

Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil - CGT Eletrosul

UHE SÃO DOMINGOS

**“Atualização da Curva Cota X Área X Volume em Atendimento à
Resolução Conjunta ANEEL / ANA nº 127/2022” da UHE São Domingos**

Execução dos Serviços:

Medeiros dos Santos – Agrimensura e Meio Ambiente

Responsável Técnico: Eng. Agr. Rogério Silva dos Santos

Florianópolis

- 2023 -

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS NOS LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS	4
2.1. Informações Gerais do Empreendimento.....	4
2.2. Dados Fornecidos Pela Contratante.....	6
2.2.1.1. Controle de Qualidade da Base cartográfica de Projeto	7
2.2.1.2. Posição dos Pontos de Controle.....	8
2.2.1.3. Rastreio e Processamento dos Pontos de Controle	9
2.2.1.4. Resultados Obtidos	11
2.2.1.5. Análise Estatística e Precisão.....	12
2.3. Classificação do Potencial de Assoreamento.....	16
2.3.1.1. Potencial de Produção de Sedimentos (Pss).....	16
2.3.1.2. Posição Relativa na Cascata (Prc)	17
2.3.1.3. Regime de Operação do Empreendimento (Ror)	18
2.3.1.4. Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)	19
2.3.1.5. Determinação do Nível de Criticidade (NC)	19
2.3.1.6. Classificação Quanto a Disponibilidade de Material Cartográfico.....	21
2.4. Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG).....	21
2.4.1. Metodologia para o Posicionamento Planimétrico	22
2.4.2. Metodologia para o Posicionamento Altimétrico	24
2.5. Elaboração do Modelo Geoidal	29
2.6. Mapeamento da Área Seca	33
2.7. Mapeamento da Área Molhada	33
2.8. Implantação da Seção de Controle	37
2.9. Modelagem Digital do Terreno (MDT)	43

2.10. Correlação das Cotas – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) x Cota de Operação (Régua da UHSD)	45
3. ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	47
3.1. Curvas Cota x Área x Volume do Projeto Básico da UHSD	47
3.2. Curvas Cota x Área x Volume do Levantamento de 2023	47
3.3. Comparação da Curva Nova com a Curva Antiga	50
4. CONCLUSÃO	51
5. ANEXOS.....	51
5.1. Anexo I – Atualização das Curvas Cota x Área x Volume;	51
5.2. Anexo II – Levantamento Geodésico;.....	51
5.3. Anexo III – Levantamento Batimétrico;.....	51
5.4. Anexo IV – Levantamento da Área Seca;.....	51
5.5. Anexo V – Seções de Controle;.....	51
5.6. Anexo VI – Base Georreferenciada;	51
5.7. Anexo VII- ART;.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

Este relatório propõe as atividades técnicas de cartografia, geodésia e batimetria, que deverão ser executadas para a determinação das Curvas Cota x Área x Volume do reservatório da UHE São Domingos localizada nos municípios de Água Clara e Ribas do Rio Pardo, no Estado do Mato Grosso do Sul. Os serviços de levantamentos cartográficos, geodésicos e batimétricos serão executados pela empresa Meng - Agrimensura e Meio Ambiente, nos meses de maio a novembro de 2023, conforme contrato com a CGT Eletrosul nº 4500066647.

A Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022, determina que para as usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, o processo de assoreamento do reservatório deve ser avaliado com base na atualização das curvas Cota x Área x Volume. Este estudo deve ser realizado pelo concessionário ou autorizado da seguinte forma:

I. Para empreendimentos que, na data de publicação desta Resolução, estiverem em operação há oito anos ou mais, a atualização deverá ser feita no prazo de até 24 meses contados da data de publicação desta Resolução e, a partir da referida atualização, a cada 10 anos;

II. Para os demais empreendimentos não atingidos pelo inciso I, a atualização deverá ser realizada a cada 10 anos, contados a partir do início de sua operação comercial.

Dessa forma, esta proposta contempla os materiais e métodos empregados nos levantamentos realizados pela equipe da Meng, na atualização das curvas cota x área x volume, para atendimento dessa resolução pela UHE São Domingos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS NOS LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS

2.1. Informações Gerais do Empreendimento

O aproveitamento hidrelétrico UHE São Domingos, situado no rio Verde, na divisa dos municípios de Água Clara e Ribas do Rio Pardo, na região Nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

O acesso à UHE São Domingos é feito pela rodovia federal pavimentada, BR 262, que liga a cidade de Três Lagoas a Campo Grande. Para quem sai de Campo

Grande toma-se à esquerda 0,30 km após o Posto Mutum, localizado acerca de 62 km após a cidade de Ribas do Rio Pardo e acerca de 35 km antes de Água Clara. A partir daí, viaja-se por mais 45 km em estrada não pavimentada até atingir o sítio da usina.

A usina possui uma capacidade total instalada de 48 MW e está localizada nas coordenadas geográficas 20°3'55"S de latitude Sul e 53°11'33"W de longitude Oeste.

O Quadro 1 abaixo apresenta as principais informações referentes a UHE São Domingos

Tabela 1 – Dados Técnicos UHE São Domingos

1. Dados Técnicos			
1.1	Dados Básicos	Descrição	Unidade
1.1.1	Data 1º enchimento	04.10.2012	–
1.1.2	Quantidade de barramentos	4	–
1.1.3	Quantidade de instrumentos de auscultação	152	–
1.2 Dados Geográficos e Hidrográficos da Usina			
1.2.1	Bacia Hidrográfica	Paraná (6)	–
1.2.2	Rio ou curso d'água	Rio Verde (63)	–
1.3 Dados Hidrometeorológicos			
1.3.1	Vazão média de longo termo - MLT	123,00	m³/s
1.3.2	Vazão firme - 95%	93,00	m³/s
1.3.3	Vazão mínima média mensal	81,00	m³/s
1.3.4	Vazão máxima de projeto do vertedouro - 500/1.000/10.000 anos	881	m³/s
1.3.5	Vazão máxima de desvio na construção - 25/50 anos	540	m³/s
1.3.6	Vazão sanitária	4,76	m³/s
1.3.7	Vazão para usos consuntivos	-	m³/s
1.3.8	Período do histórico de vazões	1931 a 2006	–
1.3.9	Área de drenagem do barramento	10.100	km²
1.4 Reservatório			
1.4.1	N.A. máximo maximorum	345,00	m
1.4.2	N.A. máximo normal	345,00	m
1.4.3	N.A. mínimo normal	344,00	m
1.4.4	Área inundada no N.A. máximo maximorum	18,60	km²
1.4.5	Área inundada no N.A. máximo normal	18,60	km²
1.4.6	Área inundada no N.A. mínimo normal	17,20	km²
1.4.7	Volume no N.A. máximo normal	131,30	hm³
1.4.8	Volume no N.A. mínimo normal	-	hm³
1.4.9	Volume útil	14,85	hm³



Figura 1 - Vista Geral do Reservatório da UHE São Domingos

2.2. Dados Fornecidos Pela Contratante

2.2.1. Cartografia

A CGT Eletrosul disponibilizou uma cartografia com o ortomosaico e MDT do reservatório da UHSD elaborados apartir de um aerolevantamento com varredura a laser, com precisão na escala 1:1000, PEC-PCD Classe A, no Datum SIRGAS 2000 e altitudes Ortométricas, para que fosse realizado o controle de qualidade da mesma viabilizando seu uso conforme previsto nas orientações da ANA.

Essa cartografia foi obtida através do contrato de prestação de serviços Nº 4500037800 de 16/12/2020, entre a SAI Serviços Aéreos Industriais Especializados SAI Ltda e CGT ELETROSUL.



Figura 2 – Cartografia na Escala 1:1.000 Disponibilizada

2.2.1.1. Controle de Qualidade da Base cartográfica de Projeto

As bases cartográficas preexistentes, oriundas de recobrimento aerofotogramétrico restituídas na escala de 1:10.000 poderão ser utilizadas na representação da área alagada e seca desde que sua qualidade posicional seja comprovada conforme metodologia estabelecida. O material cartográfico deverá representar o relevo do reservatório por meio de um Modelo Digital de Terreno – MDT devendo a base cartográfica ser entregue em ambiente de geoprocessamento na escala 1:10.000 e Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Planialtimétrico **Classe B**.

2.2.1.2. *Posição dos Pontos de Controle*

Para o Controle de Qualidade da base cartográfica preexistente selecionamos 20 (vinte) pontos, Bem definidos, nas ortofotos, que sejam inequívocos na sua identificação no terreno. Estes pontos foram distribuídos na área de abrangência da restituição, conformando uma boa geometria espacial.



Figura 3 – Distribuição dos 20 Pontos de Controle de Qualidade



Figura 4 – Exemplos de Pontos de Controle de Qualidade

2.2.1.3. Rastreio e Processamento dos Pontos de Controle

Rastreamento com receptores GNSS de dupla frequência dos pontos selecionados, os rastreios foram de pelo menos duas horas com altura da antena de 2,2m, utilizamos alguns vértices da RVG já materializada para os rastreios das bases utilizadas como referência para o pós processamento dos pontos rastreados.

O pós-processamento das observações rastreadas pelos equipamentos GNSS em escritório, foram realizadas no Software Ashtech Solutions 2.6, utilizamos as altitudes ortométrica dos vértices da RVG definidos para base dos rastreios. Os resultados seguem no Relatório de Pós Processamento Pontos de Controle.



Figura 5 – Rastreio de Vértice da APP



Figura 6 – Rastreio de Vértice da APP



Figura 7 – Rastreio de Vértice da APP



Figura 8 – Base sobre RVG

2.2.1.4. Resultados Obtidos

Após o Pós Processamento dos pontos e emissão dos relatórios de posicionamento extraímos as coordenadas precisas e altitudes ortométricas para os pontos rastreados e dos vértices extraídos da média de três leituras sobre a ortocarta / MDT da cartografia existente ambas em SIRGAS2000.

Tabela 2- Coordenadas dos pontos de controle Rastreadas x Cartografia de Projeto

Ponto	ID Ponto	Leste - GPS	Leste-Cart	Delta - Leste	Norte - GPS	Norte-Cart	Delta - Norte	Cota- GPS	Cota- Cart	Delta- Altimetria	Delta- Planimetria
1	1	272476,602	272476,601	0,001	7780106,705	7780106,673	0,032	348,162	348,140	0,022	0,032
2	2	272278,998	272278,959	0,039	7780549,650	7780549,668	-0,018	350,014	349,774	0,240	0,043
3	3	271803,242	271803,225	0,017	7781941,602	7781941,592	0,010	349,348	349,392	-0,044	0,020
4	4	272012,765	272012,748	0,017	7783073,416	7783073,423	-0,007	350,618	350,529	0,089	0,018
5	5	272147,549	272147,573	-0,024	7784298,557	7784298,578	-0,021	351,091	350,874	0,217	0,032
6	6	271679,125	271679,222	-0,097	7784758,158	7784758,447	-0,289	350,799	350,718	0,081	0,305
7	7	270915,274	270915,434	-0,160	7788059,312	7788059,414	-0,102	350,197	349,992	0,205	0,190
8	8	269544,531	269544,728	-0,197	7789786,902	7789787,164	-0,262	350,969	350,664	0,305	0,328
9	9	270010,168	270010,146	0,022	7788205,920	7788205,945	-0,025	351,149	350,945	0,204	0,033
10	10	270516,617	270516,760	-0,143	7785822,778	7785822,827	-0,049	352,602	352,367	0,235	0,151
11	12	270613,968	270614,081	-0,113	7782642,129	7782642,078	0,051	347,235	346,986	0,249	0,124
12	13	268612,952	268612,981	-0,029	7783924,962	7783924,940	0,022	350,041	350,005	0,036	0,036
13	14	266577,549	266577,502	0,047	7785536,125	7785536,132	-0,007	356,022	355,848	0,174	0,048
14	16	263173,407	263173,440	-0,033	7787433,949	7787433,944	0,005	349,883	349,610	0,273	0,033
15	18	264935,763	264935,811	-0,048	7785075,444	7785075,293	0,151	349,861	349,667	0,194	0,158
16	19	260562,753	260562,638	0,115	7781833,155	7781833,118	0,037	352,391	352,120	0,271	0,121
17	20	260428,292	260428,402	-0,110	7781554,120	7781554,269	-0,149	347,433	347,195	0,238	0,185
18	22	265160,075	265160,077	-0,002	7783813,735	7783813,743	-0,008	353,991	353,801	0,190	0,008
19	23	266862,125	266862,128	-0,003	7784177,810	7784177,800	0,010	349,555	349,408	0,147	0,010
20	24	268535,781	268535,760	0,021	7782169,671	7782169,629	0,042	349,516	349,481	0,035	0,047

2.2.1.5. Análise Estatística e Precisão

Utilizamos o Software GeoPEC 3.5 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa para efetuar a análise estatística de tendência e precisão alinhada conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE).

A seguir apresentamos o relatório emitido pelo programa GeoPEC:

GeoPEC

Avaliação do Padrão de Acurácia Posicional em Dados Espaciais

RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO (completo)

DADOS DO PRODUTO

Produto: Cartografia Existente

Local: UHSD

Data: 26/08/2023

Responsável Técnico: Rogério Silva dos Santos

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984 - Análise Planimétrica
Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "Cartografia Existente", **É ACURADO** para a escala de **1/10000**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não há Tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 20
RMS das discrepâncias (m): 0,1344

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica
Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "Cartografia Existente", **É ACURADO** para a equidistância vertical de **1 m**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe B**", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. O produto foi submetido a análise de precisão e tendência em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não há Tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 20
RMS das discrepâncias (m): 0,1934

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984
Análise Planimétrica

PROCESSAMENTO

Escala de Referência: 1/10000
Pontos de checagem inseridos: 20
Pontos de checagem utilizados: 20

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0
>> Valor limite - detecção: 9

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(E)= -0,034 Média(N)= -0,0288 Média(ABS)= 0,0962

>> Desv-pad(E)= 0,0792 Desv-pad(N)= 0,1032 Desv-pad(ABS)= 0,0964
>> RMS(E)= 0,0844 RMS(N)= 0,1046 RMS(ABS)= 0,1344

.....
PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

>> Vizinho mais próximo:

:: Área (m²) = 35126000

:: 1ª ordem - R= 1,7687 Zcalc= 6,5764 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão DISPERSO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 2ª ordem - R= 2,1903 Zcalc= 14,6671 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão DISPERSO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 3ª ordem - R= 2,1835 Zcalc= 17,9985 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão DISPERSO - (significativo estatisticamente) - 95%

.....
TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :

Wcalc(E)= 0,9504 Wcalc(N)= 0,8405

p-value(E)= 0,3732 p-value(N)= 0,0037

Nível de Confiança = 95%

Amostra NÃO Normal

.....
TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto 89.817:

PEC= 2,8 EP= 1,7

Resultado: Classe A

.....
TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

tcalc(E)= -1,9199 tcalc(N)= -1,248 ttab= 1,7291

Resultado: Inconclusivo

>> Estatística Espacial

Média Direcional (Azimute)= 242,1468 Variância Circular= 0,8923

Resultado: Não Tendencioso

.....
INFORMAÇÕES GERAIS

.....
Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984

Análise Altimétrica

.....
PROCESSAMENTO

Equidistância vertical: 1

Pontos de checagem inseridos: 20

Pontos de checagem utilizados: 20

.....
OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0
>> Valor limite - detecção: 0,9999

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(h)= 0,168
>> Desv-pad(h)= 0,0984
>> RMS(h)= 0,1934

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :
Wcalc(h)= 0,9168 p-value(h)= 0,0858
Nível de Confiança = 95%
Amostra Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto 89.817:
PEC= 0,5 EP= 0,3333
Resultado: Classe B

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student
tcalc(h)= 7,6354 ttab= 1,7291
Resultado: Tendencioso

DISCREPÂNCIAS - PONTOS DE CHECAGEM

ID	di(E)	di(N)	di(ABS)	di(H)
1	0,001	0,032	0,032	0,022
10	-0,143	-0,049	0,1512	0,235
12	-0,113	0,051	0,124	0,249
13	-0,029	0,022	0,0364	0,036
14	0,047	-0,007	0,0475	0,174
16	-0,033	0,005	0,0334	0,273
18	-0,048	0,151	0,1584	0,194
19	0,115	0,037	0,1208	0,271
2	0,039	-0,018	0,043	0,24
20	-0,11	-0,149	0,1852	0,238
22	-0,002	-0,008	0,0082	0,19
23	-0,003	0,01	0,0104	0,147
24	0,021	0,042	0,047	0,035
3	0,017	0,01	0,0197	-0,044
4	0,017	-0,007	0,0184	0,087
5	-0,024	-0,021	0,0319	0,217
6	-0,097	-0,289	0,3048	0,081
7	-0,16	-0,102	0,1897	0,205
8	-0,197	-0,262	0,3278	0,305

9 0,022 -0,025 0,0333 0,204

Dessa forma, classifica-se a Cartografia do Projeto Preexistente da UHE São Domingos no enquadramento PEC A para Planimetria e PEC B para Altimetria, podendo assim utilizar esse material existente.

Com isso a classificação dos reservatórios quanto a disponibilidade de documentação cartográfica para a UHE São Domingos está no Cenário 03 – Não possui material cartográfico de projeto, mas possui mapeamento da área seca em escala 1:10.000 ou superior oriundo de recobrimento aerofotogramétrico aprovado no controle de qualidade definido neste documento. “(Orientações para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume)”.

2.3. *Classificação do Potencial de Assoreamento*

Os dados apresentados neste item 3 foram obtidos no documento PROJETO BÁSICO “UHSD-B-ELMD-USI-C02-0001-R0” da UHE SÃO DOMINGOS fornecido pela CGT Eletrosul.

2.3.1.1. *Potencial de Produção de Sedimentos (Pss)*

A UHE São Domingos está instalada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, na Sub- bacia do Rio Paraná, Pardo e Outros no Rio Verde. Para a classificação o potencial de produção de sedimentos em função da “degradação específica” (perda de solo - Pss) expressa em ton/km²/ano, seguiu-se os dados extraídos do Projeto Básico e estudo apresentado na publicação federal “Mapa do Potencial de Produção de Sedimentos do Brasil” (ANEEL,2004).

Tendo assim a classificação proposta para a UHE São Domingos de Baixo Potencial (1).

Quadro 1 – Memória de Cálculo (PSS)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Produção diária	ton/dia	225,84	Projeto básico consolidado (pág. 36)
Produção anual	ton/ano	82.432,00	
Área de drenagem	km ²	10.100,00	Projeto básico consolidado (pág. 29)
Produção específica	ton/km ² /ano	8,162	

1. Potencial de produção de sedimentos - Pss

Parâmetro	Potencial	Nota
Pss < 25 ton/km ² /ano -->	Baixo	1
Pss entre 25 e 100 ton/km ² /ano -->	Médio	2
Pss > 100 ton/km ² /ano -->	Alto	3
Atribuído		1

Fonte: Projeto básico consolidado

2.3.1.2. Posição Relativa na Cascata (Prc)

A Figura 2 indica que a UHE São Domingos é a última usina instalada na cascata do Rio Verde. Sendo assim, a UHE São Domingos é classificada como um **Reservatório de Jusante com Pequena Bacia Incremental – Baixa Suscetibilidade (1)**.

Quadro 2 - Memória de Cálculo (Prc)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Área de drenagem UHE São Domingos	km ²	10.100	Projeto básico consolidado (pág. 8)
Área de drenagem PCH Verde 4	km ²	6.566	Banco de Dados Sistema Hidro 1.4
Área de drenagem PCH Verde 4A	km ²	6.245	Banco de Dados Sistema Hidro 1.4

2. Posição do reservatório em cascata - Prc

Parâmetro	Potencial	Nota
Jusante com pequena bacia incremental	Baixo	1
Jusante com grande bacia incremental	Médio	2
Cabeceira	Alto	3
Atribuído		1

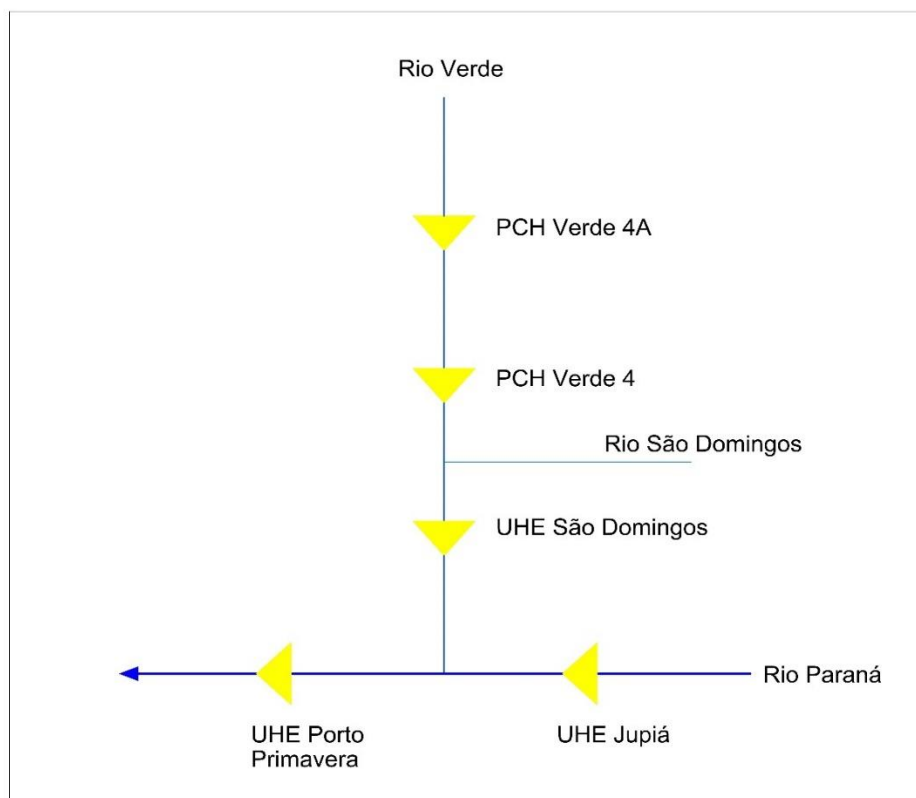


Figura 9 – Cascata do Rio Verde

2.3.1.3. Regime de Operação do Empreendimento (Ror)

O reservatório da UHE São Domingos possui um volume útil que totaliza 14,85 hm³. Considerando a geração de energia do Projeto Básico Consolidado e o Coeficiente de Produtibilidade médio da usina, tem-se a vazão turbina média. Seguindo a equação proposta para o índice de regularização – IR (razão entre volume útil e vazão média turbinada) e os dados do Quadro 4, a **UHE São Domingos está classificada como - Baixa Suscetibilidade (1)**, com o valor de IR em 1,4 dias

Quadro 3 – Memória de Cálculo (Ror)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Volume reservatório	m ³	14.850.000,0	Projeto básico consolidado (pág.35)
Vazão média de longo termo	m ³ /seg	122,00	Projeto básico consolidado (pág. 23)
Índice de regularização	seg	121.721,31	
Número de segundos por dia	seg/dia	86.400	
Índice de regularização	Dias	1,4	

3. Regime de operação do reservatório - Ror

Parâmetro	Potencial	Nota
IR < 30 dias	Baixo	1
IR entre 30 e 150 dias	Médio	2
IR > 150 dias	Alto	3
Atribuído		1

2.3.1.4. Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)

Segundo a classificação do parâmetro MI, discorre-se sobre a UHE São Domingos as seguintes informações:

- Maior sensibilidade aos parâmetros anteriores: **Todos classificados como Baixo;**
- Existência de pelo menos 3 municípios com mais de 50 mil habitantes de forma ribeirinha: **Não é verificada tal condição;**
- Encontra-se associado de forma parcial ou total a um sistema hidroviário: **Não constitui hidrovias.**

Dessa forma, classifica-se a **UHE São Domingos - Baixa Externalidade (1).**

Quadro 4 – Memória de Cálculo (MI)

4. Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)

Parâmetro	Potencial	Nota
Pelo menos 1 dos itens anterior alto, ou hidrovias ou 3 munic > 50 mil hab.	Alta	3
Pelo menos 1 dos itens anterior médio ou 2 munic > 50 mil hab.	Médio	2
Demais reservatórios	Baixo	1
Atribuído		1

2.3.1.5. Determinação do Nível de Criticidade (NC)

A classificação quanto ao potencial de assoreamento terá como referência os seguintes parâmetros:

- a) Potencial de Produção de Sedimentos (*Pss*)
- b) Posição Relativa na Cascata (*Prc*)
- c) Regime de Operação do Empreendimento (*Ror*)
- d) Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (*MI*)

Esses parâmetros foram subdivididos, em três níveis, de acordo com seu potencial:

- Baixo (1)
- Médio (2)
- Alto (3)

Após da determinação dos parâmetros, empregamos a formula a seguir para determinação do o nível de criticidade.

$$NC = \frac{Pss + Prc + MI + 4 * Ror}{4}$$

21

Em função dos resultados obtidos pela fórmula anterior, o enquadramento deverá seguir uma das seguintes classes:

- Classe 1 - Nível de Criticidade Alto ($NC \geq 0,75$): reservatório onde há risco de assoreamento e onde este processo pode trazer efeitos negativos à geração de energia ou a outros usos da água.
- Classe 2 - Nível de Criticidade Médio ($0,50 \leq NC < 0,75$): reservatório onde o risco de assoreamento é menor ou onde os efeitos esperados do mesmo não são tão importantes.

Classe 3 - Nível de Criticidade Baixo ($NC < 0,50$): reservatórios situados em bacias hidrográficas com pouca produção de sedimento, onde o risco de assoreamento é muito baixo.

Quadro 5 – Memória de Cálculo (NC)

Determinação do Nível de Criticidade	
$NC = (Pss + Prc + MI + 4 \cdot Ror) / 21$	
NC =	0,333

Classificação do reservatório quanto ao potencial de assoreamento		
Nível de Criticidade	Parâmetro	Nota
Classi I - Alto	$NC \geq 0,75$	1
Classe 2 - Médio	$0,50 < NC < 0,75$	2
Classe 3 - Baixo	$NC \leq 0,50$	3
Atribuído		3 Baixo

Dessa forma, classifica-se a **UHE São Domingos como Classe 3 - Nível de Criticidade Baixo (0,333)**.

2.3.1.6. Classificação Quanto a Disponibilidade de Material Cartográfico

Quanto à cartografia, o empreendimento é enquadrado no **Cenário 3**: Não possui material cartográfico de Projeto, mas possui mapeamento da área seca em escala 1:10.000 ou superior oriundo de recobrimento aerofotogramétrico.

Desta forma, o reservatório é classificado conforme as orientações da ANA/ANEEL na **tipologia C**. O quadro 8 apresenta a matriz de classificação de tipologia do reservatório.

Tabela 3 – Matriz de Classificação de Tipologia de Reservatório

Tipologia dos Reservatórios			
	Cenário Cartográfico		
Classe de Criticidade	1	2	3
Classe 01	A	B	C
Classe 02	A	B1	C
Classe 03	A	B2	C

2.4. Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG)

Foi implantado uma rede de vértices geodésicos (RVG) no entorno do reservatório com 10 marcos distribuídos ao longo do corpo hídrico a fins de garantir que as correções diferenciais RTK sejam observadas em toda sua extensão durante

a execução do levantamento batimétrico, conforme apresentado na Figura 13.



Figura 10 –Localização dos marcos da RVG

Após a materialização dos marcos da RVG, os levantamentos topográficos seguiram a seguinte metodologia:

2.4.1. Metodologia para o Posicionamento Planimétrico

a) Rastreamento com receptores GNSS de dupla frequência os marcos implantados, os rastreios foram em duas seções de pelo menos duas horas cada uma com variação da altura da antena, sendo o primeiro rastreio com altura de 1,5m e o segundo rastreio com altura de 2,0 m, tendo como referência os marcos SAT do IBGE 93555, 93562 e 93558 simultaneamente.

b) O pós-processamento das observações rastreadas pelos equipamentos GNSS em escritório, foram realizadas no *Software* Ashtech Solutions 2.6, os resultados seguem no Relatório de Pós Processamento Rede RVG.

Tabela 4 – Resultado do Pós Processamento – Sirgas 2000 – Meridiano Central -51°

PONTO	DESCRIÇÃO	SOLUÇÃO	COORD. LESTE	LESTE MÉDIA	NORTE	NORTE MÉDIO	COTA	COTA MÉDIA
BAS1	SAT/IBGE-93555	FIXO	304306,360		7738188,644		318,718	
BAS2	SAT/IBGE-93562	FIXO	242624,161		7778142,814		396,706	
BAS3	SAT/IBGE-93558	FIXO	290262,511		7818806,148		503,890	

M01A	RVG01	Ajustado	272497,641	272497,643	7780082,855	7780082,846	343,699	343,691
M01B	RVG01	Ajustado	272497,645		7780082,836		343,682	
M02A	RVG02	Ajustado	271815,519	271815,514	7783209,594	7783209,593	341,185	341,177
M02B	RVG02	Ajustado	271815,509		7783209,592		341,169	
M03A	RVG03	Ajustado	270876,819	270876,818	7785864,137	7785864,106	341,090	341,063
M03B	RVG03	Ajustado	270876,816		7785864,075		341,036	
M04A	RVG04	Ajustado	270161,490	270161,481	7788850,339	7788850,344	340,957	340,975
M04B	RVG04	Ajustado	270161,471		7788850,349		340,993	
M05A	RVG05	Ajustado	266495,092	266495,083	7785411,172	7785411,177	343,020	343,018
M05B	RVG05	Ajustado	266495,074		7785411,182		343,016	
M06A	RVG06	Ajustado	261017,882	261017,886	7781423,972	7781423,998	345,969	345,912
M06B	RVG06	Ajustado	261017,889		7781424,023		345,854	
M07A	RVG07	Ajustado	263874,647	263874,667	7785869,208	7785869,227	349,162	349,201
M07B	RVG07	Ajustado	263874,687		7785869,245		349,240	
M08A	RVG08	Ajustado	263277,918	263277,904	7783166,669	7783166,661	343,861	343,861
M08B	RVG08	Ajustado	263277,890		7783166,653		343,861	
M09A	RVG09	Ajustado	268328,508	268328,506	7782623,564	7782623,559	346,027	346,038
M09B	RVG09	Ajustado	268328,504		7782623,554		346,049	
M10A	RVG10	Ajustado	270833,668	270833,688	7779997,096	7779997,100	340,890	340,902
M10B	RVG10	Ajustado	270833,708		7779997,103		340,913	

Após o pós-processamento das observações rastreadas pelos equipamentos GNSS em escritório, conforme resultados apresentados na tabela acima procedemos o cálculo da média entre os rastreios “A – Altura da Antena 1,5m” e “B – Altura da Antena 2,0m” para assim determinamos as coordenadas específicas para cada marco da RVG, conforme Tabela 22.

Tabela 5 - Coordenadas Corrigidas – Sirgas 2000 – Meridiano Central -51°

Ponto	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude	Altitude	Latitude Dec.	Longitude Dec.
RVG01	RVG-UHSD	272.497,643	7.780.082,846	20°03'46,221"S	53°10'31,182"W	343.691	-20,0628392	-53,1753283
RVG02	RVG-UHSD	271.815,514	7.783.209,593	20°02'04,286"S	53°10'53,245"W	341.177	-20,0345239	-53,1814569
RVG03	RVG-UHSD	270.876,818	7.785.864,106	20°00'37,594"S	53°11'24,338"W	341.063	-20,0104428	-53,1900939
RVG04	RVG-UHSD	270.161,481	7.788.850,344	19°59'00,213"S	53°11'47,593"W	340.975	-19,9833925	-53,1965536
RVG05	RVG-UHSD	266.495,083	7.785.411,177	20°00'50,436"S	53°13'55,241"W	343.018	-20,0140100	-53,2320114
RVG06	RVG-UHSD	261.017,886	7.781.423,998	20°02'57,640"S	53°17'05,482"W	345.912	-20,0493444	-53,2848561
RVG07	RVG-UHSD	263.874,667	7.785.869,227	20°00'34,403"S	53°15'25,148"W	349.201	-20,0095564	-53,2569856
RVG08	RVG-UHSD	263.277,904	7.783.166,661	20°02'01,992"S	53°15'46,929"W	343.861	-20,0338867	-53,2630358
RVG09	RVG-UHSD	268.328,506	7.782.623,559	20°02'21,846"S	53°12'53,455"W	346.038	-20,0394017	-53,2148486
RVG10	RVG-UHSD	270.833,688	7.779.997,100	20°03'48,301"S	53°11'28,467"W	340.902	-20,0634169	-53,1912408

2.4.2. Metodologia para o Posicionamento Altimétrico

Conforme plano de trabalho a metodologia para o posicionamento altimétrico foi o **Nivelamento Geométrico** o qual pode ser definido como “nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos no terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos”.

Utilizando esta metodologia partiu-se da RRNN – 1503L do IBGE no município de Água Clara – MS, percorremos um trajeto de **62,9 Km** até o marco da RVG-M001 dentro da usina UHSD, depois retornando com o contranivelamento pelo mesmo trajeto chegando novamente ao marco do IBGE RRNN-1503L. O fechamento no nivelamento e contranivelamento chegamos a um erro total acumulado de **0,0901 m**, estando o levantamento classificado como de Primeira Ordem (**< 3mm/KM no seu duplo nivelamento**).

Como o levantamento fechou dentro das tolerâncias o erro encontrado foi proporcionalmente distribuído entre todas as estações da poligonal, conforme tabela do Nivelamento Principal Anexa.

Após termos a altitude precisa corrigida do RVG-M001, realizamos novas linhas de nivelamento e contranivelamento para cada vértice da RVG, as quais da mesma forma seguem tabelas anexas, o resultado foi o seguinte:

Tabela 6 – Altitudes Ortométrica

Vertice	Altitude Nivelado
RVG01	348,5220
RVG02	345,7521
RVG03	345,8046
RVG04	345,4951
RVG05	347,5772
RVG06	350,3440
RVG07	353,4681
RVG08	348,1548
RVG09	350,5253
RVG10	345,4821



Figura 11



Figura 12



Figura 13



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17 – RVG - 01



Figura 18 – RVG – 01 Localização



Figura 19 – RVG - 02



Figura 20 – RVG – 02 Localização

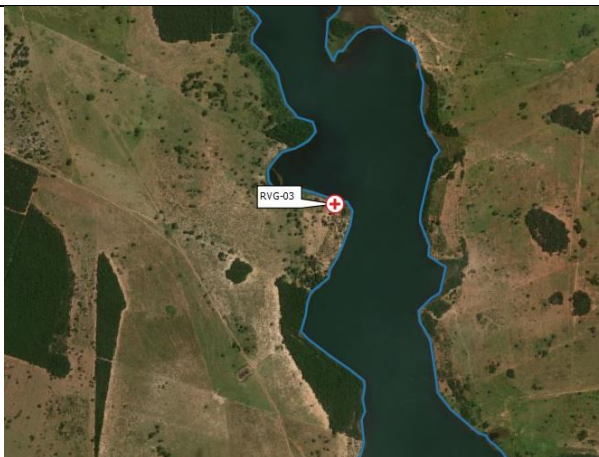


Figura 21 – RVG - 03



Figura 22 – RVG – 03 Localização

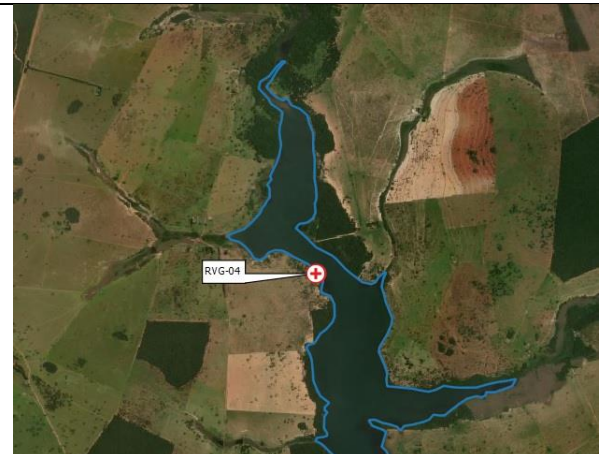


Figura 23 – RVG - 04

Figura 24 – RVG – 04 Localização



Figura 25 – RVG - 05

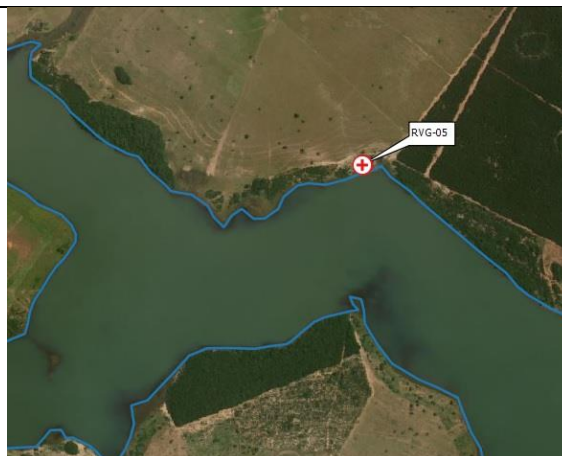


Figura 26 – RVG – 05 Localização

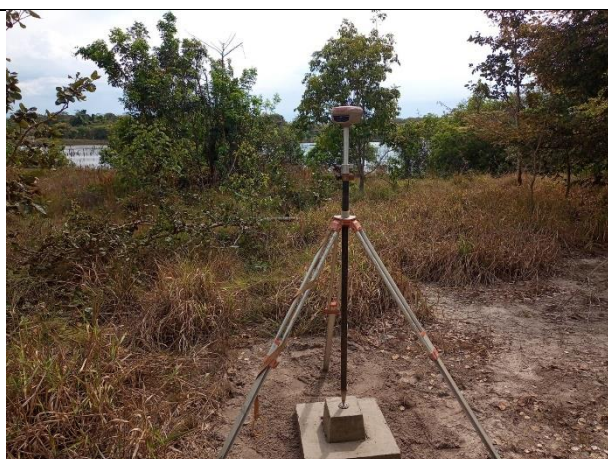


Figura 27 – RVG - 06

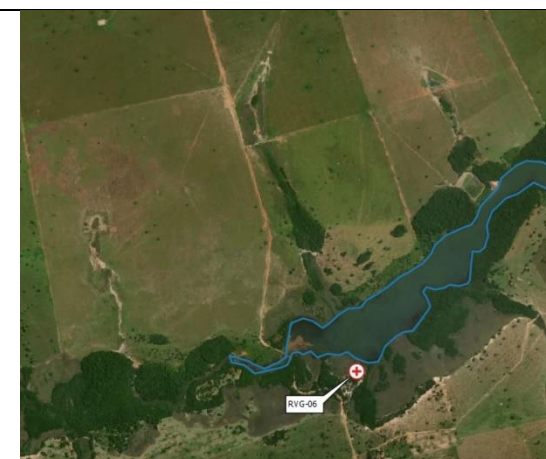


Figura 28 – RVG – 06 Localização



Figura 29 – RVG - 07



Figura 30 – RVG – 07 Localização



Figura 31 – RVG - 08



Figura 32 – RVG – 08 Localização



Figura 33 – RVG - 09

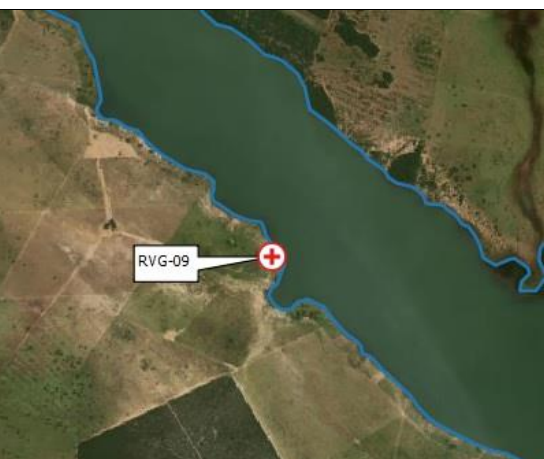


Figura 34 – RVG – 09 Localização



Figura 35 – RVG - 10

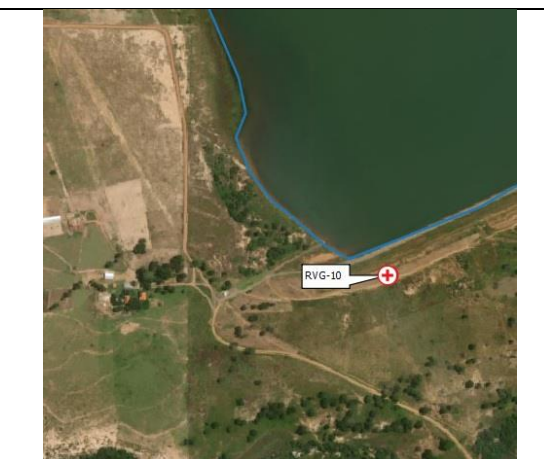


Figura 36 – RVG – 10 Localização

Foram materializados os 10 marcos previstos no plano de trabalho aprovado pela ANA, assim como os rastreios GNSS L1/L2 seguindo os procedimentos também aprovados com pós processamento em escritório e criação das respectivas monografias da Rede de Vértices Geodésicos.

Nas Monografia da Rede de vértices Geodésicos (RVG), anexas está representado todas as informações referentes aos marcos materializados.

2.5. *Elaboração do Modelo Geoidal*

O objetivo da elaboração de um Modelo Geoidal Local é a definição de um modelo que viabilize a determinação geoidal com qualidade superior a 20 cm, na região do reservatório. O MGL deverá ser produzido utilizando os pontos nivelados e rastreados pelos receptores GNSS.

Para confecção do MGL utilizamos os Vértices Rastreados e calculamos a diferença dentre a altitude nivelada para com a rastreada, após isso construímos um Modelo Digital do Terreno – MDT, através da ferramenta *Topo To Raster* do *ArcGis*, com essa MDT é possível interpolar as ondulações geoidais na região do reservatório.

Tabela 7 - Coordenadas rastreadas (Z Elipsoidal) x Altitude nivelada (Z Ortométrica)

VERTICE	LESTE	NORTE	Z-ELIPSOIDAL	Z-ORTO	ONDULAÇÃO GEOIDAL
RVG01	272497,643	7780082,846	343,691	348,5220	-4,8315
RVG02	271815,514	7783209,593	341,177	345,7521	-4,5751
RVG03	270876,818	7785864,106	341,063	345,8046	-4,7416
RVG04	270161,481	7788850,344	340,975	345,4951	-4,5201
RVG05	266495,083	7785411,177	343,018	347,5772	-4,5592
RVG06	261017,886	7781423,998	345,912	350,3440	-4,4325
RVG07	263874,667	7785869,227	349,201	353,4681	-4,2671
RVG08	263277,904	7783166,661	343,861	348,1548	-4,2938
RVG09	268328,506	7782623,559	346,038	350,5253	-4,4873
RVG10	270833,688	7779997,100	340,902	345,4821	-4,5806

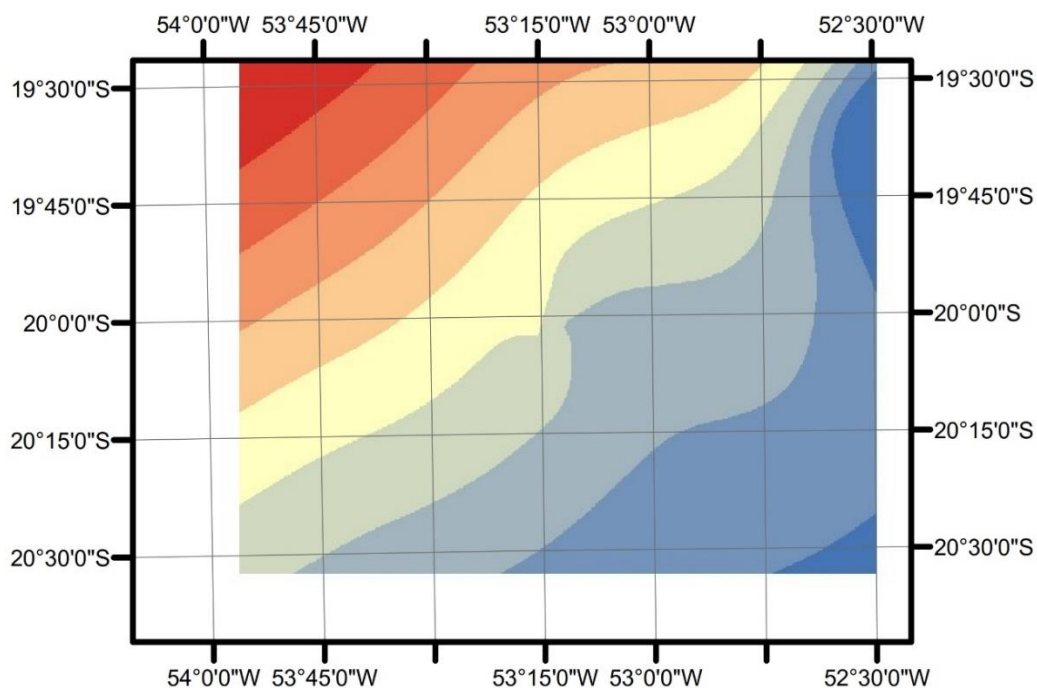


Figura 37 – Modelo Digital de Ondulação Geoidal - UHSD

Ondulação Geoidal Local

	-6,200097084 - -5,403233652
	-5,403233651 - -5,039448172
	-5,039448171 - -4,710308928
	-4,710308927 - -4,346523448
	-4,346523447 - -3,965414849
	-3,965414848 - -3,566983133
	-3,566983132 - -3,133905181
	-3,13390518 - -2,631534756
	-2,631534755 - -1,782701969

Figura 38 – Legenda MGL

Os pontos foram geometricamente interpolados utilizando o MDT criado, resultando nas seguintes ondulações calculados e após verificados estatisticamente pelo software GeoPec conforme segue.

Tabela 8 – Ondulação Geoidal Local Interpolada conforme Coordenadas.

VÉRTICE	LESTE	NORTE	ONDULAÇÃO GEOIDAL INTERPOLADA
RGV-1	272497,6430	7780082,8461	-4,7888
RGV-2	271815,5140	7783209,5931	-4,7717
RGV-3	270876,8180	7785864,1061	-4,7239
RGV-4	270161,4810	7788850,3441	-4,5453
RGV-5	266495,0830	7785411,1771	-4,5241
RGV-6	261017,8860	7781423,9981	-4,3986
RGV-7	263874,6670	7785869,2271	-4,2966
RGV-8	263277,9040	7783166,6611	-4,3239
RGV-9	268328,5060	7782623,5591	-4,5999
RGV-10	270833,6880	7779997,1001	-4,6475

GeoPEC

Avaliação do Padrão de Acurácia Posicional em Dados Espaciais

RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO (completo)

DADOS DO PRODUTO

Produto: Modelo Geoidal Local - UHSD
Local: UHSD
Data: 26/08/2023
Responsável Técnico: Rogério Silva dos Santos

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica
Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "Modelo Geoidal Local - UHSD", É **ACURADO** para a equidistancia vertical de **1 m**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG.
O produto foi submetido a análise de precisão e tendência em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não Tendencioso**.

Pontos de checagem utilizados: 9
RMS das discrepâncias (m): 0,0804

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984
Análise Altimétrica

.....
PROCESSAMENTO

Equidistância vertical: 1
Pontos de checagem inseridos: 9
Pontos de checagem utilizados: 9
.....

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0
>> Valor limite - detecção: 0,9999
.....

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(h)= -0,0294
>> Desv-pad(h)= 0,0795
>> RMS(h)= 0,0804
.....

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :
Wcalc(h)= 0,8401 p-value(h)= 0,0579
Nível de Confiança = 95%
Amostra Normal
.....

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto 89.817:
PEC= 0,27 EP= 0,1667
Resultado: Classe A
.....

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student
tcalc(h)= -1,1094 ttab= 1,8595
Resultado: Não Tendencioso
.....

Dessa forma, concluímos a criação do MGL para a área do reservatório com a elaboração do MDT da ondulação geoidal, no qual possibilita a interpolação geométrica da ondulação que é necessária para a transformação da altitude elipsoidal obtida com rastreo GNSS em altitude ortométrica sem necessidade de novo nivelamento geométrico.

Tabela 9 – Cálculo da Altitude Ortométrica utilizando o MGL

VÉRTICE	LESTE-GNSS	NORTE-GNSS	ONDULAÇÃO GEOIDAL INTERPOLADA (a)	Z-GNSS (b)	Z-MGL = (b-a)	Z-NIVELAMENTO (c)	DIF. MGL =(c-(b-a))
RGV-1	272497,6430	7780082,8455	-4,7888	343,691	348,4793	348,5220	0,0427
RGV-2	271815,5140	7783209,5930	-4,7717	341,177	345,9487	345,7521	-0,1966
RGV-3	270876,8175	7785864,1060	-4,7239	341,063	345,7869	345,8046	0,0177
RGV-4	270161,4805	7788850,3440	-4,5453	340,975	345,5203	345,4951	-0,0252
RGV-5	266495,0830	7785411,1770	-4,5241	343,018	347,5421	347,5772	0,0351
RGV-6	261017,8855	7781423,9975	-4,3986	345,912	350,3101	350,3440	0,0339
RGV-7	263874,6670	7785869,2265	-4,2966	349,201	353,4976	353,4681	-0,0295
RGV-8	263277,9040	7783166,6610	-4,3239	343,861	348,1849	348,1548	-0,0301
RGV-9	268328,5060	7782623,5590	-4,5999	346,038	350,6379	350,5253	-0,1126
RGV-10	270833,6880	7779997,0995	-4,6475	340,902	345,5490	345,4821	-0,0669

O MGL resultou se satisfatório pois a qualidade dos resultados é superior aos 20 cm definidos como parâmetro principal.

2.6. Mapeamento da Área Seca

A CGT Eletrosul disponibilizou ortofotos e MDT do ano de 2020, esse material passou pelo controle de qualidade planialtimétrico da cartografia preexistente visando o aproveitamento do material, o qual foi aprovado conforme as normas de classificação.

Contudo vale ressaltar que o reservatório da UHSD no período do levantamento topobatimétrico estava com o nível médio do NA em 343,966m, ou seja 1,034m de desnível em relação ao NA Maximorum que é 345,00m, para esta pequena faixa foi usada as curvas de nível geradas no MDT da cartografia existente.

Serão encaminhados juntamente com o relatório final todos os produtos referentes a esta base cartográfica, nos formatos *Shape File* (SHP), e Geotiff.

A área seca abrangerá até o Nível Máximo Maximorum do reservatório.

2.7. Mapeamento da Área Molhada

A execução dessa atividade foi realizada por meio de ecobatímetros de feixe único (single beam). O trabalho no corpo principal, braços, afluentes e canais do reservatório será efetivado por linhas regulares de sondagem (LS) equidistantes, dispostas de forma transversal e longitudinal as curvas isobatimétricas da área.

Para os trabalhos com ecobatímetros de feixe único, em Usinas Hidrelétricas – UHE, a equidistância entre as linhas de sondagem (ou seções topobatimétricas), no corpo principal do reservatório, deverá ser obtida pela seguinte fórmula:

Onde:

$$\text{Est} = \frac{0,35A^{0,35}}{D}$$

Est = equidistância das seções topobatimétricas transversais em quilômetros;

A = área do reservatório em seu nível operacional normal em hectares;

D = extensão do reservatório (corpo principal), em nível operacional normal, em quilômetros.

Através dos dados do reservatório, temos a equidistância das linhas de sondagem para o levantamento com feixe único conforme apresentado no Tabela 16.

Tabela 16 – Quantidades e Distancias da Linhas de Sondagem

A =	1.838,63	ha
D =	23,68	km
Est =	0,205	km

O critério para definição das linhas de batimetria anteriormente descrito deverá ser flexível às necessidades de adequações que se fizerem necessárias em campo, face às especificidades de cada reservatório. Portanto, o número de seções resultante da utilização da fórmula citada é, apenas, um valor referencial.

Por se tratar de um reservatório de dimensões reduzidas o levantamento batimétrico no corpo principal foi realizado com linhas de sondagem transversais e longitudinais equidistantes em **70 metros**, enquanto nas regiões referentes a braços e afluentes a equidistância foi de **50 metros**.

Com relação ao levantamento batimétrico longitudinal independentemente da largura do reservatório foi executado uma linha de sondagem sobre o talvegue dos rios naturais, além de duas linhas de sondagem distantes no máximo a 10 metros de ambas as margens em todo reservatório.

No levantamento planimétrico para anular o erro da inclinação da linha d'água do reservatório o posicionamento da embarcação foi executado, em tempo real, com GPS de dupla frequência, empregando-se correções diferenciais provenientes de uma base da RVG (RTK), foi utilizado receptores GNSS/RTK com identificação do modelo de antena assim como as medidas de altura fixas tanto no barco de sondagem como na estação de base fixada na RVG, afim de evitar erros no registro das alturas de antena e por consequência erros nas altitudes ortométricas.

Considerando o cenário cartográfico **Tipo C**, foram executadas 100% das linhas de sondagem, ou seja o levantamento batimétrico recobriu toda a área sabidamente molhada com coleta de pontos com solução fixa e a cada 2 metros na linha de sondagem, com exceção das partes com obstáculos à navegação do barco de sondagem esta ocorreu em vários pontos devido ao remanescentes da mata que existia, a qual não foi retirada.

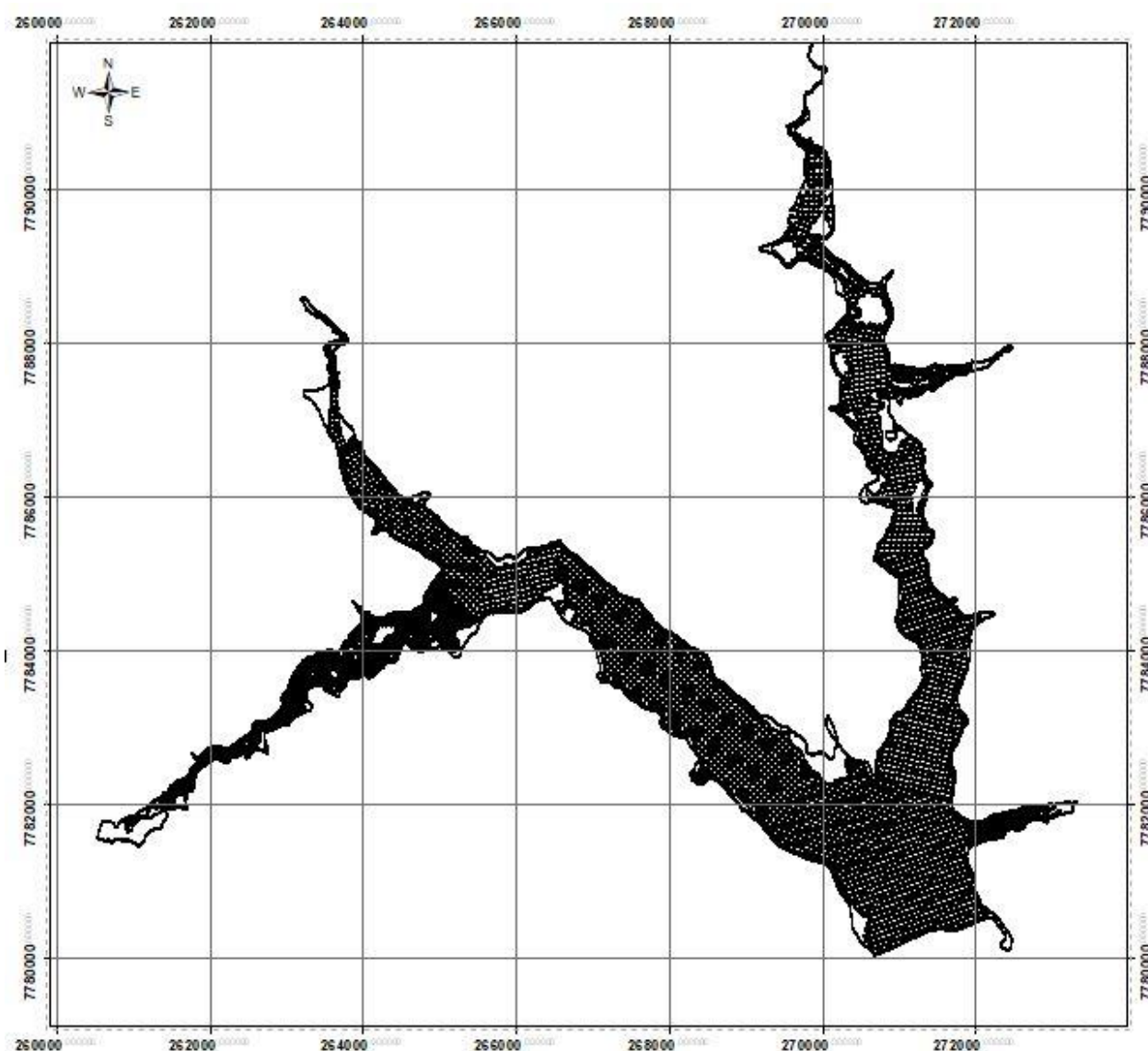


Figura 39 – Pontos Coletados Sobre as Seções Planejadas

Para as alturas das antenas dos receptores GNSS-RTK, adotamos uma medida vertical fixa de 1,500m para a instalação do receptor de Base para todo período de levantamento, da mesma forma a altura do receptor Rover possui uma medida vertical fixa de 2,000m em relação a sonda do ecobatímetro, sendo esta submersa 0,30m da

lamina d' água, porem esse valor é inserido nos parâmetros de configuração do equipamento a modo de descontar esse *off set* da medida em relação a linha d' água.



Figura 40



Figura 41



Figura 42



Figura 43



Figura 44

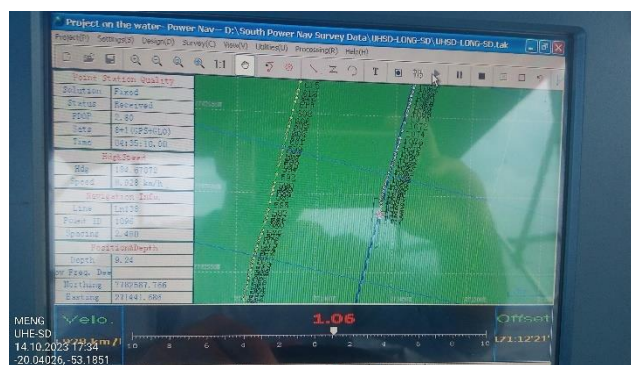


Figura 45

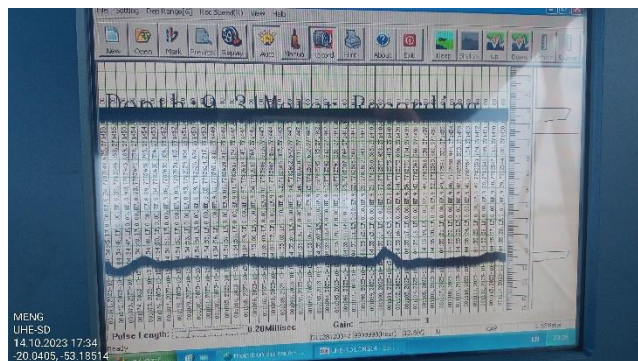


Figura 46



Figura 47



Figura 48



Figura 49

2.8. Implantação da Seção de Controle

Como o reservatório da UHE São Domingos é bifurcado recebendo água de dois tributários importantes, foi necessário a implantação de dois conjuntos de três seções de controle topobatimétrico, no trecho de montante, incluindo a zona de remanso, conforme as indicações de localização a seguir:



Figura 50 – Localização das Seções de Controle do Rio Verde



Figura 51 - Localização das Seções de Controle Rio São Domingos

Tabela 10 – Locação do Conjunto de Seções de Controle

Ponto	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude	Alt. Ortométrica
M-01 SD	Seção de Montante Rio São Domingos	269.974,322	7.791.368,708	19°57'38,266"S	53°11'52,893"W	345,365
M-02 SD	Seção de Montante Rio São Domingos	269.949,946	7.791.378,353	19°57'37,942"S	53°11'53,727"W	345,207
M-03 SD	Seção Rio São Domingos	269.782,462	7.790.649,773	19°58'01,555"S	53°11'59,814"W	346,421
M-04 SD	Seção Rio São Domingos	269.734,544	7.790.557,348	19°58'04,539"S	53°12'01,503"W	345,563
M-05 SD	Seção de Jusante Rio São Domingos	270.130,752	7.790.126,352	19°58'18,719"S	53°11'48,074"W	345,696
M-06 SD	Seção de Jusante Rio São Domingos	269.757,720	7.790.025,539	19°58'21,837"S	53°12'00,946"W	345,575
M-01 VERDE	Seção de Montante Rio Verde	263.482,677	7.788.363,720	19°59'13,144"S	53°15'37,471"W	346,266
M-02 VERDE	Seção de Montante Rio Verde	263.461,275	7.788.321,418	19°59'14,510"S	53°15'38,226"W	346,111
M-03 VERDE	Seção Rio Verde	263.719,565	7.787.475,757	19°59'42,113"S	53°15'29,737"W	347,324
M-04 VERDE	Seção Rio Verde	263.573,806	7.787.481,266	19°59'41,870"S	53°15'34,747"W	345,833
M-05 VERDE	Seção de Jusante Rio Verde	263.979,100	7.786.704,595	20°00'07,294"S	53°15'21,170"W	345,566
M-06 VERDE	Seção de Jusante Rio Verde	263.689,194	7.786.587,893	20°00'10,961"S	53°15'31,193"W	345,917

Cada seção topobatimétrica foi materializada em campo por meio de dois (2) marcos de concreto, posicionados em ambas as margens do reservatório, sobre o álveo, afastado da linha de operação normal do reservatório, após a linha maximorum, de forma intervisível e que o alinhamento dos mesmos encontre-se perpendicularmente ao fluxo do corpo hídrico, O Levantamento da área seca foi por meio topográfico com uso de estação total, já o trecho molhado usamos o ecobatímetro, tendo como base para o RTK o RVG mais próximo.

Seção Montante Rio Verde

Área Molhada: 101,600 m²

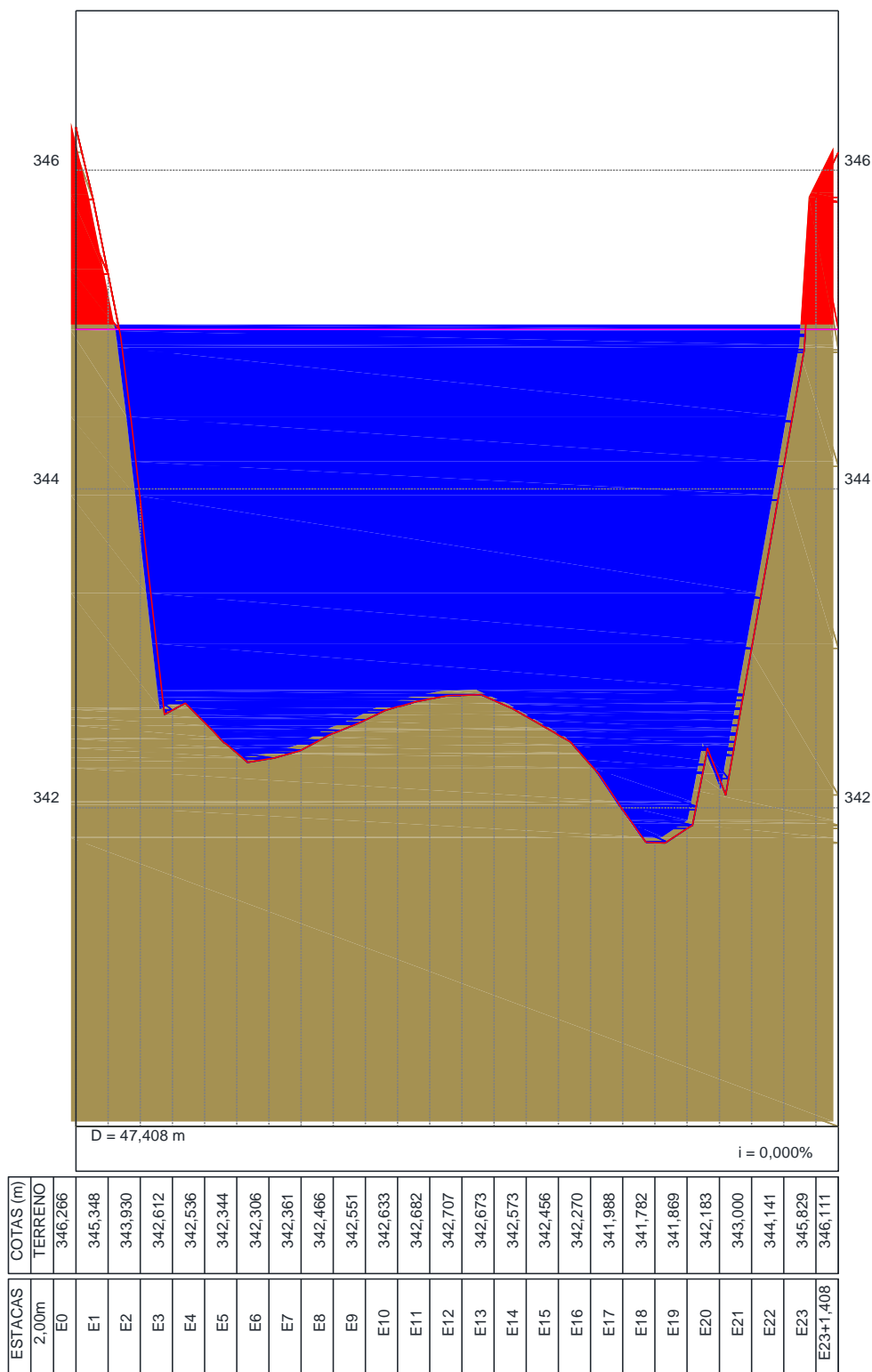


Figura 52 – Seção de Controle Montante

Seção Rio Verde

Área Molhada: 351,227 m²

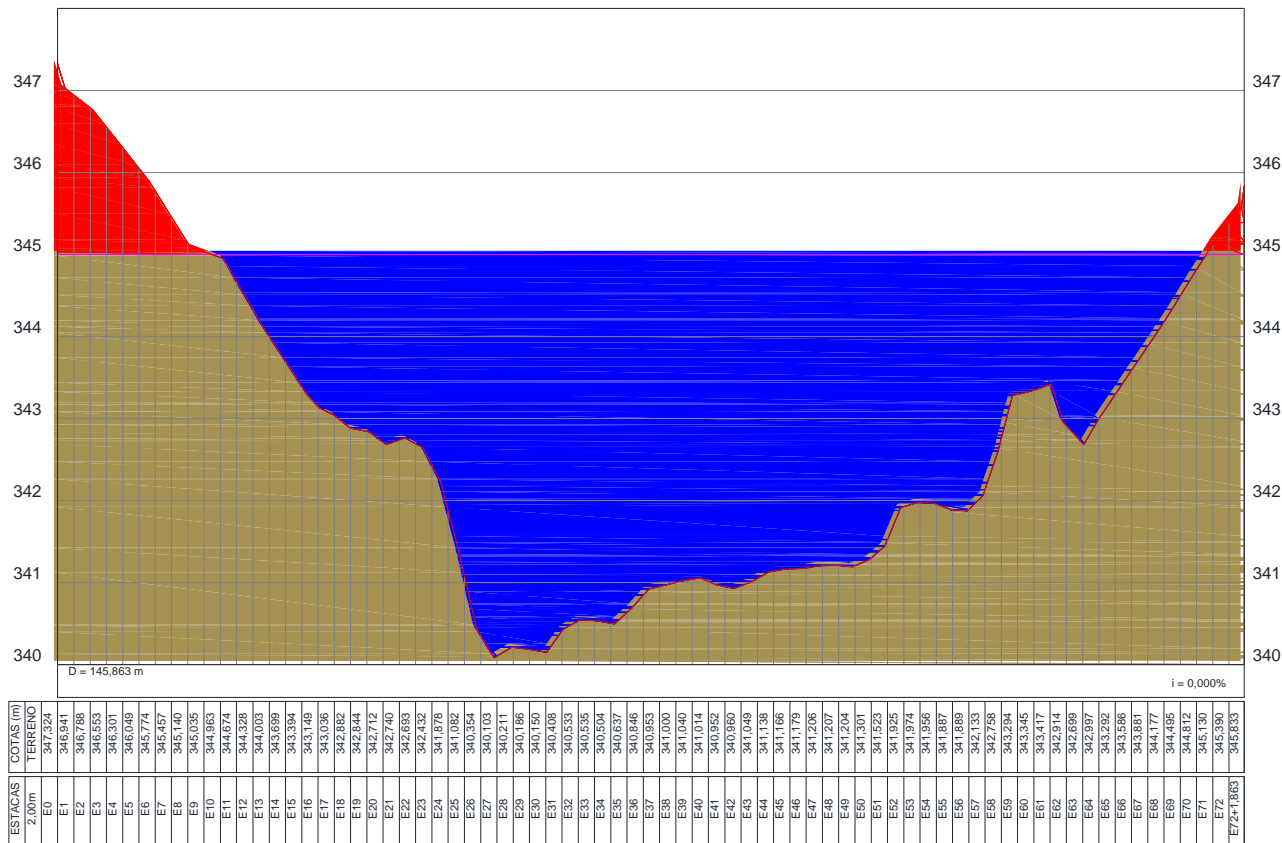


Figura 53 – Seção de Controle

Seção Jusante Rio Verde

Área Molhada: 1.041,988 m²

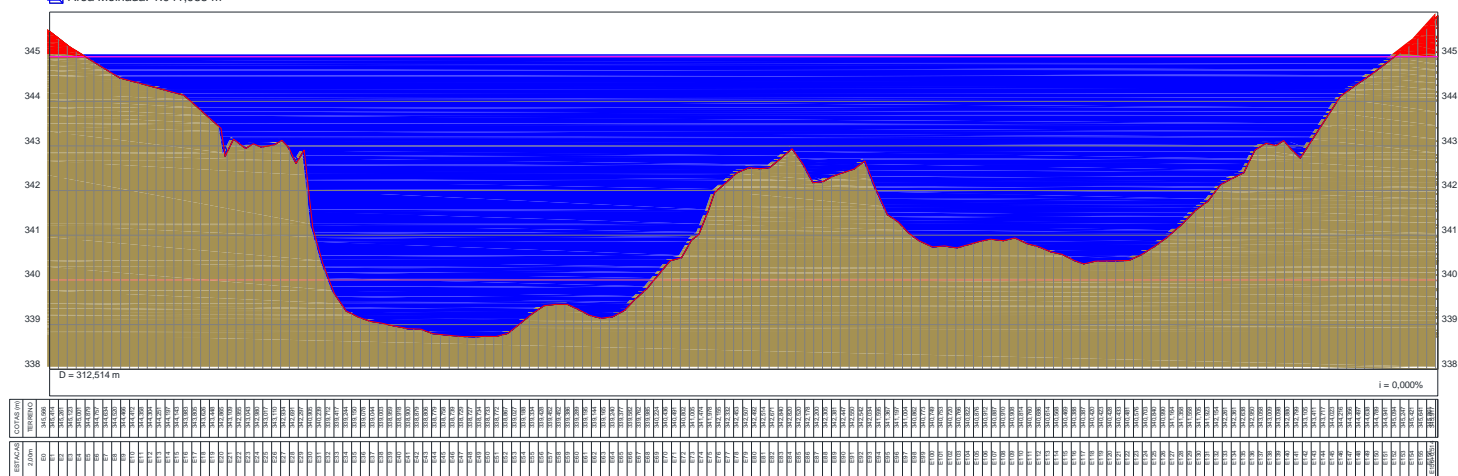


Figura 54 – Seção de Controle de Jusante

Seção Montante Rio São Domingos

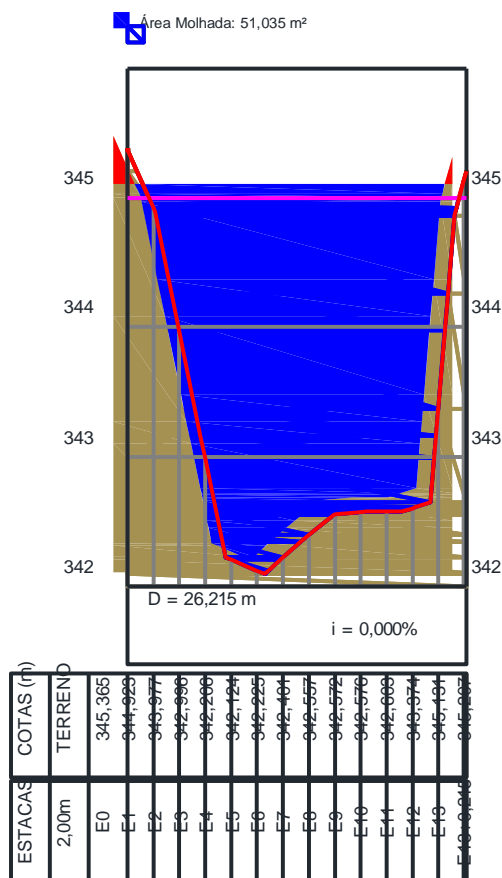


Figura 55 – Seção de Controle Montante

Seção Rio São Domingos

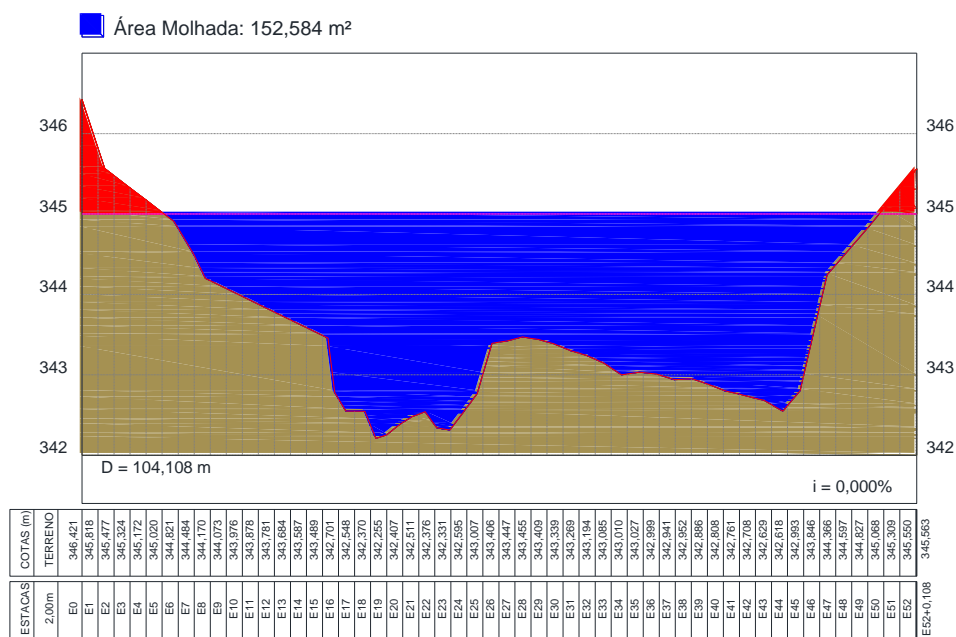
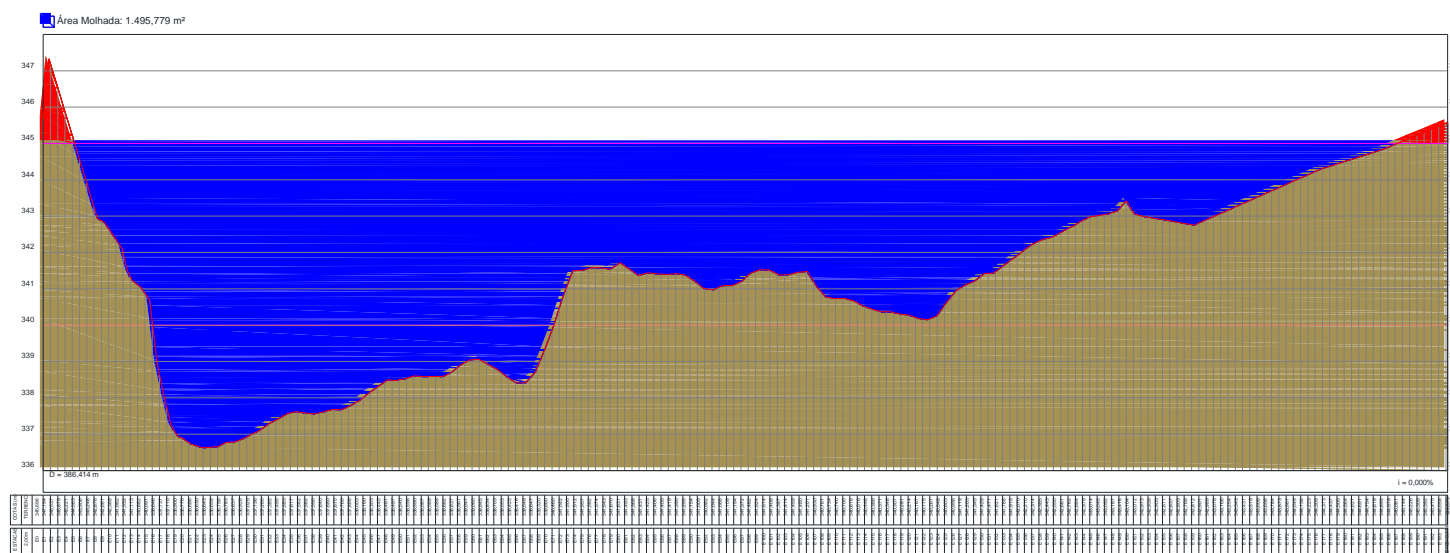


Figura 46 – Seção de Controle

Seção Jusante Rio São Domingos



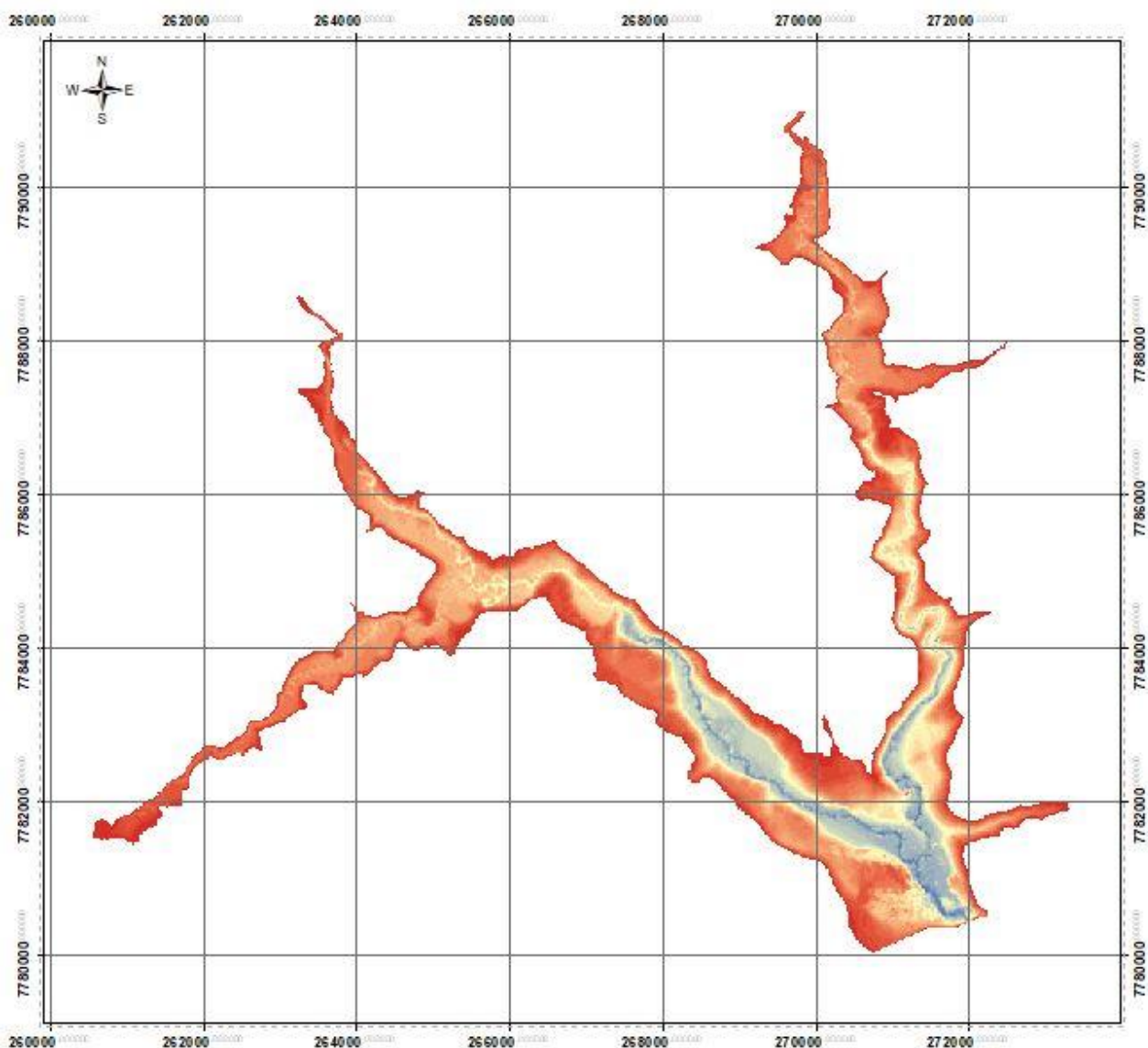


Figura 58 – Interpolador Matemático “Topo to Raster”

Para fatiar o modelo digital e calcular a área e o volume para a cota de referência também seguimos as orientações quanto ao plano de trabalho aprovado na ANA, e utilizamos a “*Toolbox Surface Volume*” presente no “*Software ArcGis*”.

Os pontos utilizados para a geração das curvas “Cota x Área X Volume” serão obtidos pela variação da posição de um plano de corte, a cada 1 cm, desde a cota mínima até o nível normal do reservatório.

2.10. Correlação das Cotas – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) x Cota de Operação (Régua da UHSD)

Para a determinação do desvio vertical procedemos com o nivelamento geométrico partindo do marco RVG-01, até o Apoio-11 e seguiu-se com o nivelamento até o RVG-10, deste retornou-se com o contranivelamento até fechar no RVG-01, após verificação do enquadramento quanto as tolerâncias procedemos os ajustes dos erros para definir a altitude corrigida do Apoio-11, deste serviu de apoio para o transporte do altitude para o topo da Régua de monitoramento de nível do reservatório instalada no muro do vertedouro, os quais obtivemos os seguintes valores.

Tabela 11 – Caderneta de Nivelamento Geométrico – RGV-01 x Topo da Régua do Vertedouro

ESTAÇÃO	RÉ	VANTE	COTA APAR	COTA	DIST1	DIST ACUMULADA
APOIO-11				348,1740		
1	1,3018		349,4758	0,0000	5,278	5,278
RÉGUA		3,3916	0,0000	346,0842	15,705	20,983
2	3,392		349,4762	0,0000	15,661	36,644
APOIO-11		1,302	0,0000	348,1742	5,281	41,925

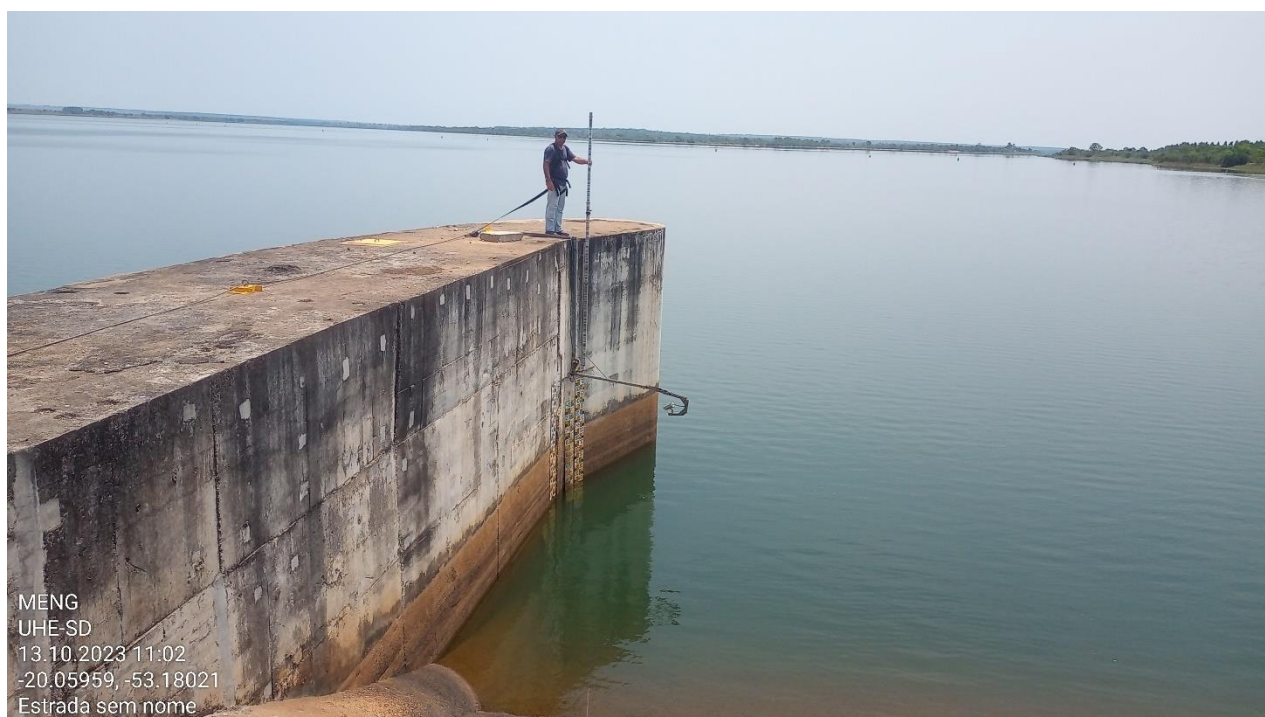


Figura 59 – Foto do nivelamento da régua do vertedor



Figura 60 – Foto do nivelamento da régua do vertedor

Conforme Projeto Básico de Referência e régua instalada no vertedouro o topo da mesma encontra-se na altitude **346,00 m (Local)**, conforme o nivelamento encontramos a altitude **346,0842 m (SGB)**, totalizando assim um desvio vertical de **+0,0842 m**.

3. ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME

3.1. Curvas Cota x Área x Volume do Projeto Básico da UHSD

Abaixo temos o gráfico e tabela com a curva Cota x Área x Volume, constante do projeto básico consolidado da UHE São Domingos.

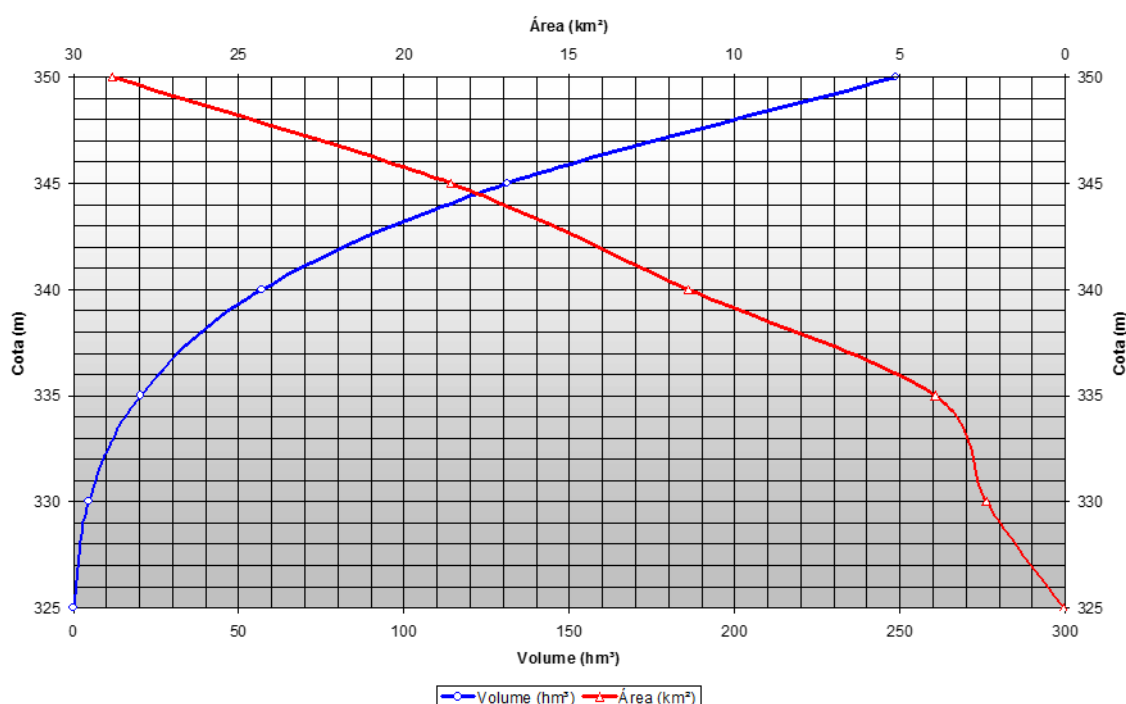


Figura 61 – Curva Cota x Área x Volume do Projeto Básico Consolidado UHSD

Tabela 12 – Valores Cota x Área x Volume Projeto Básico Consolidado

Cota (m)	Área (km²)	Volume (hm³)
325	0,05	0
330	2,39	4,66
335	3,94	20,32
340	11,4	57,05
345	18,6	131,3
350	28,8	248,87

3.2. Curvas Cota x Área x Volume do Levantamento de 2023

As curvas Cota x Área x Volume, elaboradas a partir desses novos levantamentos, foram referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Os valores das

curvas são apresentados na tabela abaixo com divisão a cada 50 cm, em anexo planilha digital com divisão centimétrica e regressões estatísticas, e posterior apresentação dos Polinômios de Área e Polinômios de Volume.

Tabela 13 – Curva Cota x Área x Volume – 2023

COTA OPERAÇÃO (m)	COTA - SGB (m)	ÁREA (Km ²)	VOLUME (Hm ³)
318,92	319,00	0,000000	0,000000
319,42	319,50	0,000144	0,000031
319,92	320,00	0,000378	0,000150
320,42	320,50	0,000879	0,000441
320,92	321,00	0,001816	0,001083
321,42	321,50	0,003661	0,002374
321,92	322,00	0,007927	0,005124
322,42	322,50	0,018115	0,011353
322,92	323,00	0,035043	0,024368
323,42	323,50	0,058024	0,047258
323,92	324,00	0,094379	0,084408
324,42	324,50	0,144787	0,143421
324,92	325,00	0,213569	0,231833
325,42	325,50	0,301694	0,360007
325,92	326,00	0,428681	0,538495
326,42	326,50	0,648042	0,804953
326,92	327,00	0,873022	1,184398
327,42	327,50	1,141950	1,685163
327,92	328,00	1,440655	2,333442
328,42	328,50	1,752702	3,129202
328,92	329,00	2,079432	4,085357
329,42	329,50	2,348816	5,196215
329,92	330,00	2,543195	6,420769
330,42	330,50	2,717007	7,736462
330,92	331,00	2,882322	9,136321
331,42	331,50	3,049107	10,618810
331,92	332,00	3,236949	12,189284
332,42	332,50	3,444014	13,858667
332,92	333,00	3,674550	15,636973
333,42	333,50	3,931969	17,535896
333,92	334,00	4,290847	19,586287
334,42	334,50	4,647874	21,822653
334,92	335,00	5,022426	24,238417
335,42	335,50	5,432162	26,850929
335,92	336,00	5,900409	29,681223
336,42	336,50	6,430048	32,761673
336,92	337,00	7,029857	36,127585
337,42	337,50	7,605050	39,787999
337,92	338,00	8,247697	43,742531
338,42	338,50	9,001391	48,050911

338,92	339,00	9,886830	52,777707
339,42	339,50	10,648877	57,915247
339,92	340,00	11,370002	63,420687
340,42	340,50	12,089594	69,282171
340,92	341,00	12,870869	75,521630
341,42	341,50	13,655113	82,155205
341,92	342,00	14,392297	89,166573
342,42	342,50	15,132485	96,542544
342,92	343,00	16,051578	104,328081
343,42	343,50	16,998137	112,594295
343,92	344,00	17,649595	121,263197
344,42	344,50	18,265966	130,238507
344,92	345,00	19,118850	139,565660
344,93	345,01	19,160362	139,757220
344,94	345,02	19,183209	139,948974
344,95	345,03	19,202303	140,140898
344,96	345,04	19,219354	140,332984
344,97	345,05	19,235162	140,525228
344,98	345,06	19,250059	140,717622
344,99	345,07	19,264481	140,910161
345,00	345,08	19,279062	141,102851

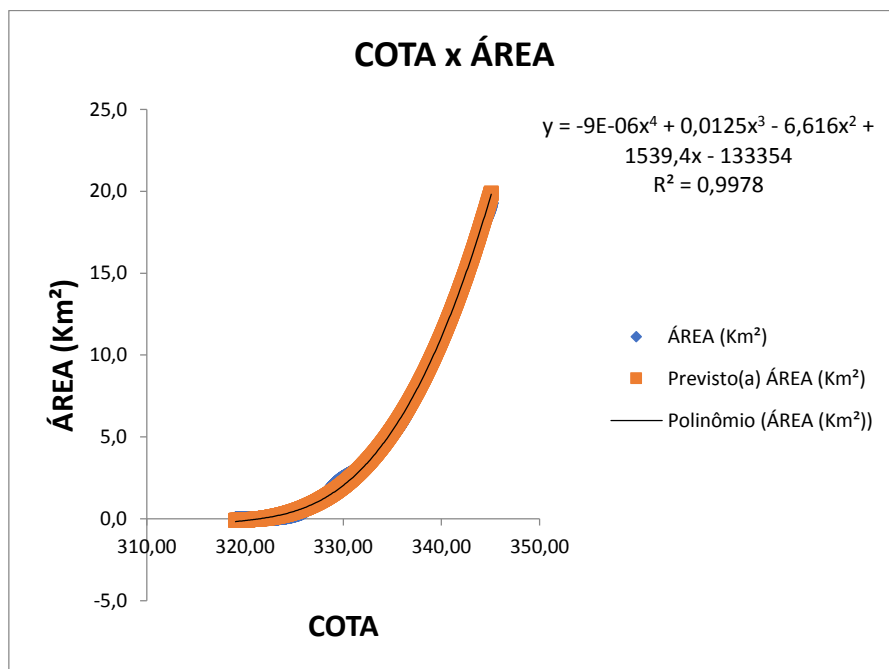


Figura 62 – Polinômio da Cota x Área

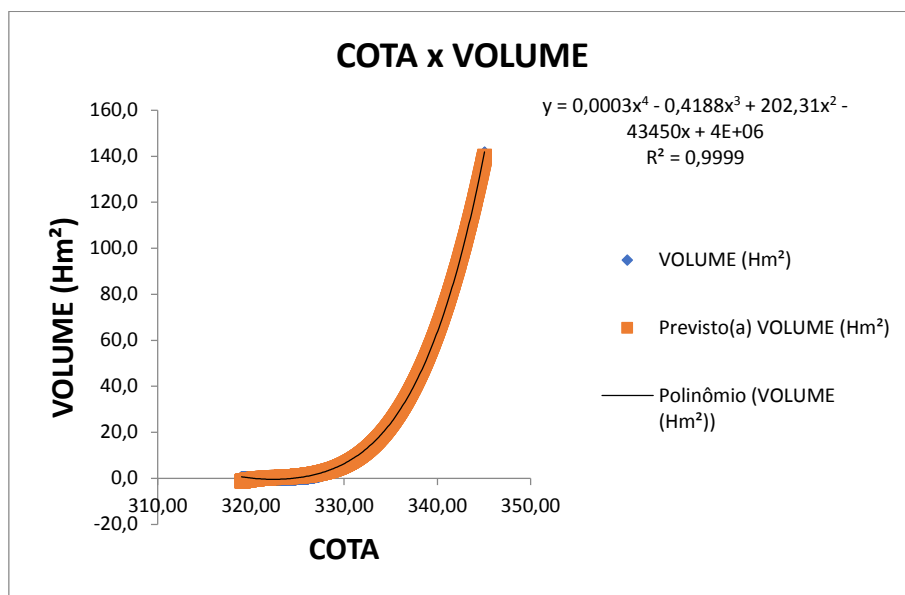


Figura 63 - Polinômio da Cota x Volume

3.3. Comparação da Curva Nova com a Curva Antiga

Para comparar a nova curva Cota x Área x Volume com a curva atualmente em uso no caso a do projeto básico do empreendimento foi elaborado a tabela 14.

Tabela 14 – CAV Projeto x CAV 2023

Parametro	N.A. Máximo Excepcional (m)	N.A. Máximo Normal (m)	N.A. Mínimo Normal (m)	Volume Útil (Hm3)
Área Original (km2)	18,60	18,60	17,2	-
Area Atualizada (km2)	19,28	19,28	17,74	-
Diferença (%)	3,7%	3,7%	3,2%	-
Volume Original (Hm3)	131,30	131,30	116,45	14,85
Volume Atualizado (Hm3)	141,10	141,10	122,68	18,42
Diferença (%)	7,5%	7,5%	5,3%	24,1%

N.A. Máximo Excepcional (m)	345,00
N.A. Máximo Normal (m)	345,00
N.A. Mínimo Normal (m)	344,00

Essa comparação mostra que o volume do reservatório da UHE São Domingos no seu nível máximo, medido atualmente é maior do que aquele indicado pela curva existente.

4. CONCLUSÃO

Os trabalhos realizados permitiram atender plenamente a resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022, obtendo uma nova curva Cota x Área x Volume, garantindo a atualização de importantes informações para o gerenciamento da operação e otimização do uso dos recursos hídricos e energéticos, seja pela CGT Eletrosul, ANA, ANEEL, ONS, ou outras entidades.

Através dos levantamentos topobatimétricos, e da interpolação dos pontos gerados pelo eco-batímetro mono feixe foi possível criar o modelo digital do terreno submerso, o qual mostrou influência sobre a área e o volume conhecido no projeto básico do empreendimento, tendo nesse primeiro levantamento físico um aumento significativo na capacidade de acumulação do reservatório na casa de 24,1%.

A implantação da rede de vértices geodésicos (RVG), além de servir de apoio aos levantamentos executados, está materializada e servirá de apoio e referência para outros trabalhos que se execute futuramente na região do reservatório.

5. ANEXOS

- 5.1. *Anexo I – Atualização das Curvas Cota x Área x Volume;*
- 5.2. *Anexo II – Levantamento Geodésico;*
- 5.3. *Anexo III – Levantamento Batimétrico;*
- 5.4. *Anexo IV – Levantamento da Área Seca;*
- 5.5. *Anexo V – Seções de Controle;*
- 5.6. *Anexo VI – Base Georreferenciada;*
- 5.7. *Anexo VII- ART;*

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA / ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução conjunta ANEEL/ANA nº 03, de 10 de agosto de 2010.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Orientação para atualização das curvas cota x área x volume. Superintendência de Gestão de Rede Hidrometeorológica. Brasília, DF, 2013.

CGT ELETROSUL – Projeto Básico consolidado, UHE São Domingos.

ELETROBRÁS/IPH - Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros, 2ª edição, 1998.