

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (2025.2)**

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE ANGICOS/RN

Rita de Cássia Braga Assunção¹

Luís Henrique Gonçalves Costa²

RESUMO

A segurança de barragens é um tema de extrema importância para a prevenção de acidentes e manejo adequado dos recursos hídricos, especialmente no semiárido nordestino, onde esses reservatórios desempenham papel fundamental no abastecimento das comunidades. No entanto, ainda existem dificuldades no cadastramento e na atualização das informações sobre muitos espelhos d'água, o que compromete o monitoramento e a fiscalização. Este trabalho teve como objetivo analisar métodos para auxiliar no cadastramento de barramentos de espelhos d'água, utilizando georreferenciamento para caracterizar o Açude Novo Angicos, localizado no município de Angicos/RN. A pesquisa foi realizada por meio de imagens obtidas com drone, processadas no software Metashape para gerar ortofotos, Modelo Digital de Elevação e curvas de nível. Também foram utilizadas ferramentas como o Google Earth e o QGIS para complementar as análises. Os resultados mostraram que o uso do drone apresentou maior precisão e detalhamento quando comparado ao Google Earth, que apresentou falhas na representação altimétrica da área. Assim, o estudo indica que o uso de VANTs, aliado com geoprocessamento, é uma alternativa eficiente para melhorar o cadastramento e a análise das condições estruturais de barragens no semiárido.

Palavras-chave: Segurança de barragens; Política Nacional de Segurança de Barragens; Geoprocessamento.

1 INTRODUÇÃO

A segurança de barragens é um aspecto crucial para evitar desastres que possam impactar o meio ambiente e a sociedade. No estado do Rio Grande do Norte, região semiárida onde está localizada a cidade de Angicos, a variabilidade das chuvas, com períodos intensos de chuva e longas estiagens é uma característica marcante, as barragens desempenham um papel indispensável no abastecimento hídrico. A região do semiárido ocupa 12% do território brasileiro, distribuído pela região Nordeste e Norte de Minas Gerais, tendo cerca de 28 bilhões de habitantes. A irregularidade das chuvas faz com que populações urbanas e trabalhadores rurais enfrentam escassez de água, levando muitos, especialmente os mais vulneráveis, a migrarem para grandes centros urbanos em busca de melhores condições de vida. Contudo, diversas estruturas apresentam falhas tanto na caracterização e manutenção quanto na operação, colocando em perigo comunidades locais e os ecossistemas ao redor (INSA, 2024).

A falha em barragens de terra e espelhos d'água é um fenômeno complexo que pode ser afetado por uma variedade de fatores, entre os quais os climáticos são fundamentais. Situações climáticas extremas, como chuvas fortes, secas prolongadas e alagamentos, podem ameaçar a segurança estrutural das barragens, elevando o risco de rompimento. Por exemplo, chuvas intensas podem resultar em um aumento brusco no volume de água, o que pode exceder a capacidade de retenção da barragem, levando a transbordamentos ou erosões nas estruturas de contenção. Em contrapartida, longos períodos de seca podem causar o ressecamento e a formação de fissuras no solo, enfraquecendo a barragem e tornando-a mais sujeita a rompimentos.

O Plano de Segurança da Barragem (PSB) é um documento técnico e normativo que estabelece as diretrizes e práticas necessárias para garantir a segurança de uma barragem durante toda a sua vida útil. Ele é regulamentado pela Lei nº 12.334/2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no Brasil. Tendo como objetivos prevenir acidentes, proteger pessoas e o meio ambiente, planejar emergências e manter a integridade estrutural e operacional. Dos elementos que constituem o (PSB) pode-se destacar dados básicos da barragem, plano de manutenção preventiva, plano de inspeção e monitoramento, análise de riscos, registro histórico e documentação, capacitação, conscientização e além disso ter um Plano de ação emergencial (PAE), exigido conforme o art. 11 da Lei nº 12.334/2010, onde determina procedimentos a serem seguidos em situações críticas e de risco.

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são referências fundamentais para a gestão e inspeção das barragens. A NBR 12.721 estabelece requisitos técnicos voltados à segurança de barragens de acumulação de água, definindo critérios relacionados à periodicidade das inspeções e à avaliação de riscos associados às estruturas. Já a NBR 13.028 apresenta diretrizes específicas para a realização de inspeções em estruturas hidráulicas, contemplando a análise das condições estruturais e operacionais, com o objetivo de subsidiar ações preventivas e corretivas (ABNT, 2006; ABNT, 2017).

Embora essas normas sejam essenciais, muitos reservatórios no RN não estão completamente adequados, conforme relatório do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN, 2025). Tem-se por responsabilidade do empreendedor implementar e seguir o (PSB) atualizado, realizar inspeções regulares e enviar relatórios periódicos aos órgãos fiscalizadores. Apesar dos avanços tecnológicos nas últimas décadas, ainda ocorrem desastres como o caso do açude (Privado) que levou ao desabamento de ponte, no município de Lajes/RN e rompimentos recentes de barragens no Rio Grande do Sul. Situações como essas poderiam ser evitadas com o uso adequado de tecnologia e fiscalização eficiente, que também serão citadas neste presente trabalho.

No ano de 2024 o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) apresentou de acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (CBH-PPA, 2023), o “Programa açudes + seguros”, voltado para a fiscalização e manutenção de açudes e barragens em todo o estado. Em uma pesquisa realizada no período 2019 a 2022 pelo coordenador do IGARN e a Emparn, foi observado a existência de mais de 25.306 espelhos d'água, entre açudes, barragens e lagoas (corpos hídricos), no Rio Grande do Norte, o governo desconhece um grande percentual desses empreendimentos, situação que acarreta desastres como o ocorrido na BR-304 no município de Lajes/RN.

Ante o exposto, surge a pergunta: Quais métodos e ferramentas podem ser utilizados para desenvolver um processo de cadastramento de espelhos d'água que seja mais ágil, eficiente e adequado às necessidades das regiões onde esses corpos hídricos estão localizados? Desta forma, este estudo tem como objetivo identificar um método que facilite o cadastro de espelhos de água na região Nordeste, especificamente na cidade de Angicos/RN e caracterizar a geometria e altimétrica do Açude Novo Angicos, localizado em seu município.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um dos principais obstáculos na coleta de informações sobre barragens e espelhos d'água é a baixa disposição dos proprietários em fornecer dados técnicos adequados. Entre as razões que justificam essa situação, destaca-se a falta de conhecimento técnico.

Segundo Macedo (2022), em algumas áreas do Brasil, ainda se usa formulários em papel para coletar dados sobre barragens, e os relatórios geralmente são feitos em planilhas, isso prejudica a eficiência das informações. Muitos proprietários não têm a formação necessária nem os recursos essenciais para efetuar medições e monitoramentos corretamente, o que resulta em dados incorretos ou, em muitas ocasiões, na completa ausência de informações. Diante disso, a falta de um sistema de registro que seja eficiente e acessível também agrava a situação. A falta de uma plataforma que seja simples, intuitiva e fácil de usar pode dificultar o registro e a atualização dos dados das barragens, desmotivando a participação dos responsáveis e afetando a qualidade das informações disponíveis para a gestão e o controle desses projetos.

Em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), foi estabelecido o Cadastro Nacional de Barragens (CNB), com a finalidade de consolidar e sistematizar informações a respeito de barragens em todo o território brasileiro. Inicialmente, o procedimento de cadastramento dependia exclusivamente da iniciativa das instituições responsáveis ou dos proprietários, que deviam preencher manualmente os dados solicitados. No entanto, esse método não gerou o retorno esperado, principalmente devido à baixa adesão e à dificuldade de controle das informações. Diante disso, identificou-se a necessidade de realizar uma pré-identificação automatizada das barragens, de maneira mais eficiente e abrangente. Para tal, começou-se a empregar imagens de satélite para o levantamento dos espelhos d'água, que funcionam como indicadores da presença de barragens e reservatórios.

2.1 Política Nacional de Segurança de Barragens

A Lei nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), estabelece normas para garantir a integridade estrutural e operacional das barragens. Dentro da PNSB tem-se o Plano de Ação Emergencial (PAE) que trata diretamente das informações gerais, dados necessários do espelho d'água, qualificação técnica, relatórios de inspeção e revisões periódicas. A execução do PAE é obrigatória e deve ser realizada antes do primeiro enchimento do reservatório.

Como citadas no Art. 8º da Lei Federal n.º 14.066 (2020), “§ 1º a inspeção de segurança regular será efetuada pela própria equipe de segurança da barragem, devendo o relatório resultante estar disponível ao órgão fiscalizador e à sociedade civil”. Contudo, sua implementação no Rio Grande do Norte enfrenta desafios relacionados à fiscalização e à disponibilidade de recursos.

2.2 Métodos de cadastro de espelhos d'água

Com o decorrer dos anos, os avanços na área de geotecnologias tornaram esse processo ainda mais eficaz. Atualmente, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento são as principais ferramentas empregadas, permitindo não apenas a identificação dos corpos hídricos, mas também o monitoramento contínuo de sua evolução ao longo do tempo. Essas tecnologias contribuem significativamente para a gestão dos recursos hídricos, proporcionando dados mais precisos, atualizados e acessíveis.

O sensoriamento remoto e o georreferenciamento constituem ferramentas fundamentais para a atualização contínua dos registros de barramentos. Essas tecnologias permitem acompanhar a deterioração ao longo do tempo, oferecendo maior precisão e agilidade na obtenção de informações. Sua aplicação facilita o monitoramento das estruturas, contribuindo para a manutenção e gestão eficiente das áreas estudadas. Neste campo, plataformas estão disponíveis para a coleta de dados geoespaciais, incluindo imagens de satélite acessíveis por meio de plataformas como o Google Earth e as obtidas por VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) drones. A avaliação da segurança de um reservatório de água baseia-se na análise da estabilidade dos taludes e na identificação do volume e da gravidade das patologias.

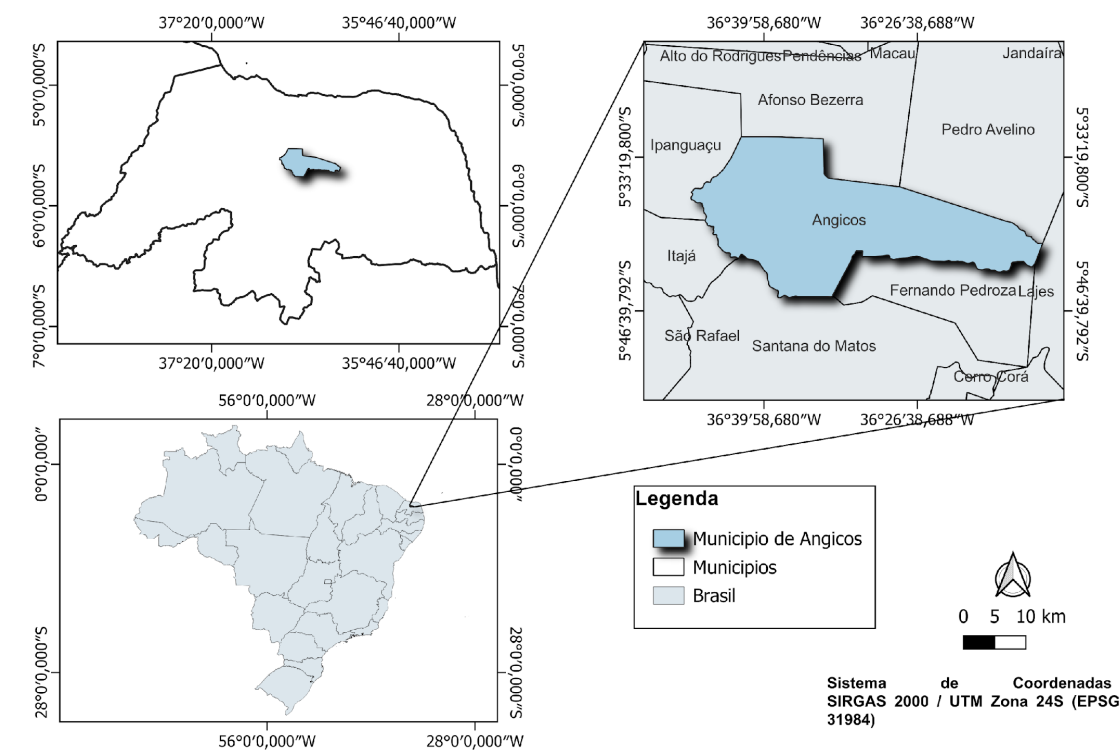
3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa se trata de um estudo de caso, analisando uma situação real e específica, permitindo entender melhor o problema dentro do seu próprio contexto.

3.1 Açude Novo Angicos

O objeto de estudo deste presente trabalho é a barragem São Luís, conhecida na região como Açude Novo (Figura 01 e 02), localizada no município de Angicos, estado do Rio Grande do Norte. A estrutura, cujas coordenadas são latitude (5.66° Sul) e longitude (36.59° Oeste), está situada na bacia hidrográfica Rio Piancó-Piranhas-Açu, a maior do estado (IGARN, 2023). A barragem São Luís possui 4.245.061 m³ de capacidade máxima, com área hidráulica de 82,95 ha (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2015) e (IGARN, 2023)).

Figura 01 – Mapa de localização do Município de Angicos - RN



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 02 – Açude Novo Angicos



Fonte: Google Earth (2025).

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada utilizando um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) do modelo DJI Mavic 3 Classic. Foram conduzidos voos preliminares para familiarização com o equipamento e definição dos parâmetros operacionais. O plano de voo foi elaborado manualmente no aplicativo DJI Fly, definindo altitude de 80 metros, câmera em posição nadiral (-90°) e captura automática em intervalos de três segundos, assegurando adequada sobreposição das imagens e cobertura total da área estudada.

3.3 Processamento das imagens

As imagens capturadas foram inicialmente avaliadas quanto à qualidade e, posteriormente, processadas no software Metashape, devido às limitações de quantidade de fotos impostas pelo Autodesk ReCap Photo. O processamento envolveu o alinhamento das fotografias, a geração da nuvem de pontos, a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE) e a produção do ortomosaico final. Todo o processamento foi executado no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 24S (EPSG 31984), garantindo compatibilidade cartográfica com os dados geoespaciais utilizados.

3.4 Análise geoespacial complementar

O Google Earth foi utilizado para fins de comparação, por meio de obtenção preliminar de perfis de elevação e medidas de comprimento. O software QGIS foi aplicado para gerar curvas de nível e análises altimétricas adicionais.

Desse modo, também foi possível identificar a diferença de cota entre a crista do talude e os vertedouros, verificando-se uma variação de aproximadamente 1 metro em relação à crista para cada vertedouro. Tal condição indica que sua superfície não possui uma cota uniforme, isso pode ocorrer pelo desgaste e erosão na estrutura, além da possível irregularidade devido a falhas do próprio Google Earth.

3.5 Limitações do método

Durante a execução da pesquisa, foram identificadas limitações relacionadas principalmente ao equipamento e às condições operacionais. A ausência de tecnologia RTK no VANT reduziu a precisão posicional absoluta, enquanto a impossibilidade de utilizar pontos de controle (GCPs) afetou a precisão geodésica dos produtos gerados. Além disso, curvas excessivamente abertas no plano de voo comprometem parcialmente a sobreposição das imagens, reforçando a necessidade de maior densidade de pontos na definição de trajetórias. O processamento também demanda softwares especializados, o que pode representar restrição para aplicações em larga escala.

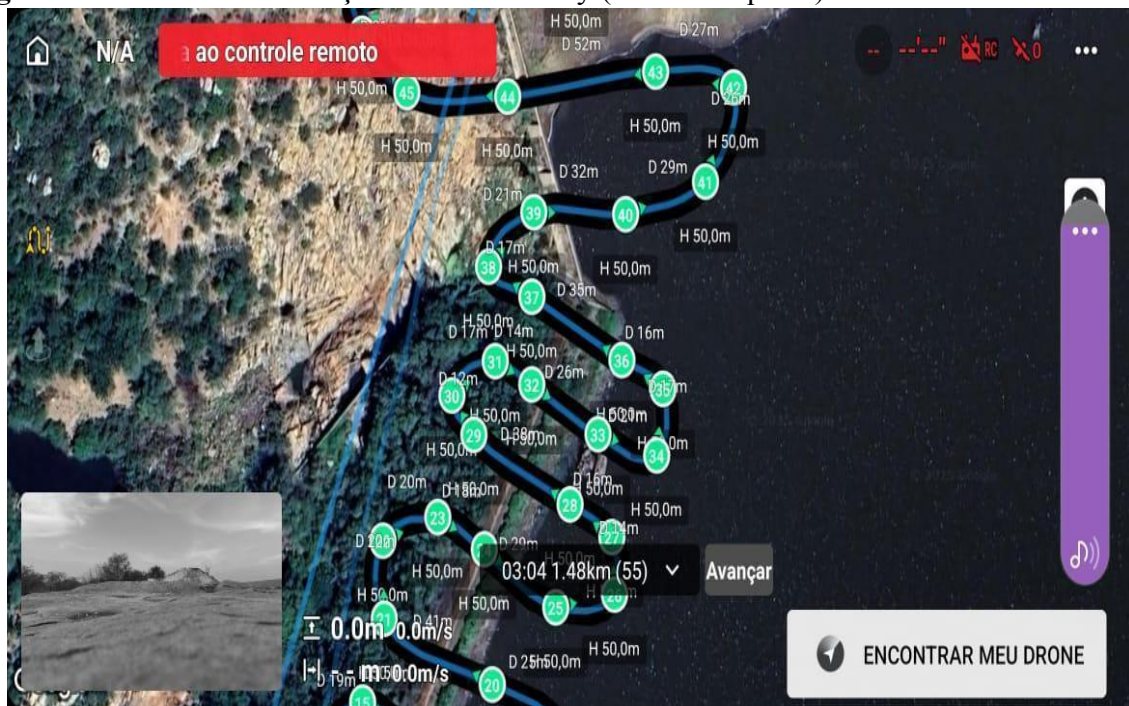
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos com a aquisição de dados por VANT e o posterior processamento, culminando na comparação dos produtos gerados com dados de fontes secundárias de comparação (Google Earth), conforme previsto nos objetivos do trabalho.

4.1 Resultados Operacionais e Ajustes no Plano de Voo

Nos primeiros testes realizados com o drone, verificou-se que, durante o traçado da rota, que as curvas apresentaram aberturas excessivas e posicionamento fora da área de interesse como mostrado na Figura 03. Essa inadequação compromete a sobreposição das imagens, resultando em falta de dados do terreno e em erros nos processos de medição. Além disso, ao traçar a rota pela qual o drone iria percorrer foi visto que ao fazer a curva é necessário adicionar mais que 3 pontos (waypoints) pois a curvatura se torna muito aberta e interfere na sobreposição das imagens no momento do processamento.

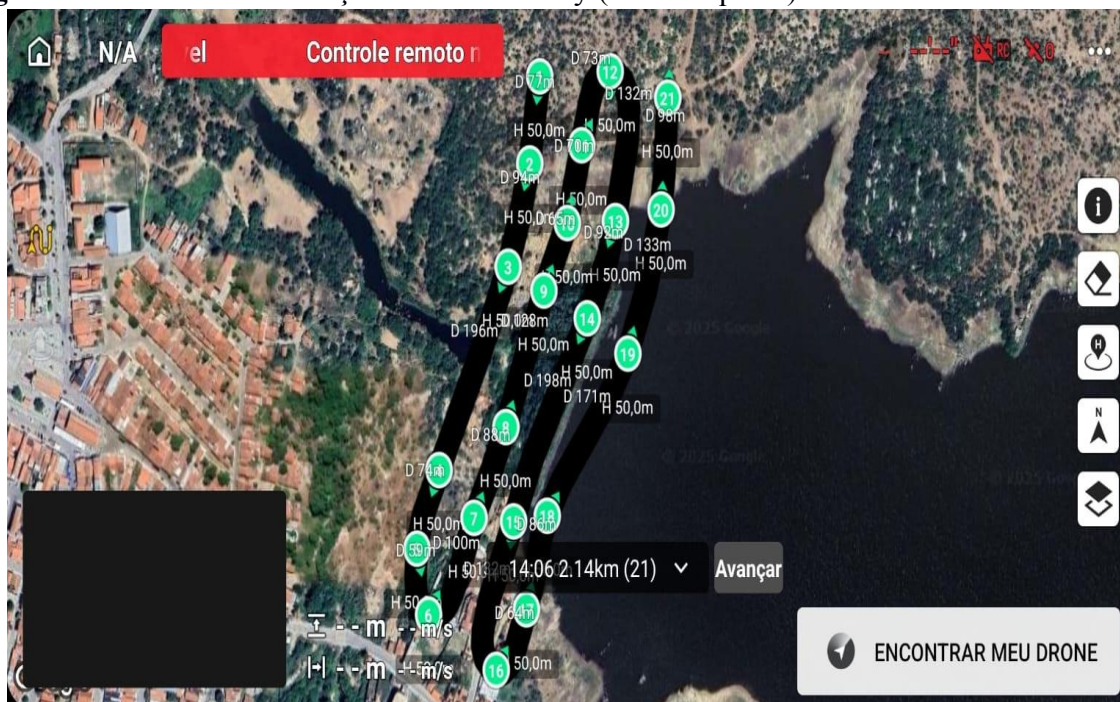
Figura 03 – Plano de voo traçado com o DJI Fly (rota inadequada)



Fonte: Autoria própria (2025).

Para evitar a formação de curvas excessivamente abertas, recomenda-se a utilização de pontos distribuídos conforme apresentado na Figura 04 mais próximos e menos abertos nas curvaturas possível, garantindo, assim, uma curvatura mais fechada e eficiente. Destaca-se também, que ao traçar a trajetória de forma manual, deve-se evitar o afastamento significativo entre as linhas de mapeamento, já que isso compromete a sobreposição das imagens, impactando negativamente a qualidade do processamento fotogramétrico.

Figura 04 – Plano de voo traçado com o DJI Fly (rota adequada)



Fonte: Autoria própria (2025)

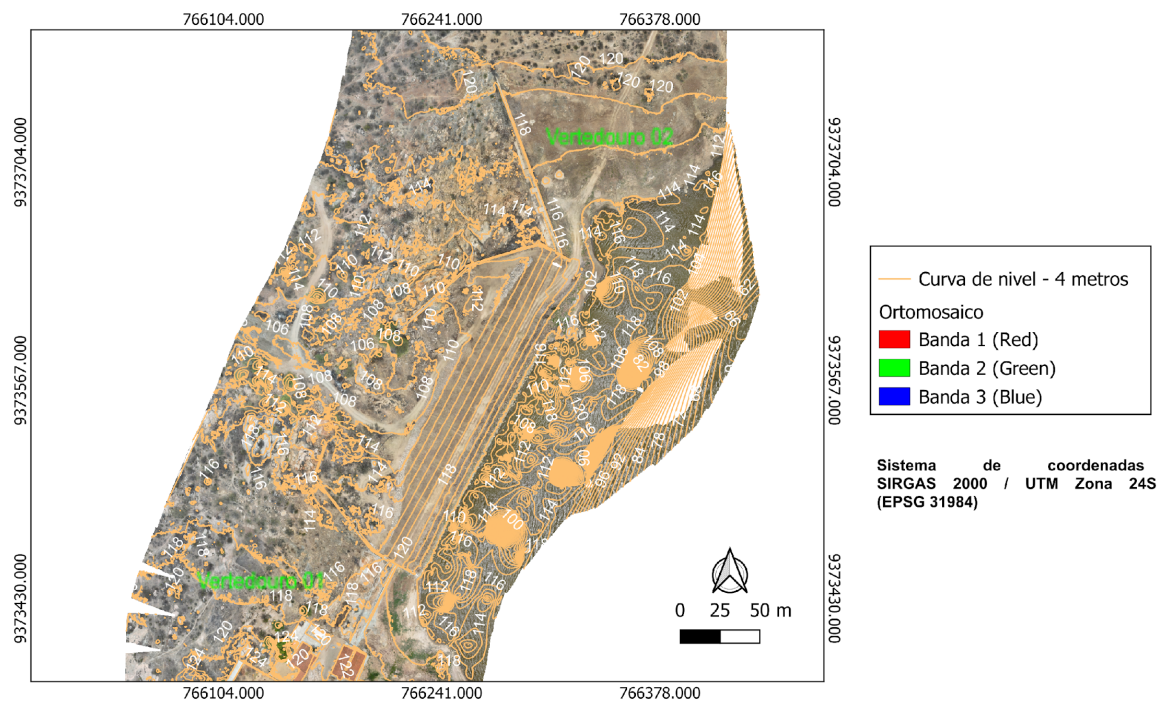
Sendo assim, foi possível determinar curvas de nível, comprimento do talude e vertedouros, além de calcular as diferenças de cota, utilizando as imagens obtidas pelo drone em formato de ortofoto conforme apresentado na Figura 05.

4.2 Análise e Caracterização Geométrica do Açude Novo Angicos

O processamento das imagens coletadas com a rota adequada resultou na geração do Ortomosaico, do Modelo Digital de Elevação (MDE) e das curvas de nível do Açude Novo Angicos.

A Figura 05 apresenta as curvas de nível sobrepostas ao Ortomosaico, permitindo a visualização detalhada da geometria da barragem. Por meio dessas informações e do MDE, foi possível realizar a caracterização geométrica e altimétrica da estrutura. Indicando que o talude apresenta cota da crista de 120 m e cota da base de 110 m, resultando em uma diferença altimétrica de 10 m. Em relação aos vertedouros, o vertedouro 01 apresenta cota de 118 m, com diferença de 2 m em relação à crista do talude, enquanto o vertedouro 02 apresenta cota de 116 m, correspondendo a uma diferença de 4 m em relação à crista do talude.

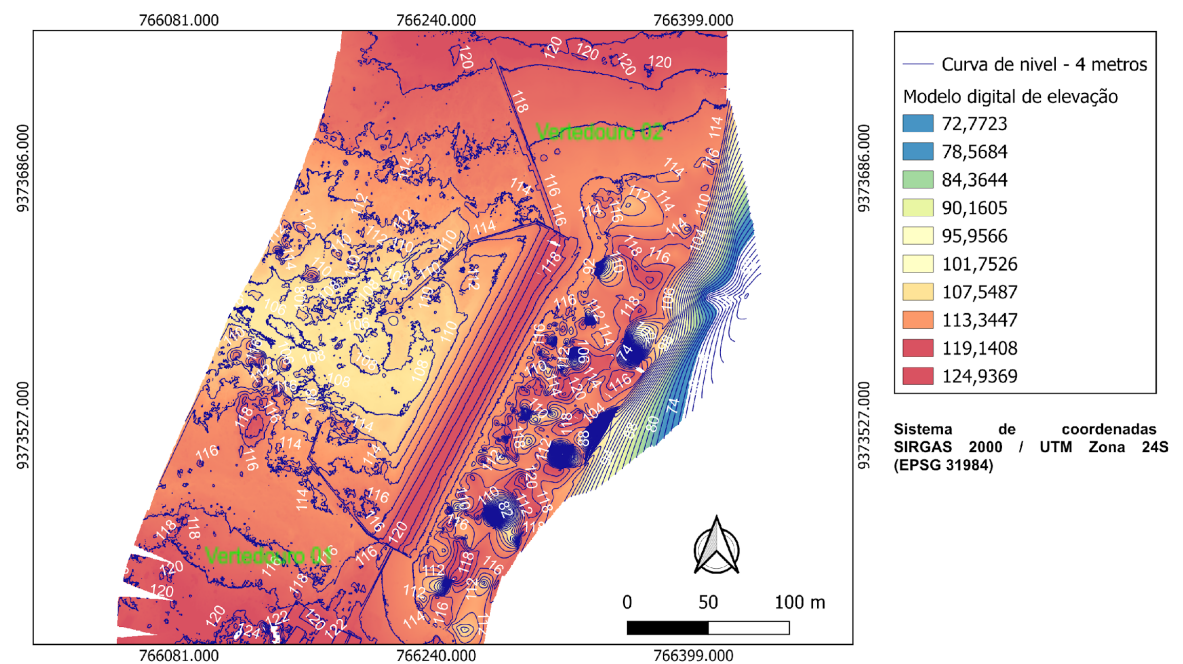
Figura 05 – Curvas de nível local de estudo



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 06 exibe o MDE com a sobreposição das curvas de nível, onde a variação altimétrica do terreno é representada por cores, destacando as áreas mais elevadas em vermelho e as regiões de menor altitude em tonalidades amareladas. No entanto, foram identificadas falhas localizadas no MDE gerado, como a porção destacada na Figura 07, as quais podem ter comprometido a fidelidade total dos dados.

Figura 06 – Curvas de nível e elevações do local



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 07 - Falha presente no Modelo digital de Elevação



Fonte: Autoria própria (2025).

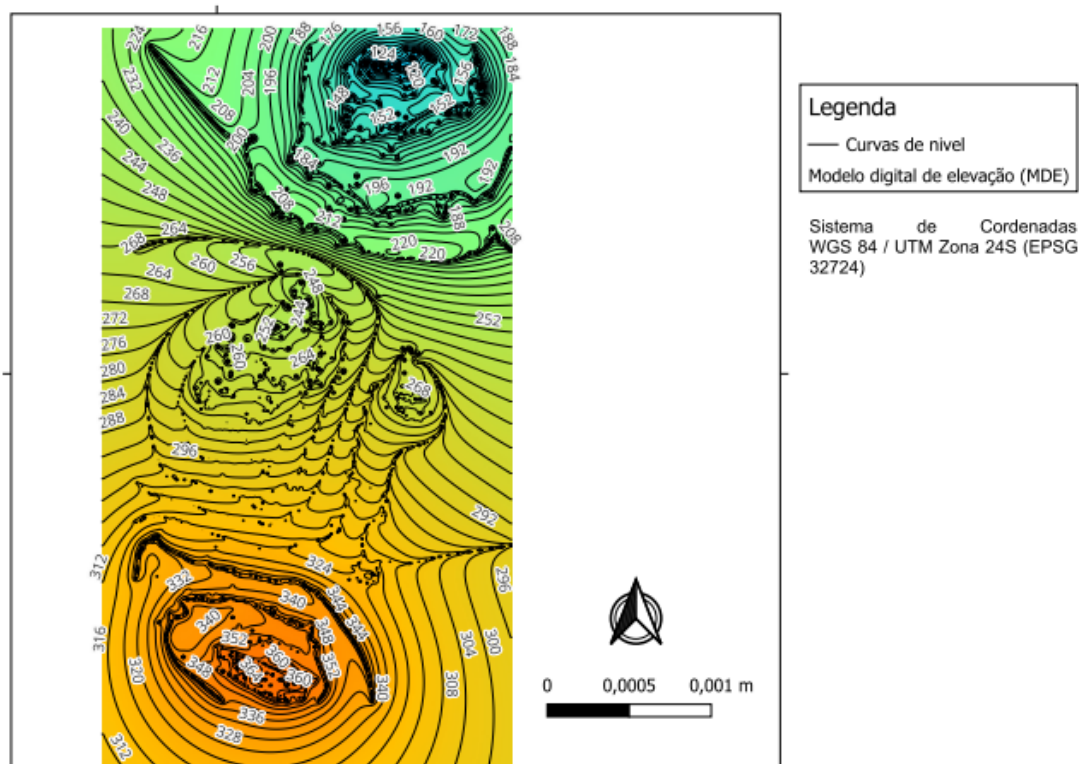
4.3 Comparação de precisão: VANT vs. Google Earth

A validação do método baseado em VANT foi realizada com base na comparação com o Google Earth, que foi utilizado para obtenção preliminar de perfis de elevação e medidas de comprimento. De forma que podemos perceber que o uso do Google Earth para gerar produtos altimétricos mostrou-se insatisfatório para esta aplicação.

A análise realizada a partir do perfil de elevação obtido no Google Earth revelou que o vertedouro 01 possui um comprimento de 50,79 m e apresentou elevação variando entre 109 m e 112 m. Já o vertedouro 02 apresentou um comprimento de 118,89 m, com uma altitude variando entre 105 m e 109 m. O talude da barragem, por sua vez, foi medido em 216,57 m de comprimento, com elevação variando entre 105 m e 109 m. Foi possível identificar uma variação de aproximadamente 1 metro na diferença de cota entre a crista do talude e os vertedouros. Essa condição indica que a superfície dos vertedouros não possui uma cota uniforme, o que pode ser resultado de desgaste ou erosão na estrutura.

A Figura 08 ilustra as curvas de nível geradas no Qgis a partir do Google Earth, que se apresentaram desordenadas e distribuídas de maneira incoerente. Essa baixa precisão impede a identificação correta dos elementos estruturais da barragem, como talude e vertedouros. Essa evidência reforça que o Google Earth não fornece resolução ou fidelidade de relevo suficiente para representar a barragem e, consequentemente, para o cadastramento e a caracterização geométrica de segurança, validando a necessidade do uso de métodos mais precisos, como o drone.

Figura 08 – Curvas de nível feitas a partir do Google Earth



Fonte: Autoria própria (2025).

5 CONCLUSÕES

O presente estudo alcançou o objetivo de identificar um método eficaz para auxiliar no cadastro e caracterizar a geometria e altimetria do Açude Novo Angicos, em Angicos/RN. Os resultados obtidos confirmam a relevância e a eficiência das metodologias baseadas em sensoriamento remoto e geoprocessamento.

A análise comparativa dos métodos de aquisição de dados demonstrou que a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) resulta em uma elevada eficiência no cadastramento e na caracterização altimétrica dos espelhos d'água. Em contrapartida, o uso do Google Earth, embora forneça imagens de qualidade considerável, revelou uma limitação crítica pela falta de atualização recorrente e fidelidade dos dados. A incapacidade da ferramenta em fornecer resolução suficiente para representar com fidelidade o relevo associado à barragem, evidenciada pelas curvas de nível desordenadas (Figura 08), reforça a necessidade de métodos mais acurados, como a fotogrametria via drone.

A aplicação da tecnologia VANT possibilitou a caracterização precisa do Açude Novo Angicos, permitindo a medição exata do comprimento dos vertedouros e do talude, bem como a identificação de variações de altura nesses elementos estruturais. Informações altimétricas e geométricas são essenciais para avaliações de segurança, inspeções preliminares e registro em bancos oficiais, conforme a Política Nacional de Segurança de Barragens.

O estudo também ressalta a importância das boas práticas operacionais. Ficou evidente que o planejamento inadequado do plano de voo, como o traçado de curvas excessivamente abertas, pode levar a falhas no processamento, comprometendo a fidelidade dos dados. Isso sublinha a relevância de garantir a distribuição apropriada de pontos de passagem e a sobreposição ideal das imagens.

Portanto, a utilização combinada de drones e ferramentas digitais constitui um progresso considerável para o monitoramento contínuo e a segurança de barragens no semiárido. Para aumentar ainda mais a precisão dos elementos gerados e mitigar as limitações de acurácia, recomenda-se que trabalhos futuros incorporem equipamentos com tecnologia RTK.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Relatório preliminar — Espelhos d'água do Brasil. Brasil: SNIRH/ANA e FUNCEME, 2013. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c/attachments/Relatorio_EspelhosDaguaBrasil_preliminar_FUNCEME.pdf. Acesso em: 16 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Relatório de Segurança de Barragens. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/reunioes-e-eventos/reunioes-do-cnrh/plenarias/7-1-anexo_ana_relatorio-barragens-2023_compressed.pdf . Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 20 set. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm . Acesso em: 24 de fevereiro 2025.

COSTA, Pedro Lucas Bernardo; GOMES, Yan Ranny Machado; SOUZA, Christopher Freire; FRAGOSO JÚNIOR, Carlos Ruberto. Mapeamento de espelhos d'água de reservatórios e suas áreas com o Sentinel-1. In: XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2023, Aracaju. Anais [...]. Acesso em: 07 de abril 2025.

FUNCEME. Levantamento dos espelhos d'água acima de 20 hectares em todo o território brasileiro através de sensoriamento remoto. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228637823_Levantamento_dos_espelhos_d'agua_acima_de_20ha_em_todo_o_territorio_brasileiro_atraves_de_sensoriamento_remoto . Acesso em: 15 de abril 2025.

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E CONFLITOS NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DO CASO DO AÇUDE LUCRÉCIA, ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Acesso em 24 de Fevereiro de 2025.

GEOTECHNIQUE CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA. Ficha técnica de cadastro de barragem: Barragem São Luiz I. Angicos, RN, 2015. Relatório técnico elaborado para a Agência Nacional de Águas (ANA).

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO RIO GRANDE DO NORTE (IGARN). Relatório de Situação das Barragens no Rio Grande do Norte. Natal: IGARN, 2024.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO RIO GRANDE DO NORTE (IGARN). Vistoria à Barragem São Luiz I no município de Angicos-RN. Natal: IGARN, 2023. Relatório Técnico.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). Semiárido Brasileiro. Brasília: INSA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 22 abr. 2025.

MACEDO, Antonio Jefferson Ferreira de. Uma API Baseada em Blockchain Para Garantia da Interoperabilidade e Transparência de Dados Nos Processos de Registro e Inspeção de Barragens Hídricas. 2022. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69937> Acesso em 26 de Março 2025.

MARENGO, José A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. In: Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2008. p. 149-160. Acesso em: 07 de abril 2025.

NETO, Manoel Cirício Pereira. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó Potiguar. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Assú, Rio Grande do Norte, Brasil. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323974243_PERSPECTIVAS_DA_ACUDAGEM_NO_SEMIARIDO_BRASILEIRO_E_SUAS_IMPLICACOES_NA_REGIAO_DO_SERIDO_POTIGUAR . Acesso em: 11 de abril 2025.12.8

PEREIRA, João Marcelino Lacerda. Análise sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens com ênfase nos critérios de monitoramento/instrumentação. 2021. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2021. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26071> Acesso em 25 de Março 2025.

SILVA, Eliane Lima e; SILVA, Mariano Andrade da. Segurança de barragens e riscos potenciais à saúde pública. Saúde em Debate , Rio de Janeiro, v. especialmente. 2, pág. 242-261, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042020E217> . Acesso em: 24 de fevereiro 2025.