ambiental, a área possui vegetação nativa no lado sul, porém, no lado oeste o solo está totalmente desprotegido. Destarte, a área não possui condições de cumprir as funções de retenção de poluentes (faixa mínima de 45 metros) e não forma habitats para espécies da fauna (faixa mínima de 90 metros).

Figura 25 - Mapa da Ortofoto da Área de Disposição de Resíduos.

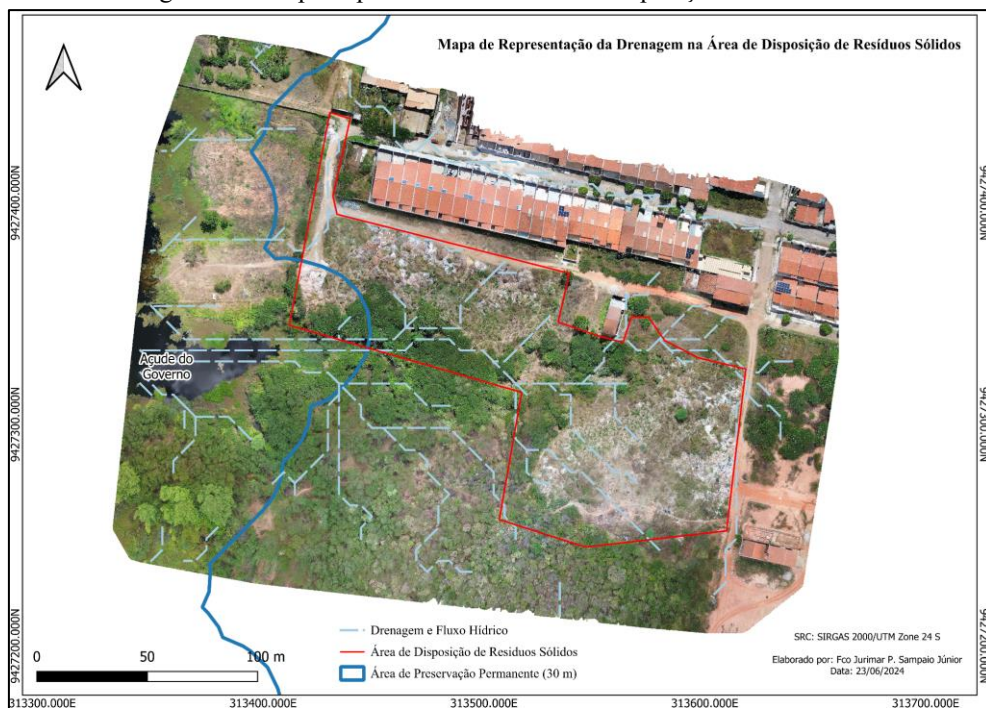


Fonte: Autor (2024).

4.2.7. Mapa de Direção de Drenagem da Área Degradada

Ao observar o relevo da área e as linhas de fluxo de drenagem do Mapa II.e, é comprovado que toda a água pluvial e outros fluidos superficiais que chegam na região irão escoar para o Açude do Governo. Tal fato caracteriza a degradação do corpo hídrico principalmente no período chuvoso, em que a chuva lixivia os poluentes e os leva ao açude, diminuindo a qualidade da água.

Figura 24 - Mapa Hipsométrico da Área de Disposição de Resíduos.

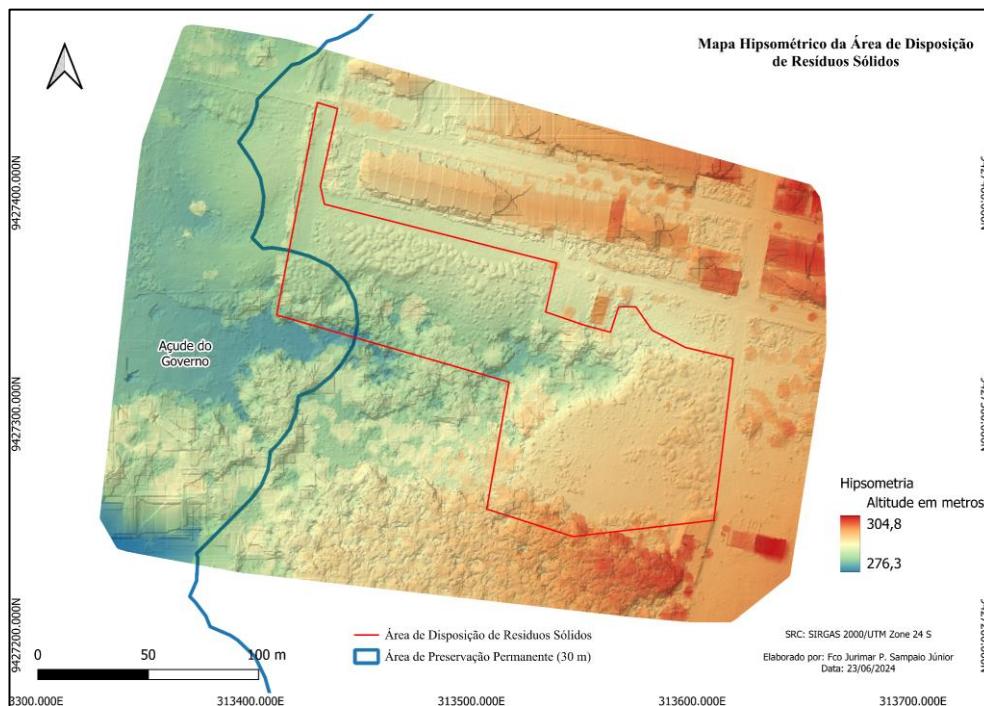


Fonte: Autor (2024).

4.2.8. Mapa do Modelo Digital do Terreno/Hipsométrico e Mapa de Curvas de Nível

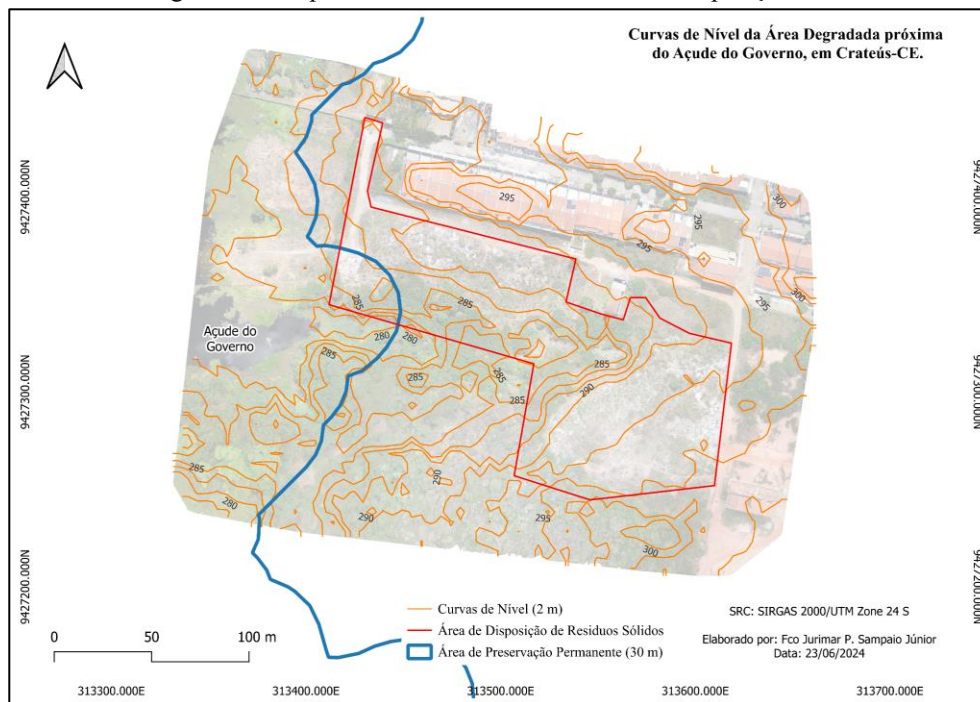
A partir destes mapas foi possível analisar como o relevo na região de disposição de resíduos sólidos se comporta. O mapa evidencia que há dois taludes principais que decaem de altitude ao se aproximarem do talvegue. Tais taludes são formados pelas movimentações dos resíduos por maquinários. Os platôs não apresentam estabilidade geotécnica e possuem erosões (sulcos e ravinas) em alguns pontos, como foi visto nas fotografias. Há um desnível de aproximadamente 30 metros no sentido leste-oeste, indo do platô de um talude ao fundo do vale.

Figura 22 - Mapa Hipsométrico da Área de Disposição de Resíduos.



Fonte: Autor (2024).

Figura 23 - Mapa de Curvas de Nível da Área de Disposição de Resíduos.



Fonte: Autor (2024).

4.3. Técnicas de RAD a serem aplicadas na Área Degradada

4.3.1. Cercamento da área

Uma das estratégias fundamentais para a recuperação de áreas degradadas é o cercamento do local afetado. Esta medida é essencial para evitar novas degradações e permitir que os processos de recuperação natural se estabeleçam sem interferências externas. Implementar o cercamento garante a proteção contra pastoreio, acesso humano descontrolado e outras atividades que possam comprometer a regeneração natural da vegetação (Barbosa, Souza & Schroeder, 2010, p. 85 e 102). Por meio do isolamento da área degradada e destinação correta dos resíduos, as funções ambientais serão restauradas com maior eficiência. Através do Ortomosaico Georreferenciado foi possível delimitar uma área a ser cercada, que está representada no Mapa 02. Também pode ser instalada uma placa no local informando que a área está em recuperação e é proibido colocar resíduos.

4.3.2. Remoção e Triagem de Resíduos Sólidos

A recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos envolve a retirada desses resíduos e seu tratamento adequado. Dias e Bezerra (2013, p. 85) explicam que a gestão de resíduos pós-remoção em áreas impactadas compreende a valorização de materiais recicláveis, tratamento biológico dos orgânicos e disposição controlada dos não recuperáveis. A partir desta premissa o resíduo sólido superficial deve ser removido e levado para triagem, que pode ser feita em parceria com associações de catadores, como a Recicratiú em Crateús. Remoções desta magnitude são realizadas por maquinário pesado. Como a cidade não possui um aterro sanitário, a viabilidade de se enviar estes rejeitos para um aterro em outro município deve ser avaliada, buscando encontrar a solução mais econômica que cause menos impactos negativos ao meio ambiente.

4.3.3. Técnicas de Nucleação

A Instrução Normativa Nº 14/2024 do IBAMA (2024) traz a nucleação como uma das técnicas com eficácia comprovada na recuperação de áreas degradadas. O plantio de mudas formando ilhas de vegetação é uma das estratégias mais eficazes na nucleação, pois facilita a criação de habitats favoráveis para a fauna, que por sua vez, ajuda na dispersão de sementes (Reis, Bechara & Tres, 2010, p. 43). Ademais, Reis, Bechara e Tres (2010, p. 89) destacam que em áreas degradadas por poluição, a técnica de nucleação pode ser aplicada com a introdução de espécies pioneiras que são mais resistentes a condições adversas. Esses núcleos vegetais ajudam a iniciar o processo de descontaminação do solo e a criar condições mais favoráveis para a sucessão ecológica.

A metodologia para plantio em nucleação será a de Grupos de Anderson, que não são aplicados em área total, formando grupos de cinco a treze mudas altamente adensadas e espaçadas em 1 m x 1 m. É importante verificar o nível de compactação do solo ao abrir os berços de plantio, que devem ser no mínimo de 0,40 m x 0,40 m e 0,60 m de profundidade. A disposição das espécies está descrita na Figura 26. As mudas laterais são beneficiadas no desenvolvimento das ramificações e as mudas centrais no desenvolvimento da sua altura. O principal critério nesta técnica é a escolha das espécies que formarão a nova comunidade e que possibilitarão resgatar a biodiversidade local (MARTINS, 2017). O emprego das técnicas de nucleação, por apresentarem baixo custo de implantação, podem ser facilmente aplicadas na restauração ecológica, representando o início da formação de comunidades vegetacionais que futuramente farão parte da composição da paisagem (REIS et al., 2014).

Figura 26 – Layout de plantio para nucleação em Grupos de Anderson.



Fonte: Governo do Estado de São Paulo - SIGAM (2011).

Rodrigues e Gandolfi (2007, p. 172) mencionam que a aplicação da nucleação em áreas poluídas envolve a seleção de espécies vegetais adaptadas a condições de solo contaminado. Esses núcleos funcionam como pontos de estabilização, onde a vegetação pode começar a restaurar a qualidade do solo e da água.

Gomes e Nascimento (2012, p. 75) destacam que espécies nativas da Caatinga, como o Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), têm mostrado grande potencial para a fitorremediação de solos contaminados, devido à sua capacidade de acumular metais pesados. Silva et al. (2015) cita que o Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e o Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) são particularmente eficazes na fitorremediação de solos contaminados com metais pesados, destacando-se como espécies chave para a recuperação

de áreas degradadas na Caatinga. A seguir é descrito uma lista de espécies no Quadro 02 que poderão compor as ilhas de vegetação.

Quadro 02 - Espécies nativas do bioma Caatinga para compor as ilhas de vegetação.

Espécies do estrato Caatinga Arbórea					
Espécie	Nome Popular	Tipo	Espécie	Nome Popular	Tipo
<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira	Pioneira	<i>Ceiba glaziovii</i>	Barriguda	Pioneira
<i>Copernicia prunifera</i>	Carnaúba	Não Pioneira	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna	Pioneira
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.)	Catingueira	Não Pioneira	<i>Tabebuia aurea</i>	Caraiqueira	Não Pioneira
<i>Capparis hastata</i> Jacq.	Feijão-Bravo	Pioneira	<i>Aspidosperma riedelii</i>	Guatambuinho	Não Pioneira
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Juazeiro	Não Pioneira	<i>Pseudobombax simplicifolium</i> A. Robins	Imbiricu	Pioneira
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema-preta	Pioneira	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong. D. Dietr.	Mororó	Pioneira
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Não pioneira	<i>Erythrina velutrina</i> Jacq.	Mulungu	Não Pioneira
<i>Pithecellobium dulce</i>	Mata-fome	Pioneira	<i>Auxemma oncocalyx</i> (Fr. All.) Baill.	Pau-branco	Pioneira
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	Pioneira	<i>Handroanthus shongiosus</i> (Rizzini) S. Grose	Sete-cascas	Pioneira
<i>Spondias tuberosa</i>	Umbuzeiro	Não pioneira	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	Umburana-de-cheiro	Não Pioneira

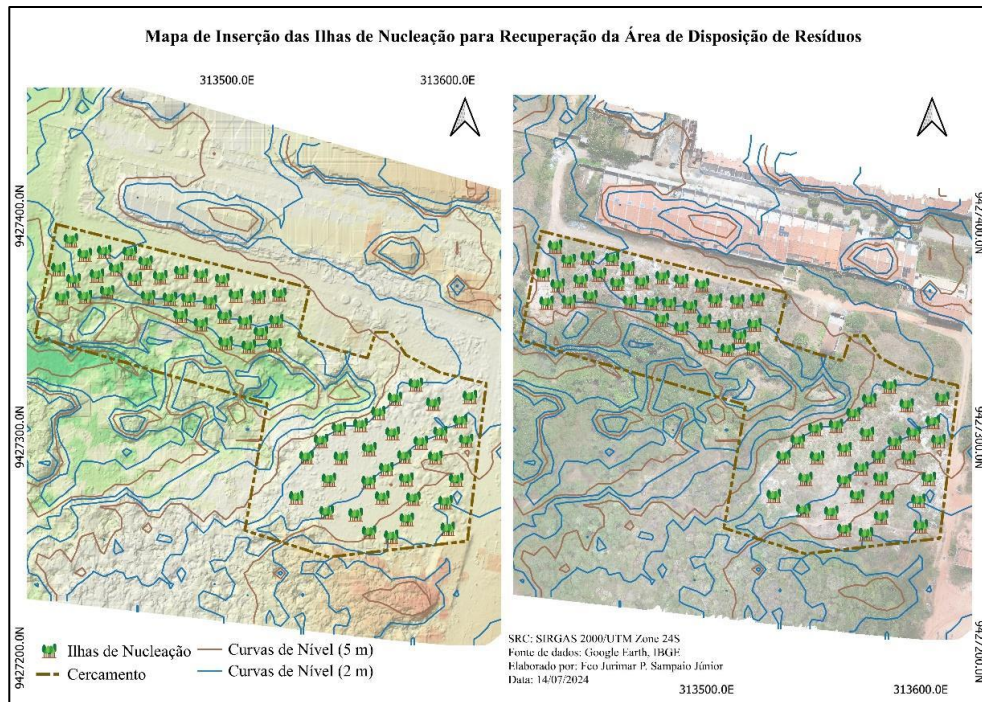
Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

A técnica de nucleação, diferentemente da técnica de plantio direto, mimetiza mais as florestas naturais e proporciona melhor adaptabilidade para as espécies pioneiras. O método de plantio direto traz desvantagens como altos estresses hídricos em ambientes de seca, como é o caso de locais de clima semi-árido. Portanto, este fator garante alto índice de sucesso nas técnicas de nucleação (REIS et al., 2014).

Os pontos de inserção das ilhas de vegetação estão representados na Figura 27, bem como a representação 3D do plantio de árvores é mostrado nas Figuras 28 a 31, por

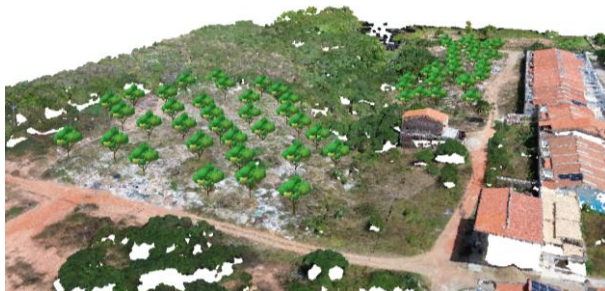
diferentes vistas. O plantio de mudas e a formação das ilhas deve ser realizado seguindo as curvas de nível, de modo que o solo dos taludes sofram menos arraste pela água pluvial.

Figura 27 – Mapa de localização dos pontos de inserção das ilhas de nucleação.



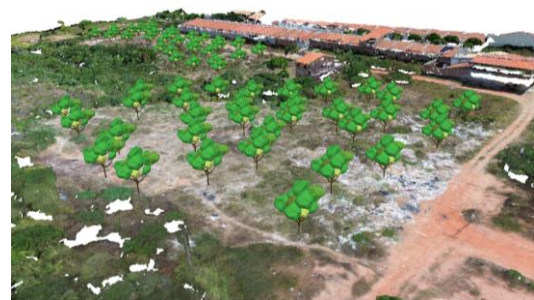
Fonte: Autor (2024).

Figura 28 – Vista em sentido leste-oeste da Representação 3D da técnica de Nucleação com plantio de mudas.



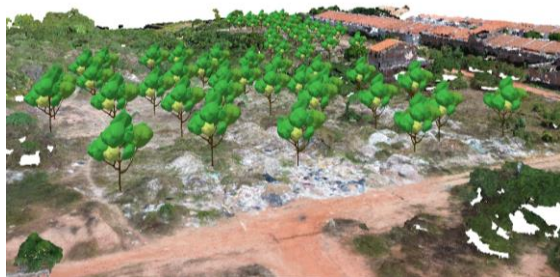
Fonte: Autor (2024).

Figura 29 - Representação 3D de vista isométrica da área e inserção das ilhas de nucleação.



Fonte: Autor (2024).

Figura 30 - Representação 3D da vista do sentido leste-oeste.



Fonte: Autor (2024).

Figura 31 - Representação 3D da vista do sentido sul-norte.



Fonte: Autor (2024).

4.3.3.1. Galharias

A técnica de galharias cria micro-habitats que protegem o solo da erosão e ajudam na retenção de umidade, proporcionando condições favoráveis para o estabelecimento de novas plantas. Os galhos são dispostos pelo terreno, retendo umidade e sedimentos (Reis, Bechara & Tres, 2010, p. 56). O arranjo da aplicação das galharias está na Figura 32.

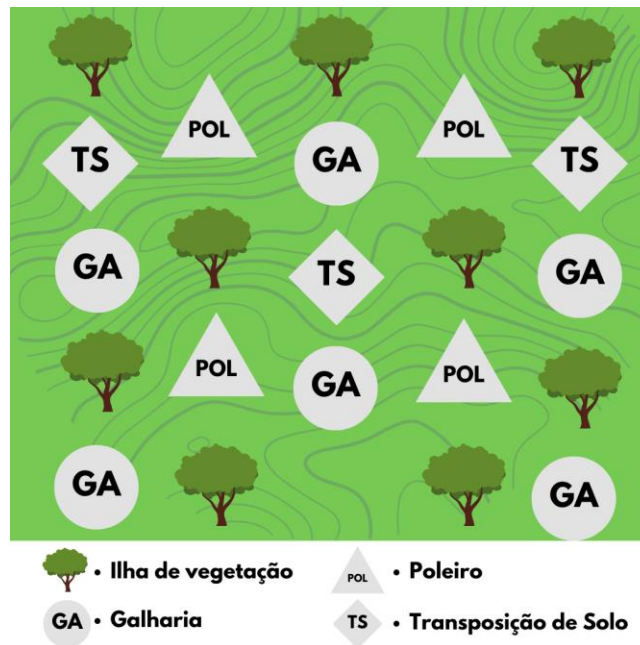
4.3.3.2. Transposição de Solo e Serapilheira

A transposição de solo e serapilheira é eficaz na restauração de áreas degradadas, pois traz consigo a microfauna e microflora necessárias para a recuperação do solo (Reis, Bechara & Tres, 2010, p. 72). Esta composição é rica em micronutrientes e microrganismos eficazes para a fixação de nitrogênio nas plantas, potencializando o desenvolvimento das condições ideais para a vegetação na ilha de nucleação. A disposição da transposição de solo está na Figura 32.

4.3.3.3. Poleiros Artificiais

A última técnica para compor as ilhas de nucleação se trata da instalação de poleiros artificiais, que atraem aves que ajudam na dispersão de sementes, acelerando o processo de recuperação vegetal em áreas degradadas. Tal técnica é aplicada quando há fragmentos de vegetação no entorno da área, que é o caso do local de estudo neste PRAD. Os poleiros apenas consistem em troncos ou galhos hasteados em certas alturas (no mínimo 2 metros), servindo para o pouso das aves, podendo serem construídos por galhos secos, na altura de projeto, existentes na área ou no entorno (Reis, Bechara & Tres, 2010, p. 88). O layout dos poleiros está na Figura 32.

Figura 32 - Representação do arranjo das técnicas de nucleação.



Fonte: Adaptado de Souza et. al.,(2011).

4.3.3.4. Controle de Pragas

Com o desenvolvimento das mudas, surgirão ervas daninhas e possíveis invertebrados, como formigas e lagartas. Tais pragas devem ser controladas para boa manutenção das plantas. Para conter as ervas daninhas pode ser feito o coroamento de mudas. A técnica de galharia e a transposição de serapilheira evitam infestação de formigas, pois elas apenas buscam matéria orgânica para alimentação e encontram no solo. Lagartas e outros insetos, preferencialmente, devem ser eliminados por controle biológico, evitando ao máximo o uso de químicos e agrotóxicos.

4.4. Monitoramento do PRAD

Baseando na Instrução Normativa Nº 14/2024 do IBAMA (2024), o monitoramento se dará no máximo 1 ano após o início da execução do PRAD e a cada 6 meses deve ser apresentado relatório. O monitoramento, efetuado em campo pelo executor, se dará por meio dos dados obtidos de forma amostral, de constatações visuais in loco, por meio de registros fotográficos periódicos em vários pontos, datados, com coordenadas geográficas (georreferenciados) e de mesmo ponto de visada, ou seja, de forma padronizada e, caso seja necessário, por intermédio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Além delas, o uso de veículos aéreos não tripulados ("drones", "VANTs") para captação de imagens também é uma ferramenta de grande utilidade e que expressa facilmente os indicadores de cobertura, densidade, matocompetição e outros (IBAMA, 2024). O monitoramento se estenderá por 4 anos ou mais, se assim for constatado tecnicamente que a área não foi recuperada de maneira efetiva (IBAMA, 2024).

4. 5. Cronograma de Ações do PRAD

O cronograma de aplicação e desenvolvimento do PRAD está descrito no Quadro 03, evidenciando todas as etapas necessárias para um melhor aproveitamento na recuperação da área.

Quadro 03 - Cronograma de Aplicação do PRAD (2025-2028).

Etapa	Período					
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	18 meses	36 meses
Remoção dos Resíduos/ Triagem	Primeira ação a ser realizada	Caso ainda existam resíduos				
Cercamento da área	Ação conjunta com a remoção de resíduos					Realizar reparos no cercamento
Plantio de Mudas	Mudas pioneiras e Secundárias/Seguindo o arranjo de projeto	Reposição de mudas perdidas quando for necessário/ por observação				
Transposição do Solo e Serapilheira	Realizar antes ou em conjunto ao plantio de mudas		Repor solo após período chuvoso		Repor solo após período chuvoso	
Inserção de Galharias	Realizar após e/ou em conjunto ao plantio de mudas		Repor devido à perda por deterioração dos galhos			
Inserção de Poleiros	Podem ser instalados antes das mudas serem plantadas				Repor caso as árvores ainda esteja inferiores a 2 metros de altura	
Controle de Pragas	Quando for necessário/ por observação		Planejar controle biológico natural			
Monitoramento*						
Relatório**						

Fonte: Autor (2023).

Legenda: Os quadros cinzas são as ações a serem aplicadas em determinados períodos e os brancos sem necessidade para determinado período.

*O monitoramento deve se estender por no mínimo 4 anos, sendo prorrogado ou não de acordo com o desenvolvimento da recuperação da vegetação.

**Os relatórios devem ser feitos em conjunto com os monitoramentos.

5. CONCLUSÃO

Mediante as análises na fase de diagnóstico ambiental, foi possível estudar o estado de conservação da Área de Preservação Permanente do Açude do Governo e seus arredores, definindo assim uma porção que deve ser recuperada prioritariamente. A partir da delimitação de faixa de APP de 30 metros, notou-se que há uma área de disposição de resíduos que não está totalmente inserida na faixa em questão, porém, de acordo com as funções descritas por Rosin (2016), os serviços na área não podem ser desenvolvidos naturalmente.

A Bacia Hidrográfica do Açude está sendo suprimida pela expansão urbana e outros usos como transformação de vegetação nativa em pastagens, ocasionando perda de faixas extensas de APP. Com a faixa de 30 metros delimitada, será garantida a estabilidade dos taludes das margens do reservatório e o suporte para habitat aquático, mas serviços como a tamponagem de nutrientes (impedir que nutrientes entrem em grande concentração na água) e o controle de sedimentos não podem ser garantidos.

Outras funções que estão em risco são o controle de enchentes do reservatório e principalmente a manutenção dos habitats silvestres, que atualmente não são recorrentes na APP do açude. A recuperação da área degradada servirá de apoio para garantia destas funções na região da zona urbana, possibilitando a manutenção posterior do restante da APP e também o aumento da extensão da faixa.

A metodologia das ilhas de nucleação suprirá as funções de contenção de poluentes que percolam até as águas do açude, diminuindo as concentrações de metais pesados e nutrientes, recuperando o solo. O plantio de mudas seguindo as curvas de nível garantirá o controle das erosões por arraste de solo pela água pluvial. As galharias e árvores formarão habitats para a vida silvestre e microbiota do solo. Com o arranjo descrito, a vegetação terá maior probabilidade de se recuperar, pois o mesmo mimetiza as florestas.

O diagnóstico e monitoramento ambiental são ferramentas poderosas na gestão ambiental e dos recursos naturais. Aliadas a estas ferramentas, estão tecnologias como os drones, que possibilitam uma análise acurada de todos os passivos ambientais, gerando ainda uma análise de riscos mais precisa, baseando tomadas de decisão.

Com base no diagnóstico realizado, recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados para compor um PRAD de recuperação de toda a APP do açude, priorizando o monitoramento contínuo da região. Dentre estes estudos, podem ser citados: o levantamento de fauna na região, inventários florestais para definir a cobertura de vegetação nativa. Realizar estudo de gravimetria dos resíduos na área de disposição de resíduos sólidos, para que haja uma triagem mais eficiente. Ademais, é necessário realizar análises da qualidade da água do açude e do solo na região. É imprescindível também realizar cronogramas físico-financeiros para execução do PRAD para tal escala.

REFERÊNCIAS

AAC, A. A. C. **Matas ciliares e o controle de enchentes**. Associação Ambientalista Copaíba, 2024. Disponível em: <https://copaiba.org.br/matras-ciliares-e-o-controle-de-enchentes/>. Acesso em: 22 ago. 2024.

ANTUNES, P. B. **Limites interpretativos da Lei nº 14.285**. Artigos Consultor Jurídico, Conjur, 2022. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-ago-01/paulo-bessa-limites-interpretativos-lei-14285/> Acesso em: 13 abr. 2024.

ALENCAR, JULIANA. **Técnicas para revitalização de rios urbanos**. São Paulo. 2007. disponível em: <https://issuu.com/julianaalencar3/docs/livro-revitalizacao-rios-tese>. Acesso em: 26 jul. 2024.

ALMEIDA, R. M. S. F. de; SILVA, C. M. da; OLIVEIRA, A. F. de. **Zoneamento ambiental de áreas ripárias: uma revisão crítica da legislação brasileira e proposição de um modelo integrado para gestão ambiental**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v. 25, n. 6, p. 1341-1356, 2020.

ANTUNES, PAULO DE BESSA. **Direito Ambiental**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2002. ARAÚJO, M. Z. T. **O Desenvolvimento sustentável de regiões semiáridas do Brasil e dos Estados Unidos: o papel do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e do United States Bureau of Reclamation (USBR)**. 2013. 201 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Recursos Hídricos)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/3/PAP018485.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.

BARBOSA, H. P., Souza, F. A. de, & Schroeder, J. G. (Orgs.). **Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 27 de maio de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.285 de 29 de dezembro de 2021**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa nº 14, de 1º de julho de 2024**. Brasília, DF: IBAMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2024/ibama-publica-in-no14-2024-que-orienta-sobre-o-projeto-de-recuperacao-de-area-degradada-ou-area-alterada-prad>. Acesso em: 10 set. 2024.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2024.

CETESB (COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo, 2001.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 302, de 20 de março de 2002**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98315>. Acesso em: 06 jun. 2023.

DIAS, S. M., & Bezerra, F. R. **Gestão de Resíduos Sólidos: Manual para Municípios**. São Paulo: Editora Manole, 2013.

FITZ, Paulo Roberto. **Classificação de imagens de satélite e índices espectrais de vegetação: uma análise comparativa**. Geosul, v. 35, n. 76, p. 171-188, 2020.

ALVAREZ, I.A., OLIVEIRA, U.R., MATTOS, P.P., BRAZ, E.M., CANNETI, A., 2012. **Arborização urbana no semiárido: espécies potenciais da Caatinga**. Embrapa Florestas [online]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/947072/1/Doc.243arborizacao_urbana.pdf. Acesso: 04 jun. 2023.

FUNCEME/IPECE. **Perfil Básico Municipal de Crateús**. 2012. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crateus_2012.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

GETZIN, S., WIEGAND, K., & SCHÖNING, I. "Using unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring ecological restoration." *Applied Vegetation Science*, 15(3), 409-420, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. **Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. Restauração ecológica: sistemas de nucleação / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares**. Reimpressão da 1.ed. – São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br>. Acesso em: 12 jul. 2024.

GOMES, J. P., & NASCIMENTO, I. A. **Fitorremediação: Teoria e Prática**. Recife: Editora UFPE, 2012. Disponível em: https://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2342/1/livro_desenvolvimentoesustentabilidade.pdf. Acesso em: 21 jun. 2024.

GOMES, D. D. M. **Análise Têmporo-Espacial das Ocorrências de Focos de Calor no Estado do Ceará: Configuração dos Cenários no Contexto das Unidades Fitogeográficas e das Macrorregiões de Planejamento**. IPECE, 2010. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD_90.pdf. Acesso em: 21 jun. 2024.

MARTINS, D. A. P. **Restauração de áreas degradadas por exploração mineral no Planalto Catarinense**. 91 p. Dissertação. (Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina / Centro de Ciências Agroveterinárias. Lages, 2017.

MELO, M. L. B. **Análise da disponibilidade hídrica em reservatórios artificiais com sensoriamento remoto na região hidrográfica dos Sertões de Crateús**. Crateús-CE. UFC. 2022.

OGDEN, F. L.; PRADHAN, N. R.; DOWNER, C. W.; ZAHNER, J. A. 2011. **Relative importance of impervious area, drainage density, width function, and subsurface storm drainage on flood runoff from an urbanized catchment**. Water Resources Research, v. 47, p. 1-12. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/18025>. Acesso em: 08 ago. 2024.

OLIVEIRA, LEANDRO ANTONIO; DOS SANTOS, JULIETE. **Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Proteção Permanente de Reservatórios Artificiais**. Diversitas Journal, v. 2, n. 3, p. 363-376, 2017.

PEDRO H.S. BRANCALION, LETÍCIA C. GARCIA, RAFAEL LOYOLA, RICARDO R. RODRIGUES, VALÉRIO D. PILLAR, THOMAS M. LEWINSOHN. **A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives**. Natureza & Conservação, Volume 14, Supplement 1, 2016, Páginas 1-15, ISSN 1679-0073. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.003>. Acesso em:

PEREIRA, M. P. et al. **Urbanização, Estado e meio ambiente: uma análise da legislação na produção do espaço urbano**. 2010.

PINTO, L. C., & DIAS, T. S. **Gestão de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2018.

MEDEIROS, R., & SOUZA, C. R. **A Evolução do Código Florestal e suas Implicações para as Áreas de Preservação Permanente**. Revista de Direito Ambiental, 17(3), 50-75, 2022.

TNC, T. N. C. **Cartilha de restauração florestal de áreas de preservação permanente, Alto Teles Pires/MT**. [S.l.], 2015. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/TNC_Cartilha_MT_INTERATIVO_17-9-2015.pdf. Acesso em: 30 jun. 2023.

REIS, A., BECHARA, F. C., & TRES, D. R. **Nucleação: Uma Estratégia para a Recuperação de Áreas Degradadas**. Londrina: Instituto Ambiental do Paraná, 2010.

REIS, A. et al. **Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-518, 2014.

RODRIGUES, R. R., & GANDOLFI, S. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

ROSIN, J. A. R. de. G. **Áreas de preservação Permanente e as dinâmicas Urbanas: Avanços e desafios das políticas de proteção e recuperação aos mananciais**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.

SANTOS, J. C.; CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões sociocientíficas no ensino fundamental de ciências: uma experiência com poluição de águas.** *Indagatio Didactica*, v. 8, p. 1051-1067, 2016.

SILVA, A. L., & FERREIRA, M. G. **Estratégias para a Proteção de Áreas de Preservação Permanente em Reservatórios Artificiais.** *Revista Brasileira de Ecologia*, 25(4), 123-140, 2020.

SILVA, L. C. N., et al. (2015). **Potencial de espécies da Caatinga na fitorremediação de solos contaminados.** *Revista Brasileira de Biociências*, 13(2), 120-130.

SILVA, M. V.. **As Áreas de Preservação Permanente Urbanas: usos sustentáveis e usos alternativos da Lei nº12.651 / 2012**. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=080c993fb3b58e26>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SILVA, R. V. **Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão.** In: I SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS. Alfredo Wagner. Santa Catarina, 2003.

SOUZA, L. M. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares** / Leticia Marrone de Souza, Mônica de Campos Costa - 2010. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/378/Documentos/3_2010_Souza_Costa_Nucleacao.pdf. Acesso em: 11 ago. 2023.

WILLIAMS, D.D.; BUGIN, A.; REIS, J.L.B.C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação.** Brasília: MINTER/Ibama. 1990.

YANG, X. L.; REN, L.; SINGH, V. P.; LIU, X.; YUAN, F.; JIANG, S.; YONG, B. **Impacts of land use and land cover changes on evapotranspiration and runoff at Shalamulun River watershed, China, 2012.** *Hydrology Research*, v. 43, p. 23–37. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/18025>. Acesso em: 08 ago. 2024.

ZUQUETTE, L.V., et al. **Recuperação de Áreas Degradadas.** In: Calijuri e Fernandes: Engenharia Ambiental - Conceitos Tecnologia e Gestão. 2012.