

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

ANA CAROLINA FLORENTINO EL SARRAF

**USO DE DRONES ASSOCIADO À TÉCNICA DE LEVANTAMENTO CADASTRAL
EM INSPEÇÃO DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASO SOBRE A BARRAGEM DE
COTIA, BONINAL, BAHIA**

**SALVADOR
2025**

ANA CAROLINA FLORENTINO EL SARRAF

USO DE DRONES ASSOCIADO À TÉCNICA DE LEVANTAMENTO CADASTRAL
EM INSPEÇÃO DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASO SOBRE A BARRAGEM DE
COTIA, BONINAL, BAHIA

Monografia apresentada ao IFBA -
Campus Salvador como Trabalho de
Conclusão de Curso, e como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Técnico em Edificações.

Orientadora: Msc. Engenharia Ambiental e
Urbana Samara Ferreira Andrade

SALVADOR
2025

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DO IFBA, COM OS
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

E37u El Sarraf, Ana Carolina Florentino

Uso de drones associado à técnica de levantamento cadastral em inspeção de barragens: um estudo de caso sobre a barragem de Cotia, Boninal, Bahia / Ana Carolina Florentino El Sarraf; orientadora Samara Ferreira Andrade -- Salvador, 2025.

112 p.

Monografia (Técnico em Edificações) -- Instituto Federal da Bahia, 2025.

1. RPA. 2. Segurança. 3. Barragem. 4. Inspeções. 5. Planialtimetria. I. Andrade, Samara Ferreira, orient. II. TÍTULO.

CDU 627.82

ATA DE DEFESA FINAL ATIVIDADE DE CONCLUSÃO DO CURSO

As 15 horas e ^{10'} do dia 7 do mês de MARÇO do ano de dois mil e vinte e ~~quatro~~ ^{CINCO}, no Laboratório de Águas do Departamento Acadêmico de Construção Civil do Campus Salvador/IFBA, da aluna Ana Carolina Florentino de Souza, regularmente matriculada no Curso Técnico em EDIFICAÇÕES, desta Instituição, compareceram para defesa pública da Atividade de Conclusão de Curso – ACC, requisito obrigatório para a obtenção do título de Técnica de Edificações, com a atividade intitulada uso de drones associado à técnica de levantamento cadastral em inspeção de barragens: estudo de caso sobre a barragem de Lotia, Boninal, Bahia. Constituíram a Banca Examinadora SAMARA FERREIRA ANDRADE o/a professor/a orientador/a e REGINA MARIA WUNHA LEITE e Regiane de Oliveira Almeida a. Após a apresentação das alunas e as observações da banca de avaliadores, foi atribuída a nota final (0,0 a 10,0) 10,0 à atividade.

APROVADO sem alterações

() APROVADO considerando as sugestões feitas pela banca examinadora, anexo. ()

REPROVADO, conforme relatório anexo apresentado pela banca examinadora, que estipulou o prazo de _____ dias para submissão de uma nova Banca Examinadora.

Eu, Samara Ferreira Andrade, lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Salvador, 07 de Março de 2025..

Orientador/a: Alberto

Avaliador/a: Alberto

Avaliador/a: Regiane de Oliveira Almeida

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao meu Protetor por sempre me vigiar e resguardar.

A mim, por ter concretizado neste documento o sonho do futuro de uma caloura que um dia existiu e que persiste.

À minha mãe, por ter me agraciado com a dádiva da vida e o amor de mil mulheres, dando-me a oportunidade e incentivo de realizar minhas conquistas através dos estudos.

Ao meu pai, pelo zelo, afeto e ensinamentos sobre perseverar sempre.

À minha irmã, por ser símbolo de resiliência e persistência, sendo aquela em quem me inspiro todos os dias, com o fito de me tornar uma profissional de excelência.

À minha orientadora Samara Ferreira, por todo o incentivo, parceria e profissionalismo ao longo dos anos de curso, por verdadeiramente acreditar na educação e fazer dela a diferença.

A todos os amigos que de alguma forma impulsionaram o meu crescimento acadêmico e pessoal com apoio e através da partilha de experiência ao longo dos anos de formação.

À Drones Solution Engenharia Inovativa, pela oportunidade que me foi concedida de desenvolvimento profissional e aprendizados.

“Benditas coisas que eu não sei
Os lugares onde não fui
Os gostos que não provei
Meus verdes 'inda não maduros
Os espaços que ainda procuro
Os amores que nunca encontrei
Benditas coisas que não sejam
Benditas!”

Zélia Duncan (2005)

SARRAF, Ana Carolina Florentino El. **USO DE DRONES ASSOCIADA À TÉCNICA DE LEVANTAMENTO CADASTRAL PARA A SIMULAÇÃO DE REVISÃO NA INSPEÇÃO DE BARRAGENS ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE COTIA, BONINAL - BAHIA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Salvador, Salvador, 2023.

RESUMO

O presente trabalho, apresentado como requisito de avaliação para Trabalho de Conclusão de Curso, tem como objetivo relatar às legislações vigentes direcionadas ao processo da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), haja vista a grandeza social, ambiental e econômica recobradas a tais construções, concomitantemente à proposta de de revisões periódicas, com a apresentação de resultados pela instituição do método de mapeamento aéreo realizado por intermédio de RPA como etapa do processo de garantia de segurança das barragens com a geração de dados confiáveis, de modo a apontar as limitações da técnica aplicada pela execução de outras, além de demonstrar dados obtidos. Para fins de análise metodológica, foi levado em consideração o estudo realizado a partir da Barragem de Cotia em Boninal, na Bahia, buscando compreender processos, limitações e requisitos do projeto sugerido, haja vista o uso do ecobatímetro, bem como o procedimento de Transporte de Nível para a complementação do trabalho. Nesse viés, o estudo concluiu limitações do método, mas também ganhos expressivos quanto à implementação da técnica para inspeções de barragens, a julgar o custo benefício do tempo gasto e dos resultados planialtimétricos satisfatórios, com respaldo técnico.

Palavras-chave: RPA; Segurança; Barragem; Inspeções; Planialtimetria; Drones.

ABSTRACT

This work, presented as an assessment requirement for the Course Conclusion Work, aims to report on the current legislation directed to the process of the National Dam Safety Policy (PNSB), given the social, environmental and economic importance regained for such constructions, concomitantly with the proposal of periodic reviews, with the presentation of results by the institution of the aerial mapping method carried out through RPA as a stage in the process of guaranteeing the safety of dams with the generation of reliable data, in order to point out the limitations of the technique applied by the execution of others, in addition to demonstrating data obtained. For the purposes of methodological analysis, the study carried out from the Cotia Dam in Boninal, Bahia, was taken into consideration, seeking to understand processes, limitations and requirements of the suggested project, given the use of the echo sounder, as well as the Level Transport procedure to complement the work. In this context, the study concluded limitations of the method, but also significant gains regarding the implementation of the technique for dam inspections, judging the cost-benefit of the time spent and the satisfactory planialtimetric results, with technical support.

Keywords: RPA; Security; Dam; Inspections; Planialtimetry; Drones.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Agentes responsáveis pelo processo de Segurança de Barragens.....	21
Figura 02 – Fluxograma dos órgãos fiscalizadores competentes de barragens brasileiras.....	23
Figura 03 – Interface inicial da página eletrônica do SNISB.....	26
Figura 04 – Ferramentas de navegação da página eletrônica do SNISB.....	27
Figura 05 – Indicadores disponíveis na página eletrônica do SNISB.....	31
Figura 06 – Exemplar de RPA: DJI Mini 4 Pro.....	33
Figura 07 – Exemplar de Aeromodelo: Treinador Piper.....	33
Figura 08 – Exemplar de Asa fixa: AT120.....	34
Figura 09 – Exemplar de Multirotor: Mavic 3 Pro.....	34
Figura 10 – Tiro ao alvo para ilustrar acurácia e precisão (sem tendência).....	38
Figura 11 – Tiro ao alvo para ilustrar acurácia e precisão (com e sem tendência)....	39
Figura 12 – Exemplificação de trajetória de voo.....	40
Figura 13 – Recolhimento de imagens aéreas com posicionamento de regiões comuns por adjacência.....	42
Figura 14 – Sobreposição longitudinal entre fotografias.....	42
Figura 15 – Sobreposição lateral entre fotografias.....	43
Figura 16 – Exemplificação de nuvem densa de pontos.....	44
Figura 17 – Exemplificação do funcionamento do RTK.....	45
Figura 18 – Exemplificação do funcionamento do PPK.....	46
Figura 19 – Fluxograma do serviço de PPP.....	48
Figura 20 – Visualização de movimentos de RPA.....	48
Figura 21 – Visualização do processo de ortoretificação.....	49
Figura 22 – Demonstração de pontos homólogos em diferentes fotografias.....	49
Figura 23 – Exemplificação de buraco em ortomosaico.....	50
Figura 24 – Exemplificação de diferentes relações de GSD.....	51
Figura 25 – Exemplo do processo de estereoscopia através da visão humana.....	52
Figura 26 – Demonstração de pontos homólogos em diferentes fotografias.....	53
Figura 27 – Exemplificação de Modelo Digital de Superfície.....	53
Figura 28 – Exemplificação de Modelo Digital de Terreno.....	54
Figura 29 – Mapa de localização da mesorregião do Centro-Sul Baiano.....	55
Figura 30 – Mapa de localização da cidade de Boninal no Estado da Bahia.....	55
Figura 31 – Mapa de divisas municipais com a cidade de Boninal.....	56
Figura 32 – Mapa de localização da Barragem de Cotia.....	57
Figura 33 – Reservatório da Barragem de Cotia.....	57
Figura 34 – Trajeto de acesso 1 à barragem de Cotia.....	58
Figura 35 – Trajeto de acesso 2 à barragem de Cotia.....	58
Figura 36 – Seção básica de barragem de concreto de gravidade.....	61
Figura 37 – Vista aérea de montante e jusante da barragem com vertedouro do tipo	

Creager.....	61
Figura 38 – Detalhe do canal lateral direito na base do vertedouro com visualização da ombreira direita.....	62
Figura 39 – Detalhe do canal lateral esquerdo na base do vertedouro com visualização da ombreira esquerda.....	62
Figura 40 – Detalhe da tomada d’água e descarga de fundo no centro do vertedouro.	63
Figura 41 – Modelagem da Barragem de Cotia.....	63
Figura 42 – Localização das estruturas transversais à jusante da Barragem de Cotia.	64
Figura 43 – Imagem ortogonal da Ponte 01.....	65
Figura 44 – Imagem do caminho da Ponte 01.....	65
Figura 45 – Prancha da Ponte 01 com ortomosaico.....	66
Figura 46 – Imagem frontal e ortogonal da Ponte 02.....	67
Figura 47 – Prancha da Ponte 02 com ortomosaico.....	67
Figura 48 – Imagem traseira da passagem molhada 01.....	68
Figura 49 – Imagem frontal da passagem molhada 01.....	68
Figura 50 – Prancha da passagem molhada 01 com ortomosaico.....	69
Figura 51 – Caminho da passagem molhada 02.....	69
Figura 52 – Prancha da Passagem Molhada 02 com ortomosaico.....	70
Figura 53 – Imagem frontal da ponte 03.....	70
Figura 54 – Prancha da Ponte 03 com ortomosaico.....	71
Figura 55 – Imagem frontal da passarela 01.....	71
Figura 56 – Prancha da passarela 01 com ortomosaico.....	72
Figura 57 – Imagem ortogonal e de detalhe da Ponte 04.....	73
Figura 58 – Prancha da Ponte 04 com ortomosaico.....	73
Figura 61 – Modelo Receptor GNSS ComNav T300.....	77
Figura 62 – Área prevista para Aerolevantamento.....	78
Figura 63 – Área prevista para Aerolevantamento.....	79
Figura 64 – Identidade visual do software Agisoft Metashape.....	80
Figura 65 – Localização de Pontos de Apoio e Estimativas de Erros.....	82
Figura 66 – Ortomosaico da região da Barragem de Cotia.....	83
Figura 67 – Modelo Digital de Terreno da região da Barragem de Cotia.....	84
Figura 68 – Modelo de APACHE 3 da CHC.....	85
Figura 69 – Ecobatímetro utilizado em campo.....	85
Figura 70 – Modelo o receptor GNSS CHC I50 NAC2.....	86
Figura 71 – Visualização da vegetação presente na batimetria.....	87
Figura 72 – Visualização de macrófitas aquáticas flutuantes presentes na batimetria..	87
Figura 73 – Percurso percorrido pelo ecobatímetro.....	88
Figura 74 – Prancha geral de localização dos perfis batimétricos.....	89
Figura 75 – Perfil batimétrico A A’ com exagero vertical de 4x.....	90

Figura 76 – Perfil batimétrico B B' com exagero vertical de 4x.....	90
Figura 77 – Perfil batimétrico CC' com exagero vertical de 4x.....	90
Figura 78 – Perfil batimétrico D D' com exagero vertical de 4x.....	91
Figura 79 – Perfil batimétrico E E' com exagero vertical de 4x.....	91
Figura 80 – Perfil batimétrico F F1 com exagero vertical de 4x.....	91
Figura 81 – Perfil batimétrico F1 F2 com exagero vertical de 4x.....	92
Figura 82 – Perfil batimétrico F2 F3 com exagero vertical de 4x.....	92
Figura 83 – Perfil batimétrico F3 F4 com exagero vertical de 4x.....	92
Figura 85 – Modelo de Nível DL202.....	93
Figura 86 – GNSS Comnav T300, Base e Rover.....	94
Figura 87 – Croqui de transporte de nível da RN25 – RN27 – RN28.....	94
Figura 88 – Croqui de transporte de nível da RN25 a RN26.....	95
Figura 89 – Trajetória do transporte de nível e posicionamento dos Pontos de Segurança (PS) das RNs 25 - 27 -28.....	96
Figura 90 – Trajetória do transporte de nível e posicionamento dos Pontos de Segurança (PS) das RNs 25 - 26.....	96
Figura 91 – Exemplo do marco implantado, Marco RN 27, Barragem de Cotia.....	97
Figura 92 – Chapa de alumínio nos marcos.....	97
Figura 93 – Prancha Curvas de Nível de terreno 5m e shape do lago.....	99
Figura 94 – Prancha da planta geral sem ortomosaico.....	100
Figura 95 – Prancha da planta geral com ortomosaico.....	101
Figura 96 – Prancha de detalhe da barragem de Cotia sem ortofoto.....	102
Figura 97 – Prancha de detalhe da barragem de Cotia com ortofoto.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Relação com todos os órgãos fiscalizadores de barragens nacionais.	23
Quadro 02 – Classificação do NPGB dados feitos conjugados de anomalias em barragens.....	30
Quadro 03 – Responsabilidades dos principais órgãos públicos de barragens atuantes na PNSB.....	31
Quadro 04 – Categorias de Avaliação de Risco Operacional nos voos com	
Quadro 05 – Dados de identificação da Barragem de Cotia.....	59
Quadro 06 – Dados PNSB da Barragem de Cotia.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Relação das estruturas transversais à jusante da Barragem de Cotia..	64
Tabela 02 – Dados de identificação da Barragem de Cotia.....	81
Tabela 03 – Dados de acurácia do aerolevanteamento da Barragem de Cotia.....	81
Tabela 04 – Rastreamento dos Marcos, em destaque coordenadas com menor Desvio...	98
Tabela 05 – Tabelamento de informações técnicas de barramento e extravasor....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
ARO	Avaliação de Risco Operacional
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
CERB	Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia
cm	centímetros
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRI	Categoria de Risco
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DPA	Dano Potencial Associado
EVLOS	<i>Extended Visual Line-Of-Sight</i>
GCP	<i>Ground Control Points</i>
GIS	<i>Geographical Information System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	Instrução de Comando da Aeronáutica
ICI	Completeness da Informação
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ISE	Relatórios de Inspeções Especiais
ISR	Relatórios de Inspeções Regulares
LIDAR	<i>Light Detecting and Ranging</i>

m	metro
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NPGB	Nível de Perigo Global da Barragem
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
PAE	Plano de Ação em Emergência
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PPK	<i>Post Processed Kinematic</i>
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
PS	Pontos de Segurança
PSB	Plano de Segurança de Barragem
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RN	Referência de Nível
RPA	<i>Remotely-Piloted Aircraft</i>
RPAS	<i>Remotely-Piloted Aircraft System</i>
RPSB	Revisão Periódica de Segurança de Barragem
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SARPAS	Sistema de acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves não Tripuladas
SARPs	Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
SISANT	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
TIN	Grade Triangular Irregular

UA	<i>Unmanned Aircraft</i>
UAS	<i>Unmanned Aircraft Systems</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UTM	<i>Universal Transversal de Mercator</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VLOS	<i>Visual Line-Of-Sight</i>
VMC	Condições Meteorológicas de Voo Visual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. JUSTIFICATIVA.....	18
1.2. OBJETIVO GERAL.....	19
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. EMBASAMENTO TEÓRICO.....	20
2.1 SEGURANÇA DE BARRAGENS: PNSB.....	20
2.2. DRONES: CLASSIFICAÇÕES E PRODUTOS DECORRENTES.....	33
2.2.1. TIPOS DE DRONES E SUAS APLICAÇÕES.....	33
2.2.2. CONCEITOS RELEVANTES PARA O AEROLEVANTAMENTO.....	39
2.2.2.1. ACURÁCIA E PRECISÃO.....	39
2.2.2.2. PLANO E REQUISIÇÃO DE VOO.....	40
2.2.3. PROCEDIMENTOS, ETAPAS E PRODUTOS DECORRENTES DO AEROLEVANTAMENTO COM O USO DE DRONES.....	42
2.2.3.1. AEROFOTOGRAMETRIA COM RPA.....	42
2.2.3.2. NUVEM DE PONTOS.....	45
2.2.3.3. ORTOMOSAICO GEORREFERENCIADO.....	45
2.2.3.3.1. GROUND SAMPLE DISTANCE (GSD).....	52
2.2.3.4. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE).....	53
2.2.3.4.1. MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (MDS).....	54
2.2.3.4.2. MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (MDT).....	55
3. MATERIAIS E MÉTODO.....	56
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO.....	56
3.1.1. ACESSO À BARRAGEM DE COTIA.....	18
3.1.2. IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....	19
3.2. ESTRUTURA DA BARRAGEM DE COTIA.....	21
3.3. REQUISITOS TÉCNICOS DO PROJETO.....	35
3.3.1. PRODUTOS PRIMÁRIOS, DECORRENTES E CARTOGRÁFICOS.....	35
3.3.2. ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS DECORRENTES.....	35
3.3.3. EQUIPES DE CAMPO.....	35
3.3.4. PARÂMETROS DE PROJETO E ADOTADOS.....	36
3.4. TOPOGRAFIA.....	37
3.4.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO ASSOCIADOS À TÉCNICA COM USO DE DRONES.....	37
3.4.1.1. RPA.....	37
3.4.1.2. RECEPTOR GNSS.....	38
3.4.2. PLANEJAMENTO PARA O CAMPO: RPA.....	38

3.4.3. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	41
3.4.4. PRODUTOS DECORRENTES TOPOGRÁFICOS.....	42
3.4.4.1. ACURÁCIA DO MODELO.....	42
3.4.4.2. ORTOMOSAICO DA REGIÃO DA BARRAGEM DE COTIA... 43	
3.4.4.3. MODELO DIGITAL DE TERRENO DA REGIÃO DA BARRAGEM DE COTIA.....	45
3.5. BATIMETRIA.....	46
3.5.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO.....	46
3.5.2 EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	47
3.5.3. PRODUTOS DECORRENTES BATIMÉTRICOS.....	49
3.6. TRANSPORTE DE REFERÊNCIA DE NÍVEL (RN).....	54
3.6.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO ASSOCIADOS À TÉCNICA NIVELAMENTO GEOMÉTRICO.....	54
3.6.2. EXECUÇÃO DA REFERÊNCIA DE NÍVEL.....	55
3.7. PRODUTOS CARTOGRÁFICOS GERAIS.....	59
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
APÊNDICE A - Prancha da Estrutura 01 : Ponte 01 com ortomosaico.....	113
APÊNDICE B - Prancha da Estrutura 02: Ponte 02 com ortomosaico.....	114
APÊNDICE C - Prancha da Estrutura 03: Passagem molhada 01 com ortomosaico.....	115
APÊNDICE D - Prancha da Estrutura 04: Passagem molhada 02 com ortomosaico.....	116
APÊNDICE E - Prancha da Estrutura 05: Ponte 03 com ortomosaico.....	117
APÊNDICE F - Prancha da Estrutura 06: Passarela 01 com ortomosaico.....	118
APÊNDICE G - Prancha da Estrutura 07: Ponte 04 com ortomosaico.....	119
APÊNDICE H - Prancha geral de localização dos perfis batimétricos.....	120
APÊNDICE I — Prancha Curvas de Nível de terreno 5m e shape do lago.....	121
APÊNDICE J – Prancha da planta geral sem ortomosaico.....	122
APÊNDICE K – Prancha da planta geral com ortomosaico.....	123
APÊNDICE L – Prancha de detalhe da barragem de Cotia sem ortofoto.....	124
APÊNDICE M – Prancha de detalhe da barragem de Cotia com ortofoto.....	125

1. INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância da topografia frente ao recurso de planejamento e de gestão de projetos, de maneira a suprir as necessidades informacionais planialtimétricas de terrenos e a dar respaldo para possíveis cálculos de capacidade e volume que se mostrem pertinentes.

Com isso em vista, na última década, a área topográfica passou por grandes implementações tecnológicas, que proporcionaram ganho exponencial no tempo e logística das atividades do campo, sem perda de qualidade e de acurácia nos produtos finais. Isso só foi possível devido à adoção da prática com Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP).

Uma das aplicabilidades dos equipamentos no cenário hodierno diz respeito sobre a atividade recorrente de acompanhamento de segurança das barragens. Essas construções maciças de concreto tem como principais funções, atualmente, a administração sobre a contenção de recursos hídricos ou rejeitos minerais (líquidos ou sólidos), além da produção de energia com a instauração de tais estruturas em hidrelétricas.

Apesar dos diversos benefícios para o desenvolvimento de cidades, as construções podem representar sério risco aos âmbitos socioambientais quando negligenciadas as revisões periódicas de infraestrutura por parte dos órgãos governamentais cabíveis, de modo que segundo o jornal digital DW Brasil (2022), cerca de um milhão de habitantes vivem perto de barragens de risco. Ademais, o Brasil detém diversas barragens denominadas “órfãs”, quando não possuem responsáveis legais pela sua manutenção, seja pela retirada da participação devido ao tempo ou ainda pelo simples desconhecimento daqueles destinados à função. Assim, a negligência com a necessidade periódica de acompanhamento dessas construções expõe a comunidades e nichos ecológicos nativos à possibilidade de catástrofes hediondas.

1.1. JUSTIFICATIVA

O risco de falha nas barragens pode ser fatal, haja vista as ações do tempo, das forças mecânicas e dinâmicas do fluxo de água, mudanças naturais e artificiais na paisagem, além dos fatores do clima que agem insistentemente sobre a construção massiva. Faz-se necessário, então, buscar alternativas eficientes para que se facilite o procedimento de revisões regulares das barragens, com o fito de viabilizar o processo.

Para isso, demonstra-se fulcral diante das necessidades de justificar a demonstração de resultados com ARPs na função de levantamento, vetorização e tabelamento de informações, a montante e a jusante, nas construções de barramento e vertedouro de massas d'água com finalidade de servir às posteriores simulações de inspeções. Assim, para chegar a esse resultado, será realizado respaldo em um estudo de caso com verificações da realidade, na barragem de Cotia.

A prática desses conhecimentos possui valor social, bem como ambiental, uma vez que o uso da técnica será implementada como etapa para garantir a qualidade do levantamento cadastral que virá a ser usado como etapa de estudo das revisões periódicas de segurança das barragens. Em conclusão, a implementação das ARPs busca dialogar com a responsabilidade de garantir o equilíbrio ao meio ambiente e às comunidades locais, evitando possíveis desastres e prezando pela valorização inestimável da vida.

1.2. OBJETIVO GERAL

Investigar os procedimentos para levantamento cadastral com a utilização de drones em barragens baseado na experiência real do estudo de caso da barragem de Cotia em Boninal - Bahia.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Delimitar e explicitar as métricas associadas aos procedimentos metodológicos, bem como seus produtos, resultados de campo e do escritório;
- II. Compreender as limitações do uso, pelo emprego de outras técnicas requeridas e aplicadas no ofício do trabalho de campo e de escritório.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 SEGURANÇA DE BARRAGENS: PNSB

Em acordo com o artigo 2º, parágrafo 1º da lei nº 14.066 de 2020, que altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), entende-se por barragem quaisquer estruturas edificadas com a finalidade de conter ou acumular substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, de maneira a englobar tanto o barramento, quanto às demais estruturas associadas, como vertedouros ou ombreiras, seja em curso hídrico permanente ou temporário, que se entenda em talvegue ou em cava exaurida com dique.

Segundo as definições da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), órgão fiscalizador de segurança de todas as barragens advindas dos rios pertencentes à União, que não gerem energia elétrica, com a lei nº 12.334/2010, alterada pela lei nº 14.066/2020, o termo “segurança de barragem” significa a condição que supra a necessidade de mantimento de integridade tanto estrutural quanto operacional, além da preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente, nas fases de projeto, de construção e de operação. Em outras palavras, significa assegurar o funcionamento pleno da construção, de modo a evitar acidentes, ou seja, reprimir possíveis patologias que comprometam a integridade estrutural da construção, de maneira a evitar ruptura e extravasamento incontrolável do conteúdo do barramento afetando toda a área adjacente.

No Brasil, o segmento maior que rege as questões sobre segurança das barragens diz respeito à Política Nacional de Segurança das Barragens (PNSB), instituída pela lei nº 12.334/2010 e alterada, mais tarde, pela lei nº 14.066/2020, cujo qual, previsto no Art. 3, capítulo da lei nº 12.334/2010 é de objetivo essencial da PNSB:

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a fomentar a prevenção e a reduzir a possibilidade de acidente ou desastre e suas consequências; II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros de barragens; III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens; IV - criar condições para que se amplie o

universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança; V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos; VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público; VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos. VIII - definir procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta de empreendedores, fiscalizadores e órgãos de proteção e defesa civil em caso de incidente, acidente ou desastre. (Brasil, Art. 3, lei nº 12.334/2010).t

As barragens resguardadas pela Lei 12.334/2010 são aquelas que disponham de altura maior ou igual a 15m (quinze metros) do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, que possuam capacidade de volume igual ou maior a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos), reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis pela análise técnica, que classifiquem-se com o Dano Potencial Associado (DPA) como “médio” ou “alto” ou que sejam identificadas como categoria de risco alto, a cargo da avaliação do órgão fiscalizador competente.

Portanto, em primeiro plano, faz-se fundamental entender os agentes dentro do processo de garantia do funcionamento pleno de barragens, de acordo com a ANA, a visualizá-los pela Figura 01:

Figura 01 – Agentes responsáveis pelo processo de Segurança de Barragens



Fonte: ANA, 2020.

Em primeira instância, entende-se como empreendedores, em concordância com a lei nº 14.066/2020, o responsável que:

(...) detenha outorga, licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize, se não houver quem os explore oficialmente; (Brasil, Art. 1º, parágrafo único, inciso IV, Lei nº 14.066, de 2020)

Dessa forma, é compreensível definir os empreendedores como os representantes legais de suas respectivas barragens incumbido-os o dever de assegurar as devidas implementações de políticas sobre a segurança de barragens, haja vista que, de igual modo, assumem a responsabilidade social, ambiental e econômica em caso de incidentes ou de acidentes e de suas ramificações.

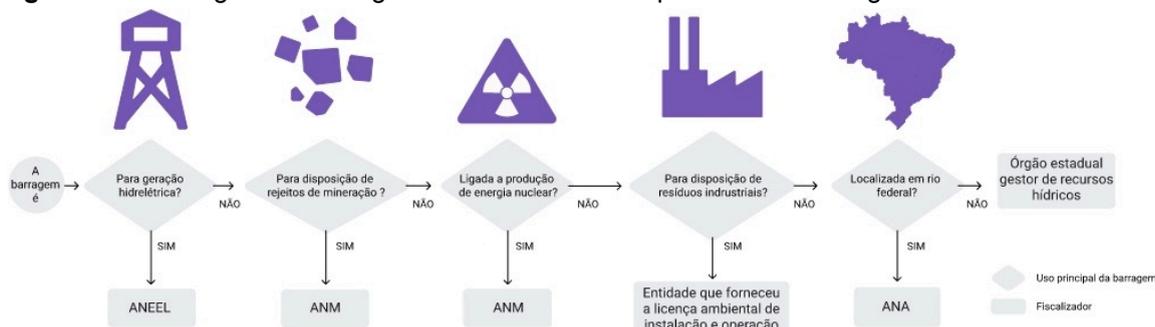
Por outro lado, a sociedade civil assume papel de fiscalização e denúncia diante da visualização de negligência por quaisquer partes do processo do plano de segurança de barragens em caso de displicência aparente. Além disso, tanto as empresas privadas quanto as públicas, sendo fiscalizadores ou empreendedores, detêm o dever social de disponibilizar valor informacional acerca das construções próximas para a comunidade, por meio de relatórios periódicos nacionais de segurança e semelhantes de acesso facilitado ao grande público, por meios digitais.

Como apresentado na lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com respaldos na lei nº 12.334, Capítulo 2, Art. 35, inciso XI, é responsabilidade do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) “zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens” (PNSB, 2020), além de regir métricas para a implementação da PNSB em consenso ao SNISB. Por fim, incumbe-se a grande responsabilidade ao CNRH, ainda em conformidade com a lei nº 9.433, de avaliar, sugerir mudanças para melhoria do trabalho, de modo a encaminhá-lo ao Congresso Nacional posteriormente.

Influenciando as ações conjuntas entre empreendedores, fiscalizadores e órgãos de proteção, é de função constitucional da Defesa Civil, em caso de acidentes ou desastres, definir procedimentos e protocolos de emergência, a fim de mitigar as intercorrências associadas

Os fiscalizadores, então, em comum com a lei nº 12.334/2010, Capítulo 1, Art. 2, inciso V, são compreendidos como “autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem”. No território nacional, essa função é realizada por diversos órgãos, como demonstrado no fluxograma da Figura 02:

Figura 02 – Fluxograma dos órgãos fiscalizadores competentes de barragens brasileiras



Fonte: SNISB, 2024.

A ANA é encarregada de fiscalizar as barragens localizadas em rios federais, portanto que não estejam relacionadas à geração de energia elétrica ou nuclear, à rejeitos minerais ou industriais preponderantes. Ademais, as barragens localizadas em rios municipais ou estaduais, que não se encaixem nos parâmetros anteriormente expostos, devem passar pela fiscalização dos devidos órgãos estaduais de recurso hídrico, que na Bahia, por exemplo, trata-se do Instituto Do Meio Ambiente E Recursos Hídricos (INEMA). No Quadro 01, é possível visualizar a relação dos demais órgãos fiscalizadores estaduais, mas também aquelas relacionadas à geração de energia elétrica, à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), à geração energia nuclear e à rejeitos minerais, à Agência Nacional de Mineração (ANM), além daquelas localizadas em rios federais, à ANA, totalizando, dessa forma, 33 órgãos fiscalizadores nacionais.

Quadro 01 – Relação com todos os órgãos fiscalizadores de barragens nacionais

ANA	FEMARH/RR	SEMA/MT
INEMA/BA	APAC/PE	IMASUL/MS
ADASA/DF	FEAM/MG	INEA/RJ
AGERH/ES	SEMAD/GO	SRH/CE
SPAGUAS	IGARN/RN	SEMA/RS
ANM	SEMARH/AL	SEMAS/PA
IPAAM/AM	SEDAM/RO	AESA/PB
CETESB/SP	SEMA/MA	ANEEL
IMAC/AC	NATURATINS	SEMAR/PI
SDE/SC	IGAM/MG	SEMA/AP
IAT/PR	FEPAM	SEMAC

Fonte: SNISB, 2024.

Nesse sentido, em conformidade com a lei n° 12334, alterada pela lei n° 14066/2020, o PNSB conta com alguns instrumentos próprios para garantir a funcionalidade do seu objetivo, sendo eles:

- Plano de Segurança da Barragem (PSB), incluído o Plano de Ações de Emergência (PAE):
 - O PSB pode ser compreendido como um documento que agrega o conjunto informacional que auxilia na gestão da segurança da barragem, definido por critérios do órgão fiscalizador relativo àquela barragem e produzido pelo empreendedor responsável.
 - O PAE, por sua vez, entende-se como o documento resultado da análise do estudo de emergência sobre o determinado empreendimento, de maneira a estabelecer o fluxo de ações a serem realizadas em primeira instância pelo empreendedor e os órgãos de contato imediato em situações emergenciais (SNISB, ca. 2013).
 - Além disso, o PSB exige que haja o relatório das Inspeções Regulares (ISR) e Especiais (ISE), que devem ser executadas pelo empreendedor, pelas métricas e periodicidade do órgão fiscalizador levando-se em consideração a categoria de risco e o dano potencial associado à barragem (Brasil, lei n° 12.334/2010).
 - Por fim, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) também é incluída no PSB. Segundo o Art. 10 da lei n° 12.334/2010, a RPSB é de responsabilidade do empreendedor e deve ser feita com o objetivo de atualizar os dados que por qualquer motivo possam ter sofrido alterações, a exemplo de dados hidrológicos e das condições de montante e jusante sendo realizada a depender da avaliação adotada pelo órgão de fiscalização. Ainda sobre o Art. 10, parágrafos 1° e 2° da mesma lei n° Federal citada, os materiais que devem, por obrigatoriedade, constar no material são:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção; II - o exame dos procedimentos de manutenção e

operação adotados pelo empreendedor; III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente. (Brasil, Art. 3, parágrafo 2º, lei nº 12.334/2010).

Dessa maneira, o objetivo fundamental da RPSB, a manutenção para a garantia da segurança da barragem, poderá ser alcançado.

- Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima):
 - Instrumento criado, dada a Política de Informação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), para integrar a base de dados e informações pertinentes a assuntos que estejam relacionados às situações ambientais (Ministério do Meio Ambiente, ca. 2010)
- Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental:
 - É a obrigatoriedade de registro às pessoas físicas ou às jurídicas que exerçam a função de consultores técnicos diante de negócios, instrumentação e quaisquer planos de atividade que indiquem potencial de poluição ecológica (IBAMA, 2024).
- Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais:
 - É a obrigatoriedade de registro às pessoas físicas ou às jurídicas que realizem quaisquer atividades passíveis de controle ambiental (IBAMA, 2023).
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH);
 - Sistema do Governo Federal que visa unificar dados sobre águas no Brasil, de modo a disponibilizar publicamente à população.
- Monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência;
- Guias de boas práticas em segurança de barragens;
- Relatório de Segurança de Barragens:
 - Documento de publicação anual pela ANA (SNISB, ca. 2013), sendo importante ferramenta para atingir o objetivo de conscientização social, explícito na lei nº 12.334/2010, Art. 15,

acessibilizando e centralizando o fluxo informacional sobre barragens, cultivando uma cultura acerca do tema, gerando a sensibilização do Congresso Nacional e registrando o progresso da implementação da PNSB.

- Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB):
 - Sistema de consulta aberto à população por meios digitais para consultar dados sobre as barragens do Brasil;

Outrossim, como citado anteriormente, pela administração da ANA e instaurado pela lei nº 12.334/2010, o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), além de ser um sistema de consulta aberto e direcionado à população geral, à empreendedores e aos fiscalizadores responsáveis, por intermédio dos meios digitais, o site busca democratizar o acesso informacional sobre a segurança de barragens no Brasil. A ferramenta facilita a aproximação dos cidadãos do seu direito de comunicar quaisquer denúncias de irregularidades ou acidentes ambientais que envolvam barragens. O site ainda funciona com serviços de consulta aos dados de relevância gerais mais recentes disponíveis, como também aqueles de uma barragem específica, por meio de mapas e gráficos interativos com o usuário, encontrados na página inicial, e ainda conta com relatórios anuais intitulados “Relatório de Segurança de Barragens”, como indicado na Figura 03.

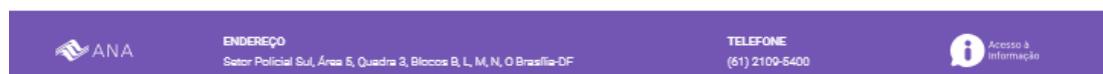
Figura 03 – Interface inicial da página eletrônica do SNISB



Fonte: SNISB, 2024.

Ainda na página inicial do site, como demonstrado na Figura 04, existem áreas distintas especificadas aos cidadãos, aos empreendedores e aos fiscalizadores de barragem, facilitando a obtenção informacional relevante aos respectivos públicos alvos, além de direcionar ferramentas de consulta de barragens, documentos e capacitações, conferência dos fiscalizadores de barragens e o canal de contato com ouvidoria responsável.

Figura 04 – Ferramentas de navegação da página eletrônica do SNISB



Fonte: SNISB, 2024.

Nesse contexto, dentro da plataforma, é possível encontrar as determinações sobre essas construções massivas, outorgadas através do Art. 7º da lei nº 12.334/2010, que busca classificar as barragens quanto à Categoria de Risco (CRI), ao Dano Potencial Associado (DPA) e ao volume, levando em consideração os critérios gerais determinados na Resolução 143/2012 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Sob esse viés, podendo ser determinada como “alto”, “médio” ou “baixo”, além de definida como “Não Classificado” e “Não se Aplica” na consulta de barragens da SNISB, a CRI é classificada com base nas condições próprias da barragem, sendo elas, enquanto características técnicas:

a) altura do barramento; b) comprimento do coroamento da barragem; c) tipo de barragem quanto ao material de construção; d) tipo de fundação da barragem; e) idade da barragem; f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro (Brasil, Seção I, Art 4, inciso I, Resolução 143/2012).

Por outra vertente, é levada em consideração também o estado de conservação da barragem, avaliando-se os seguintes componentes estruturais e técnicos:

a) confiabilidade das estruturas extravasoras; b) confiabilidade das estruturas de captação; c) eclusa; d) percolação; e) deformações e recalques; f) deterioração dos taludes (Brasil, Seção I, Art 4, inciso II, Resolução 143/2012).

Para determinar a Categoria de Risco é também avaliado o nível informacional do que se tem respeito sobre o Plano de Segurança da Barragem, na qual são observados:

a) existência de documentação de projeto; b) estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem; c) procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento; d) regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; e) relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (Brasil, Seção I, Art 4, inciso III, Resolução 143/2012).

Ainda de acordo com a Resolução 143/2012 emitida pelo CNRH, o órgão fiscalizador responsável poderá adotar outros critérios complementares que sejam justificados de forma técnica, bem como é dever do tal reavaliar novamente, caso julgue preciso, a CRI, numa janela de até cinco anos.

Outro fator de relevância que aborda-se na Resolução em questão é o DPA, de modo a se levar em consideração os seguintes critérios para que haja a determinação do indicador:

I- existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas; II- existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários; III- existência de infraestrutura ou serviços; IV- existência de equipamentos de serviços públicos essenciais; V- existência de áreas

protegidas definidas em legislação; VI- natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados; VII- volume. (Brasil, Seção II, Art 5, Resolução 143/2012).

De igual modo ao indicador anterior, o órgão responsável poderá dispor de critérios complementares os quais julgar pertinentes, devendo reavaliar o item em no máximo cinco anos, caso note a necessidade. A classificação do Dano Potencial Associado deve ser disposta diante do uso e ocupação do solo vigente na definição do item, sendo aquele dano referente ao possível rompimento parcial ou total, levando-se em consideração o impacto de perdas de vidas, ambientais e econômicos. Vale frisar que na falta informacional de algum dos itens dispostos, levará ao órgão fiscalizador técnico responsável a adotar o valor máximo para o critério de avaliação em questão. Por fim, convém pautar também que o DPA deve ser definido como “baixo”, “médio” ou “alto”, tendo também a definição de como “Não Classificado” na consulta de barragens do SNISB levando-se em relevância o potencial de danos e perdas em termos econômicos, sociais, ambientais e de vidas humanas (Brasil, 2020). Ademais, faz-se importante a avaliação diante do volume, ramificando-se sobre disposição de rejeito mineral e/ou resíduo industrial, e também, a respeito do volume do reservatório.

A resolução 143 do CNRH do ano de 2012, dispõe as classificações nas seguintes prerrogativas para a classificação quanto à disposição de rejeitos e resíduos:

I - muito pequeno: reservatório com volume total inferior ou igual a 500 mil metros cúbicos; II - pequena: reservatório com volume total superior a 500 mil metros cúbicos e inferior ou igual a 5 milhões de metros cúbicos; III - média: reservatório com volume total superior a 5 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual ou inferior a 25 milhões de metros cúbicos; IV - grande: reservatório com volume total superior a 25 milhões e inferior ou igual a 50 milhões de metros cúbicos. V - muito grande: reservatório com volume total superior a 50 milhões de metros cúbicos. (Brasil, Seção III, Art 6, Resolução 143/2012)

Ademais, a volumetria hídrica do reservatório, sob a mesma resolução, é classificada como:

I - pequena: reservatório com volume inferior a 5 milhões de metros cúbicos; II- média: reservatório com volume igual ou superior a 5 milhões de metros cúbicos e igual ou inferior a 75 milhões de metros cúbicos; III - grande: reservatório com volume superior a 75 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual a 200 milhões de metros cúbicos.IV - muito grande: reservatório

com volume superior a 200 milhões de metros cúbicos (Brasil, Seção III, Art 7, Resolução 143/2012).

Outrossim, nos devidos Relatórios de Inspeções Regulares (ISR), uma das características que deve constar no processo de segurança de barragens é o Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB), que diz respeito sobre a determinação numa escala condizente ao comprometimento da segurança da barragem após a análise técnica do conjunto de fatores relacionados aos efeitos conjugados de anomalias, seguindo a gradação da Quadro 02:

Quadro 02 – Classificação do NPGB dados feitos conjugados de anomalias em barragens

Normal	Quando o efeito conjugado das anomalias não compromete a segurança da barragem.
Atenção	Quando o efeito conjugado das anomalias não compromete de imediato a segurança da barragem, mas caso venha a progredir, pode comprometê-la , devendo ser controlada, monitorada ou reparada.
Alerta	Quando o efeito conjugado das anomalias compromete a segurança da barragem , devendo ser tomadas providências imediatas para eliminá-las.
Emergência	Quando o efeito conjugado das anomalias representa alta probabilidade de ruptura da barragem .

Fonte: PNSB (ANA), 2020, adaptado.

Simultaneamente, na consulta de barragens do SNISB, é também avaliado o Indicador da Completude da Informação (ICI), relativo ao valor informacional registrado em inventário, ou seja o quão completos estão aqueles dados apresentados, podendo assumir a característica de “mínima”, “baixa”, “média”, “boa” ou “ótima”.

No site do SNISB, ao consultar uma barragem específica, para entender os indicadores mais recentes da tal, é possível ter contato com explicações dos índices explicados anteriormente e de seus respectivos simbolismos como demonstrado pela Figura 05:

Figura 05 – Indicadores disponíveis na página eletrônica do SNISB

 NPGB - NÍVEL DE PERIGO GLOBAL DA BARRAGEM Gradação dada à barragem em função do comprometimento de sua segurança decorrente do efeito conjugado de anomalias constatadas em sua estrutura ou funcionamento. Nem todos os fiscalizadores necessariamente adotam este critério.	 ICI – INDICADOR DA COMPLETEZUE DA INFORMAÇÃO Indicador usado para avaliar o quão completos estão os dados das barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB.
 CRI - CATEGORIA DE RISCO Classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre. Refere-se primordialmente a fatores relacionados ao projeto, construção e manutenção das barragens.	 DPA - DANO POTENCIAL ASSOCIADO Dano que pode ocorrer na área a jusante da barragem, no caso de seu rompimento parcial ou total, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais.

Fonte: SNISB, 2024.

Em resumo, é possível estabelecer as responsabilidades dos principais órgãos públicos protagonistas do PNSB como demonstrado no Quadro 03:

Quadro 03 – Responsabilidades dos principais órgãos públicos de barragens atuantes na PNSB

RESPONSABILIDADES DOS ÓRGÃO FISCALIZADORES	RESPONSABILIDADES ADICIONAIS DA ANA	RESPONSABILIDADES DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH)
Outorgar	Gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragens (SNISB)	Zelar pela implementação da PNSB
Cadastrar	Promover a articulação entre fiscalizadores	Estabelecer diretrizes para implementação da PNSB (Resoluções n. 143 e 144)
Classificar	Elaborar o Relatório de Segurança de Barragens (RSB) e encaminhar ao CNRH	Apreciar o Relatório de Segurança de Barragens e encaminhar ao Congresso Nacional
Regulamentar	Recepcionar junto com a Defesa Civil denúncias de barragens	–
Fiscalizar	–	–
* A ANA não tem hierarquia sobre os demais fiscalizadores.		

Fonte: ANA, 2020, adaptado.

Em conclusão, fica demonstrado o comprometimento e relevância do PNSB, juntamente aos órgãos públicos do processo, tais como a ANA e o CNRH, além dos empreendedores, da população e dos demais profissionais que atuam em prol de assegurar a integridade dessas estruturas, com o fim de gerir as barragens com responsabilidade econômica, social e ambiental.

2.2. DRONES: CLASSIFICAÇÕES E PRODUTOS DECORRENTES

Idealizados na década de 70, e inicialmente denominados como Veículo aéreo não tripulado (VANTs), derivado do vocábulo *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), tornou-se obsoleto dentro na comunidade internacional de aeronáutica, de forma a dar-se preferência a outros termos, como Aeronave Remotamente Pilotada, conhecidas comumente pela sigla Remotely Piloted Aircraft (RPA) que foram criadas com a intenção de uso em guerra (Silva, 2018). Sua aplicabilidade foi ressignificada com o passar das décadas, e, no cenário hodierno mundial, o acentuado uso de drones nas mais diversas áreas é notável, tendo em vista o aumento de 25% das solicitações de voos em 2023 (Marinho, 2024), agregando praticidade junto ao exponencial aperfeiçoamento tecnológico dos aparelhos, inclusive dentro do ramo de geoprocessamento no que diz respeito à apresentação e ao processamento dados georreferenciados, agregando valor informacional relevante.

Paralelamente, a situação demonstrada no ramo de construção civil brasileira atual entra em acordo com essa realidade, haja vista o proeminente emprego dessa tecnologia nos mais variados segmentos. De acordo com Nascimento e Denadai, acadêmicos do curso de Tecnologia em Agronegócios:

Os drones evoluíram ao longo das décadas até se tornarem um aparelho útil e, ao mesmo tempo, desafiador. Os drones foram recentemente regulamentados no Brasil, enquanto nos demais países já eram utilizados em situações de combate. É legítimo falar sobre os drones e os protocolos de segurança adequados para sua utilização, pois trata-se de um tema atual que traz muitas possibilidades de melhorias nas tecnologias, resultando em benefícios à sociedade (Nascimento, Denadai, 2021, p.53-54).

2.2.1. TIPOS DE DRONES E SUAS APLICAÇÕES

De acordo com a Instrução de Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40 (2023), desenvolvido pelo Ministério da Defesa, pela Portaria pertencente ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) N° 928/DNOR8, a nomenclatura “drones”, bastante difundida no popular, funciona como um termo genérico para todos os aparelhos voadores não tripulados, sejam eles de uso recreativo ou de uso profissional.

No mais, o documento DOC 100-19, *apud* ICA 100-40, com o objetivo de protocolar as métricas de uso, determina a classificação das Aeronaves Não Tripuladas, UA (*Unmanned Aircraft*), especificada pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) como uma nomenclatura abrangente de modo a suportar uma grande variedade de aeronaves, em dois tomos: Aquelas que são pilotadas a partir de uma estação de pilotagem remota, sendo elas *Remotely Piloted Aircraft* (RPA), e Aeromodelos, mas também aquelas que, ao iniciar o voo, são caracterizadas como autônomas, de modo a não concederem à interferência humana.

A denominação de RPA é assegurada quando as aeronaves possuem função corporativa e comercial (ANAC, 2015), por exemplo sendo utilizadas em aplicações que tange acompanhamentos de obras na construção civil, ou mapeamento de grandes áreas na engenharia cartográfica, exemplificado pela Figura 06, de outra perspectiva, o conceito de aeromodelo é determinado quanto ao direcionamento do uso exclusivo para fins de recreação ou competições (ANAC, 2022), sendo demonstrado pela Figura 07.

Figura 06 – Exemplo de RPA: DJI Mini 4 Pro



Fonte: DJI, ca. 2022.

Figura 07 – Exemplo de Aeromodelo: Treinador Piper



Fonte: Aerofly, sd.

Por outra vertente, é preciso entender os diferentes tipos de RPA, os de asa fixa e os multirrotores. A aparência dos asas fixas assemelha-se com a estrutura de um avião, como apresentado na Figura 08, de maneira a realizar voo com a conversão do movimento de avanço do aeroplano em reações aerodinâmicas. Essas aeronaves voam em altas velocidades e em superiores altitudes, possuindo uma maior autonomia de voo quando em comparação com multirrotores (Neto, S. P., 2017).

Figura 08 – Exemplar de Asa fixa: AT120



Fonte: Auster Tecnologia, 2017.

Para além disso, os multirrotores têm conquistado espaço no mercado pelo seu custo benefício ao analisar os preços competitivos de aquisição, inclusive para entusiastas do meio, além da sua versatilidade de atuação, cujos quais detêm a capacidade de operação com modos de voos estacionados ou mais lentos quando necessário (Neto, S. P., 2017). Com a aparência simplificada de braços com rotores e hélices nas pontas, os multirrotores são classificados pela quantidade de rotores que detêm em sua composição como tricópteros (3 rotores), quadricópteros (4 rotores), hexacópteros (6 rotores) e octocópteros (8 rotores). Na Figura 09 é possível entender visualmente a estrutura de multirrotores:

Figura 09 – Exemplar de Multirotor: Mavic 3 Pro



Fonte: Loja DJI, 2025.

Assim, a escolha do RPA ideal será dependente da circunstância específica da individualidade do projeto, como também do valor disponibilizado para aquisição do equipamento.

Ademais, de acordo com a ANAC (2017), os RPAs podem ser conceituados através de três classes, baseando-se no peso máximo de decolagem (peso de bateria ou combustível, e possível carga transportada), sendo elas:

- Classe 1: Possui peso máximo de decolagem maior que 150 kg
- Classe 2: Possui Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg
- Classe 3:
 - São com aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250g;
 - Aqueles RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg;
 - Dizem respeito sobre os RPA destinada para aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas, independentemente do peso máximo de decolagem da RPA, desde que operando Visual Line-Of-Sight (VLOS), ou seja quando o operador mantém contato visual direto com a aeronave em condições meteorológicas favoráveis, sem o suporte de quaisquer tipo de equipamento, como lentes ou câmeras, ou Extended Visual Line-Of-Sight (EVLOS), pode-se compreender como uma situação na qual perde-se o contato visual do piloto com a aeronave, em Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC), e na falta de equipamentos de auxílio, em que faz-se necessário o apoio de um profissional qualificado chamado observador de RPA, para assegurar a segurança do voo, evitando, por exemplo, colisões com obstáculos. ambas até 400 pés Acima do Nível do Solo (AGL).

Sob essa perspectiva, é necessário seguir certas diretrizes legislativas estabelecidas pela ANAC (2021) para que seja viabilizado o voo com os RPAs. Especificamente sobre as aeronaves de Classe 3 - RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg, que classifica a aeronave utilizada para produção de campo do aerolevante a ser discutido neste volume, as premissas são:

Ter no mínimo 18 anos de idade para pilotar ou para auxiliar a operação como observador. Possuir seguro com cobertura de danos a terceiros. Fazer uma avaliação de risco operacional (IS-ANAC nº E94-003). Operar apenas em áreas distantes de terceiros (no mínimo 30 metros horizontais). Essa restrição está dispensada caso haja anuência das pessoas próximas à operação ou exista uma barreira mecânica capaz de isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. Operar apenas um único sistema de RPA por vez. É possível trocar o piloto remoto em comando durante a operação. As operações só poderão ser iniciadas se houver autonomia suficiente da aeronave para realizar o voo e para pousar em segurança no local previsto, levando-se em conta as condições meteorológicas conhecidas. Cadastrar cada equipamento no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC disponível em: sistemas.anac.gov.br/sisant. Fixar a identificação (número obtido no processo de cadastramento) do equipamento em local visível na aeronave e com material não inflamável. Portar o comprovante do cadastro junto à ANAC, do seguro e da avaliação de risco e o manual de voo do equipamento. Não é permitido operar drones sob efeito de substâncias psicoativas e todos os operadores estão sujeitos às regras quanto ao uso de álcool e de drogas constantes do item 91.17 do RBAC - Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC 91). (Brasil, ANAC, 2021).

A Avaliação de Risco Operacional (ARO), em particular, deve ser realizada com atenção, de modo a identificar a severidade e probabilidade dos riscos observados segundo o Quadro 04:

Quadro 04 – Categorias de Avaliação de Risco Operacional nos voos com RPAs

			SEVERIDADE				
			Catastrófico	Crítico	Significativo	Pequeno	Insignificante
			A	B	C	D	E
PROBABILIDADE	Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
	Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
	Muito improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

LEGENDA:	
Risco extremo	Classificações 4A, 5A e 5B.
Alto risco	Classificações 3A, 4B e 5C
Risco moderado	Classificações 1A, 2A, 2B, 3B, 3C, 4C, 4D, 5D, 5E.
Baixo risco	Classificações 1B, 1C, 2C, 2D, 3D, 3E, 4E.
Risco muito baixo	Classificações 1D, 1E e 2E.

Fonte: ANAC, 2017, adaptado.

Desse modo, é necessário sempre seguir as recomendações da ANAC acerca do resultado da classificação situacional, seja cessar o voo, prosseguir livremente ou com concessões, para garantir a segurança de outrem com a responsabilidade devida.

2.2.2. CONCEITOS RELEVANTES PARA O AEROLEVANTAMENTO

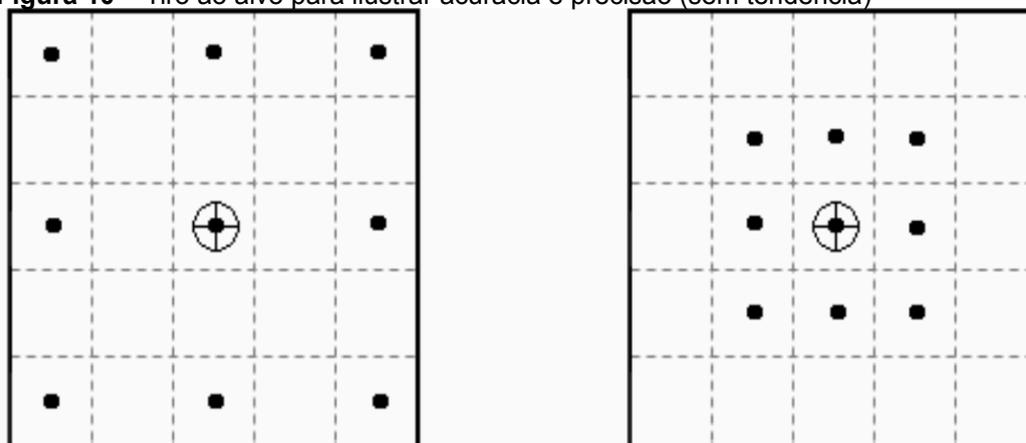
2.2.2.1. ACURÁCIA E PRECISÃO

Dois conceitos que se confundem na literatura e no dia a dia daqueles que precisam indicar a qualidade de um modelo de informações cartográficas são os de acurácia e precisão. De acordo com o artigo, pautado em uma revisão de literatura, de Mônico, J. F. G. *et al. apud* Mikhail e Ackermann (1976), na precisão levam-se em consideração somente efeitos aleatórios, e, por outro lado, a acurácia inclui não só os efeitos aleatórios, mas também os sistemáticos, ou seja, aqueles que demonstram certa consistência e previsibilidade, podendo ser ocasionados por alguma falha na metodologia adotada, por exemplo. Entretanto, a confusão entre os termos parte do pressuposto de situações nas quais não haja divergências sistemáticas, uma vez que a acurácia abrange igualmente os erros aleatórios.

Apesar disso, ao que se diz respeito ao rotina, não é comum buscar entender a tendência matemática dos fatos erro, o que ajudaria a entender o erro constante nas medições, utilizando da análise de probabilidade. Com isso, é evidente o fato de que a geodésia vêm aprimorando o método executado tanto na coleta, quanto no processamento de dados, com o fim de suprimir possíveis erros sistemáticos.

Para melhor ilustrar a relação entre os conceitos, é necessário observar as Figuras 10 e 11, que expressam um cenário de quatro atiradores (A, B, C e D), cujo os objetivos é de acertar o alvo centralizado na malha:

Figura 10 – Tiro ao alvo para ilustrar acurácia e precisão (sem tendência)



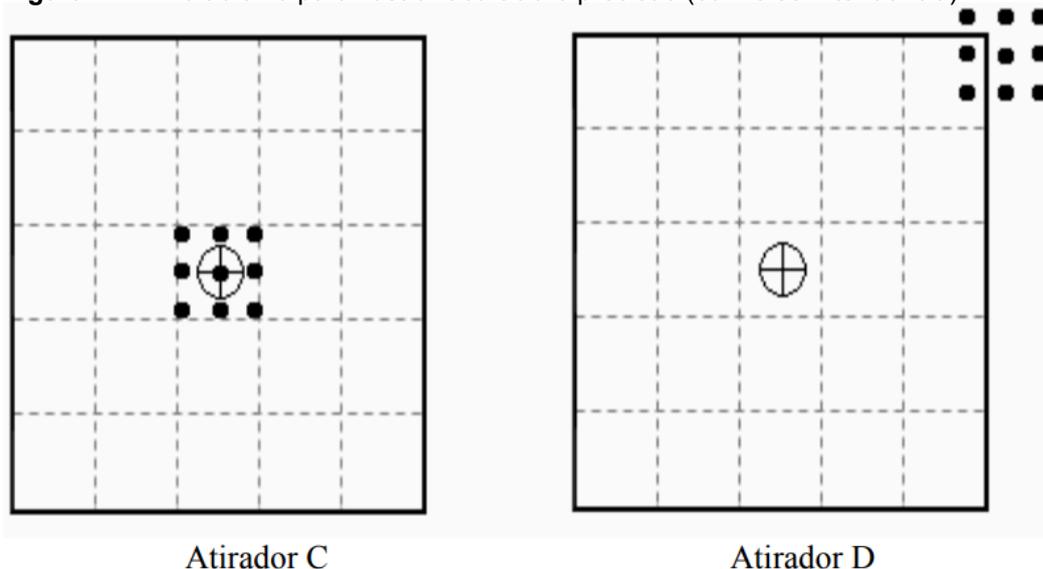
Atirador A

Atirador B

Fonte: Mônico, J. F. G. et al, 2009.

É perceptível que tanto o Atirador A, quanto o Atirador B possuem a média das tentativas coincidindo com o centro do alvo, caracterizando a tendência nula, todavia o Atirador B possui uma menor dispersão no quadro, ou seja, uma melhor precisão, concluindo-se a melhor precisão e acurácia do Atirador B em comparação com o atirador A, mesmo que ambos detenham uma tendência nula

Figura 11 – Tiro ao alvo para ilustrar acurácia e precisão (com e sem tendência)



Fonte: Mônico, J. F. G. et al, 2009.

Por outro plano, ao analisar o Atirador C e o Atirador D, fica compreensível afirmar que, apesar de terem mesma precisão, levando em consideração a dispersão dos disparos, a acurácia do Atirador C, devido às questões sistemáticas, é superior ao do Atirador D, dado que a acurácia desse atirador deturpa o objetivo primário de atingir o centro do alvo.

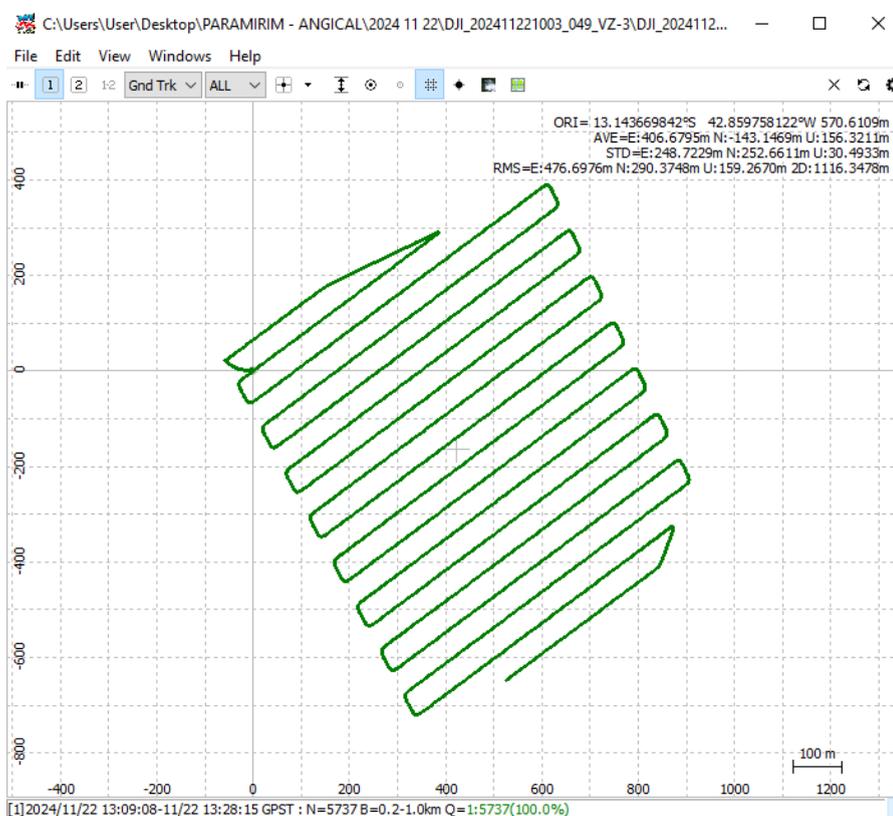
2.2.2.2. PLANO E REQUISIÇÃO DE VOO

Primeiramente, para garantir uma boa execução do objetivo de qualquer projeto, é necessário planejamento para encontrar o melhor meio para um determinado resultado. Dessa forma, para o aerolevante com RPA não seria diferente, com isso, é de suma importância realizar a etapa primária que se denomina Plano de Voo, realizada através de um software compatível com o equipamento a ser utilizado, como o DJI Pilot ou o que seja, possivelmente, ofertado pelo próprio controle remoto do RPA, caso haja essa opção, de forma a ser capaz de

ser feita a extração da trajetória de voo posteriormente, através do processamento de dados, como demonstrado na Figura 1:

2

Figura 12 – Exemplificação de trajetória de voo



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Além do mais, feito o plano de voo, é necessário realizar a requisição para efetuar o aerolevantamento pelo Sistema para solicitação de acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas (SARPAS), identificando os detalhes sobre o voo, a área, a data, o horário e o equipamento a ser utilizado para a efetivação do trabalho. Dada a abertura do processo, ela pode ser negado ou aceito a depender das especificações da solicitação.

Com isso posto, os motivos para uma solicitação ser negada podem envolver diversos fatores, entre eles: área militar, locais com helipontos próximos, ambientes próximos a aeroportos, dentre outros.

2.2.3. PROCEDIMENTOS, ETAPAS E PRODUTOS DECORRENTES DO AEROLEVANTAMENTO COM O USO DE DRONES

2.2.3.1. AEROFOTOGRAMETRIA COM RPA

A etimologia de “fotogrametria” advém das palavras gregas photon, graphos e metron que têm como significado respectivo: luz, escrita e medições, ou seja, tratam-se das medições conferidas pelas fotografias com as relações de luz. Em linhas gerais, é a ciência aliada à tecnologia, fornecendo um nível informacional confiável, por meio de imagens geradas por sensores, de modo que não há contato direto do objeto com o sensor, mas que ainda assim obtenha-se resultados de relevância ao se cruzar o bidimensional ao tridimensional. Como abordam Brito, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., 2009 *apud* UERJ:

(...) o objetivo principal da fotogrametria pode ser enunciado como a reconstrução de um espaço tridimensional, chamado de espaço-objeto, a partir de um conjunto não vazio de imagens bidimensionais, chamado de espaço-imagem. Trata-se, então, de uma transformação entre sistemas: um sistema bidimensional, chamado sistema fotográfico, e um sistema tridimensional, que representa o próprio espaço-objeto. Normalmente, utiliza-se um sistema bidimensional próprio de cada câmara, com origem aproximadamente no centro de seu quadro, e de coordenadas determinadas por calibração da câmara em laboratório, antes de sua utilização. O sistema tridimensional, no caso mais comum, representa o sistema de coordenadas do terreno sobre o qual as imagens são obtidas, terreno que pode estar sendo representado em coordenadas geodésicas (Brito, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., *apud* UERJ, 2009, p.16).

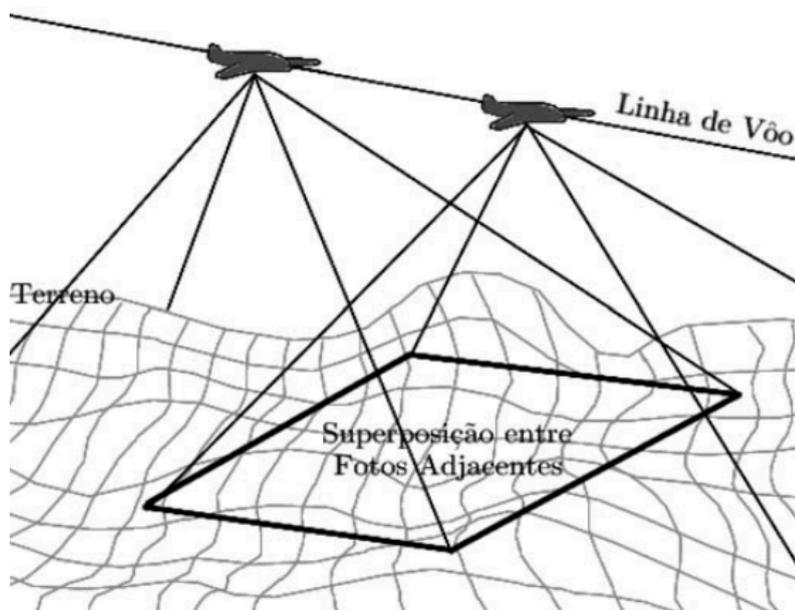
Devido a intensificação da implementação da técnica, houve a necessidade de nomear distintas classificações de uso para ela, dentre elas a fotogrametria aérea ou aerofotogrametria, utilizada paralelamente à geomática, ou seja, com a interdisciplinaridade de ciências como a topografia, a geodésia e o sensoriamento remoto (Brito, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., 2009).

Assim, a aerofotogrametria, por sua vez, pode ser entendida como uma ramificação que deriva da fotogrametria, de maneira a se realizar a coleta de fotos através de uma aeronave com uma câmera com boa precisão acoplada, a exemplo de um RPA.

Para ser realizada a aerofotogrametria, de modo que se faça coerente, é indispensável que haja o recolhimento das imagens de maneira que se tenha

sobreposição longitudinal e lateral entre elas, como demonstrado na Figura 13, levando em consideração o ponto altimétrico da aparelhagem que suporta a câmera responsável pelo processo (Brito, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., 2009, *apud* UFRJ):

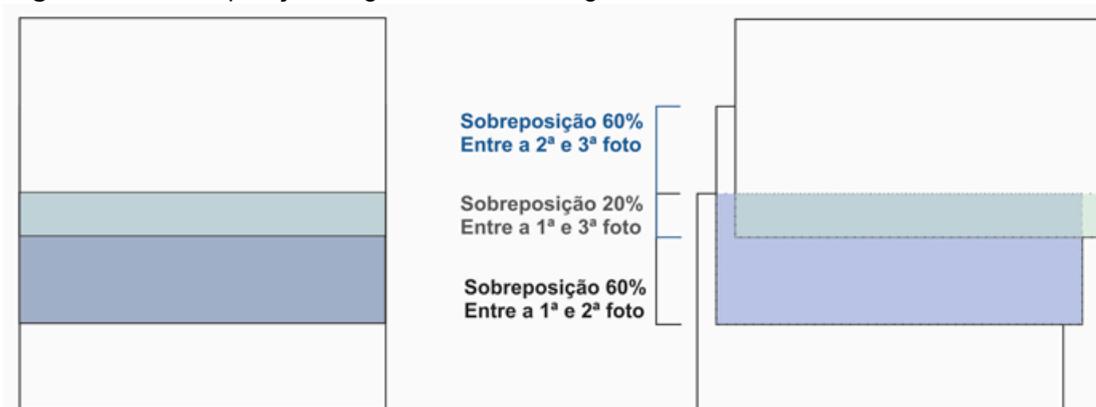
Figura 13 – Recolhimento de imagens aéreas com posicionamento de regiões comuns por adjacência



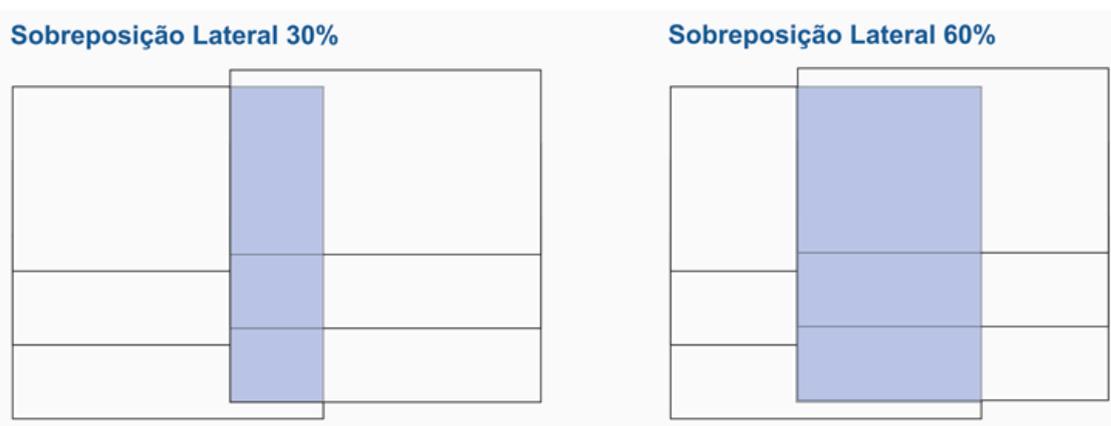
Fonte: Brito, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., 2009, *apud* UERJ

Assim, é necessário que essa sobreposição seja realizada com pelo menos 60% da área em comum entre fotografias quando longitudinalmente, e com 30% da área em comum quando lateralmente, como apresentado nas Figuras 14 e 15:

Figura 14 – Sobreposição longitudinal entre fotografias



Fonte: DroneEng Drones e Engenharia, 2019.

Figura 15 – Sobreposição lateral entre fotografias

Fonte: DroneEng Drones e Engenharia, 2019.

Portanto, o procedimento de sobreposição deve ser realizado devido a necessidade de garantir a qualidade dos produtos decorrentes dessa metodologia.

2.2.3.2. NUVEM DE PONTOS

O produto derivado do levantamento aerofotogramétrico, conhecido como nuvem de pontos é de suma importância para o desenvolvimento dos outros processos, uma vez que é reconhecido por ter robusta carga informacional, sendo formado por uma espécie de nuvem densa de pontos, como é possível notar na Figura 16. Cada ponto carrega um conjunto informacional originado do levantamento com base na coleta dos sensores alocados ao drone, de modo a proporcionar ao usuário valor de informações, como em questões sobre profundidade, elevação, geometria e localização dos pontos (Mappa, 2021).

Além do mais, a nuvem densa de pontos é a matéria prima para o desenvolvimento de outros projetos, como Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou ainda garantindo referências tridimensionais para quaisquer correções necessárias na ortorretificação do ortomosaico.

Figura 16 – Exemplificação de nuvem densa de pontos



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2025.

2.2.3.3 ORTOMOSAICO GEORREFERENCIADO

Em primeira instância, um dos produtos que pode-se gerar a partir do recolhimento de imagens aerofotogramétricas, é chamado “ortomosaico”, que trata-se de uma composição de várias fotos conjuntas que formam uma imagem única, como um mosaico, ou seja trata-se de uma representação fotográfica que possui uma abastada precisão cartográfica quando georreferenciada.

O georreferenciamento diz respeito sobre a coleta de imagens com precisão quanto à sua localização geográfica real, para isso é necessário que sejam feitas correções em cima das fotos recolhidas por drones. Para assegurar a qualidade desse processo é preciso estabelecer o que se denomina como pontos de apoio, ou *Ground Control Points* (GCP), que apesar de não serem fundamentais para todos os projetos de aerolevantamento, possuem demasiada relevância para aqueles que requerem uma precisão na casa dos centímetros ou que serão posteriormente utilizados em projetos que visualizem uma etapa executiva, como uma obra ou estudos que requeiram uma apuradíssima precisão, de modo a servir como referencial de checagem do apuramento de precisão e possível correção do *Post Processed Kinematic* (PPK) ou *Real Time Kinematic* (RTK), assegurando uma excelente acurácia posicional (Neto, M. S., 2023).

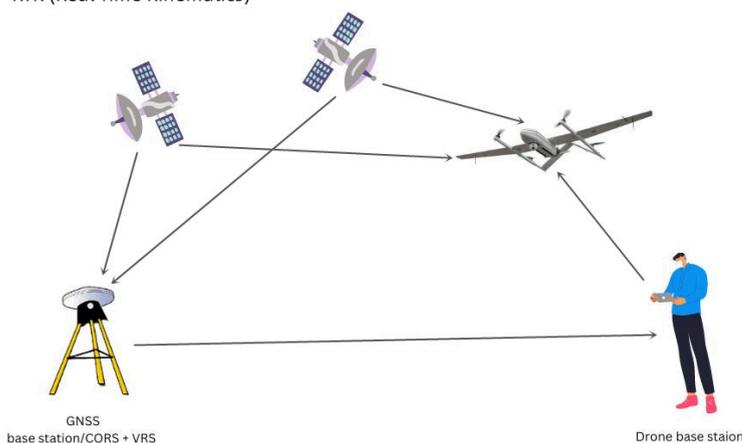
O RTK e o PPK são formas de correção do recolhimento informacional coletada por receptores *Global Navigation Satellite System* (GNSS), que diz respeito sobre os sistemas globais de navegação por satélite, que conferem as indicações geográficas dos pontos terrestres. Os sistemas de GNSS mais conhecidos mundialmente são:

- *Global Positioning System* (GPS): Operado pelos Estados Unidos, é o sistema mais conhecido e utilizado mundialmente;
- GLONASS: Sistema operado pela Rússia;
- Galileo: Sistema da União Europeia;
- BeiDou: Sistema operado pela China.

RPAs equipados com processamento RTK funcionam em paralelo a um GNSS RTK, enquanto há voo, o receptor GNSS executa ligação com satélites, de jeito a coletar os dados das fotos em sincronia, executando as correções necessárias, como demonstrado na Figura 17. Em condições favoráveis, nas quais não haja ruídos físicos entre o receptor e o satélite, a precisão gira em torno de até 1 cm + 2 ppm quando em direção horizontal, podendo dobrar ao analisar verticalmente (JOUAV, 2024).

Figura 17 – Exemplificação do funcionamento do RTK

RTK (Real Time Kinematics)

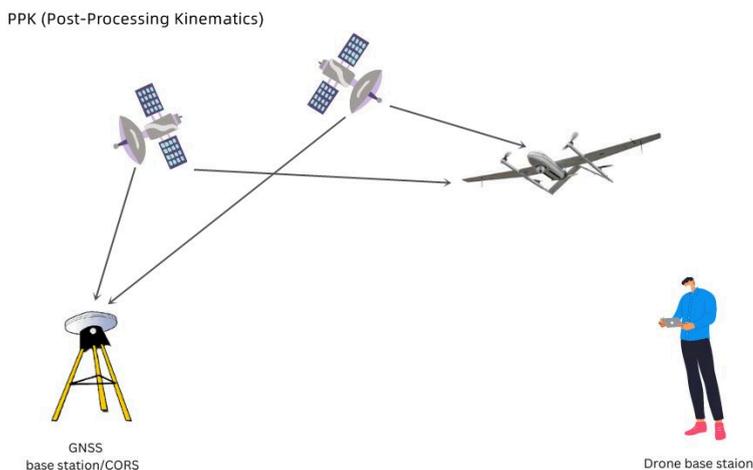


Fonte: JOUAV, 2024.

Por sua vez, o PPK condiciona a correção da posição após o final do voo. Assim, os dados brutos do GNSS e do *rover* móvel, nesse caso o RPA, são armazenados na estação base ou no controle de voo para posteriormente serem

processados com *software* apropriado (JOUAV, 2024), como o RTK Conv e o RTK Post, o processo descrito pode ser visualizado na Figura 18:

Figura 18 – Exemplificação do funcionamento do PPK



Fonte: JOUAV, 2024.

Para o método de checagem dos pontos de apoio integrados ao processamento dos dados PPK é importante avaliar o tempo ideal para a execução dessa etapa, isso porque a segurança da qualidade do resultado depende de algumas variáveis, sendo elas:

- A distância, chamada de linha de base, do equipamento que utilizado em campo das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) mais próximas, que atuam como pontos de coordenadas conhecidas relacionadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), com a atividade real e mapeamento das tais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, sd.).
- A classificação do equipamento GNSS:
 - L1 - Coleta apenas uma frequência de sinal.
 - L1/L2 - Coleta duas frequências de sinal, proporcionando mais precisão.
 - Estilo de efeméride pode ser compreendido como coordenadas dos satélites de posicionamento, ramificando-se a duas vertentes as "transmitidas", que são obtidas em tempo real durante a coleta de dados do campo e as "precisas", que, por sua vez, são fornecidas por órgãos competentes e promovem maior acurácia ao levantamento. (Neto, M. S., 2023).

Assim, para utilizar o PPK, é necessário posicionar a base junto ao receptor GNSS, próximo da área do aerolevante, sempre que possível em uma coordenada conhecida, mas caso não, a base deve ficar instalada por tempo o suficiente, a depender das dimensões da sua linha de base, para que seja possível determinar sua coordenada com precisão.

Com isso em vista, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) disponibilizou o Manual Técnico de Posicionamento, que referencia diferentes métodos e procedimentos para o posicionamento de GNSS, com uma descrição curta sobre cada um, sendo a utilizada para a feitura dos dados levantados para este trabalho o de Posicionamento Por Ponto Preciso (PPP).

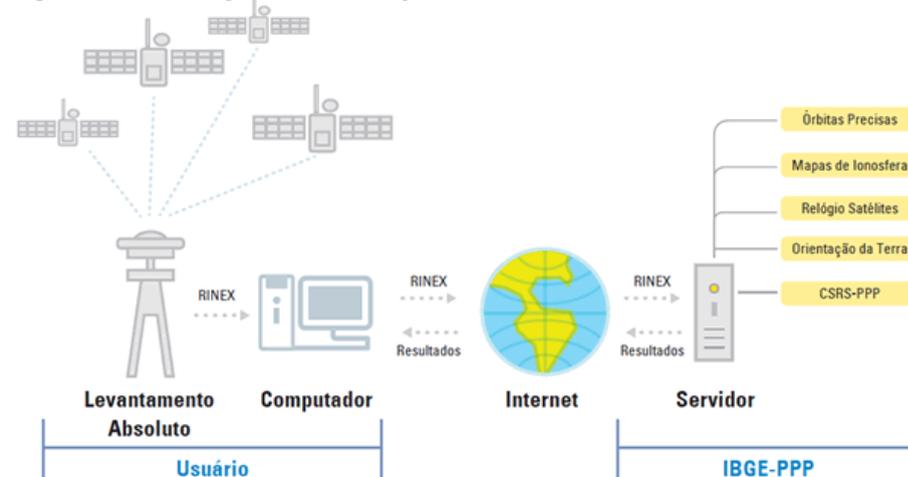
Quando não utilizadas coordenadas conhecidas da base no processo, um dos meios é utilizar do serviço online e gratuito disponibilizado pelo IBGE de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), que trata-se de um serviço online para pós-processamento de dados GNSS. Os resultados do PPP são fornecidos por meio de relatórios aceitos pelo INCRA para quaisquer questões técnicas que envolvam a certificação de imóveis rurais (IBGE, ca 2013). Ainda, segundo o Manual:

(..) as coordenadas do vértice de interesse são determinadas de forma absoluta, portanto, dispensa o uso de receptor instalado sobre um vértice de coordenadas conhecidas. (INCRA, pg. 13, 2013)

Logo, a utilização do método por PPP faz-se de suma relevância e autonomia para trabalhos em geral, uma vez que dispensa estruturas de coleta posicional no local, além de permitir alcançar valores de confiança mesmo em áreas muito remotas.

Como apresentado na Figura 19, o procedimento de entrada no PPP envolve os dados coletados em campo da etapa de PPK, anteriormente apresentado no presente capítulo, de maneira a serem locados na requisição do serviço online na extensão .RINEX, uma extensão universal para arquivos de GNSS, no qual, posteriormente garantirá ao usuário as informações relevantes para prosseguimento do processamento de coordenadas:

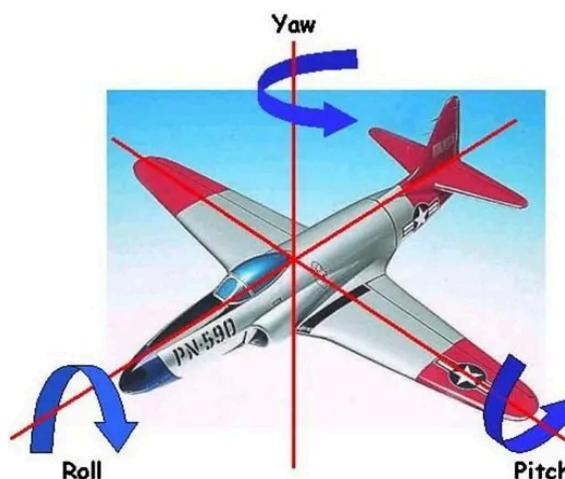
Figura 19 – Fluxograma do serviço de PPP



Fonte: IBGE, ca 2013.

Além disso, faz-se necessária a ortorretificação das imagens coletadas em prol da mitigação dos erros, diminuindo as distorções das fotos, de modo a proporcionar um resultado de ortomosaico mais acurado e agregando valor à peça cartográfica. Esse processo deve ocorrer devido aos erros de distorção internas, do sistema de localização e GNSS e às correções das RPAs de desvios durante a execução do aerolevante, seja pela necessidade de correção de rotas pelo movimentos da própria aeronave, *Pitch*, *Row* e *Yam* (Giovanini, A., sd), representados na Figura 20 ou por interferência do meio, como o vento, e ainda das distorções externas dos pontos de elevação nos seus locais devidos, ou seja da paisagem (Martin, L, sd).

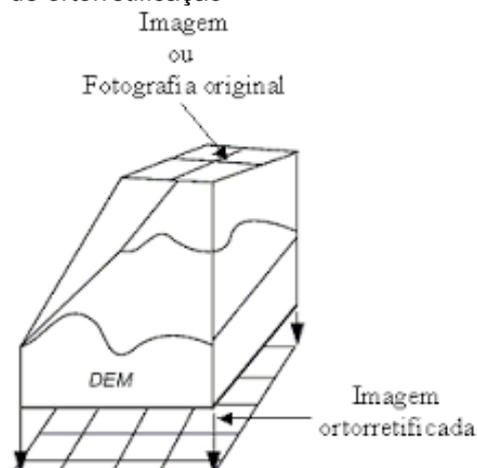
Figura 20 – Visualização de movimentos de RPA



Fonte: Adenilson Giovanini, 2025.

Basicamente, portanto, o objetivo da ortorretificação é reprojeter as fotografias do aerolevanteamento no plano ortogonal (Rodrigues, T. C. S., Kux, H. J. H, Albuquerque P. C. G. de, 2015), em software próprio, como o *Agisoft Metashape*, Assim como mostrado na Figura 21:

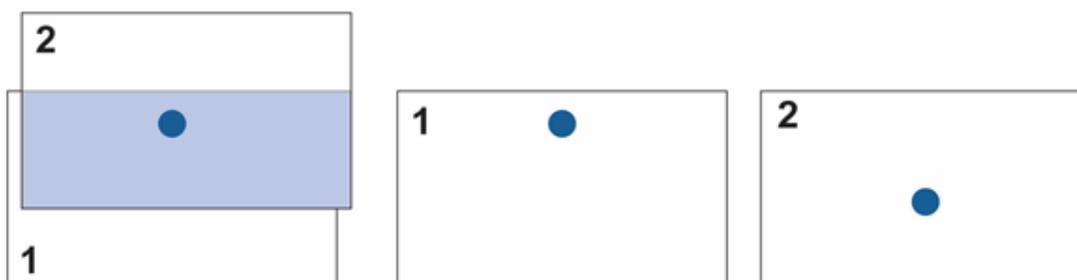
Figura 21 – Visualização do processo de ortorretificação



Fonte: EngeSat, sd.

Além disso, para que haja uma boa qualidade do ortomosaico, é imprescindível que na coleta inicial dos dados, com a sobreposição das fotos, seja feito o planejamento para que possam ser capturados os denominados “pontos homólogos” entre fotos, o que diz respeito ao recolhimento de um mesmo ponto de referência capturado de diferentes perspectivas. (Neto, M. S., 2019), como exemplificado na Figura 22:

Figura 22 – Demonstração de pontos homólogos em diferentes fotografias



Fonte: DroneEng Drones e Engenharia, 2019.

A importância dos pontos homólogos pode ser compreendida ao se fazer a conexão das fotos por meio do software dedicado, como o *Agisoft Metashape*, isso pois quando em presença de regiões bastante homogêneas, como grandes regiões de mata fechada ou de lâminas d'água (Drone Eng, 2019), o programa pode ter dificuldade em reconhecer tais pontos e acabar por criar espécies de buracos na ortofoto, como demonstrado na Figura 23, com a dificuldade de compreender as delimitações de um poste:

Figura 23 – Exemplificação de buraco em ortomosaico



Fonte: Drones Solution, 2025.

Para evitar esse problema, é necessário fazer um estudo prévio da área do levantamento, buscando entender as características físicas da região, com o intuito de mitigar prováveis problemas através de um bom planejamento de voo, adaptando-se às necessidades, de modo a realizar maior sobreposição entre as fotos, com maior ou menor altura de voo a depender do tamanho da área e do revés situacional.

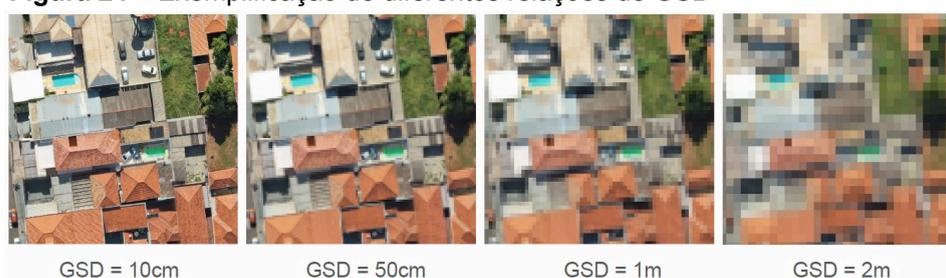
2.2.3.3.1. GROUND SAMPLE DISTANCE (GSD)

Um importante conceito para realizar um mapeamento aerofotogramétrico é compreender o que é *Ground Sample Distance* (GSD), que em português significa Distância de Amostragem do Solo. O GSD é um conceito ligado diretamente ao nível de detalhamento do aerolevanteamento, e, então, define as métricas da qualidade dos produtos finais da técnica, com isso posto, deve ser especificado na fase de planejamento de voo.

O GSD está amplamente relacionado com os *pixels* da imagem e à uma representação de medida, geralmente centímetro (cm), e assume o sistema de medida *pixel/cm*. Além disso, é dependente da altura do voo e da distância focal, no que diz respeito ao tamanho da lente utilizada. Por exemplo, quando um projeto possui uma especificação de GSD de 10cm/*pixel*, significa dizer que ao analisar um *pixel* em *zoom* estará representado uma área real de 10cm por 10cm, logo quanto menor for o GSD, maior será a resolução entregue. Assim, é certo dizer que quanto mais alto o voo para um mesmo equipamento, maior será o GSD, ou seja, menor a resolução, e ainda, quanto maior a resolução da câmera e a capacidade de distância focal, menor será o GSD, então o tamanho do GSD é inversamente proporcional ao nível de detalhe (Neto, M. N., 2016).

Isso porque voos em maiores alturas recobrem uma maior área de atuação, em compensação há perda significativa de nitidez, elevando o GSD e com o risco de não capturar o alvo do levantamento com o nível de detalhe requerido. Por outro lado, caso o operador de RPA opte por um GSD muito pequeno será gasto demasiado tempo com voo e troca de baterias do drone, o que rompe o fluxo de trabalho do campo em questão de logística. Na Figura 24, a diferença de definição visual entre diferentes GSDs fica evidente:

Figura 24 – Exemplificação de diferentes relações de GSD



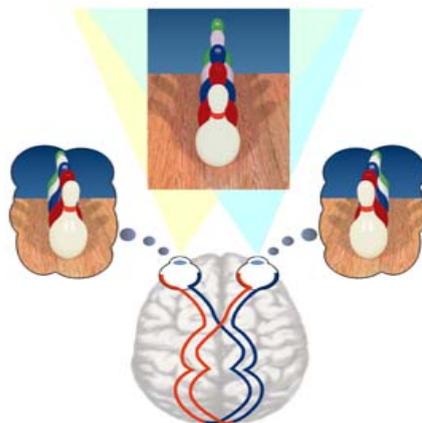
Fonte: DroneEng Drones e Engenharia, 2023.

O GSD de 10cm/pixel mostra-se muito mais nítido em comparação ao de 200cm/pixel. Entretanto, de maneira prática, a definição do GSD deve ser proposta a partir das especificidades do projeto a ser entregue e das condições de trabalho propostas.

2.2.3.4. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

O Modelo Digital de Elevação, derivado da nuvem de pontos, pode ser considerado um termo genérico para modelos de representação tridimensional da superfície terrestre. Para compreender o funcionamento dessa modelagem é preciso entender inicialmente o conceito de estereoscopia, como sendo um processo de fotografia e projeção de imagens obtidas de pontos distintos do mesmo objeto, assemelhando-se a visão humana, como demonstrado pela Figura 25. O cruzamento das imagens traz um resultado de percepção sobre a profundidade do objeto, distância e tamanho (UDESC, ca. 2010)

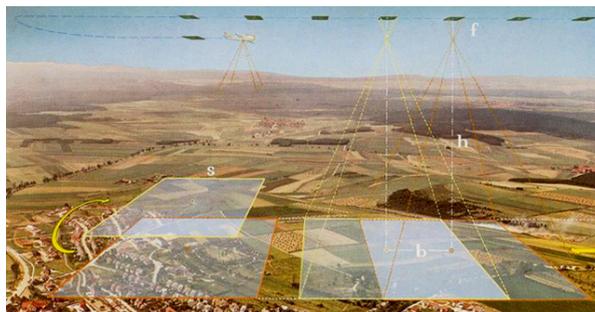
Figura 25 – Exemplo do processo de estereoscopia através da visão humana



Fonte: Leituras de Física, ca. 2015.

Essa representação, por sua vez, é obtida por pares estereoscópicos, dadas imagens aéreas, seja de imagens de satélite ou da sobreposição da aerofotogrametria com RPAs, como na Figura 26:

Figura 26 – Demonstração de pontos homólogos em diferentes fotografias

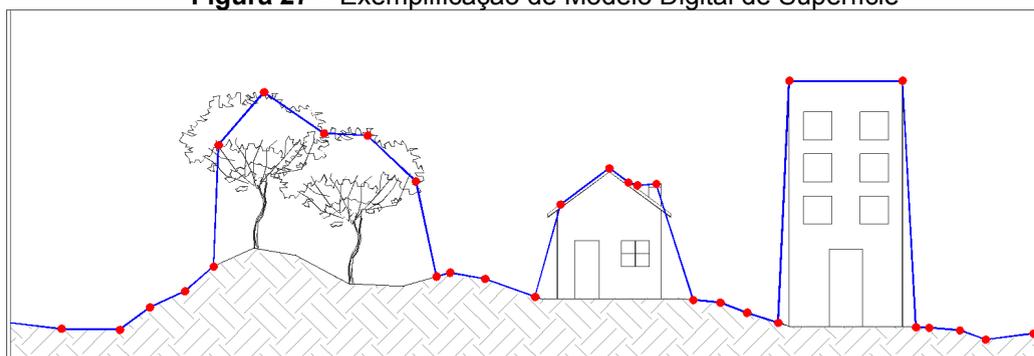


Fonte: DroneEng Drones e Engenharia, 2017.

2.2.3.4.1 MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (MDS)

O Modelo Digital de Superfície é um dos tipos de MDE, e por diversas vezes é confundido com o Modelo Digital de Terreno (MDT) pelo grande público. O MDS é um modelo 3D, sendo um dos produtos derivados do levantamento aerofotogramétrico. Esse modelo é conceituado por apresentar cotas não somente ao que é identificado como solo, mas também àquelas de elementos geográficos existentes, como cobertura de vegetação ou edificações, como demonstrado pelos pontos vermelhos que representam a altimetria dos objetos e terreno, como também a linha azul que indica o MDS, mostrado na Figura 27:

Figura 27 – Exemplificação de Modelo Digital de Superfície



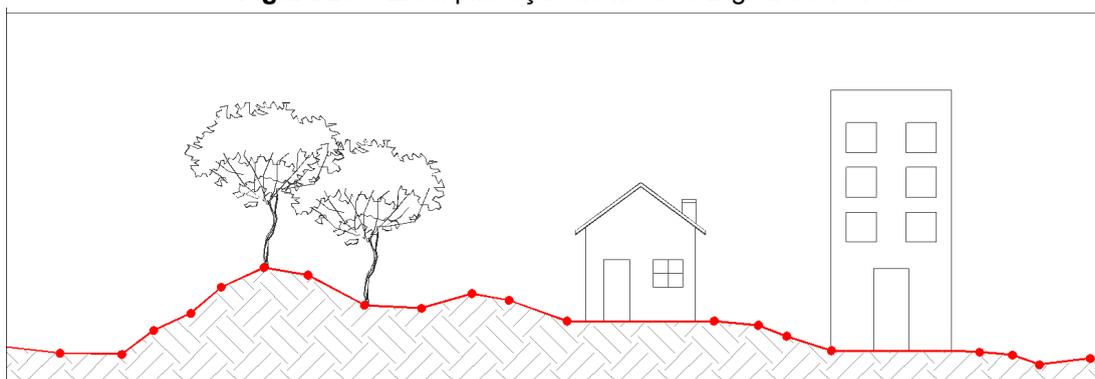
Fonte: Autora, 2024.

Nota: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

2.2.3.4.2 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

Outrossim, o Modelo Digital de Superfície (MDS) é uma outra ramificação do MDE. O MDT busca retratar as cotas referentes somente à altimetria terreno, excluindo as cotas de outros elementos geográficos existentes, como demonstrado pelos pontos vermelhos que representam a altimetria do terreno, assim como a linha vermelha que indica o MDT na Figura 28. Para isso, é necessário realizar por meio de programas específicos de software, como o *Global Mapper*, um processo chamado de filtragem. A filtragem pode ser feita de forma manual ou automática, por meio de séries e visa excluir os pontos de cota que não sejam denominados de *ground*, ou seja, do terreno. (Mappa, 2023).

Figura 28 – Exemplificação de Modelo Digital de Terreno



Fonte: Autora, 2024.

Nota: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

3. MATERIAIS E MÉTODO

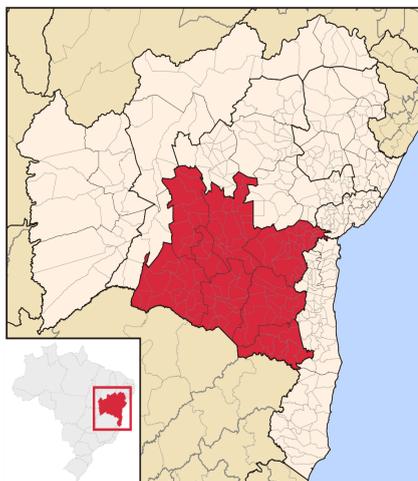
O presente trabalho de mapeamento aéreo a ser discutido nesta seção tem como objetivo relatar os parâmetros técnicos adotados e os resultados obtidos dos processos recolhidos em campo e em posterior processamento de dados no que tange a utilização do levantamento aéreo com RPA. Assim, propõe-se abordar os assuntos relacionados à implantação de marcos e georreferenciamento planimétrico com receptores GNSS RTK, nivelamento geométrico, determinação de coordenadas pelo sistema GPS Geodésico e cadastro de estruturas, registrados na área da barragem de Cotia, localizada no município de Boninal.

Assim, atende-se à lei nº 12.334, alterada pela lei nº 14.066, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens no que diz respeito a periodicidade estabelecida pela Revisão Periódica de Segurança de Barragem, cujo nível de detalhamento dos planos de segurança deve ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador (BRASIL, 12334).

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO

Localizada no Centro-Sul Baiano, como mostra a Figura 29, a barragem de Cotia encontra-se no município de Boninal, identificado na Figura 30, a cerca 533 km da capital do estado, Salvador.

Figura 29 – Mapa de localização da mesorregião do Centro-Sul Baiano



Fonte: Domínio Público.

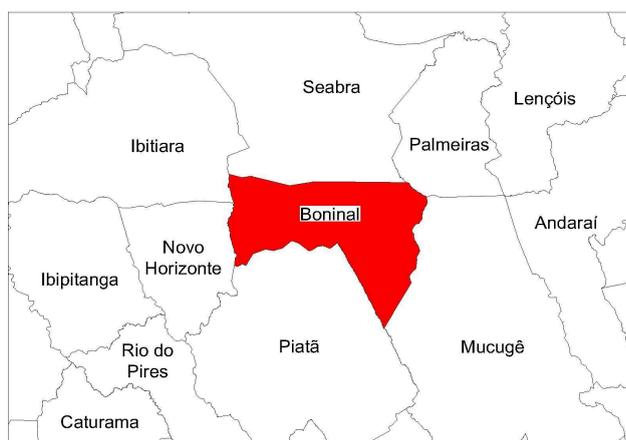
Figura 30 – Mapa de localização da cidade de Boninal no Estado da Bahia



Fonte: Domínio Público.

Como retratado pela Figura 31, Boninal, encontra-se adjacente aos municípios de Piatã, de Novo Horizonte, de Ibitiara, de Seabra, de Palmeiras e de Mucugê, de acordo com os dados da malha municipal disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), presentes no levantamento do ano de 2022.

Figura 31 – Mapa de divisas municipais com a cidade de Boninal

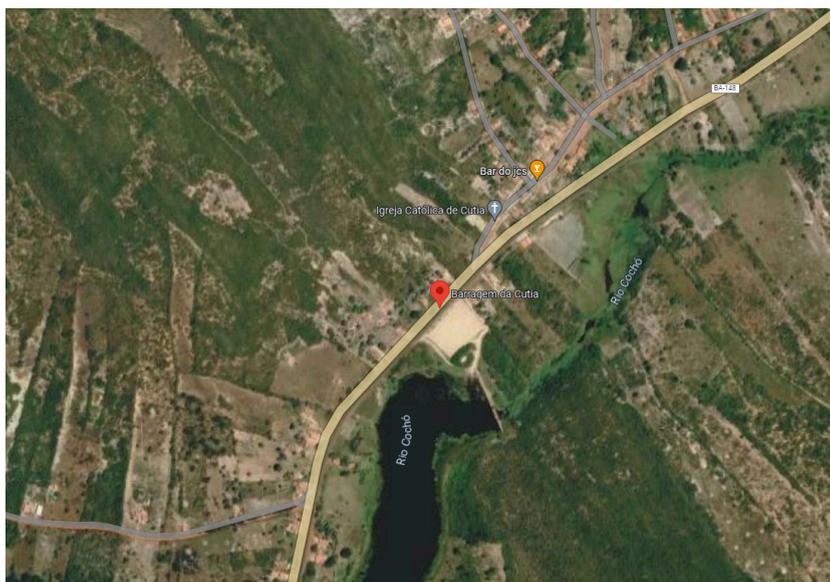


Fonte: Autora, 2024.

Nota: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

A barragem de Cotia, em Boninal, construída em 1982, possui como principal função o fornecimento de água potável à fauna próxima, bem como a manutenção da produtividade dos cultivos familiares e de subsistência da comunidade local. Sua localização altera o curso natural do Rio Cochó, de maneira a posicionar-se de forma a barrar o fluxo hídrico, demonstrado na Figura 32.

Figura 32 – Mapa de localização da Barragem de Cotia



Fonte: Google Earth Pro, 2023.

O reservatório da região, barrado pela estrutura, pode-se ser observado na Figura 33:

Figura 33 – Reservatório da Barragem de Cotia

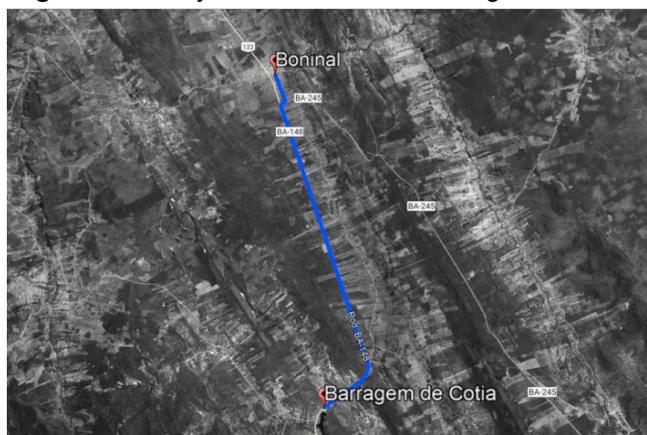


Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.1.1. ACESSO À BARRAGEM DE COTIA

- Acesso 1: O primeiro acesso até a Barragem de Cotia é dado pela partida do município de Boninal seguindo pela BA-148/BA-245, ao Norte da estrutura, após encontrar a Rodovia Boninal Piatã e direcionar-se à Rua Manoel Marcelino de Matos é necessário seguir pela BA148/BA245 por cerca de 12,8km até encontrar a barragem, como visualizado pela Figura 34:

Figura 34 – Trajeto de acesso 1 à barragem de Cotia



Fonte: Google Maps, 2023.

- Acesso 2: O segundo acesso até a Barragem de Cotia é dado pela partida do distrito de Cabrália, pertencente ao município de Piatã, ao Sul da estrutura, de maneira à seguir pela BA-148 e permanecer por cerca de 6 km, assim chegando na Barragem de Cotia, como demonstrado na Figura 35:

Figura 35 – Trajeto de acesso 2 à barragem de Cotia



Fonte: Google Maps, 2023.

3.1.2. IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM

Com os dados disponíveis no SNISB, em conjunto ao relatório da Drones Solution, pode-se construir o Quadro 05 com informações pertinentes sobre a Barragem de Cotia:

Quadro 05 – Dados de identificação da Barragem de Cotia

DEFINIÇÕES DE IDENTIFICAÇÃO		
BARRAGEM	Denominação Oficial	Barragem de Cotia
	Ano de Construção	1982
	Uso principal	Dessedentação animal e irrigação
	Empreendedor	Companhia De Engenharia Hídrica E De Saneamento Da Bahia (CERB)
	Órgão Fiscalizador	INEMA
	Tipo de domínio	Estadual
LOCALIZAÇÃO	Unidade de Federação	Bahia
	Município	Boninal
	Região Hidrográfica	Atlântico Leste
	Bacia Hidrográfica	CBH do Rio Paraguaçu
	Curso D'água Barrado	Rio Cochó
	Coordenadas geográficas (SIRGAS 2000)	Latitude 12°49'07.4529" S Longitude 41°48'36.2482" W

Fonte: SNISB, adaptado, 2025.

De outro modo, no SNISB é também possível ter acesso às classificações da barragem quanto à Categoria de Risco, ao Dano Potencial Associado (DPA), ao Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB), à completude informacional na plataforma, além do empreendedor responsável pela tal, como demonstrado no Quadro 06:

Quadro 06 – Dados PNSB da Barragem de Cotia

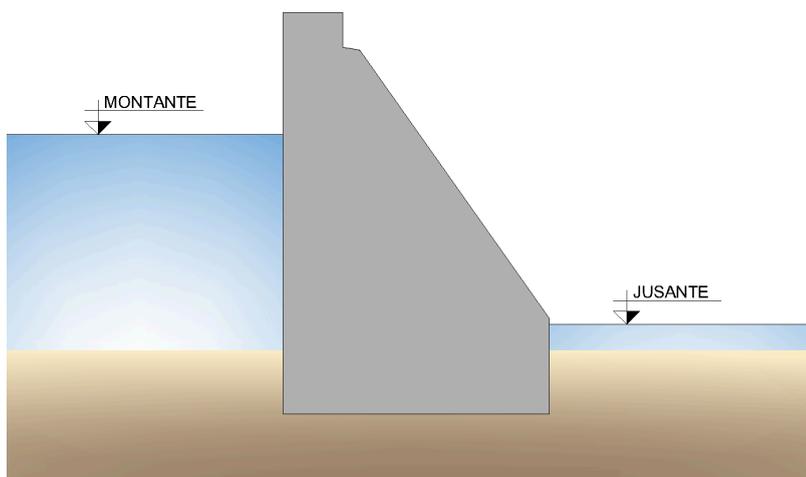
DEFINIÇÕES DO SNISB		
BARRAGEM DE COTIA	Denominação Oficial	Barragem de Cotia
	Código SNISB	7107
	Ano de Construção	1982
	Uso principal	Dessedentação animal e irrigação
	Empreendedor	CERB
	Órgão Fiscalizador	INEMA
	Tipo de domínio	Estadual
	Categoria de Risco (CRI)	Alto
	Dano Potencial Associado (DPA)	Alto
	Nível de Perigo Global da Barragem (NPGB)	Atenção
	Completeness informacional SNISB	Baixa

Fonte: SNISB, 2025, adaptado.

3.2. ESTRUTURA DA BARRAGEM DE COTIA

Com a estrutura formada por alvenaria argamassada e revestimento em concreto, a barragem de Cotia trata-se de uma estrutura do tipo gravidade, representada de maneira simplificada pela Figura 36. Esse tipo de construção caracteriza-se pelo empuxo da água ser resistido pelo próprio peso da barragem, de maneira a necessitar a constituição por concreto ou alvenaria, dada a necessidade de alta densidade e resistência (Iberdrola, ca. 2022).

Figura 36 – Seção básica de barragem de concreto de gravidade



Fonte: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

A barragem de Cotia é composta estruturalmente pelo corpo da barragem, que barra o fluxo da água, possuindo vertedouro do tipo creager, como notado na Figura 37:

Figura 37 – Vista aérea de montante e jusante da barragem com vertedouro do tipo Creager



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Além do mais, conta com canais laterais de dissipação de água e ombreiras direita e esquerda que servem de fixação nas extremidades da estrutura, como visto nas Figuras 38 e 39:

Figura 38 – Detalhe do canal lateral direito na base do vertedouro com visualização da ombreira direita



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 39 – Detalhe do canal lateral esquerdo na base do vertedouro com visualização da ombreira esquerda



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

De outro modo, a barragem possui a tomada d'água e um sistema de descarga de fundo, formado por uma comporta acionada por volante e um sifão, como visto na Figura 40:

Figura 40 – Detalhe da tomada d'água e descarga de fundo no centro do vertedouro



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Por fim, na Figura 4241, pode-se observar o modelo 3D da barragem de Cotia, derivado do processamento de fotos coletadas em campo:

Figura 41 – Modelagem da Barragem de Cotia



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

No mais, foram identificadas um total de sete estruturas a jusante do Rio Cotia, determinadas quatro dessas estruturas como pontes em concreto armado e

duas como passagens molhadas, além de uma passarela. As informações da Tabela 01, representam as coordenadas delas de maneira individual:

Tabela 01 – Relação das estruturas transversais à jusante da Barragem de Cotia

ESTRUTURA	DISTÂNCIA* (m)	ALTITUDE** (m)	LONG (m)***	LAT(m)***
Barragem de Cotia	0	992,823	194.940,096	8.581.247,152
Estrutura 1 - Ponte 01	15.865	940,732	193.305,334	8.593.314,790
Estrutura 1.2 - Ponte 02	14.737	944,470	193.775,071	8.592.387,789
Estrutura 2 - Passagem Molhada 01	13.321	939,443	194.241,077	8.591.235,528
Estrutura 3 - Passagem Molhada 02	12.938	938,457	194.378,741	8.590.983,068
Estrutura 4 - Ponte 03	9.997	942,334	195.361,131	8.588.740,766
Estrutura 5 – Passarela 01	6.415	945,778	196.841,788	8.585.629,470
Estrutura 5.2 - Ponte 04	3.812	953,016	197.146,068	8.583.303,220

Observações:

* - Distância da estrutura em relação a barragem seguindo o Rio Cochó;

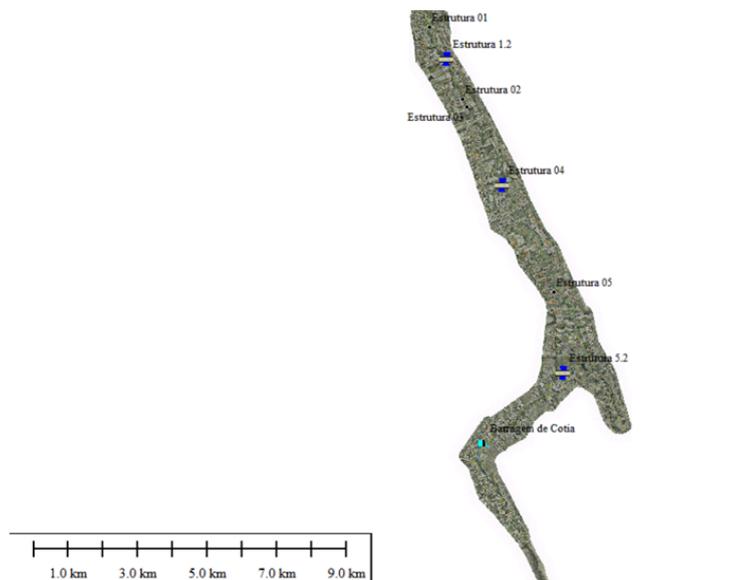
** - Altitude normal (Hnor);

*** - Coordenadas em UTM SIRGAS 2000, zona 24S.

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

A localização das estruturas, graças ao aerolevanteamento, puderam ser localizadas como dispõe a Figura 42:

Figura 42 – Localização das estruturas transversais à jusante da Barragem de Cotia



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Com as informações recolhidas no campo, puderam-se compor as seguintes noções e pranchas:

- Estrutura 01 – Ponte 01: Ponte em concreto, a 15.865 metros da barragem de Cotia. Com 34,17 metros de comprimento, 4,46 metros de largura e 1,90 metros de altura, próximo a Prefeitura Municipal de Boninal, com cota aproximada de 940,28m em relação ao nível do mar. Nas Figuras 43 e 44 podem-se observar imagens da Ponte 01 e na Figura 45 mostra-se a prancha feita em escritório que pode ser vista integralmente no Apêndice A.

Figura 43 – Imagem ortogonal da Ponte 01



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 44 – Imagem do caminho da Ponte 01



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 45 – Prancha da Ponte 01 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

- Estrutura 02 – Ponte 02: Ponte em concreto e pedra, a 14.737 metros da barragem de Cotia. Com 38,40 metros de comprimento, 5,35 metros de largura e 3,72 metros de altura, na BA-245 próximo a Boninal, com cota aproximada de 944,41m em relação ao nível do mar. Na Figura 46 pode-se observar imagens da Ponte 02, já na Figura 47 mostra-se a prancha feita em escritório, que pode ser vista integralmente no Apêndice B.

Figura 46 – Imagem frontal e ortogonal da Ponte 02



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 47 – Prancha da Ponte 02 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

- Estrutura 03 – Passagem molhada 01: Passagem molhada, a 13.321 metros da barragem de Cotia. Com 15,82 metros de comprimento, 2,97 metros de largura e 1,00 metro de altura, próximo ao Sítio João Matos na BA-148, com cota aproximada de 944,43m em relação ao nível do mar. Nas Figuras 48 e 49 podem-se observar imagens da passagem molhada 01, de outro modo, na Figura 50 mostra-se a prancha feita em escritório, que pode ser vista integralmente no Apêndice C.

Figura 48 – Imagem traseira da passagem molhada 01



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 49 – Imagem frontal da passagem molhada 01



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 50 – Prancha da passagem molhada 01 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

- Estrutura 04 – Passagem Molhada 02: Passagem molhada 02, a 12.938 metros da barragem de Cotia, na cota 939,160. Com 5,5 metros de comprimento e 3,0 metros de largura, localizada a 383 metros a montante da Passagem Molhada 01, com cota aproximada de 939,16m em relação ao nível do mar. Na Figura 51 pode-se observar imagens da passagem molhada 02, de outro modo, na Figura 52 mostra-se a prancha feita em escritório que pode ser vista integralmente no Apêndice D.

Figura 51 – Caminho da passagem molhada 02



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 52 – Prancha da Passagem Molhada 02 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

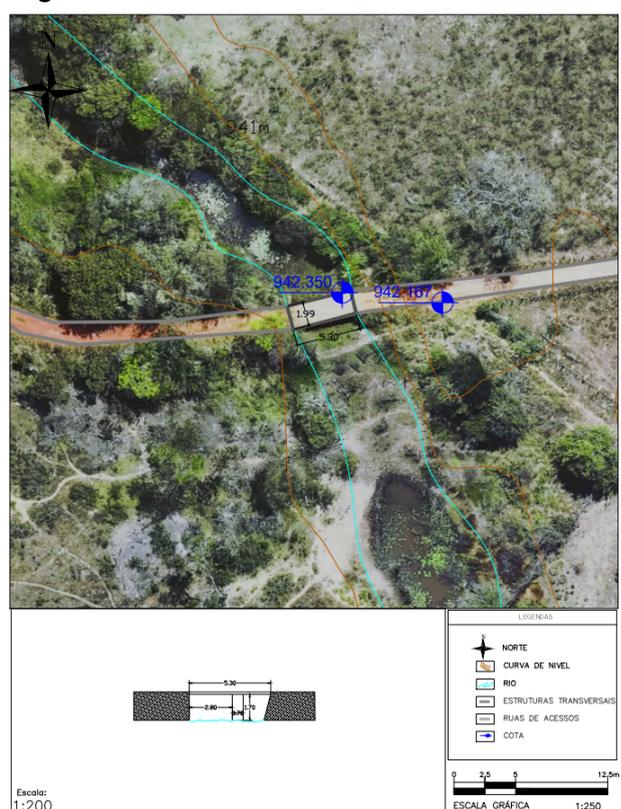
- Estrutura 05 – Ponte 03: Ponte em concreto e pedra, a 9.997 metros da barragem de Cotia. Com 5,30 metros de comprimento, 1,99 metros de largura e 1,70 metros de altura, localizado a montante 732 metros do Pesque e Pague Marcelos, na estrada que liga a BA-245 a BA-148, com cota aproximada de 942,35m em relação ao nível do mar. Na Figura 53 pode-se observar imagens da Ponte 03, na Figura 54 mostra-se a prancha feita em escritório que pode ser vista integralmente no Apêndice E.

Figura 53 – Imagem frontal da ponte 03



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 54 – Prancha da Ponte 03 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

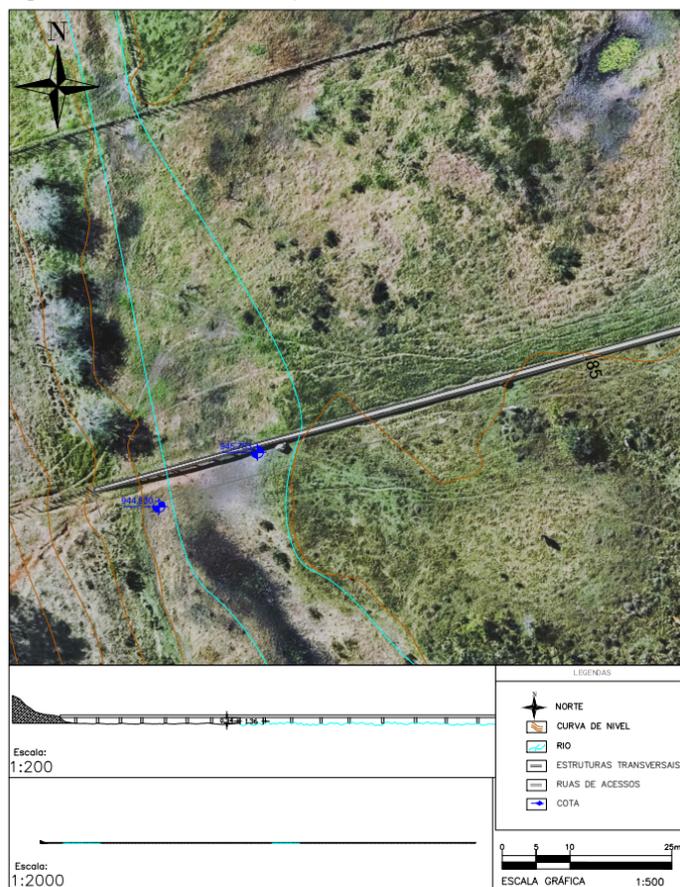
- Estrutura 06 – Passarela 01: Em concreto armado, a 6.415 metros da barragem de Cotia. Com 253,60 metros de comprimento, 0,85 metros de largura e 0,34 metros de altura, com cota aproximada de 945,78m em relação ao nível do mar. Na Figura 55 pode-se observar imagem da passarela 01, já na Figura 56 mostra-se a prancha feita em escritório que pode ser vista integralmente no Apêndice F.

Figura 55 – Imagem frontal da passarela 01



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 56 – Prancha da passarela 01 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

- Estrutura 07 – Ponte 04: Ponte em concreto armado, a 3.812 metros da barragem de Cotia. Com 11,68 metros de comprimento, 3,43 metros de largura e 2,07 metros de altura, localizado na estrada Gentio Picos, com cota aproximada de 952,97m em relação ao nível do mar. Nas Figura 57 pode-se observar imagens da Ponte 04, na Figura 58 mostra-se a prancha feita em escritório que pode ser vista integralmente no Apêndice G.

Figura 57 – Imagem ortogonal e de detalhe da Ponte 04



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 58 – Prancha da Ponte 04 com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.3. REQUISITOS TÉCNICOS DO PROJETO

3.3.1. PRODUTOS PRIMÁRIOS, DECORRENTES E CARTOGRÁFICOS

Os produtos entregues deste levantamento cadastral tratam-se de:

- a) Planta topográfica com Restituição Planimétrica georreferenciada de estradas e construções presentes no vale à jusante da barragem;
- b) Cadastro de pontes, bueiros e toda estrutura existente transversal ao rio principal;
- c) Dados brutos nativos e universais;
- d) Modelo Digital de Terreno (MDT);
- e) Ortofotomosaico individual;
- f) Relatório de Qualidade do Processamento;
- g) Curvas de nível com 1 m;
- h) Monografia dos Marcos Geodésicos.

3.3.2. ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS DECORRENTES

As métricas de GSD, GNSS e acurácia determinadas para este projeto foram:

- SENSOR RGB:
 - a) Resolução Espacial Máxima (GSD): menor que 10 cm;
 - b) Acurácia Planimétrica: menor que 10,0 cm;
 - c) Acurácia Altimétrica: menor que 20,0 cm.
- GNSS:
 - a) Acurácia Planimétrica: menor ou igual a 5 mm;
 - b) Acurácia Altimétrica: menor ou igual a 10 mm.

3.3.3. EQUIPES DE CAMPO

Para a efetivação dos objetivos pautados na topografia, foram segmentados três equipes à realização do tal, as quais são:

- Equipe 1: Construção dos Marcos, cadastro e coordenadas;
- Equipe 2: Transporte de Referência de Nível (RN);
- Equipe 3: Aerolevanteamento.

3.3.4. PARÂMETROS DE PROJETO E ADOTADOS

Os parâmetros referentes ao voo, à aquisição das imagens e aos produtos cartográficos finais adotados foram:

- *DATUM*: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000);
- Coordenadas de aquisição das imagens: Coordenadas Geográficas;
- Sistemas de Projeção Cartográficos: Universal Transversa de Mercator (UTM);
- Altitudes Normais – Modelo para conversão de altitudes geométricas (dadas pelos GNSS) em altitudes físicas (compatíveis com o Datum Vertical do SGB), submetidas ao modelo de conversão hgeoHNOR2020.

3.4. TOPOGRAFIA

A topografia do projeto teve a realização visando a coleta de toda a área da barragem por meio do mapeamento por aerolevanteamento, com a utilização de RPA, com funcionamento concomitante a um GNSS com sistema RTK, para posteriormente ser possível gerar os produtos primários e decorrentes deste trabalho, relatados no item 3.4.1 do presente volume.

3.4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO ASSOCIADOS À TÉCNICA COM USO DE DRONES

3.4.1.1 RPA

O RPA utilizado na execução dos aerolevanteamentos deste trabalho trata-se do DJI MAVIC 3 Enterprise, como exemplificado nas Figura 59, além do seu controle remoto apresentado na Figura 60:

Figura 59 – Modelo do DJI MAVIC 3 Enterprise utilizado no levantamento



Fonte: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

Figura 60 – Exemplar do controle remoto do DJI MAVIC 3 Enterprise



Fonte: Elaborado pela autora no segundo semestre de 2024.

As especificações do multirrotor, de acordo com a fabricante, DJI, são:

- Peso com hélices, sem acessórios): 915 g;
- Bateria (especificação): Li-ion (5.000 mAh a 7,2 V);
- Bateria (massa): 335,5g;
- Tempo máximo de voo (sem vento): 45min;
- Rádio com distância máxima de transmissão de 7km.

3.4.1.2. RECEPTOR GNSS

O receptor GNSS utilizado na execução dos aerolevantamentos deste trabalho, com base, rover, tripé, base niveladora e bastão trata-se do Receptor GNSS ComNav T300, como demonstrado na Figura 61:

Figura 61 – Modelo Receptor GNSS ComNav T300.

Receptor GNSS ComNav T300



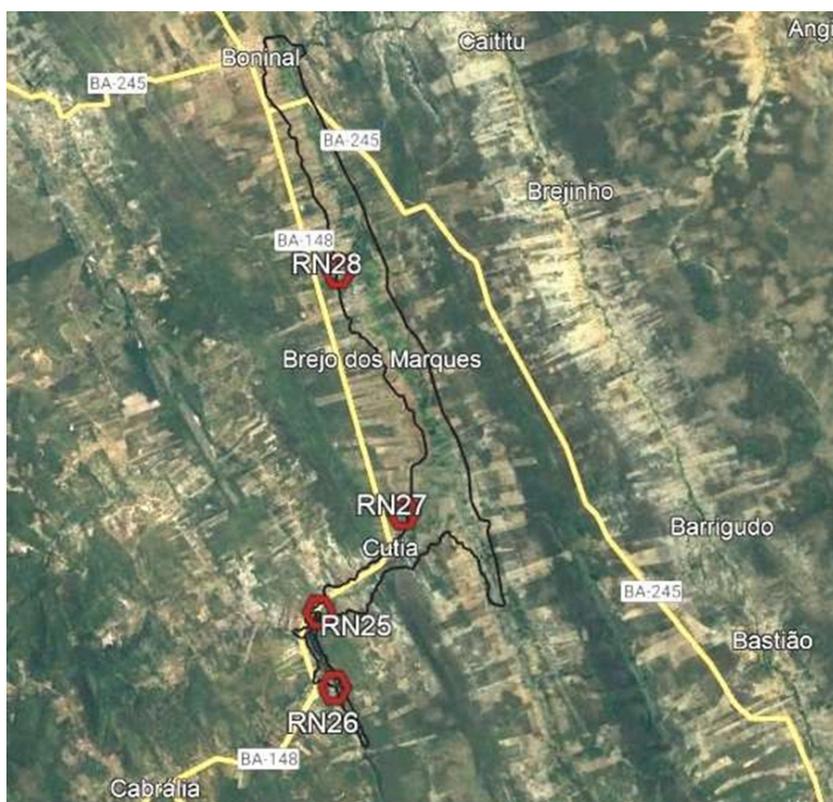
- 256 canais com localização interligada com sinal de satélites
- GPS: L1 C/A, L1/L2 P, L5
- BeiDou: B1, B2, B3
- GLONASS: L1/L2
- SBAS: WASS, EGNOS, MASAS
- Estática de Pós-Processamento
- Horizontal: 2.5 mm + 1 ppm RMS
- Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
- Real Time Kinematic (RTK)
- Horizontal: 10 mm + 0.5 ppm RMS
- Vertical: 20 mm + 0.5 ppm RMS
- E-RTK (< 100km)
- Horizontal: 0.2 m + 1 ppm RMS
- Vertical: 0.4 m + 1 ppm RMS
- Código de posicionamento GNSS diferencial
- Horizontal: 0.25 m + 1 ppm RMS
- Vertical: 0.5 m + 1 ppm RMS

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.4.2 PLANEJAMENTO PARA O CAMPO: RPA

Em primeiro plano, foi realizado em escritório, na etapa de plano de voo, o planejamento da poligonal a qual haveria a ser realizado o aerolevantamento com o posicionamento das RNs de referência para o nivelamento geométrico, como determina a Figura 62:

Figura 62 – Área prevista para Aerolevantamento



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

O processamento das imagens coletadas no levantamento aerofotogramétrico por uso de RPA foi realizado no *Agisoft Metashape 1.8.5*. Para isso, foram coletadas 4.782 imagens, entre os dias 15 a 18/08/2023, através de um total de 16 voos, de modo a subdividir a poligonal que delimita o vale do rio a montante e a jusante da barragem.

As imagens foram recolhidas com uso de base GNSS, RPA equipado com dispositivo PPK nas frequências L1 e L2, para possibilitar a geração de coordenadas precisas do posicionamento das imagens, além de GNSS Rover para coleta de pontos de apoio. Ademais, na aerofotogrametria, houve sobreposição longitudinal de 75% e sobreposição lateral de 65%. Na Figura 63, é possível notar as trajetórias de voo de modo condensado:

Figura 63 – Área prevista para Aerolevantamento



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Para o aerolevanteamento da Barragem de Cotia, foi adotado como metodologia a utilização do RPA Mavic 3 Enterprise, equipado com Kit RTK. Para além disso, com a finalidade de aferir a precisão dos dados coletados foram posicionados pontos de apoio na área mapeada, para posteriormente interpretá-los em software de fotointerpretação, de maneira a corrigir possíveis erros nos eixos x, y e z.

Os pontos de controle foram escolhidos em suas determinadas posições levando em consideração três pilares, os quais em todas as localizações de instalação deveriam estar livres de obstáculos visuais ao drone:

- Pontos altos e baixos;
- Pontos da extremidade;
- Proporção de espaçamento.

Ainda sob esse panorama os parâmetros de voo, de aquisição das imagens e de produtos cartográficos finais, seguiram as seguintes determinações:

- DATUM: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000)
- Coordenadas de aquisição das imagens: Coordenadas Geográficas
- Sistemas de Projeção Cartográficos: Universal Transversa de Mercator – UTM
- Altitudes Normais – Modelo para conversão de altitudes geométricas (dadas pelos GNSS) em altitudes físicas (compatíveis com o Datum Vertical do SGB), submetidas ao modelo de conversão hgeoHNOR2020.

3.4.3. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Para a etapa de processamento de dados coletados após quatro dias de trabalho de campo (15/08/2023 a 18/08/2023), foi utilizado o software Agisoft Metashape 1.8.5, por meio de coordenadas precisas da RPA por pós processamento PPK, identificado pela *logotipo* apresentada na Figura 64, obtendo resultados acurados da modelagem do terreno.

Figura 64 – Identidade visual do software Agisoft Metashape



Fonte: Agisoft, sd.

Os arquivos gerados no Agisoft Metashape dizem respeito sobre os produtos primários da aerofotogrametria, sendo o Ortomosaico georreferenciado e geração de MDS e de MDT, para posterior criação do perfil topográfico do relevo e levantamento cadastral.

Os resultados de processamento, derivados dos dados coletados pelo Mavic 3 Enterprise, estão dispostos na Tabela 02:

Tabela 02 – Dados de identificação da Barragem de Cotia

TRECHO	IMAGENS	ÁREA COBERTA	VOOS	ERROS DE REPROJEÇÃO	RESOLUÇÃO
JUSANTE E MONTANTE DE BARRAGEM	4.782	20,9km ²	16	1,22 pixel	5,44cm/pixel

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, adaptado, 2024.

Dessa forma, como citado anteriormente, é notável a abrangência de uma área de 20,9km² em 16 voos e uma captura de 4.782 fotos, o que demonstra uma densa coleta informacional, sendo indispensável para suprir qualidade de entrega com boa acurácia e precisão. Além disso, o erro de posicional de reprojeção de 1,22 *pixels* aponta a uma margem bastante razoável para a entrega do Modelo Digital de Elevação confiável, e, por fim, a resolução de 5,44cm/pixel é determinante para as análises de estudo de engenharia que viram a partir desses produtos, uma vez que supre a necessidade de riqueza de detalhes minuciosa para a demanda.

3.4.4. PRODUTOS DECORRENTES TOPOGRÁFICOS

3.4.4.1. ACURÁCIA DO MODELO

Para a confecção do atual projeto, fez-se preciso a implementação de pontos de apoio para checagem para que fosse verificada a acurácia do MDT, sobretudo nas intercessões entre os voos realizados, mesmo que tenha-se feito uso do RPA com PPK. Os resultados obtidos podem ser encontrado na Tabela 03:

Tabela 03 – Dados de acurácia do aerolevanteamento da Barragem de Cotia

Trecho	Contagem Chk Points	Erro em X (cm)	Erro em Y (cm)	Erro em Z (cm)	Erro em XY (cm)	Total (cm)
Erro médio	27	4,09163	4,84008	9,02849	6,33781	11,03090

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, adaptado, 2024.

Vale notar que, em termos de acurácia do modelo e ortomosaico, a acurácia planimétrica atingiu o valor próximo a 6 cm e a acurácia média altimétrica média de 9 cm.

Na Figura 65, é notável o erro Z ser representado pela cor da elipse. Os erros X, Y são, por sua vez, pela forma de elipse. E no mais, os locais estimados do GCP são marcados com um ponto ou uma cruz.

Figura 65 – Localização de Pontos de Apoio e Estimativas de Erros



Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

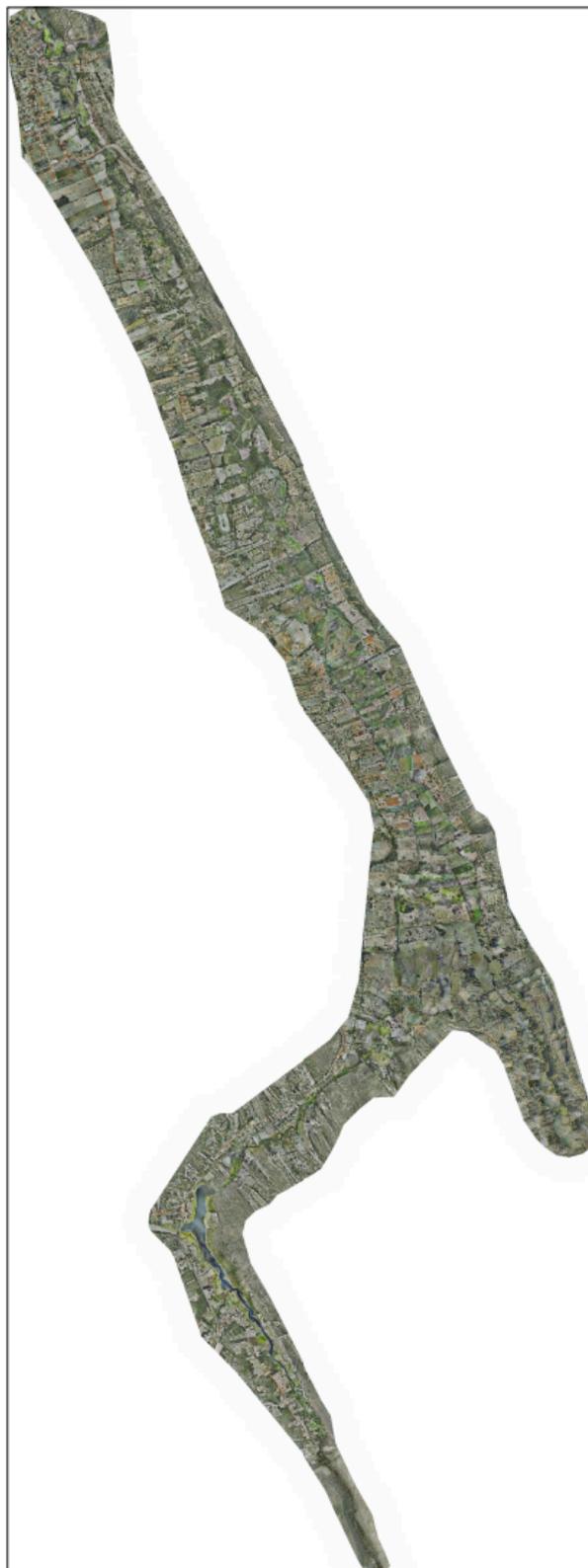
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, adaptado, 2024.

3.4.4.2. ORTOMOSAICO DA REGIÃO DA BARRAGEM DE COTIA

Com a finalização da etapa de processamento de dados na confecção do ortomosaico foi utilizado um esquema de edição para garantir a uniformidade do tal, com a intenção de diminuir os efeitos de sombras das imagens, para isso, mostrou-se preciso a ferramenta de equalização de imagens e calibração de cores,

de modo a evitar as diferenças de exposição entre as áreas, Abaixo, na Figura 66, é possível ver o resultado final do ortomosaico:

Figura 66 – Ortomosaico da região da Barragem de Cotia

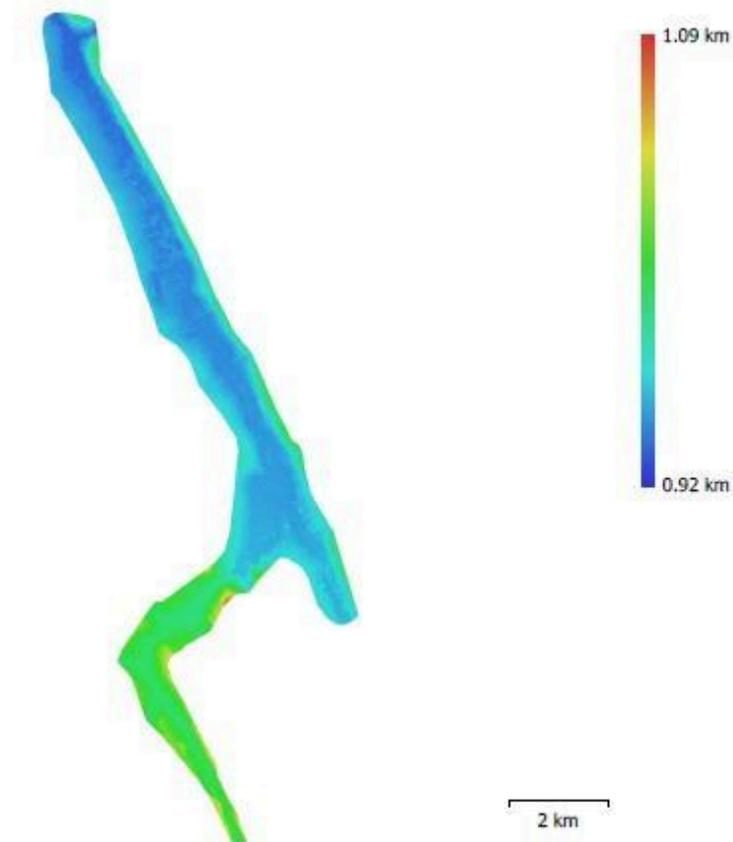


Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.4.4.3. MODELO DIGITAL DE TERRENO DA REGIÃO DA BARRAGEM DE COTIA

Por outro lado, o MDT geral da área levantada está representado na figura 67, de acordo com a colorimetria indicada à direita da imagem:

Figura 67 – Modelo Digital de Terreno da região da Barragem de Cotia



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

É importante ressaltar que a Precisão de Exatidão Cartográfica para os Produtos Cartográficos Digitais PEC-PCD - Classe A para escala 1:1000, conforme estabelecido pelo Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, que decreta instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional, que admite erro planimétrico de até 17cm e altimétrico de até 33 cm.

Para a efetivação desses resultados, fez-se necessário a combinação de aerofotogrametria com RPAS DJI Mavic 3 Pro com PPK e aquisição de *Ground Control Points*, ou Pontos de Controle (PC), em solo através Estação Geoidal L1/L2, através do método de posicionamento RTK.

3.5. BATIMETRIA

A batimetria do projeto contou com a finalidade de verificar possíveis assoreamentos, além de calcular a capacidade volumétrica e o volume da massa d'água, permitindo a posterior estudos de verificação de variações de volume, área inundada e volume de dragagem pela frente profissional responsável em outras áreas de análise.

3.5.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO

Devido às limitações do uso de drones para levantamento batimétrico, no que diz respeito ao que foi apresentado no item 2.2.3.1, mas também a impossibilidade de resgate das dimensões do terreno por debaixo do volume dos corpos hídricos, foi necessária a mobilização de outros equipamentos dedicados ao recolhimento desses dados. Para tal, utilizou-se do ecobatímetro digital APACHE 3 da Marca CHC, representado nas Figuras 68 e 69:

Figura 68 – Modelo de APACHE 3 da CHC



Fonte: Direct Industry, sd.

Figura 69 – Ecobatímetro utilizado em campo



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Juntamente, fez-se necessário o uso do receptor GNSS CHC I50 NAC2 com sistema RTK, representado na Figura 70:

Figura 70 – Modelo o receptor GNSS CHC I50 NAC2



Fonte: GeoTop, sd.

3.5.2 EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

A coleta de dados batimétricos conferiu a especificação de um ponto a cada 2m da linha de sondagem percorrida, haja vista os trechos de interesse pré estabelecidos, definindo seções perpendiculares ao eixo da bacia. Com isso em evidência, a embarcação iniciou a partida de uma das margens e, de jeito a seguir em linha reta até a margem oposta, realizando, assim, simultaneamente o recolhimento dos dados de posição e profundidade.

A ver outro plano, alguns entraves foram identificados durante a etapa de batimetria, a julgar a densidade da vegetação subaquática presente ou a vegetação de macrófitas flutuante bastante recorrente, notado pelas Figuras 71 e 72:

Figura 71 – Visualização da vegetação presente na batimetria



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 72 – Visualização de macrófitas aquáticas flutuantes presentes na batimetria

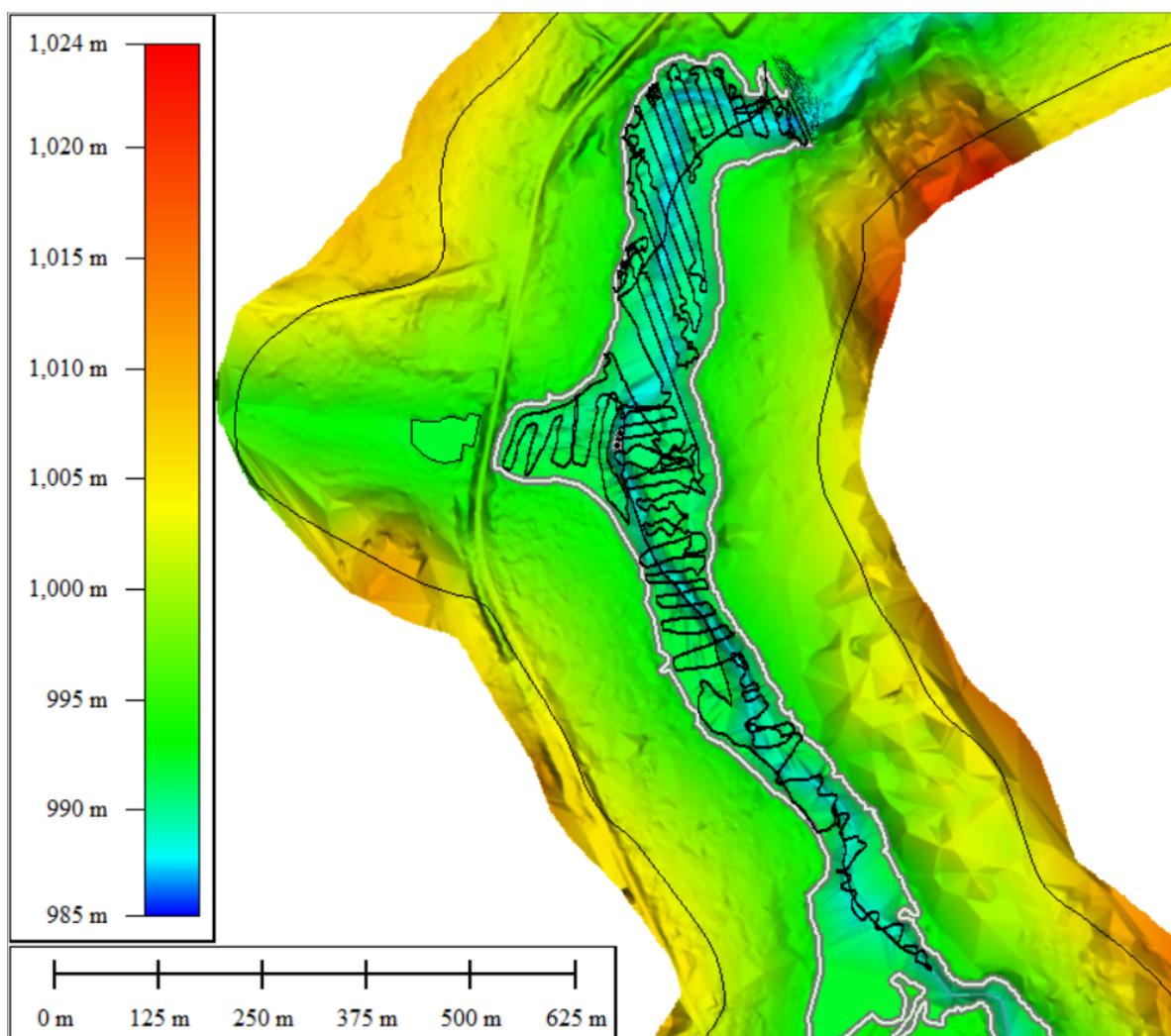


Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Por conseguinte, houveram adequações em campo para a execução da atividade, com fim de assegurar o bem-estar dos profissionais, evitando expô-lo a riscos, sem que houvesse perda de qualidade de coleta informacional. Para isso, foi fulcral a alteração do operacional do ecobatímetro, seja através do modo automatizado do equipamento, ou de forma manual, ou sendo rebocado por embarcação a remo, tendo em vista a melhor opção para a situação momentânea. Vale ressaltar que as seções batimétricas detiveram suficiente equidistância para fins de representação da superfície subaquática, ao longo de 1,3 km a montante da barragem.

Com a complementação da aerofotogrametria feita com uso de RPA, foi possível entender a representação do perímetro da lagoa, tornando-se possível compreender informações altimétricas de relevância de posteriores cálculos de volume útil de barragem, além da cota de vertimento ou de extrapolação, para fins de segurança da barragem. Portanto, na Figura 73, pode-se notar a trajetória percorrida pelo ecobatímetro:

Figura 73 – Percurso percorrido pelo ecobatímetro

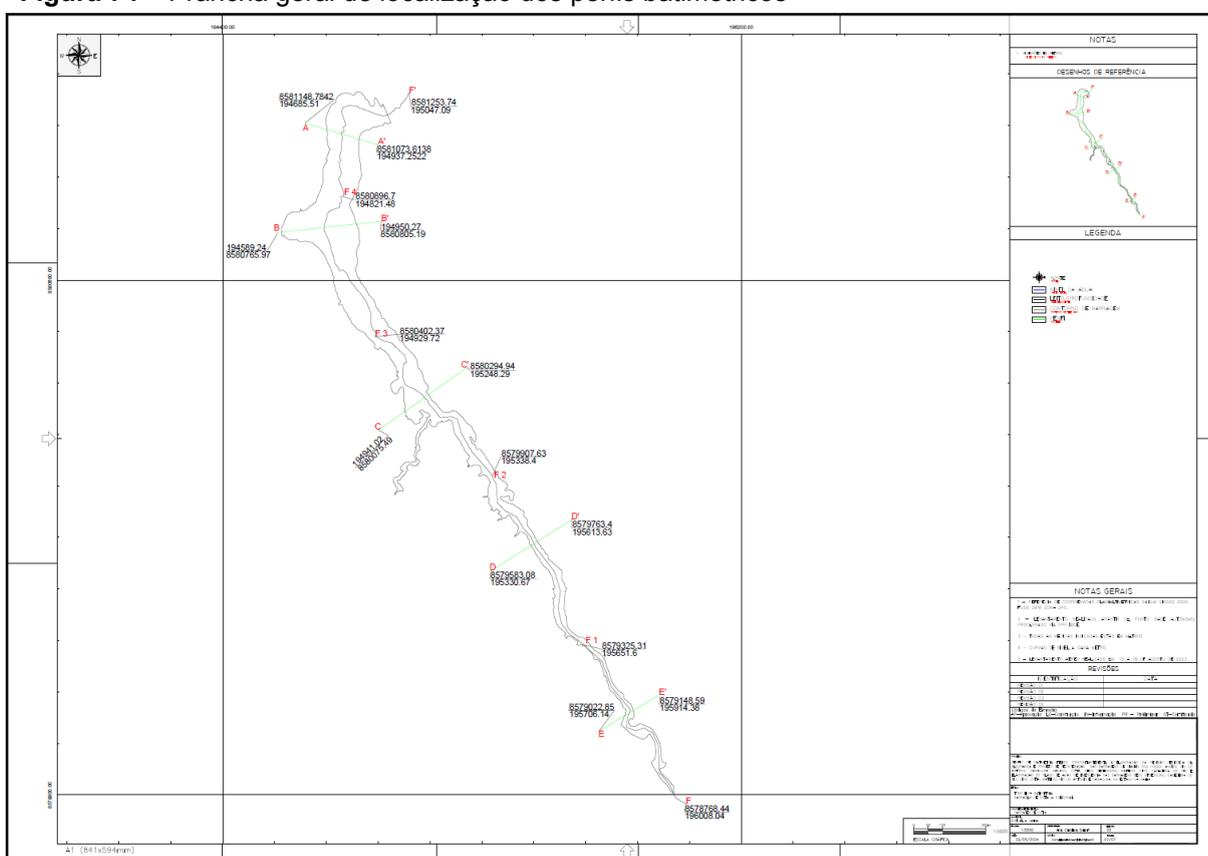


Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.5.3. PRODUTOS DECORRENTES BATIMÉTRICOS

Os produtos especialmente desenvolvidos com os dados batimétricos foram realizados através dos *softwares* AutoCAD 2025, AutoCAD Maps 2023, e Topograph 98 SE. Para melhor apresentação dos resultados ao longo do trecho, foram divididos em cinco seções transversais e uma seção longitudinal, a montante da barragem, como demonstrado na prancha representada pela Figura 74, que pode ser visualizada no Apêndice.

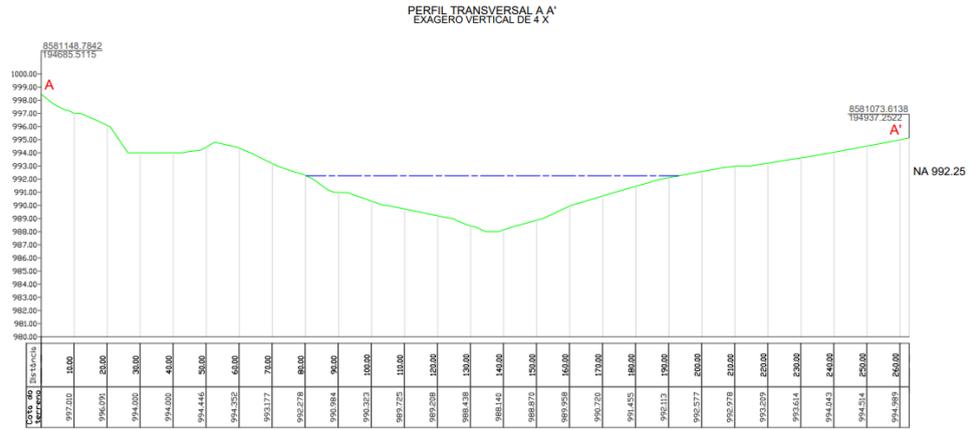
Figura 74 – Prancha geral de localização dos perfis batimétricos



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

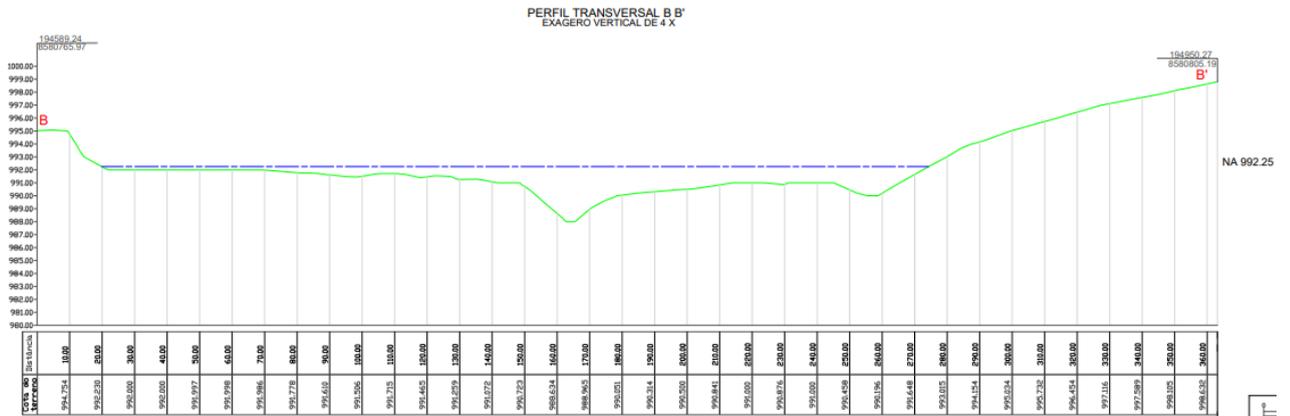
Nas Figuras 75, 76, 77, 78 e 79, pode-se observar os perfis batimétricos AA', BB', CC', DD' e EE', respectivamente, a notar a linha azul, como o nível da água, a linha verde como o perfil do terreno subaquático em si e o exagero vertical individual apresentado abaixo da nomeação do perfil, bem como das figuras:

Figura 75 – Perfil batimétrico A A' com exagero vertical de 4x



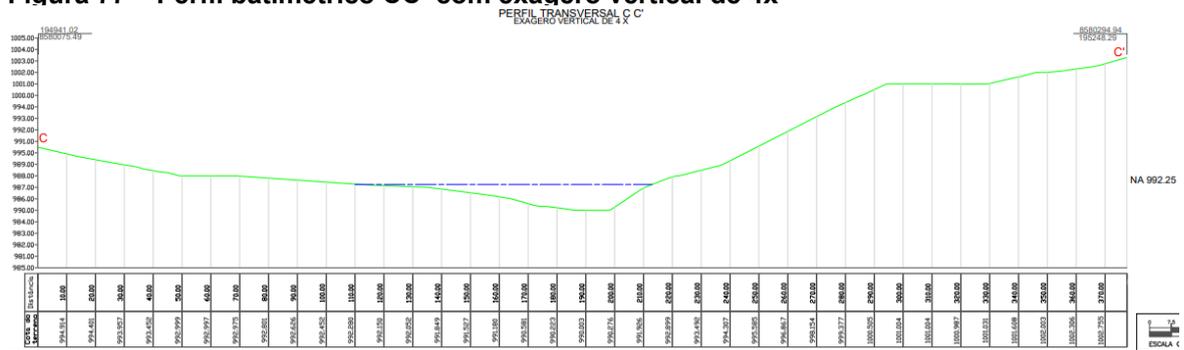
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 76 – Perfil batimétrico B B' com exagero vertical de 4x



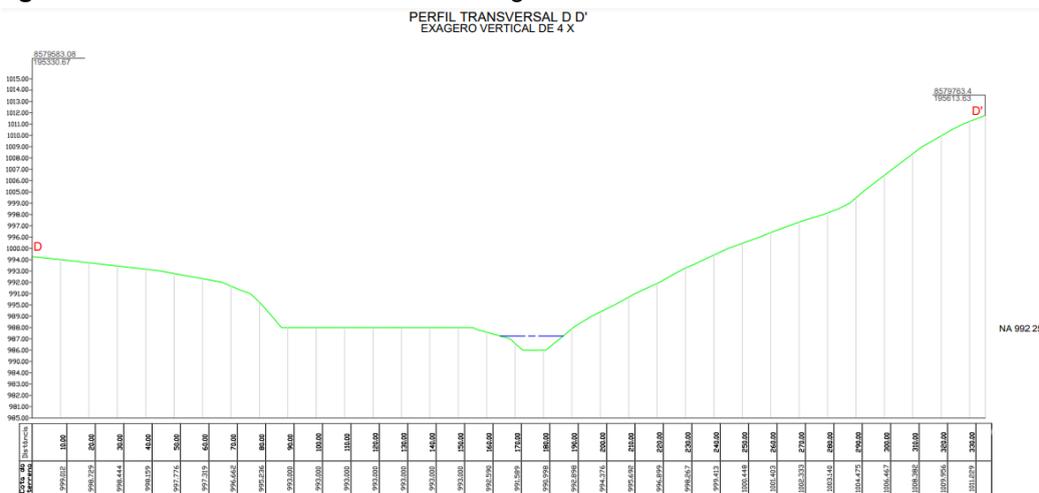
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 77 – Perfil batimétrico CC' com exagero vertical de 4x



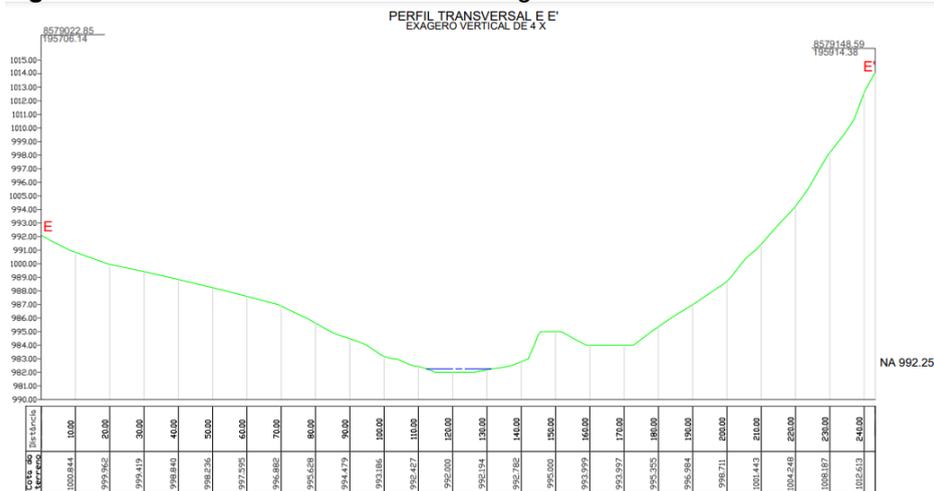
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 78 – Perfil batimétrico D D' com exagero vertical de 4x



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

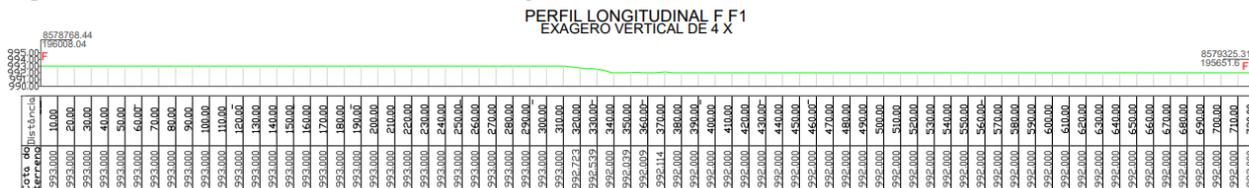
Figura 79 – Perfil batimétrico E E' com exagero vertical de 4x



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

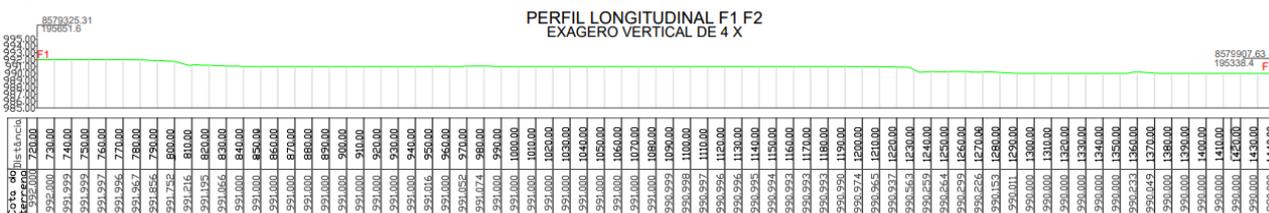
Devido à longa extensão do perfil longitudinal F F', de montante à jusante da barragem, foi necessário subdividi-lo nos perfis nomeados de F F1, F1 F2, F2 F3, F3 F4, F4 F', com objetivo de garantir uma melhor visualização dos tais, como visível nas Figuras 80, 81, 82, 83 e 84, respectivamente:

Figura 80 – Perfil batimétrico F F1 com exagero vertical de 4x



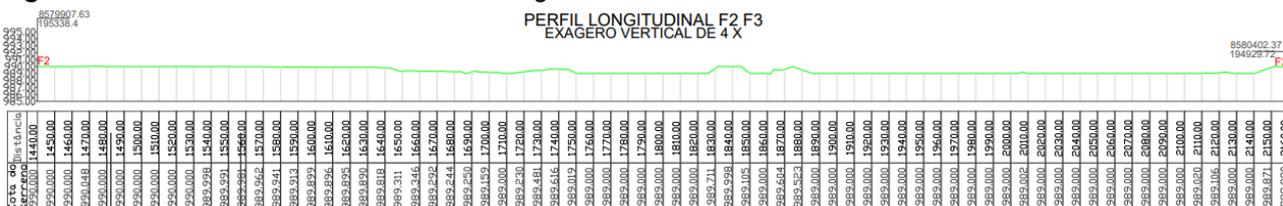
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 81 – Perfil batimétrico F1 F2 com exagero vertical de 4x



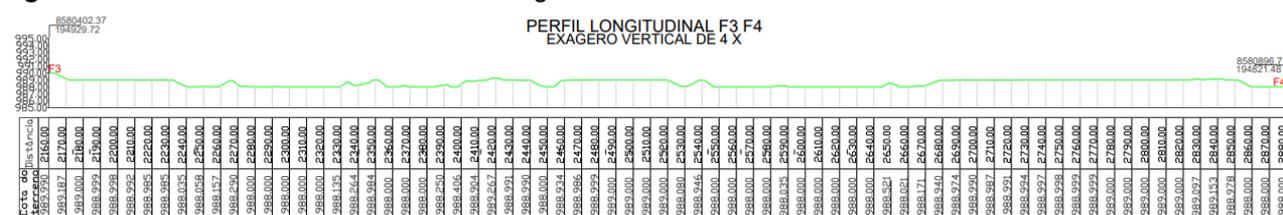
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 82 – Perfil batimétrico F2 F3 com exagero vertical de 4x



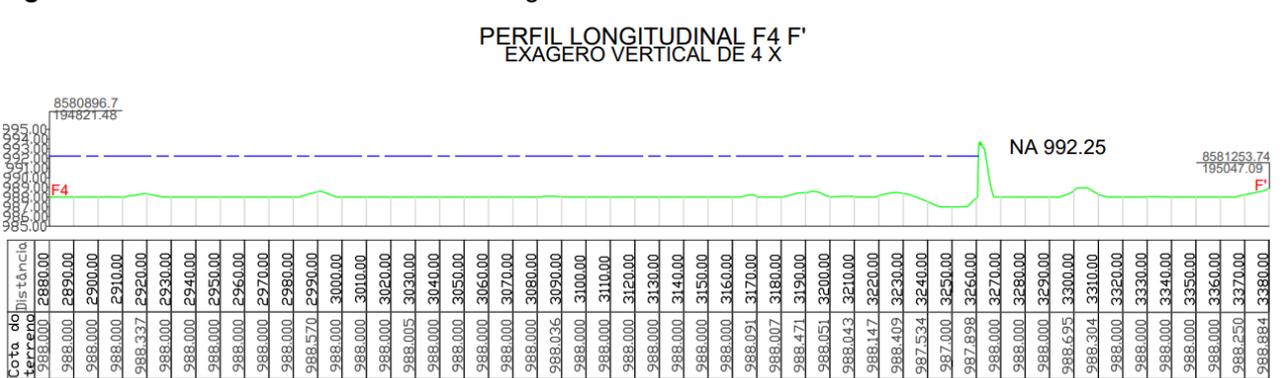
Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 83 – Perfil batimétrico F3 F4 com exagero vertical de 4x



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 84 – Perfil batimétrico F4 F' com exagero vertical de 4x



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

A profundidade batimétrica final foi de 3,62m, para chegar a conclusões mais apuradas sobre o volume do lago, foi considerado a continuidade do talvegue havendo redução da profundidade de modo linear ao longo dos 2km. As feições desse trecho foram obtidas por malha Grade Triangular Irregular (TIN) apoiadas nas margens do lago, identificadas por aerofotogrametria. O lago teria 23% de leitura com profundidades abaixo de 59cm e uma profundidade média em torno 2,44m e

com sua amplitude batimétrica situada em 6,42m, pelas conclusões das cotas batimétricas por ecobatímetro. Entretanto, com a experiência da operação, bem como pela análise complementar em escritório, foi perceptível a interferência da vegetação subaquática em algumas leituras, sendo estas suprimidas com base na interpretação das feições. Em conclusão, para todas as nuances, a forma o lago caracteriza-se por áreas de baixa profundidade, tendo um veio central com pouco mais de 25 metros com profundidades elevadas de 2 a 6 metros.

3.6. TRANSPORTE DE REFERÊNCIA DE NÍVEL (RN)

Para a realização do projeto, foi requisitado que houvesse implementação de da técnica de Transporte de Referência de Nível, que foi associada ao Nivelamento Geométrico, com o fito de instituir pontos de referência de nível confiáveis ao longo do rio, possivelmente para acompanhar as cotas de relevância sobre a extrapolação da vazão do curso hídrico. De modo simplificado, para que houvesse assertividade no método requerido, foi feito o uso de nível digital classe 2, na qual mediu-se a diferença de nível entre pontos do terreno, utilizando miras dobráveis, milimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, com visadas horizontais.

3.6.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM CAMPO ASSOCIADOS À TÉCNICA NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Para a realização da metodologia, foi utilizado o nível DL202, apresentado pela figura 85:

Figura 85 – Modelo de Nível DL202

Geodetic
GEO TECHNOLOGIES



Fonte: CPE Tecnologia, sd.

Além do mais, para a implantação dos marcos físicos, foi necessária a utilização do GNSS Comnav T300, Base e Rover, demonstrados nas Figuras 86:

Figura 86 – GNSS Comnav T300, Base e Rover



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

3.6.2. EXECUÇÃO DA REFERÊNCIA DE NÍVEL

Para a implementação das Referências de nível, inicialmente determinou-se o croqui do posicionamento. Na Figura 87 está representado as marcações de transporte de nível da topografia, começando pelo marco da barragem RN25 – RN27 – RN28

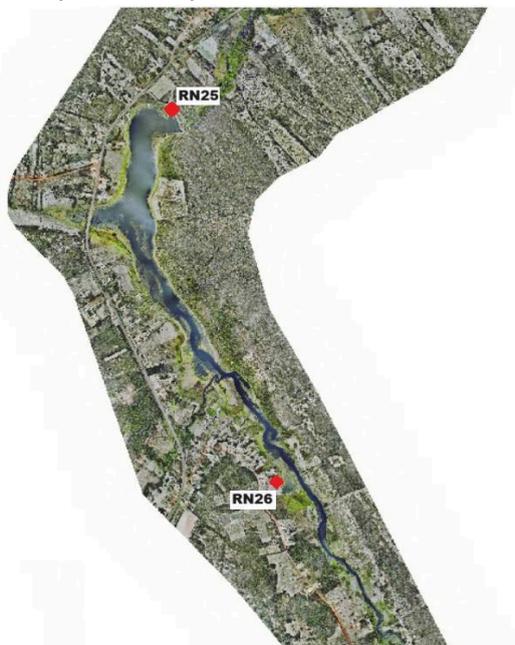
Figura 87 – Croqui de transporte de nível da RN25 – RN27 – RN28



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Já Figura 88 está representado as marcações de transporte de nível da batimetria, a começar do marco da barragem, sendo RN25 – RN26:

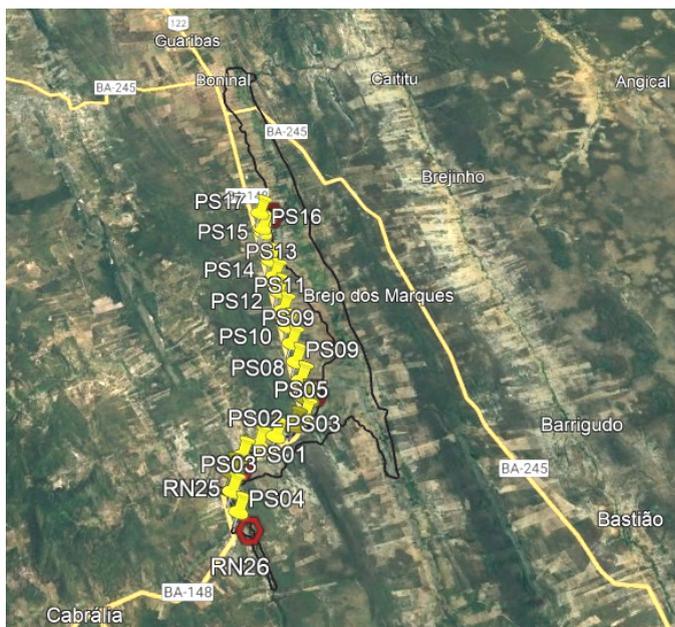
Figura 88 – Croqui de transporte de nível da RN25 a RN26



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

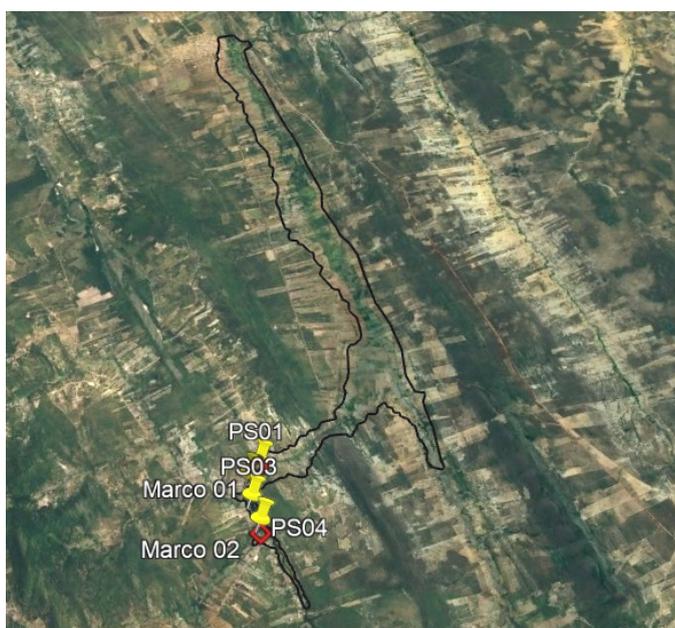
Ademais, na Figura 89 e 90 é notada a trajetória realizada pela equipe de campo quanto ao fluxo de posicionamento das RNs, bem como os Pontos de Segurança (PS) marcados por estacas de eucalipto no campo:

Figura 89 – Trajetória do transporte de nível e posicionamento dos Pontos de Segurança (PS) das RNs 25 - 27 -28



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Figura 90 – Trajetória do transporte de nível e posicionamento dos Pontos de Segurança (PS) das RNs 25 - 26



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

É importante salientar que o nivelamento da RN25 a RN27 apresenta distância de 3,22 km e 6 pontos de segurança e o Nivelamento da RN25 a RN28 apresenta distância de 8,81 km e 17 pontos de segurança e o Nivelamento da RN25 a RN26, apresenta distância de 2,5 km e 4 pontos de segurança

A implantação dos marcos geodésicos foram feitos em formato de tronco de pirâmide, medindo 30x18x40 cm, como visível na Figura 91, com sapata de proteção:

Figura 91 – Exemplo do marco implantado, Marco RN 27, Barragem de Cotia



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Além do mais, a estrutura possui uma chapa de alumínio incrustada na parte superior do marco, constando as inscrições: "PROTEGIDO POR LEI", o código do credenciado e a identificação do marco, como exemplificado pela Figura 92. O modelo escolhido segue o padrão do IBGE (2008) e foram distribuídos dois a montante e dois a jusante da barragem, em área protegida.

Figura 92 — Chapa de alumínio nos marcos



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

Com a demanda do rastreamento do ponto nos marcos implantados, foram realizados dois momentos de rastreios, feitos individualmente com duas horas em cada ponto, de modo a posteriormente serem processados.

O processamento da coleta informacional foi realizada por PPP, de modo ao GNSS rastrear um ponto estático absoluto e depois é corrigido pelos dados do IBGE, para se tornar ponto conhecido. Para a designação das coordenadas de cada marco foi conferido no relatório do IBGE, dentre os dois rastreios de 2 horas, o de menor desvio padrão, como demonstrado na Tabela 04 :

Tabela 04 – Rastreio dos Marcos, em destaque coordenadas com menor Desvio

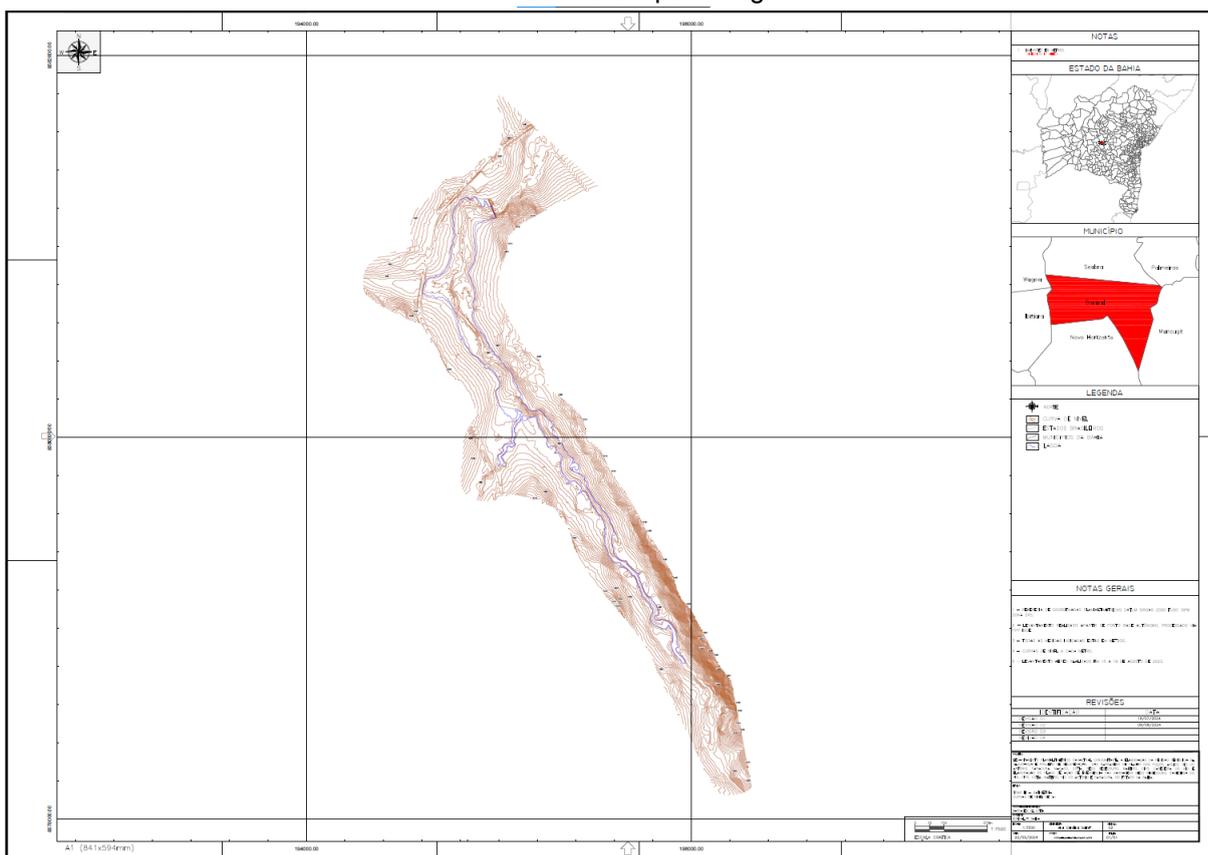
Marco	Rastreio 01			Rastreio 02		
	Período	Coordenadas UTM	Precisões	Período	Coordenadas UTM	Precisões
RN25	17/08/2023 08:35:19 às 10:54:42	N: 8581248.618* E: 194941.643	$\sigma(\varphi) = 0,004$ $\sigma(\lambda) = 0,004$ $\sigma(\eta) = 0,016$	17/08/2023 10:55:18 às 13:16:02	N: 8581248.636 E: 194941.643	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,017$ $\sigma(\eta) = 0,008$
RN26	17/08/2023 10:25:07 às 12:41:40	N: 8579675.424 E: 195375.781	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,011$ $\sigma(\eta) = 0,008$	17/08/2023 12:42:08 às 17:43:40	N: 8579675.406* E: 195375.818	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,004$ $\sigma(\eta) = 0,006$
RN27	16/08/2023 13:08:48 às 15:27:30	N: 8583507.936* E: 196630.983	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,006$ $\sigma(\eta) = 0,008$	16/08/2023 15:30:07 às 17:35:28	N: 8583507.960 E: 196630.916	$\sigma(\varphi) = 0,003$ $\sigma(\lambda) = 0,008$ $\sigma(\eta) = 0,006$
RN28	16/08/2023 09:45:23 às 12:01:07	N: 8588640.005 E: 194855.368	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,007$ $\sigma(\eta) = 0,008$	16/08/2023 12:01:37 às 14:47:03	N: 8588639.999* E: 194855.383	$\sigma(\varphi) = 0,002$ $\sigma(\lambda) = 0,006$ $\sigma(\eta) = 0,006$

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2023.

3.7. PRODUTOS CARTOGRÁFICOS GERAIS

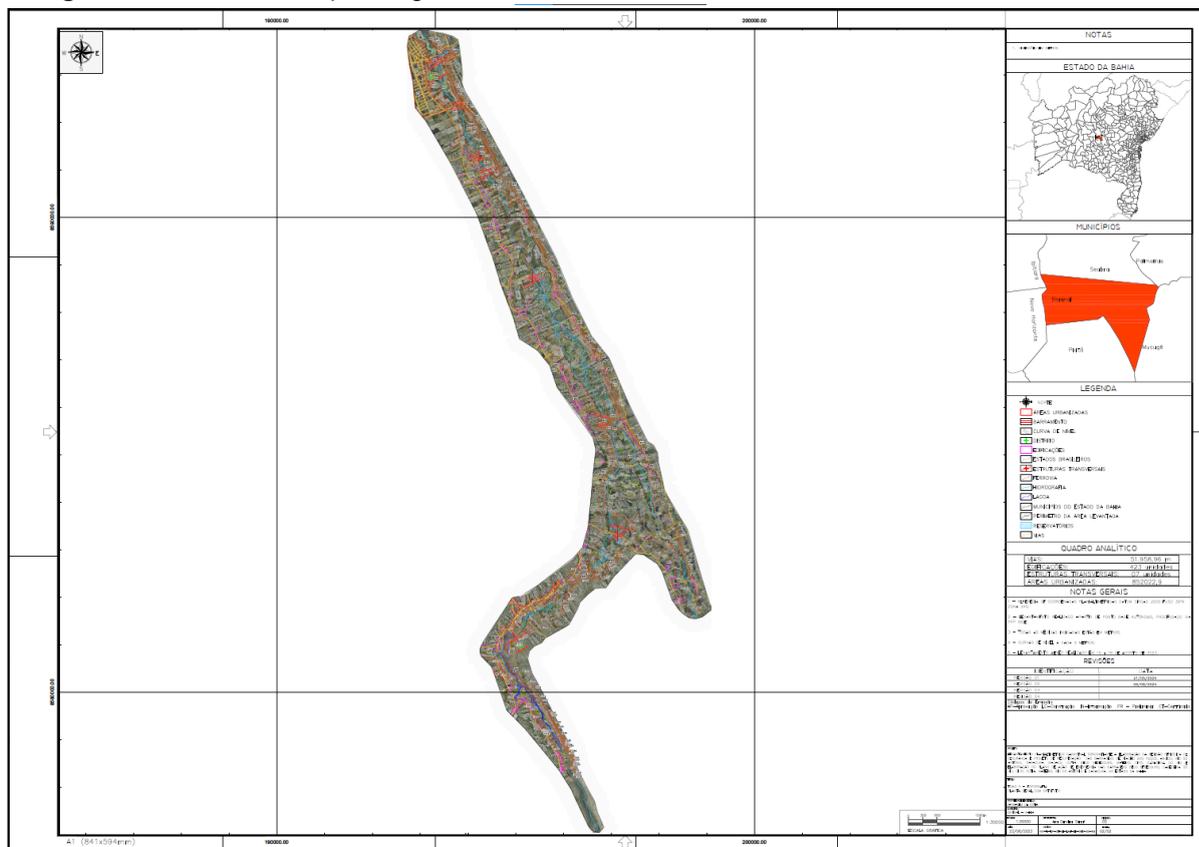
Apesar da grande quantidade informacional gerada a partir do mapeamento aéreo com uso de RPA com os seus produtos primários e decorrentes, o mercado consumidor atual ainda dá grande valor e consideração às plantas topográficas entregues em pranchas dedicadas, a julgar a facilidade de checar fatores de relevância de cada projeto. Nesse sentido, ao cruzar as informações colhidas tanto da topografia quanto da batimetria, é possível chegar a esses resultados tão requisitados por utilizadores finais, como por exemplo as curvas de nível de terreno e shape do lago como mostra a Figura 93, que para melhor visualização, pode ser encontrada no apêndice deste volume, com indicação de nome pelo carimbo das tal:

Figura 93 – Prancha Curvas de Nível de terreno 5m e shape do lago



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

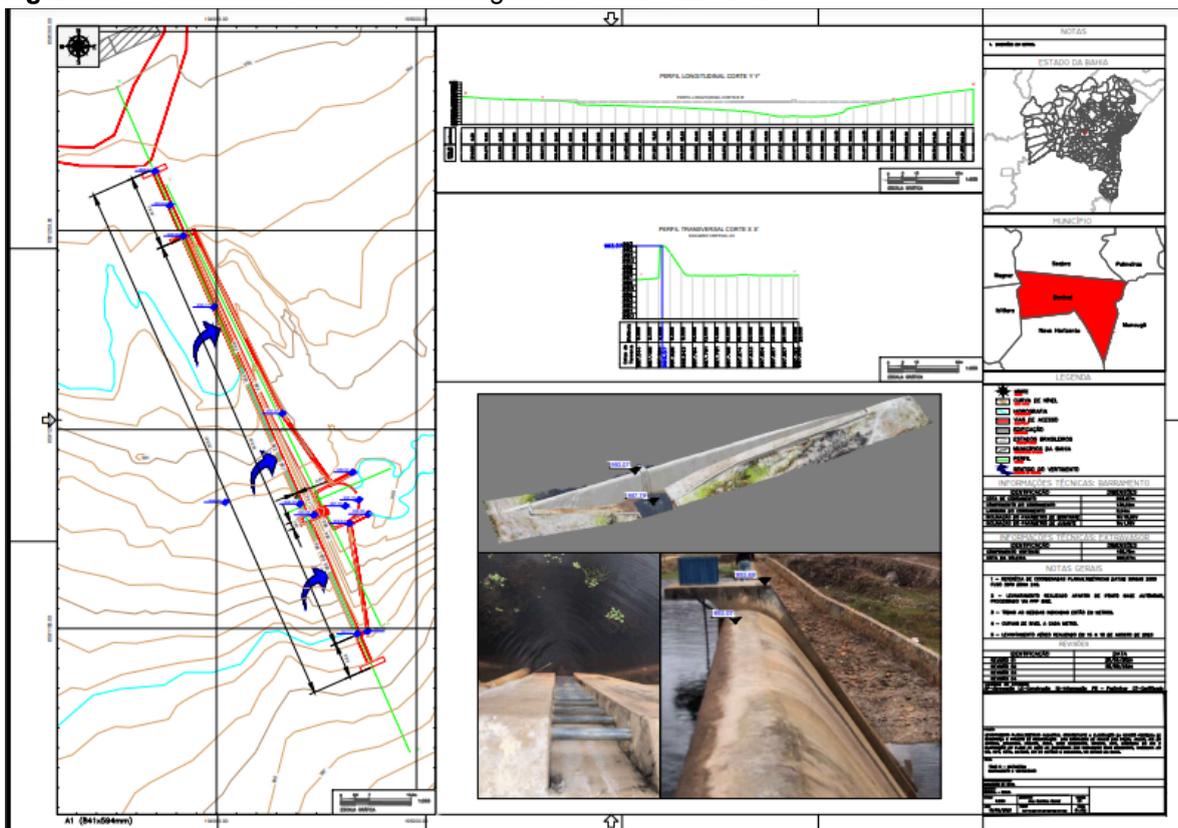
Figura 95 – Prancha da planta geral com ortomosaico



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

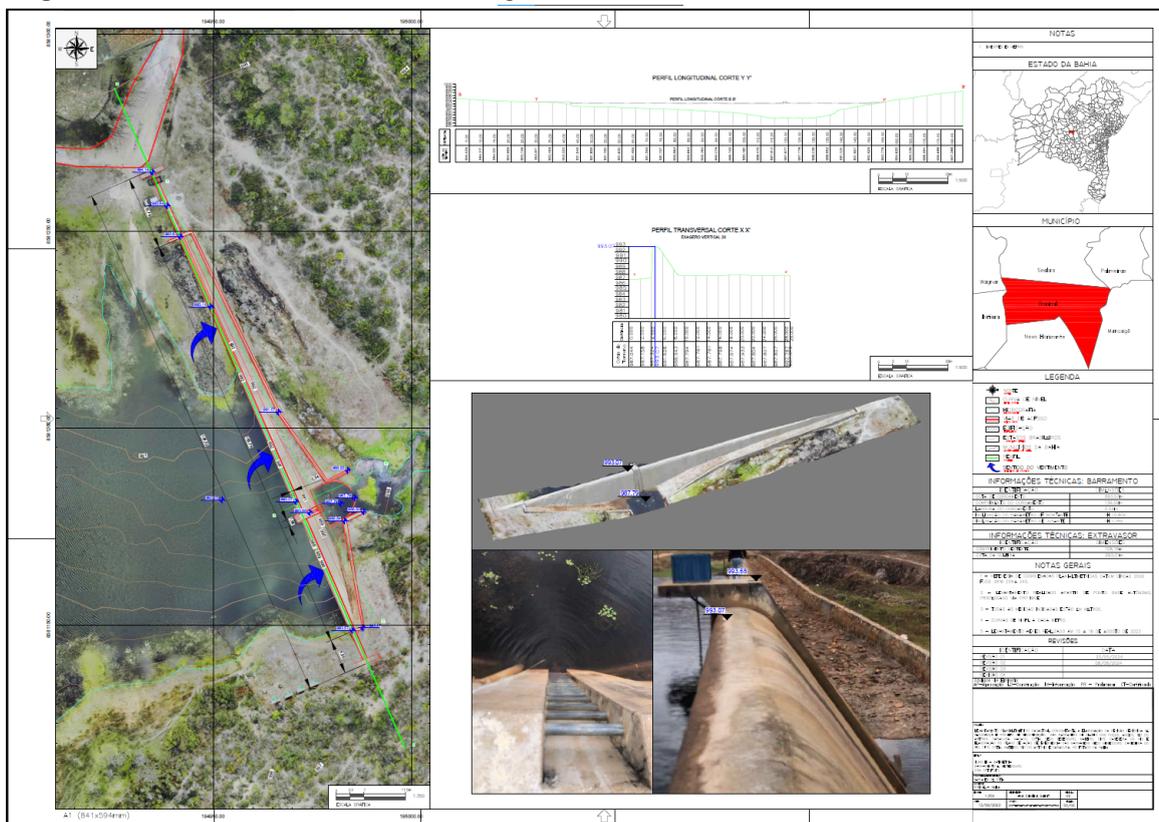
Para além disso, especificamente na região de barramento e vertedouro da barragem foram geridas pranchas planimétricas específicas sem e com ortomosaico, contendo dois perfis, sendo um longitudinal (X X') e um transversal (Y Y'), além de ter sido implementada a vetorização da estrutura principal, das curvas de nível, das indicações devidas de vertimento, das dimensões da barragem, das cotas de nível em locais de importância e do posicionamento de fotos de detalhe da arquitetura estrutural, como pode-se observar pelas Figuras 96 e 97, respectivamente, nas quais para melhor visualização, as pranchas podem ser encontradas na área de apêndice deste volume, com indicação de nome pelo carimbo das tais:

Figura 96 – Prancha de detalhe da barragem de Cotia sem ortofoto



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Figura 97 – Prancha de detalhe da barragem de Cotia com ortofoto



Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

Com a finalidade de facilitar a visualização rápida de informações de grande importância detectadas a partir da confecção da planta de detalhe do vertedouro e barramento, foi instituída a confecção de tabela que podem encontrada acima das notas gerais das pranchas supracitadas. A tabela é dividida entre informações técnicas do barramento, e comporta informações de cota, de comprimento e de largura do coroamento e da inclinação do parâmetro de jusante e de montante, obtidos a partir da análise dos perfis. De outra forma, as informações técnicas do extravasor denota o comprimento da vertente e a cota de soleira. Nesse sentido, tais informações podem ser vistas na Tabela 05:

Tabela 05 – Tabelamento de informações técnicas de barramento e extravasor

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: BARRAMENTO

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COTA DE COROAMENTO	993,57m
COMPRIMENTO DO COROAMENTO	136,52m
LARGURA DO COROAMENTO	0,54m
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE MONTANTE	1H: 10,80V
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE JUSANTE	1H: 1,18V

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: EXTRAVASOR

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COMPRIMENTO VERTENTE	108,78m
COTA DA SOLEIRA	993,07m

Fonte: Drones Solution Engenharia Inovativa, 2024.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado, demonstrado e discutido ao longo do estudo do presente trabalho, foi possível alcançar o objetivo do trabalho proposto ao demonstrar a rigorosidade do método, de modo a afirmar a investigação dos procedimentos do levantamento cadastral de barragem com o uso de drones fornecendo uma oferta de uma base estável de dados para as posteriores etapas que se sucederem, quanto ao tema de segurança de barragens, haja vista regularidade legislativa e técnica conferidas durante a execução de toda a atividade, do momento da sua concepção até o momento de entrega.

No mais, é preciso analisar que a implementação de outras técnicas para completude do projeto são um indicativo de limitação da técnica em determinadas situações, como ocorre com os terrenos que se encontram por baixo de corpos hídricos, sendo necessário o uso de ecobatímetro. De outro modo, regiões com densa vegetação, dificultariam o procedimento utilizado de igual modo, de maneira a se mostrar imprescindível a localização de possíveis clareiras ao longo da mata fechada para a coleta de pontos de solo e posterior triangulação e análise do terreno para efetivação do MDT, etapa que influiria diretamente sobre a logística da entrega do trabalho. Assim, por exemplo, poderiam ser apropriadas outras técnicas como por exemplo a de Laser Scanner, que detém alto valor de custo.

Por outro ângulo, há outros processos técnicos que podem ser requisitados para um determinado fim, haja noção as requisições de escolha do escopo inicial do projeto, como foi o caso do transporte de nível, não de fato indicando limitação do uso de RPA para levantamento planialtimétrico, mas sim uma complementação específica ao objetivo de um certo projeto, neste caso, o conhecimento de algumas materializações de pontos planialtimétricos ao longo do curso do rio.

Cabe também ressaltar que diante da compreensão e das vivências próprias da autora frente à confecção do escopo deste volume, dado o entendimento dos processos, empresas e órgãos responsáveis que agregam à garantia da pauta de segurança das barragens, faz-se legitimada a ciência de que ao ocorrer falha no fluxo que leve a um incidente ou a um desastre, demonstra displicência em um processo que por entendimento primário deveria ser rigoroso. Em suma, de jeito pragmático, é passível da analogia de que um prédio não se sustenta apenas com o

trabalho de um único engenheiro, logo para que demonstre-se grandes falhas, ao custo de vidas, é possível inferir negligência em toda uma cadeia do processo.

Portanto, diante da discussão exposta, faz-se necessário a integralização de novos estudos acadêmicos no que diz respeito à análise do uso de drones em trabalhos de segurança de construções, incluindo barragens, com o fito de constituir uma cultura de referência no Brasil quanto aos processos técnicos confiáveis de inspeções periódicas de segurança, tendo a finalidade assegurar as questões econômicas, sociais e ambientais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROFLY. Aeromodelo Treinador Piper Completo Controle 6 Ch Kit 5, sd. Disponível em:

https://www.aerofly.com.br/kits/kit-5-completo/aeromodelo-treinador-piper-completo-controle-6-ch-kit-5?variant_id=61. Acesso em: 15 de jan. 2025.

AEROMODELISMO. Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/aerodesporto/aeromodelismo>. Acesso em: 06 dez. 2024.

AGÊNCIA Nacional de Águas e Saneamento Básico, Consultar Barragens Cotia, SNISB, 2024. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/consultar-barragem/detalhe-barragem/7107>. Acesso em: 17 dez. 2024.

AGISOFT, Brandbook, sd. Disponível em: <https://www.agisoft.com/brandbook/>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

ANA, SNISB. Quem fiscaliza, 2024. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/quem-fiscaliza>. Acesso em: 09 de dez. 2024.

ANA, SNISB. Relatórios de Segurança de Barragens, sd. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem> Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL tem 1 milhão vivendo perto de barragens de risco. DW, 2022. Disponível em:

[https://www.dw.com/pt-br/brasil-tem-1-milhão-vivendo-perto-de-barragens-de-risco/a-61611264#:~:text=Quase%201%20milhão%20de%20pessoas,Segurança%20de%20Barragens%20\(SNISB\)](https://www.dw.com/pt-br/brasil-tem-1-milhão-vivendo-perto-de-barragens-de-risco/a-61611264#:~:text=Quase%201%20milhão%20de%20pessoas,Segurança%20de%20Barragens%20(SNISB).). Acesso em: 12 dez. 2024.

BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 236/2017, de 30 De Janeiro De 2017. Estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência. Brasil: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2017. Disponível em:

<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2017/236>. Acesso em: 17 dez. 2024.

BRASIL, ANA, Perguntas Frequentes, sd. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/perguntas-frequentes#:~:text=O%20Plano%20de%20Segurança%20da,Plano%20de%20Segurança%20de%20Barragens?>. Acesso em: 09 jan de 2025.

BRASIL, ANA, SNISB, Início, 2024. Disponível em:

<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/inicio>. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL, Departamento de Controle de Espaço Aéreo. Portaria Decea Nº 928/DNOR8 de 15 De Maio de 2023, ICA 100-40, Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre “Aeronaves não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. Disponível em:

<https://www.decea.mil.br/drone/docs/ICA%20100-40%20-%20Aeronaves%20n%C3%A3o%20Tripuladas%20e%20o%20Acesso%20ao%20Espa%C3%A7o%20A%C3%A9reo%20Brasileiro%202023%20-%20BCA%20103%2006.06.23.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

BRASIL, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. O que é um observador de RPA?, 2013. Disponível em:

<https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/o-que-e-um-observador-de-rpa/>. Acesso em: 15 de jan. 2025.

BRASIL, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. SARPAS NG – Qual a diferença entre operação de drone VLOS e EVLOS?. Disponível em:

<https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/qual-a-diferenca-entre-operacao-de-drone-vlos-e-evlos/>. Acesso em: 15 de jan. 2025.

BRASIL, Governo Federal. Solicitar inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades, 2023. Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais. Disponível em:

<https://www.gov.br/pt-br/servicos/registrar-atividades-potencialmente-poluidoras-ou-utilizadoras-de-recursos-ambientais>. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL, Ibama. Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF/AIDA), 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/cadastros/ctf/ctf-aida>. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sd. IBGE-PPP - Serviço online para pós-processamento de dados GNSS, sd. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

BRASIL, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. ANA. 20 anos Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB, 2020.

https://catalogo.ipea.gov.br/uploads/305_1.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.

BRASIL, Instituto Nacional De Colonização E Reforma Agrária. Manual Técnico De Posicionamento Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 2013. Disponível em:

https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_tecnico_posicionamento_1ed.pdf. Acesso em: 18 de jan. 2025.

BRASIL, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, CNRH, 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/cnrh/conselho-nacional-de-recursos-hidricos-2013-cnrh>. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (Sinima), sd. Disponível em:
<https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/11232-sistema-nacional-de-informações-sobre-meio-ambiente-sinima.html>. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, sd . Disponível em:
<https://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. DECEA: Drones Classe 3 (RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg). DECEA, 01 de nov. de 2021. Disponível em:
<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/aeronaves-nao-tripuladas-da-classe-3-com-peso-maximo-de-deco-lagem-maior-que-250g-e-ate-25-kg>, Acesso em: 15 de jan. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar ISE94-003A, de 03 de Maio de 2017. Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas. Brasil: ANAC, 2017. Disponível em:
<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

BRASIL. ANA. Fiscalização de barragens, ca. 2023. Disponível em:
<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/fiscalizacao/fiscalizacao-de-seguranca-de-barragens#:~:text=A%20Política%20Nacional%20de%20Segurança,a%20geração%20de%20energia%20elétrica>. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. DECRETO N° 89.817, de 20 de Junho De 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasil, 1984. Disponível em:
<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-89817-20-junho-1984-439814-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 17 de jan. 2025.

BRASIL, IBGE, Malha Municipal, 2023. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 04 dez. 2024.

BRASIL, IBGE, Redes Geodésicas, sd, Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-continuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

BRASIL. DECEA esclarece normas para voos de drones no Brasil, ca. 2021. Disponível em:
<https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/ultimas-noticias/871-decea-esclarece-normas-para-voos-de-drones-no-brasil#:~:text=No%20Brasil%2C%20segundo%20a%20legislação,e%20possuir%20carga%20útil%20embarcada>. Acesso em: 06 dez. 2024.

BRASIL. Ibama. Segurança de Barragens, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/emergencias-ambientais/seguranca-de-barragens#comunicar-acidente-barragens>. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos (1997). atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-143-2012.pdf. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. Política Nacional de Segurança de Barragens (1988). Lei LEI Nº 14.066, altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. QUAL a diferença entre RPAS e aeromodelo?. DECEA, 2023. Disponível em: <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/qual-a-diferenca-entre-rpa-e-aeromodelo/#:~:text=Os%20aeromodelos%20são%20aeronaves%20remotamente,comerciais%2C%20atividades%20especializadas%20ou%20corporativas>. Acesso em: 06 dez. 2024.

BRITO, J. L. N. S., Coelho Filho, L. C. T., Fotogrametria digital, UERJ, 2009. Disponível em: https://c487c27585.clvaw-cdnwnd.com/0d16f92baaaa598c13d9bb84d71da246/200000166-592785a262/APOSTILA_FOTOGAMETRIA_DIGITAL_UERJ_2009.pdf. Acesso em: 07 dez. 2024.

BURACOS no Ortofotomosaico: como evitar?, DroneEng, 2019. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/buracos-no-ortofotomosaico-como-evitar/>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

CENTRO de Ciências Humanas e da Educação, UDESC, Noções Teóricas e Práticas de Fotogrametria, sd. Disponível em: https://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/815/fotogrametria_material_02.pdf. Acesso em: 18 de jan. 2025.

CPE Tecnologia. Nível Eletrônico Geodetic DL-202, sd. Disponível em: <https://www.cpetecnologia.com.br/nivel-eletronico-geodetic-dl202/p>. Acesso em: 15 de jan. 2025.

DEFINIÇÕES importantes sobre Segurança de Barragens. SNISB, ca 2010. Disponível em:

https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/outros/definicoes-importantes-sobre-seguranca-de-barragem.pdf. 08 dez. 2024.

DIRECTINDUSTRY, Drone aquático autônomo APACHE 3, sd. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/chc-navigation-chcnav/product-174453-2050973.html>. Acesso em: 02 de fev. 2025.

DJI, DJI Mini 4 Pro, ca. 2022. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mini-4-pro/video>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

GALERA MONICO, J. M. et al. Acurácia e Precisão: Revendo Os Conceitos De Forma Acurada, Boletim de Ciências Geodésicas, vol. 15, núm. 3, jul-set, 2009, pg. 469-483. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3939/393937709010.pdf>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

GIOVANINI, A, Ortorretificação: o que é e como funciona? Adenilson Giovanini. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/ortorretificacao/>. Acesso em: 19 de jan. 2025.

GNSS RTK i50, GEOTOP. Disponível em: <https://geotopcascavel.com.br/produtos/gnss-rtk-i50/>. Acesso em: 02 de fev. 2025.

LOJA DJI, Drone DJI Mavic 3 Pro, 2022. Disponível em: <https://www.lojadji.com.br/drone-dji-mavic-3-pro-fly-more-combo-rc-dji029/p>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

MARINHO, Daniel. Drones: solicitações de voos aumentam 25% em 2023. DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=drones-solicicoes-de-voos-aumentam-25-em-2023. Acesso em: 13 ago. 2024.

MARTIN, L, Ortorretificação, como funciona?, EngSat, sd. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/ortorretificacao-como-funciona/>. Acesso em: 19 de jan. 2025.

MARTIN, L, Ortorretificação, o que é e para que serve?, EngSat, sd. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/ortorretificacao-o-que-e/>. Acesso em: 19 de jan. 2025.

NASCIMENTO, Ana Juvelina da Silva; DENADAI, Marcelo Scantamburlo. Drone: a história desta tecnologia / Drone: the history of this technology. Tekhne e Logos, Botucatu, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 45-56, setembro, 2021. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/746/445>. Acesso em: 13 ago. 2024.

NETO, M. S., Acurácia e Precisão no Mapeamento Aéreo com Drones, DroneEng, 2019. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/acuracia-e-precisao/>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

NETO, M. S., GSD: Como escolher o melhor para o seu projeto, DroneEng, 2023. Disponível em:

<https://blog.droneng.com.br/gsd-como-escolher-o-melhor-para-o-seu-projeto/>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

NETO, M. S., GNSS: Linha de base x Tempo de coleta, DroneEng, 2023. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/gnss-linha-de-base-x-tempo-de-coleta/>. Acesso em: 17 de jan. 2025.

NETO, M. S., Modelos 3D: Como são gerados através dos drones?, DroneEng, 2017. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/modelos-3d-como-sao-gerados/>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

NETO, M. S., Para que serve o GSD?, DroneEng, 2016. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/gsd/>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

NETO, S. P., Quais São as Diferenças Entre Aeronaves Remotamente Pilotadas de Asa Fixa e Multirrotores?, Auster Tecnologia, 2017. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/2017/05/27/diferencas-asa-fixa-multirrotores>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

O que são o Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS)?, Mappa, 2023. Disponível em: <https://mappa.ag/blog/modelos-digitais-de-terreno-e-superficie-mdt-e-mds/#:~:text=A%20filtragem%20nada%20mais%20é,dados%20de%20altimetria%20do%20solo>. Acesso em: 17 de jan. 2025.

QUAIS são os tipos de barragens que existem?. IBERDROLA, ca. 2022. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/energia-hidreletrica/tipos-barragens#:~:text=São%20conhecidos%20como%20barragens%20de,devido%20a o%20empuxo%20da%20água>. Acesso em: 05 dez. 2024.

RODRIGUES, T. C. S., Kux, H. J. H, Albuquerque P. C. G. de. Processo de ortorretificação para correção geométrica em imagens WorldView-II, Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0507.pdf>. Acesso em: 19 de jan. 2025.

RTK vs. PPK Drone Mapping: What's the Difference?, JOUAV, 2024. Disponível em: <https://www.jouav.com/blog/rtk-drone.html>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

SALA de Física. Visão Binocular, sd. Disponível em: <https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/binocular.html>. Acesso em: 16 de jan. 2025.

SÉRIE DJI Mavic 3 Enterprise: Especificações. DJI, ca. 2022. Disponível em: <https://enterprise.dji.com/pt-br/mavic-3-enterprise/specs> Acesso em: 07 dez. 2024.

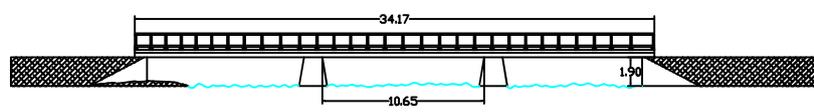
SILVA, Moisés Câmara da. A “Revolução Militar” dos drones (2001 a 2018): da “Caçada Humana” no Afeganistão às várias frentes de batalha no Oriente Médio e ao aumento da escala da guerra entre as “Grandes Potências”. 2018 - Universidade Estadual Da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3435>. Acesso em: 13 ago. 2024.

TOMMASELLI, A. M. G. Fotogrametria Básica - Introdução, UDESC, 2009..

Disponível em:

https://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf.

Acesso em: 28 nov. 2024.

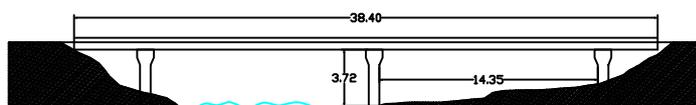


Escala:
1:500

LEGENDAS	
	NORTE
	CURVA DE NIVEL
	RIO
	ESTRUTURAS TRANSVERSAIS
	RUAS DE ACESSOS
	COTA

ESCALA GRÁFICA 1:250

Apêndice B - Prancha da Estrutura 02: Ponte 02 com ortomosaico



LEGENDAS



NORTE



CURVA DE NIVEL



RIO



ESTRUTURAS TRANSVERSAIS



RUAS DE ACESSOS



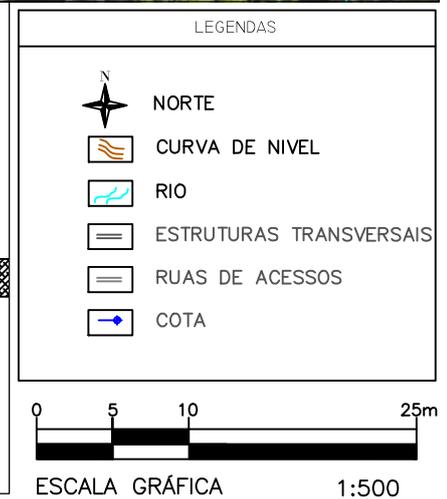
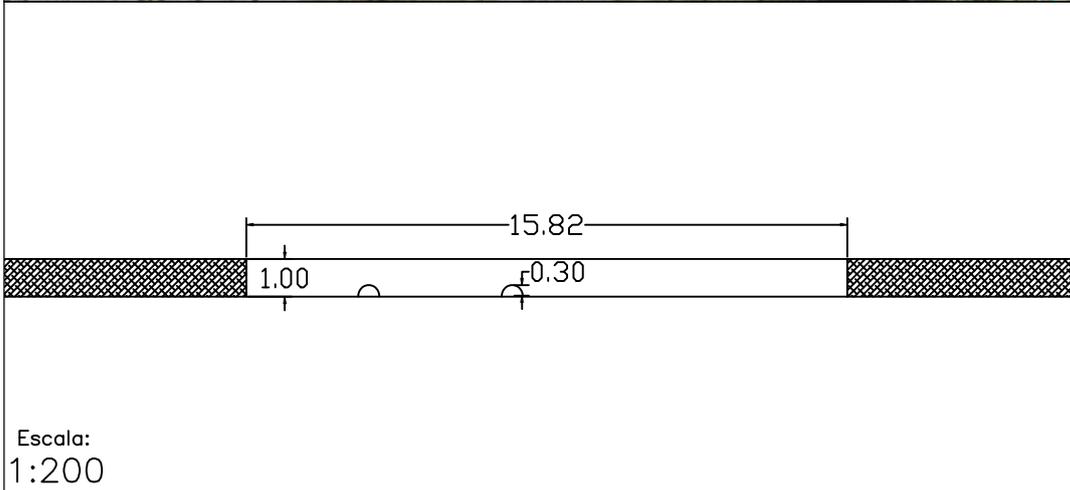
COTA



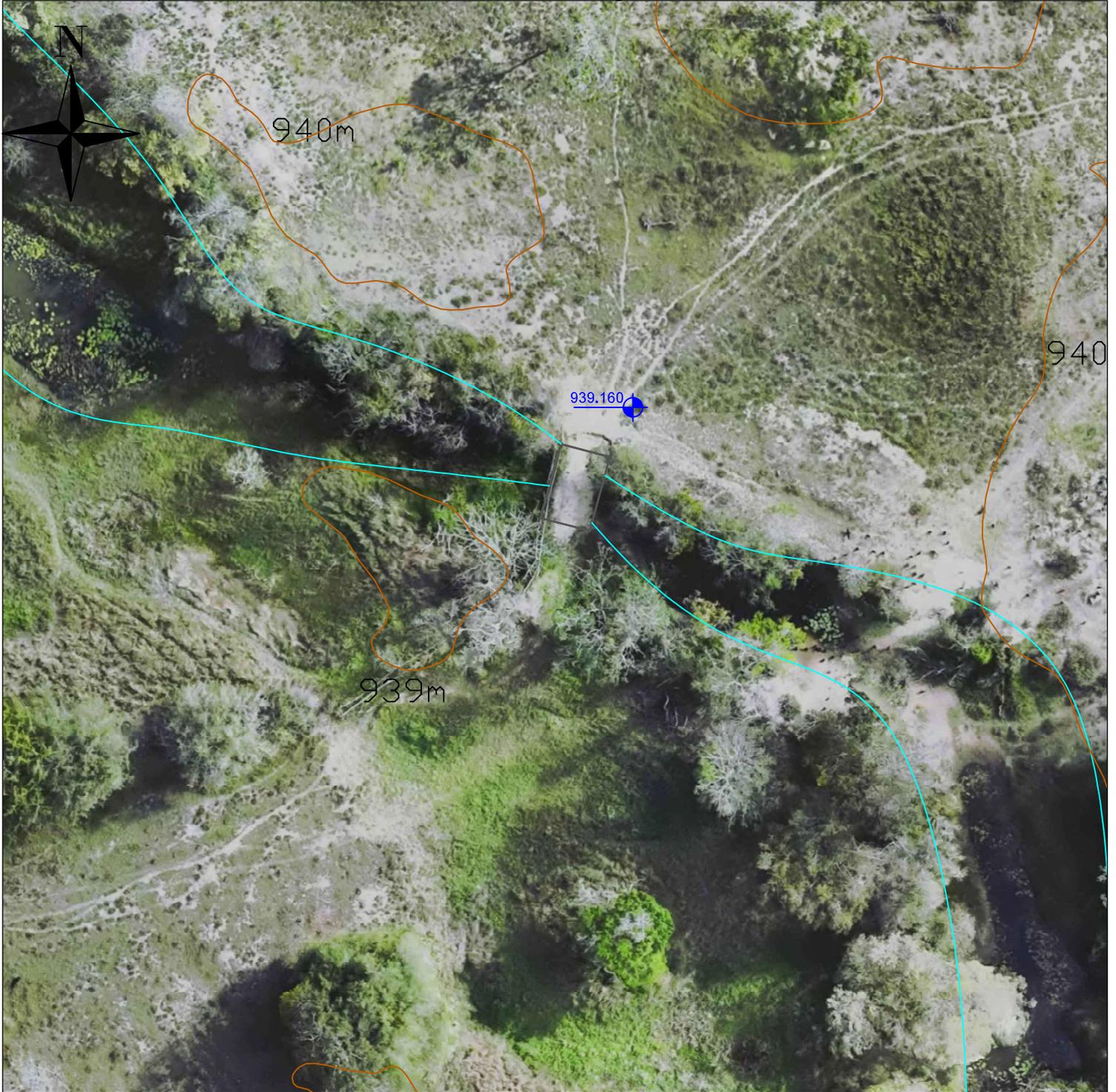
ESCALA GRÁFICA

1:500

Apêndice C - Prancha da Estrutura 03: Passagem molhada 01 com ortomosaico



Apêndice D - Prancha da Estrutura 04: Passagem molhada 02 com ortomosaico

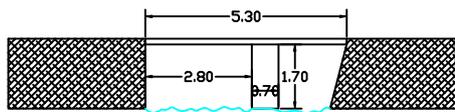


LEGENDAS	
	NORTE
	CURVA DE NIVEL
	RIO
	ESTRUTURAS TRANSVERSAIS
	RUAS DE ACESSOS
	COTA



ESCALA GRÁFICA 1:500

Apêndice E - Prancha da Estrutura 05: Ponte 03 com ortomosaico



Escala:
1:200

LEGENDAS



NORTE



CURVA DE NIVEL



RIO



ESTRUTURAS TRANSVERSAIS



RUAS DE ACESSOS

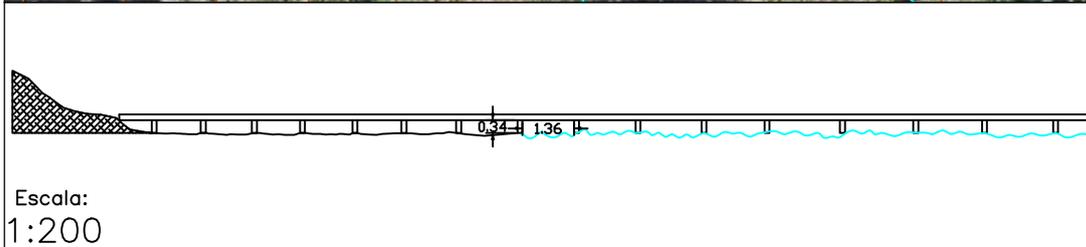


COTA

ESCALA GRÁFICA

1:250

Apêndice F - Prancha da Estrutura 06: Passarela 01 com ortomosaico



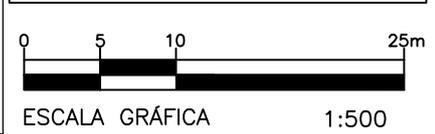
Escala:
1:200



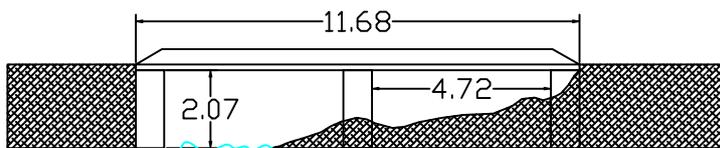
Escala:
1:2000

LEGENDAS

	NORTE
	CURVA DE NIVEL
	RIO
	ESTRUTURAS TRANSVERSAIS
	RUAS DE ACESSOS
	COTA



Apêndice G - Prancha da Estrutura 07: Ponte 04 com ortomosaico



Escala:
1:200

LEGENDAS



NORTE



CURVA DE NIVEL



RIO



ESTRUTURAS TRANSVERSAIS



RUAS DE ACESSOS

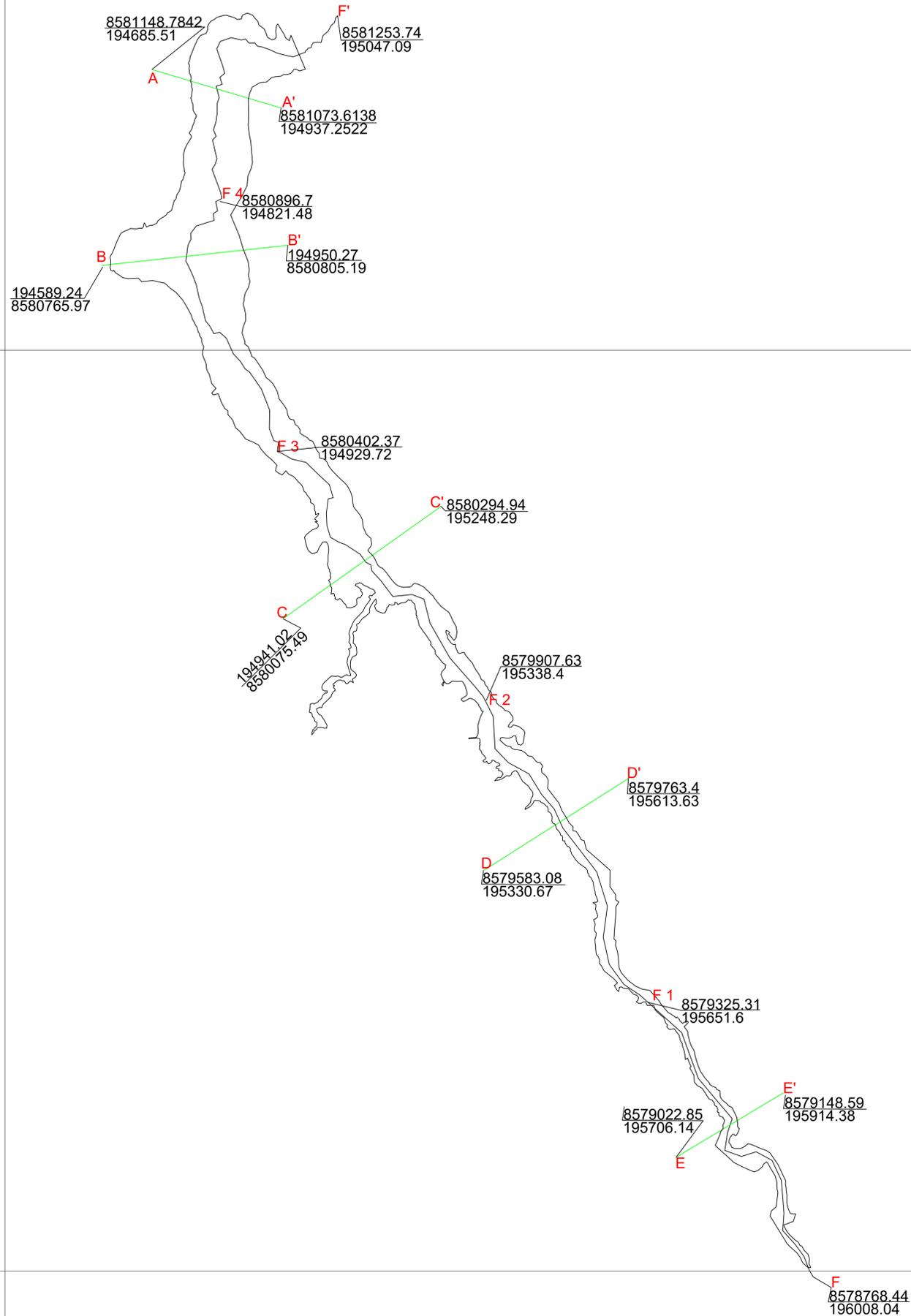


COTA



ESCALA GRÁFICA

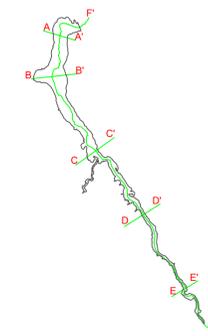
1:250



NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.
DIMENSIONS IN METERS.

DESENHOS DE REFERÊNCIA



LEGENDA

- NORTE
- NÍVEL DA ÁGUA
- NÍVEL DELE
- LEITO/PROFUNDIDADE
- CONTOURO DE BARRAGEM
- PERFIL

NOTAS GERAIS

- 1 - REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANIALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39°W ZONA 24S.
- 2 - LEVANTAMENTO REALIZADO APARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- 3 - TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- 4 - CURVAS DE NÍVEL A CADA METRO.
- 5 - LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO EM 15 A 18 DE AGOSTO DE 2023.

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	
REVISÃO 02	
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

Códigos de Emissão
AP-Aprovação LC-Construção IN-Infomção PR - Preliminar CT-Certificado

PROJETO:
PERFIS DE BATIMETRIA FEITOS CONCOMITANTEMENTE À ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MACAÇO, COTIA, BECO BEBEDOURO, MATERO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BECO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATERO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

TÍTULO:
TOMO III - BATIMETRIA
BARRAGEM DE COTIA - POLIGONAL

PROPRIEDADE/EMPRESA:
BARRAGEM DE COTIA

LOCALIZAÇÃO:
BARRAGEM DE COTIA - BAHIA

ESCALA:	DESENHISTA:	REVISÃO:
1:5000	Ana Carolina Sarraf	00
DATA:	CODIGO:	TIPO DE:
22/05/2024	0187-TH-BAT-BA-PER-FOLIO-007	07/07

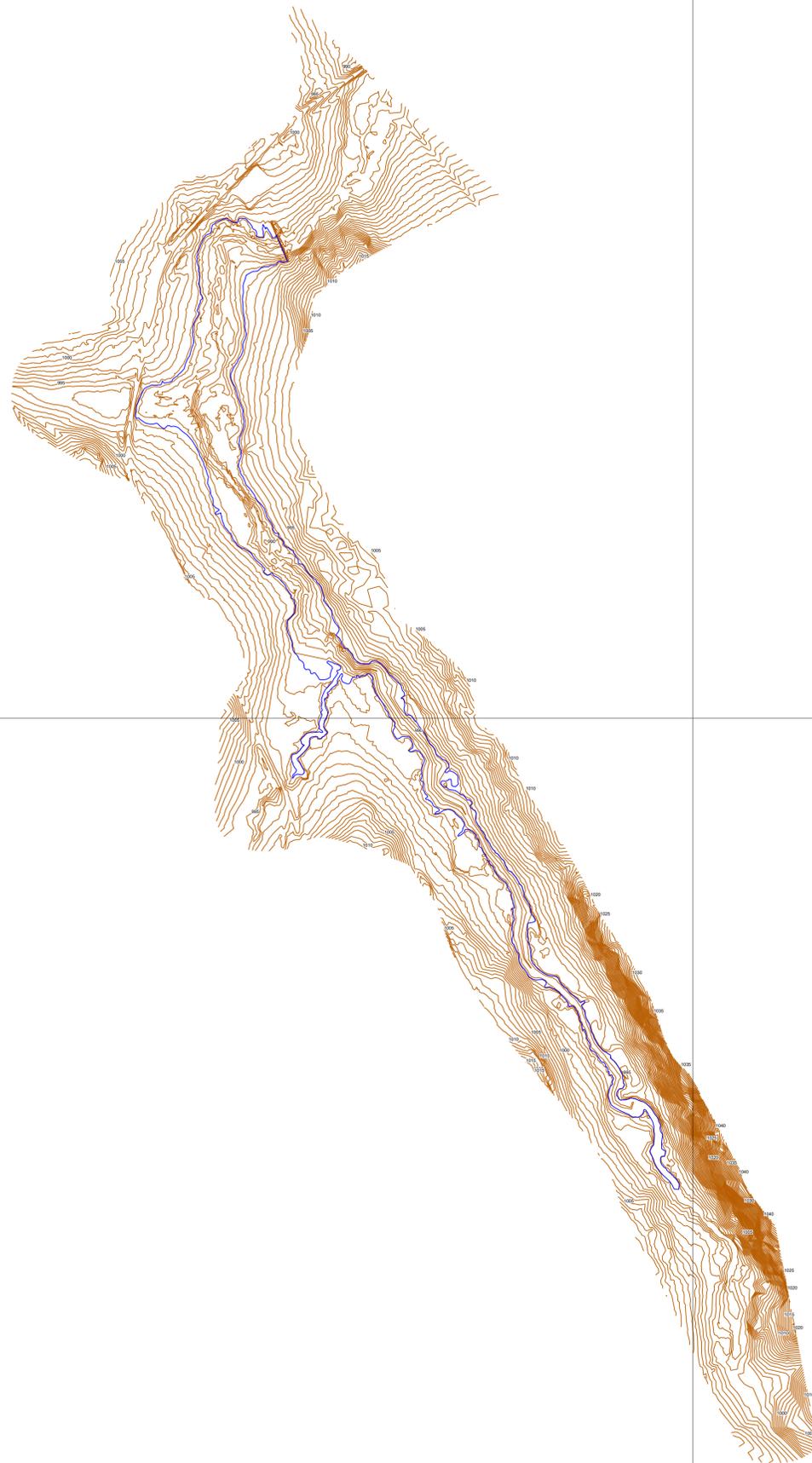


8580600.00



8576800.00





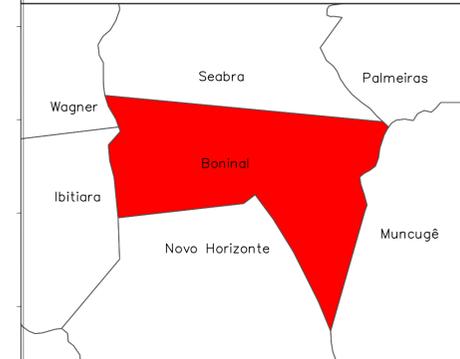
NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.
DIMENSIONS IN METERS.

ESTADO DA BAHIA



MUNICÍPIO



LEGENDA

- NORTE
- CURVA DE NÍVEL
- ESTADOS BRASILEIROS
- MUNICÍPIOS DA BAHIA
- LAGOA

NOTAS GERAIS

- 1 - REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39°W ZONA 24S.
- 2 - LEVANTAMENTO REALIZADO A PARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- 3 - TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- 4 - CURVAS DE NÍVEL A CADA METRO.
- 5 - LEVANTAMENTO AEREO REALIZADO EM 15 A 18 DE AGOSTO DE 2023.

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	18/07/2024
REVISÃO 02	08/08/2024
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

PROJETO:
LEVANTAMENTO PLANALTIMÉTRICO CADASTRAL CONCOMITANTE A ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGOIO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MANGÃO, COTIA, BEÇO BEBEDOURO, MATEIRO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BEÇO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATEIRO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

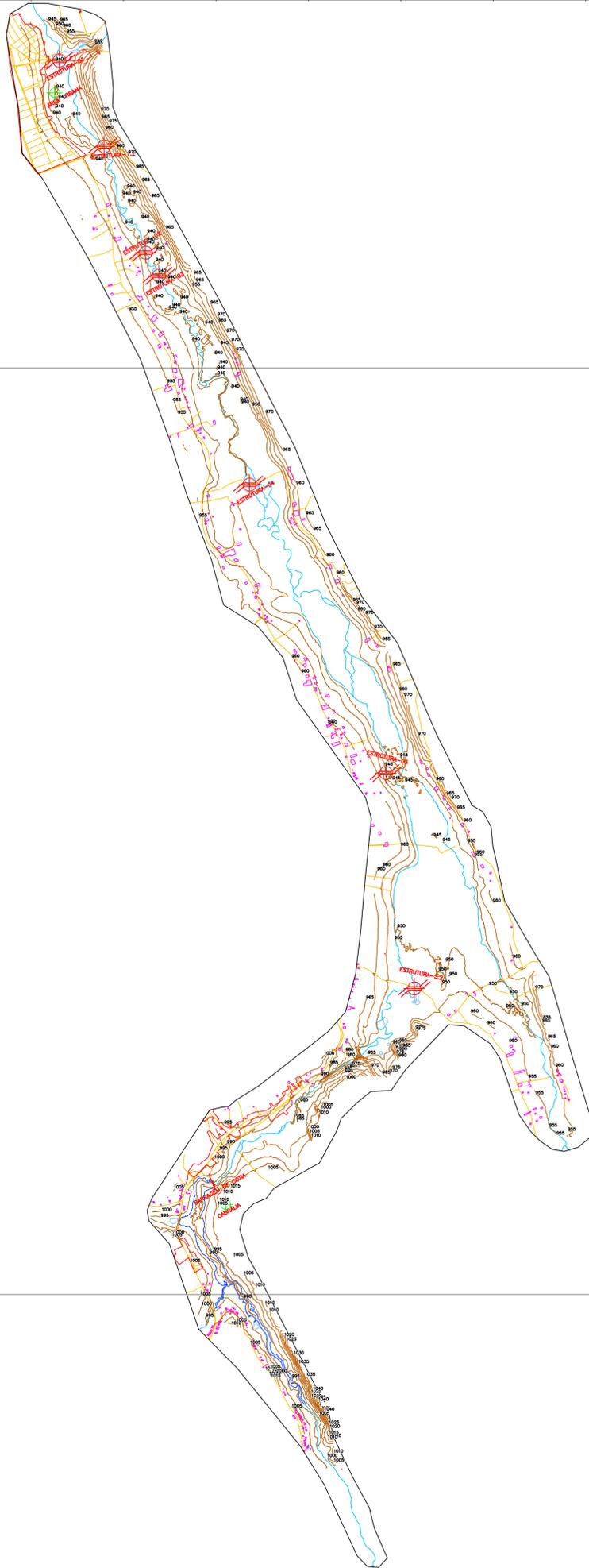
TÍTULO:
TOMO III - BATIMETRIA
CURVAS DE NÍVEL DE 1m

PROPRIEDADE/EMPRESA:
BARRAGEM DE COTIA

MUNICÍPIO:
BONINAL - BAHIA

ESCALA: 1:7500	DESENHISTA: Ana Carolina Sarráf	REVISÃO: 02
DATA: 22/05/2024	CODIGO: 0197-TR-647-007-04-01-02	FOLHA: 01/01

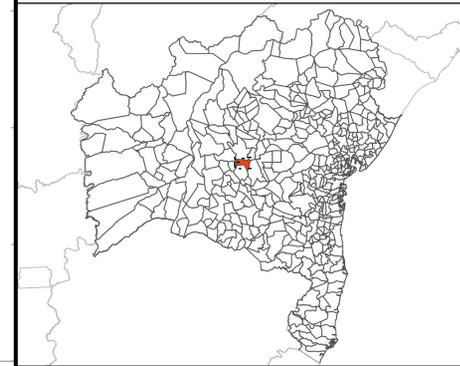




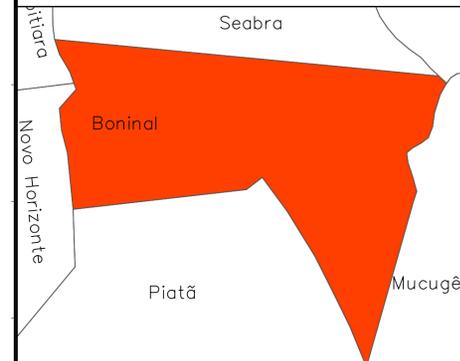
NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.

ESTADO DA BAHIA



MUNICÍPIOS



LEGENDA

- NORTE
- ÁREAS URBANIZADAS
- BARRAMENTO
- CURVA DE NIVEL
- DISTRITO
- EDIFICAÇÕES
- ESTADOS BRASILEIROS
- ESTRUTURAS TRANSVERSAIS
- FERROVIA
- HIDROGRAFIA
- LAGOA
- MUNICÍPIOS DO ESTADO DA BAHIA
- PERÍMETRO DA ÁREA LEVANTADA
- RESERVATÓRIOS
- VIAS

QUADRO ANALÍTICO

VIAS:	51.958,96 m
EDIFICAÇÕES:	423 unidades
ESTRUTURAS TRANSVERSAIS:	07 unidades
ÁREAS URBANIZADAS:	852022,9

NOTAS GERAIS

- 1 – REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANIALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39W ZONA 24S.
- 2 – LEVANTAMENTO REALIZADO A PARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- 3 – TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- 4 – CURVAS DE NIVEL A CADA 5 METROS.
- 5 – LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO EM 15 a 18 DE AGOSTO DE 2023.

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	21/05/2024
REVISÃO 02	08/08/2024
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

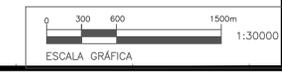
Códigos de Emissão
AP-Aprovação LC-Construção IN-Informação PR - Preliminar CT-Certificado

PROJETO
LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL CONCOMITANTE A ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGIO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MACACO, COTIA, BECO BEBEDOURO, MATERO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BECO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATERO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

TÍTULO
TOMO V – TOPOGRAFIA
PLANTA GERAL COM ORTOFOTO

PROPRIEDADE/LOCALIZAÇÃO
BARRAGEM DE COTIA

MUNICÍPIO
BONINAL - BAHIA



ESCALA	DESENHISTA	REVISÃO
1:30000	Ana Carolina Sarraf	02
DATA	PROJETA	FECHA
23/08/2023	0191-IV-109-COT-DE-PLANT-GEN-001-002	01/02

8550000.00



8550000.00



8580000.00

8580000.00

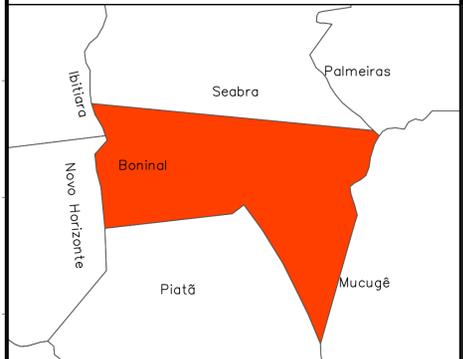
NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.

ESTADO DA BAHIA



MUNICÍPIOS



LEGENDA

- NORTE
- ÁREAS URBANIZADAS
- BARRAMENTO
- CURVA DE NIVEL
- DISTRITO
- EDIFICAÇÕES
- ESTADOS BRASILEIROS
- ESTRUTURAS TRANSVERSAIS
- FERROVIA
- HIDROGRAFIA
- LAGOA
- MUNICÍPIOS DO ESTADO DA BAHIA
- PERÍMETRO DA ÁREA LEVANTADA
- RESERVATÓRIOS
- VIAS

QUADRO ANALÍTICO

VIAS:	51.958,96 m
EDIFICAÇÕES:	423 unidades
ESTRUTURAS TRANSVERSAIS:	07 unidades
ÁREAS URBANIZADAS:	852022,9

NOTAS GERAIS

- 1 – REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANIALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39W ZONA 24S.
- 2 – LEVANTAMENTO REALIZADO A PARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- 3 – TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- 4 – CURVAS DE NIVEL A CADA 5 METROS.
- 5 – LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO EM 15 a 18 DE AGOSTO DE 2023.

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	21/05/2024
REVISÃO 02	08/08/2024
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

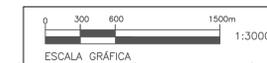
Códigos de Emissão
AP-Aprovação LC-Construção IN-Informação PR - Preliminar CT-Certificado

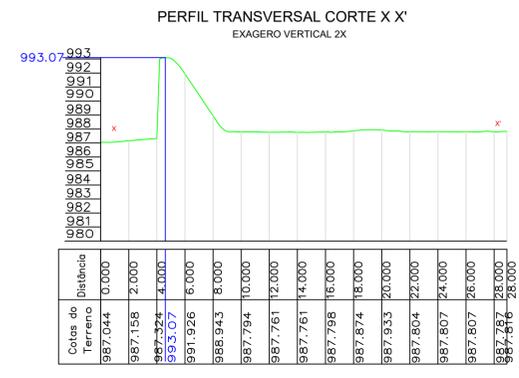
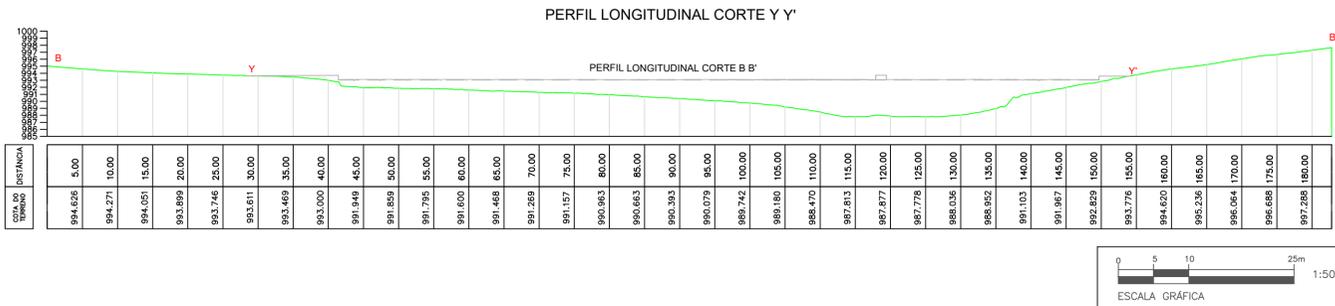
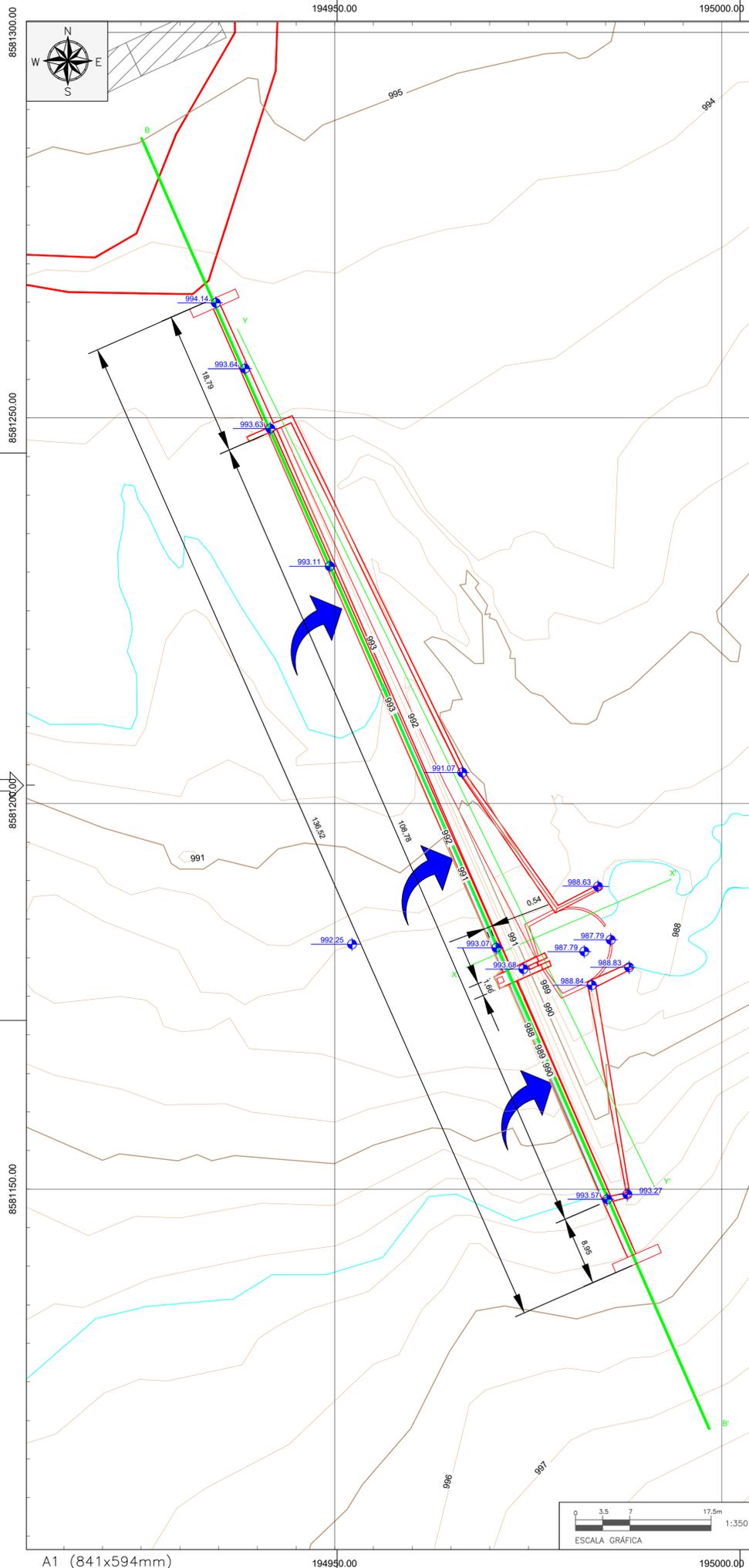
PROJETO
LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL CONCOMITANTE A ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGIO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MACACO, COTIA, BECO BEBEDOURO, MATERO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BECO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATERO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

TÍTULO
TOMO V – TOPOGRAFIA
PLANTA GERAL COM ORTOFOTO

PROPRIEDADE/LOCALIZAÇÃO
MUNICÍPIO – BAHIA
BARRAGEM DE COTIA

ESCALA	DESENHISTA	REVISÃO
1:30000	Ana Carolina Sarraf	02
DATA	DATA	DATA
23/08/2023	08/08/2024	02/02





NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.

ESTADO DA BAHIA

MUNICÍPIO

Seabra, Palmeiras, Wagner, Boninal, Novo Horizonte, Muncugê, Ibitiara

LEGENDA

- NORTE
- CURVA DE NÍVEL
- HIDROGRAFIA
- VIAS DE ACESSO
- EDIFICAÇÃO
- ESTADOS BRASILEIROS
- MUNICÍPIOS DA BAHIA
- PERFIL
- SENTIDO DO VERTIMENTO

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: BARRAMENTO

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COTA DE COROAMENTO	993,57m
COMPRIMENTO DO COROAMENTO	136,52m
LARGURA DO COROAMENTO	0,54m
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE MONTANTE	1H:10,80V
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE JUSANTE	1H:1,18V

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: EXTRAVASOR

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COMPRIMENTO VERTENTE	108,78m
COTA DA SOLEIRA	993,07m

NOTAS GERAIS

- REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANIALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39°W ZONA 24S.
- LEVANTAMENTO REALIZADO APARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- CURVAS DE NÍVEL A CADA METRO.
- LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO EM 15 A 18 DE AGOSTO DE 2023

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	20/05/2024
REVISÃO 02	08/08/2024
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

Códigos de Emissão
AP-Aprovação LC-Construção IN-Infomção PR - Preliminar CT-Certificado

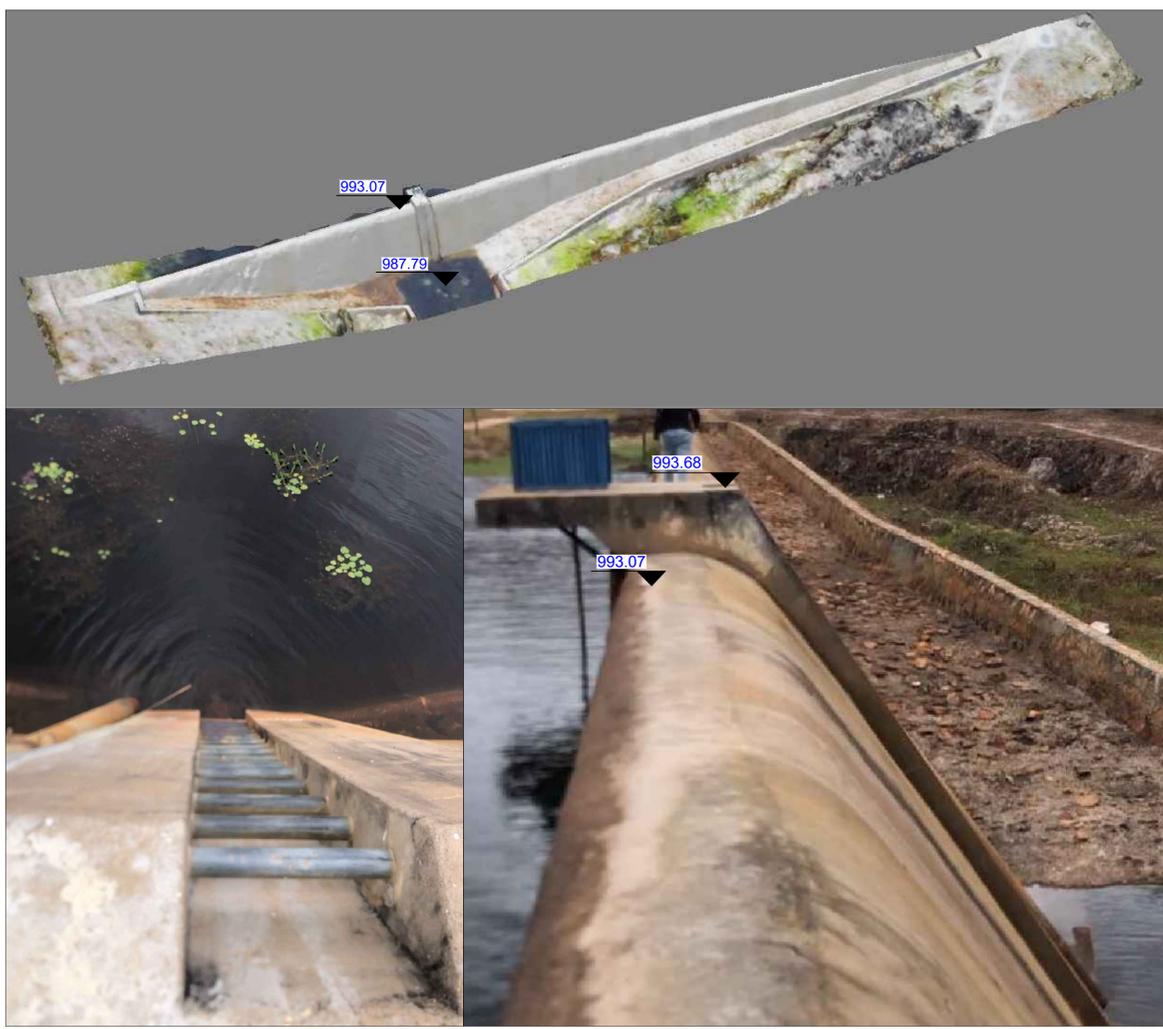
PROJETO: LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL CONCOMITANTE A ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGOÇO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MACAÇO, COTIA, BECO BEBEDOURO, MATERO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BECO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATERO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

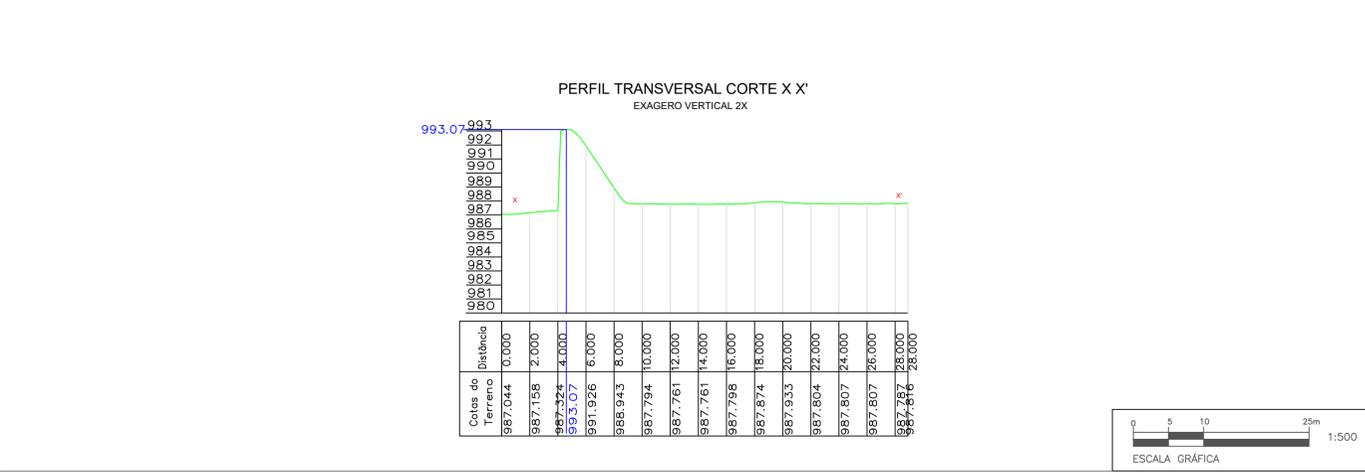
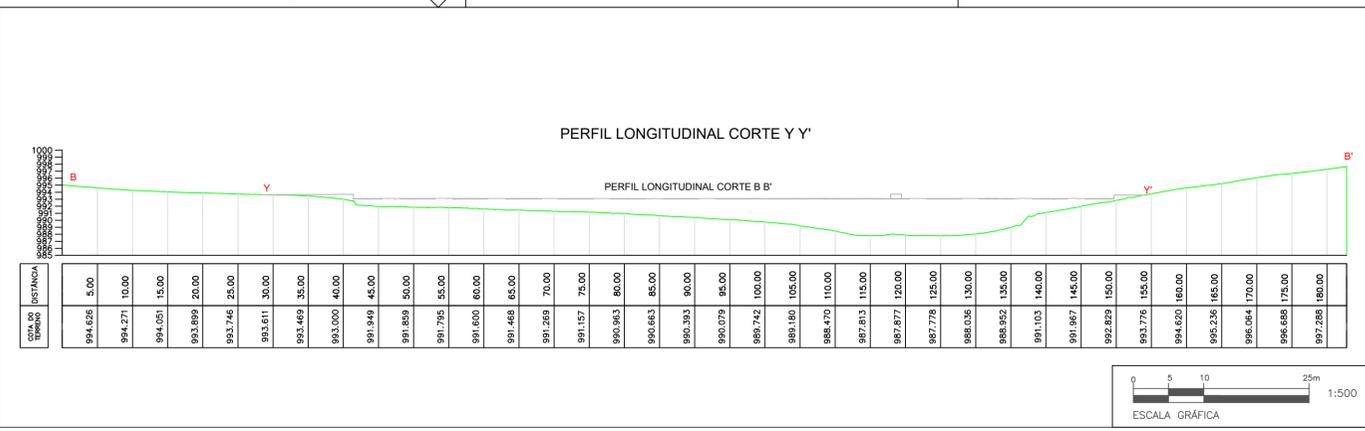
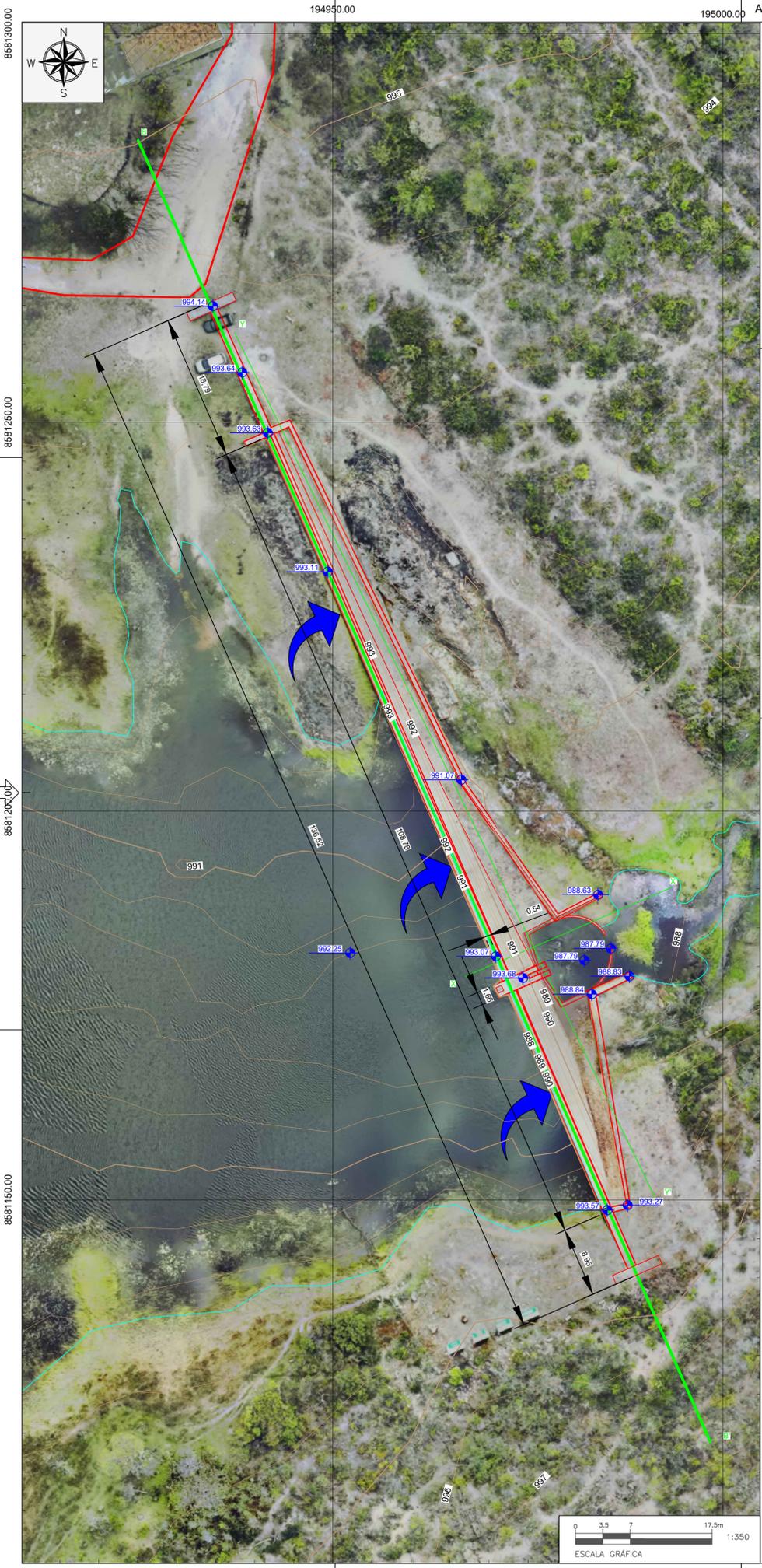
TIPO: TOMO III - BATIMETRIA BARRAMENTO E VERTEDOURO

PROPRIEDADE/EMPRESA: BARRAGEM DE COTIA

ESCALA	DESENHISTA	REVISÃO
1:350	Ana Carolina Sarraf	01

DATA: 13/09/2023 CÍDULO: 0107-10-001-01-001-001-002 FOLHA: 01/02





NOTAS

1. DIMENSÕES EM METROS.

ESTADO DA BAHIA

MUNICÍPIO

LEGENDA

- NORTE
- CURVA DE NÍVEL
- HIDROGRAFIA
- VIAS DE ACESSO
- EDIFICAÇÃO
- ESTADOS BRASILEIROS
- MUNICÍPIOS DA BAHIA
- PERFIL
- SENTIDO DO VERTIMENTO

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: BARRAMENTO

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COTA DE COROAMENTO	993,57m
COMPRIMENTO DO COROAMENTO	136,52m
LARGURA DO COROAMENTO	0,54m
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE MONTANTE	1H:10,80V
INCLINAÇÃO DO PARÂMETRO DE JUSANTE	1H:1,18V

INFORMAÇÕES TÉCNICAS: EXTRAVASOR

IDENTIFICAÇÃO	DIMENSÕES
COMPRIMENTO VERTENTE	108,78m
COTA DA SOLEIRA	993,07m

NOTAS GERAIS

- REFERÊNCIA DE COORDENADAS PLANIALTIMÉTRICAS DATUM SIRGAS 2000 FUSO 39°W ZONA 24S.
- LEVANTAMENTO REALIZADO A PARTIR DE PONTO BASE AUTÔNOMO, PROCESSADO VIA PPP IBGE.
- TODAS AS MEDIDAS INDICADAS ESTÃO EM METROS.
- CURVAS DE NÍVEL A CADA METRO.
- LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO EM 15 A 18 DE AGOSTO DE 2023.

REVISÕES

IDENTIFICAÇÃO	DATA
REVISÃO 01	20/05/2024
REVISÃO 02	08/08/2024
REVISÃO 03	
REVISÃO 04	

Códigos de Emissão
 AP-Aprovação LC-Construção IN-Infomação PR - Preliminar CT-Certificado

PROJETO:
 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL CONCOMITANTE A ELABORAÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA E PROJETO DE RECUPERAÇÃO DAS BARRAGENS DE RIACHO DOS POÇOS, ANGOIO, RIO DO ANTONIO, SARACURA, MANGÃO, COTIA, BICO BEBEDOURO, MATERO, CIPÓ, CABECEIRA DO RIO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DAS BARRAGENS BICO BEBEDOURO, CABECEIRA DO RIO, CIPÓ, COTIA, MATERO, RIO DO ANTONIO E SARACURA, NO ESTADO DA BAHIA.

TÍTULO:
 TOMO III - BATIMETRIA BARRAMENTO E VERTEDOURO COM ORTOFOTO

PROJETADEIRO:
 BARRAGEM DE COTIA

MUNICÍPIO:
 BONINAL - BAHIA

ESCALA	DESENHISTA	REVISÃO
1:350	Ana Carolina Sarraf	02

DATA	PROJETO
13/09/2023	13/09/2023

