

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

UHE PASSO SÃO JOÃO

“Atualização da Curva Cota X Área X Volume em Atendimento à Resolução Conjunta ANEEL / ANA nº 03/2010” da UHE Passo São João

Execução dos Serviços:

Medeiros dos Santos – Agrimensura e Meio Ambiente

Responsável Técnico: Eng. Agr. Rogério Silva dos Santos

Florianópolis

- 2022 -

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS NOS LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS	5
2.1. Informações Gerais do Empreendimento	5
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	8
2.2.1.4. Resultados Obtidos	11
2.2.1.5. Análise Estatística e Precisão	11
2.2.2. Classificação do Potencial de Assoreamento	19
2.2.2.1. Potencial de Produção de Sedimentos (Pss)	19
2.2.2.2. Posição Relativa na Cascata (Prc)	21
2.2.2.3. Regime de Operação do Empreendimento (Ror)	22
2.2.2.4. Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)	22
2.2.2.5. Determinação do Nível de Criticidade (NC)	23
2.2.2.6. Classificação Quanto a Disponibilidade de Material Cartográfico	24
2.3. Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG)	25
2.3.1. Metodologia para o Posicionamento Planimétrico	26
2.3.2. Metodologia para o Posicionamento Altimétrico	30
2.4. Aprovar Modelo Geoidal (MapGeo2015)	35
2.5. Mapeamento da Área Seca	37
2.6. Mapeamento da Área Molhada	38
2.7. Implantação da Seção de Controle	43
2.8. Modelagem Digital do Terreno (MDT)	46

2.9.	Correlação das Cotas – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) x Cota de Operação (Régua da UHPJ)	48
3.	ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	51
3.1.	Curvas Cota x Área x Volume do Projeto Básico da UHPJ	51
3.2.	Curvas Cota x Área x Volume do Levantamento de 2022.....	52
3.3.	Regressões Polinomiais	57
3.4.	Comparação da Curva Nova com a Curva Antiga	60
4.	CONCLUSÃO.....	61
5.	ANEXOS	61
5.1.	Anexo I – Relatório de Pós Processamento Rede RVG;	61
5.2.	Anexo II – Relatório de Pós Processamento RNs;.....	61
5.3.	Anexo III – Monografias IBGE;	61
5.4.	Anexo IV – Monografia da Rede de Vértices Geodésicos (RVG);.....	61
5.5.	Anexo V - Monografia Pontos de Controle de Qualidade da Cartografia Existente	61
5.6.	Anexo VI – Monografia Marcos Definidores das Seções de Monitoramento	61
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades técnicas de cartografia, geodésia e batimetria, que foram executadas para a determinação das Curvas Cota x Área x Volume do reservatório da UHE Passo São João localizada nos municípios de Roque Gonzáles, Dezesseis de Novembro, São Pedro do Butiá, São Luiz Gonzaga e Rolador, no Estado do Rio Grande do Sul. Os serviços de levantamentos cartográficos, geodésicos e batimétricos serão executados pela empresa Medeiros dos Santos Agrimensura e Meio Ambiente, nos meses de Junho a novembro de 2022, conforme contrato com a CGT Eletrosul nº 4500052045.

A Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010 em seu Artigo 8º, 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, este trabalho contempla os materiais e métodos empregados nos levantamentos realizados pela equipe da Medeiros dos Santos, na atualização das curvas cota x área x volume, para atendimento dessa resolução pela UHE Passo São João.

2. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS NOS LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS

2.1. Informações Gerais do Empreendimento

A Usina Hidrelétrica Passo São João situa-se na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul e aproveita o potencial hidrelétrico do trecho final do rio Ijuí. O seu reservatório atinge os municípios de Roque Gonzáles, Dezesseis de Novembro, São Pedro do Butiá, São Luiz Gonzaga e Rolador.

A usina possui uma capacidade total instalada de 77 MW e está localizada nas coordenadas geográficas 28°08'29" de latitude Sul e 55°03'15" de longitude Oeste. A sede operacional dista cerca de 5,0 km da cidade de Roque Gonzales e o acesso rodoviário principal é feito pela BR 285 até São Luiz Gonzaga, que está situada a aproximadamente 34 km da usina.

O Quadro 1 abaixo apresenta as principais informações referentes a UHE Passo São João.

Tabela 1 – Dados Técnicos UHE Passo São João

1. Dados Técnicos			
1.1 Dados Básicos		Descrição	Unidade
1.1.1	Data 1º enchimento	12.08.2011	-
1.2 Dados Geográficos e Hidrográficos da Usina			
1.2.1	Bacia Hidrográfica	Uruguai (7)	-
1.2.2	Rio ou curso d'água	Ijuí (75)	-
1.3 Dados Hidrometeorológicos			
1.3.1	Vazão média de longo termo MLT	262,1	m³/s
1.3.2	Vazão firme - 95%	42	m³/s
1.3.3	Vazão mínima média mensal	134,2	m³/s
1.3.4	Vazão máxima de projeto do vertedouro - 500/1.000/10.000 anos	11.570	m³/s
1.3.5	Vazão máxima de desvio na construção - 25/50 anos	3.540	m³/s
1.3.6	Vazão sanitária	18,0 a 61,3	m³/s
1.3.7	Período do histórico de vazões	Jan/1942 a Set/2003	-
1.3.8	Área de drenagem do barramento	10.128	km²
1.4 Reservatório			
1.4.1	N.A. máximo maximumum	128,35 (fio d'água)	m
1.4.2	N.A. máximo normal	128,35 (fio d'água)	m
1.4.3	N.A. mínimo normal	127,35	m
1.4.4	Área inundada no N.A. máximo maximumum	25,2	km²

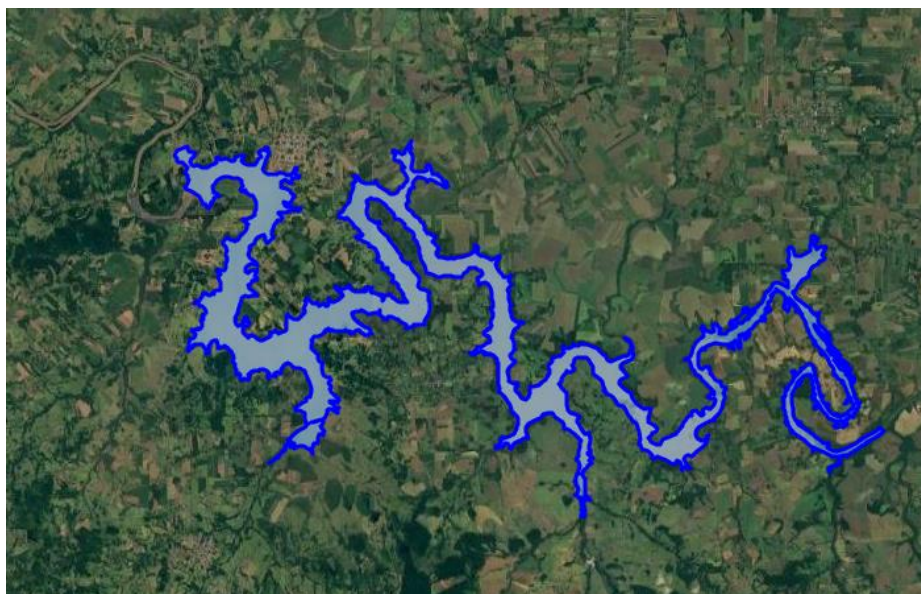


Figura 1 - Vista Geral do Reservatório da UHE Passo São João

2.2. Dados Fornecidos Pela Contratante

2.2.1. Cartografia

A CGT Eletrosul disponibilizou uma cartografia com curvas de nível dispostas de 5 x 5 metros na escala de 1:5.000, no Datum SAD69 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 de Cobertura Aerofotogramétrica, Aerotriangulação, Restituição e Geração de Ortofotocarta Digitais do Projeto objeto do contrato de prestação de serviços Nº 90560315, entre a MAPLAN Aerolevantamentos S/A para a ELETROSUL Centrais Elétricas S.A., cujos produtos compreendem: Implantação de Poligonal Geodésica, Nivelamento Geométrico, Determinação e Materialização Física da Cota de Inundação, Aerolevantamento de 135,41 Km², Cadastro Fundiário e Estruturação do Sig - Sistema de Informações Geográficas, Necessários Ao Desenvolvimento do Projeto de Desapropriação da Área a ser ocupado pelo futuro reservatório Da UHE Passo São João – Rs.

Primeiramente procedemos a conversão do material do *Datum* SAD69 para o *Datum* SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas utilizando o *Software* Métrica Topo, utilizando os parâmetros indicados pelo IBGE para tal transformação, o SIRGAS2000 é o atual referencial oficial do Brasil.

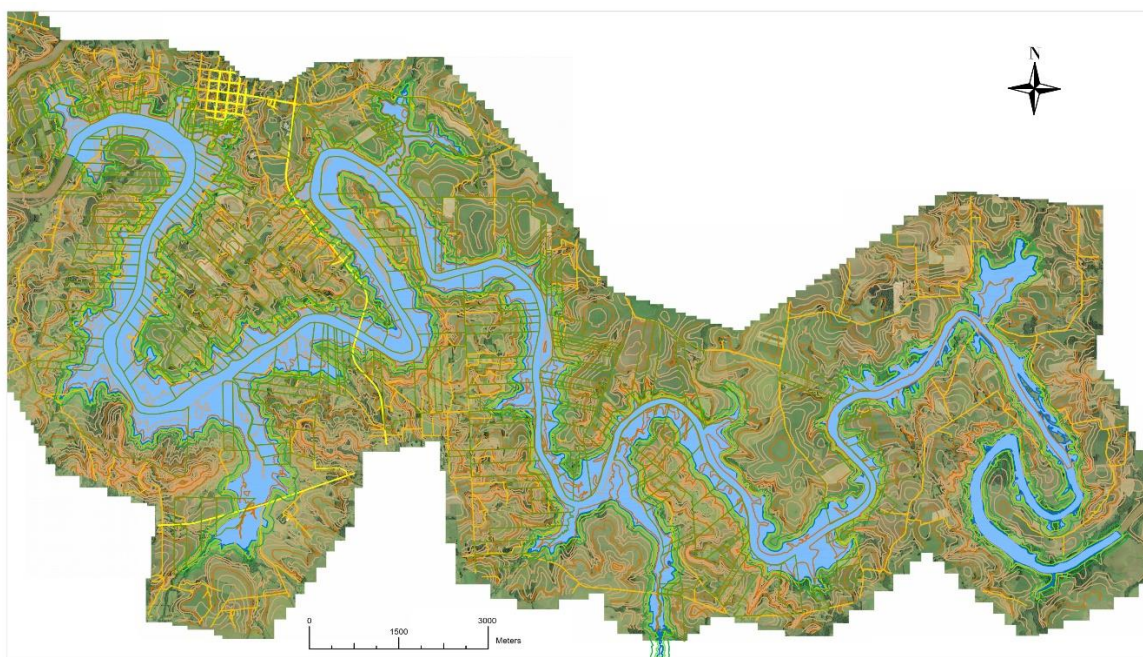


Figura 2 – Cartografia na Escala 1:5.000 Disponibilizada

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, no mapa vetorial e 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.

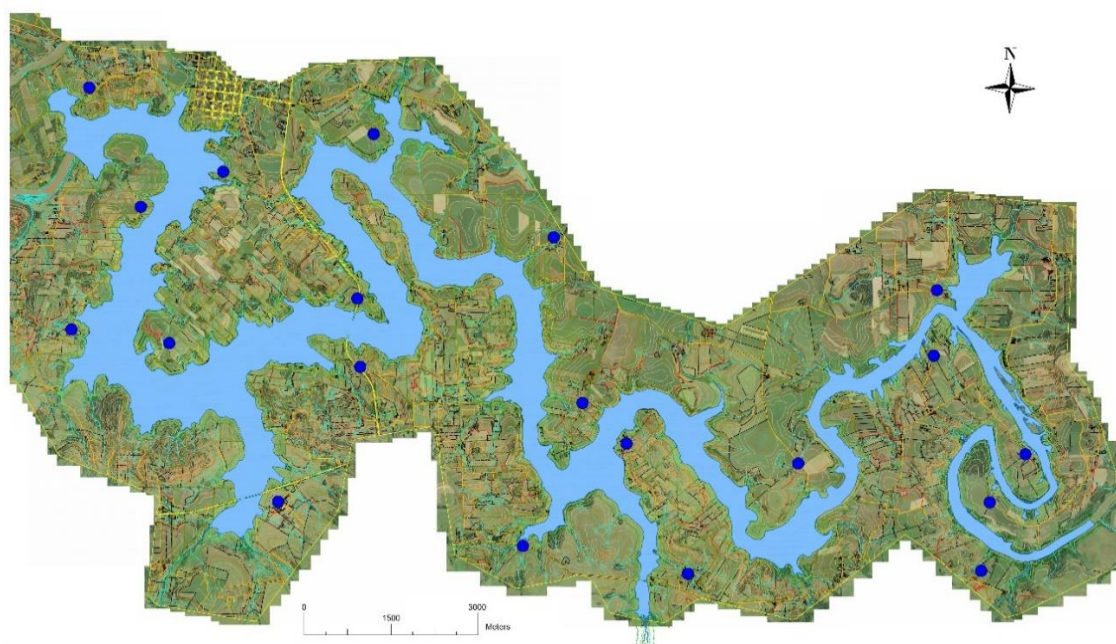


Figura 3 – Distribuição dos 20 Pontos de Controle de Qualidade

2.2.1.3. Rastreio e Processamento dos Pontos de Controle

Para o rastreio dos pontos de controle de qualidade da cartografia preexistente utilizamos GNSS de dupla frequência com ocupação de duas horas, observação mínima de seis satélites simultâneos no período de rastreio, PDOP inferior a quatro, posicionamento absoluto estático e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm.



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7

Para a obtenção das coordenadas planialtimétricas dos pontos procedemos com a utilização do sistema de processamento por ponto preciso do IBGE. O IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS (Global Navigation Satellite System), que faz uso do programa CSRS-PPP (GPS Precise Point Positioning) desenvolvido pelo NRCan (Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada), O sistema vai permitir

que os usuários de equipamentos de GPS topográficos e geodésicos - utilizados, sobretudo, por profissionais de engenharia e agrimensura - obtenham coordenadas de alta precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000).

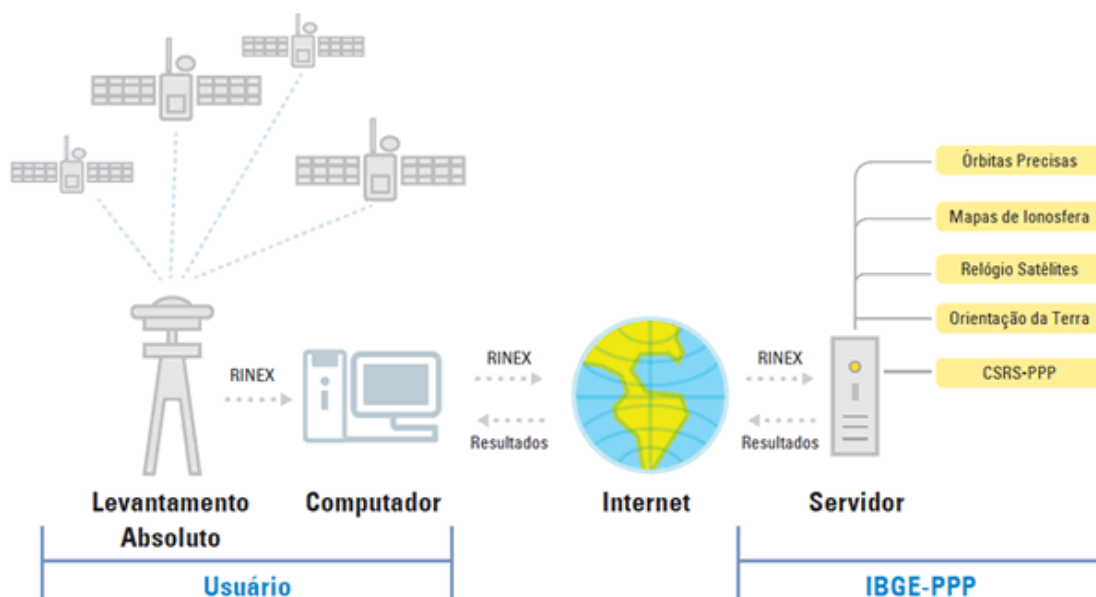


Figura 4 – Esquema funcional do IBGE-PPP

Tabela 2 – Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

No Anexo V está disponível os Relatórios de Processamento pelo IBGE-PPP dos vinte pontos contendo a monografia emitida pelo IBGE com coordenadas precisas e altitude ortométrica, arquivo KML do ponto para visualização no Google Earth, Já os arquivos Rinex dos rastreios estão na pasta 9_Arquivos Graficos\2_Controlre_Qualidade_Cartografia_Existente.

2.2.1.4. Resultados Obtidos

Após o Processamento pelo IBGE-PPP e emissão dos relatórios de posicionamento extraímos as coordenadas precisas e altitudes ortométricas para os pontos rastreados e dos vértices vetoriais / ortofoto da cartografia existente ambas em SIRGAS2000.

Tabela 3 – Coordenadas dos pontos de controle Rastreadas x Cartografia de Projeto

Ponto	Leste - PPP	Norte - PPP	Cota - PPP	Leste - CART	Norte - CART	Cota - CART	Delta Posicional
1	692.511,723	6.884.628,046	144,80	692.511,513	6.884.627,882	142,13	0,2665
2	691.317,660	6.882.516,522	138,55	691.317,903	6.882.516,538	137,98	0,2437
3	694.879,261	6.879.552,884	147,22	694.878,966	6.879.552,592	147,71	0,4153
4	696.294,571	6.881.873,171	147,50	696.294,547	6.881.873,697	147,70	0,5263
5	699.096,910	6.878.788,083	134,15	699.096,953	6.878.788,852	133,53	0,7703
6	701.940,703	6.878.311,104	141,84	701.940,127	6.878.310,434	142,12	0,8837
7	700.882,609	6.880.553,331	139,13	700.883,328	6.880.552,516	139,01	1,087
8	706.179,203	6.882.069,256	141,76	706.178,701	6.882.066,889	142,01	2,4196
9	707.758,874	6.880.369,514	138,00	707.758,505	6.880.370,335	139,16	0,8999
10	706.994,343	6.878.359,774	148,00	706.994,565	6.878.360,518	147,22	0,7764
11	691.623,232	6.886.683,106	141,76	691.623,432	6.886.683,194	139,78	0,2183
12	693.932,164	6.885.233,386	134,44	693.932,382	6.885.232,889	133,32	0,5432
13	693.004,026	6.882.282,273	146,59	693.003,524	6.882.281,953	146,66	0,5956
14	696.245,364	6.883.049,893	146,20	696.245,596	6.883.050,385	145,14	0,5437
15	696.525,879	6.885.883,818	145,84	696.525,972	6.885.882,876	144,58	0,9466
16	699.630,389	6.884.105,106	153,78	699.630,592	6.884.105,097	152,67	0,2032
17	700.123,842	6.881.252,354	171,93	700.124,066	6.881.252,145	171,82	0,3061
18	703.842,093	6.880.211,019	163,17	703.842,273	6.880.210,817	162,85	0,2701
19	706.234,440	6.883.194,226	145,83	706.232,900	6.883.194,607	145,72	1,5861
20	707.143,323	6.879.540,680	147,37	707.143,502	6.879.541,038	146,30	0,4001

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 Projeto Básico

Local: UHPJ

Data: 24/01/2022

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 Projeto Básico", **É ACURADO** para a escala de **1/5000**.
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 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): 0,8711

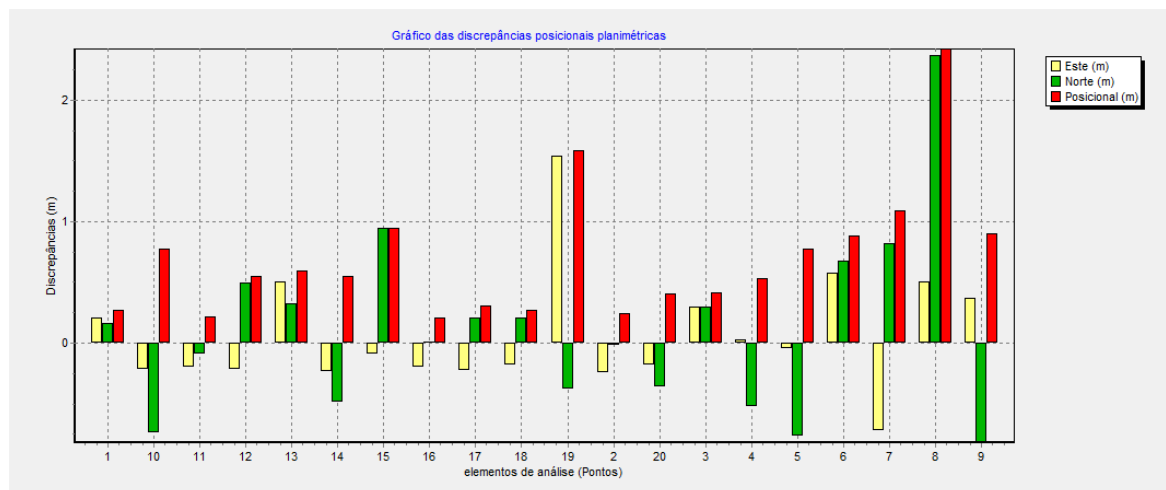


Figura 5 – Gráfico das Discrepâncias Posicionais Planimétricas

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 Projeto Básico", **É ACURADO** para a equidistância vertical de **5 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 Tendencioso**.

Pontos de checagem utilizados: 20

RMS das discrepâncias (m): 1,0152

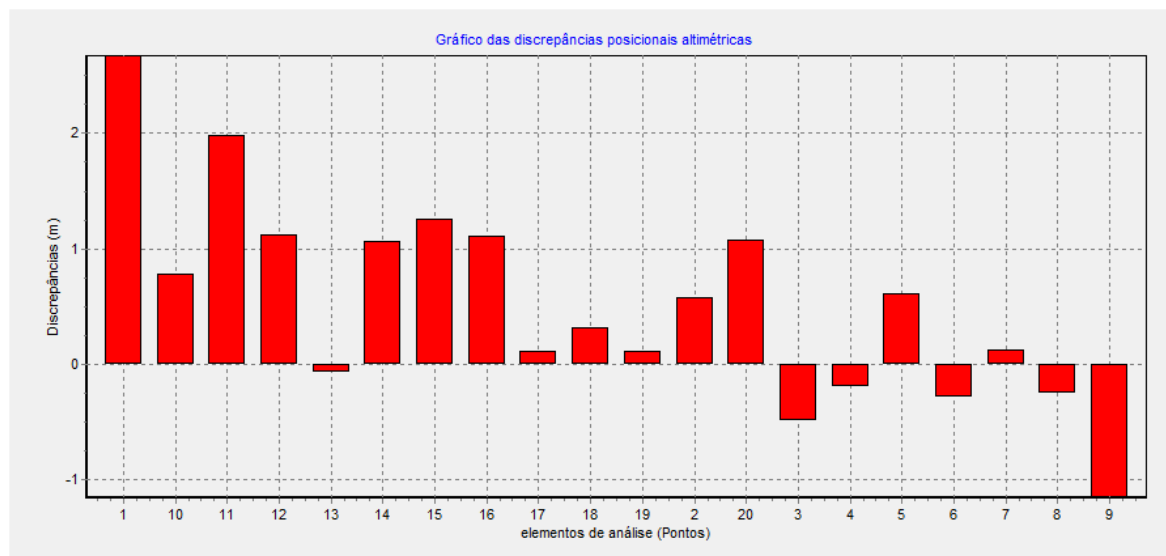


Figura 6 – Gráfico da Discrepância Posicional Altimétrica

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984

Análise Planimétrica

PROCESSAMENTO

Escala de Referência: 1/5000

Pontos de checagem inseridos: 20

Pontos de checagem utilizados: 20

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 4,5

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(E)= 0,0632 Média(N)= 0,1146 Média(ABS)= 0,6951
>> Desv-pad(E)= 0,4773 Desv-pad(N)= 0,7435 Desv-pad(ABS)= 0,5387
>> RMS(E)= 0,4695 RMS(N)= 0,7337 RMS(ABS)= 0,8711

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

>> Vizinho mais próximo:

:: Área (m²) = 134000000

:: 1ª ordem - R= 1,3379 Zcalc= 2,8907 Ztab= 1,96

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

:: 2ª ordem - R= 1,3453 Zcalc= 4,2545 Ztab= 1,96

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

:: 3ª ordem - R= 1,2955 Zcalc= 4,4937 Ztab= 1,96

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

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :

Wcalc(E)= 0,8386 Wcalc(N)= 0,8949

p-value(E)= 0,0034 p-value(N)= 0,0332

Nível de Confiança = 95%

Amostra NÃO Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto 89.817:

PEC= 2,5 EP= 1,5

Resultado: Classe B

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

$t_{calc}(E) = 0,5922$ $t_{calc}(N) = 0,6893$ $t_{tab} = 1,7291$

Resultado: Inconclusivo

>> Estatística Espacial

Média Direcional (Azimute)= 303,3328 Variância Circular= 0,8705

Resultado: Não Tendencioso

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984

Análise Altimétrica

PROCESSAMENTO

Equidistância vertical: 5

Pontos de checagem inseridos: 20

Pontos de checagem utilizados: 20

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 5,0001

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(h)= 0,5238

>> Desv-pad(h)= 0,8922

>> RMS(h)= 1,0152

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :

Wcalc(h)= 0,9666 p-value(h)= 0,6822

Nível de Confiança = 95%

Amostra Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto 89.817:

PEC= 2,5 EP= 1,6667

Resultado: Classe B

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

tcalc(h)= 2,6255 ttab= 1,7291

Resultado: Tendencioso

DISCREPÂNCIAS - PONTOS DE CHECAGEM

ID	di(E)	di(N)	di(ABS)	di(H)
1	0,2097	0,1645	0,2665	2,672
10	-0,2219	-0,744	0,7764	0,776
11	-0,1996	-0,0884	0,2183	1,98
12	-0,2182	0,4975	0,5432	1,119
13	0,5025	0,3198	0,5956	-0,07

14	-0,2323	-0,4916	0,5437	1,061
15	-0,0934	0,942	0,9466	1,259
16	-0,203	0,0095	0,2032	1,111
17	-0,2238	0,2088	0,3061	0,114
18	-0,1796	0,2017	0,2701	0,316
19	1,5396	-0,3814	1,5861	0,114
2	-0,2432	-0,0162	0,2437	0,575
20	-0,1785	-0,3581	0,4001	1,071
3	0,2951	0,2922	0,4153	-0,489
4	0,0244	-0,5257	0,5263	-0,195
5	-0,0426	-0,7691	0,7703	0,616
6	0,5764	0,6698	0,8837	-0,278
7	-0,7193	0,815	1,087	0,124
8	0,5024	2,3669	2,4196	-0,245
9	0,3694	-0,8206	0,8999	-1,155

Dessa forma, classifica-se a Cartografia do Projeto Preexistente da UHE Passo São João no enquadramento PEC B, podendo assim utilizar esse material existente.

Com isso a classificação dos reservatórios quanto a disponibilidade de documentação cartográfica para a UHE Passo São João 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)”.

2.2.2. Classificação do Potencial de Assoreamento

Os dados apresentados neste item 3 foram obtidos no documento PROJETO BÁSICO CONSOLIDADO da UHE PASSO SÃO JOÃO fornecido pela CGT Eletrosul.

2.2.2.1. Potencial de Produção de Sedimentos (Pss)

A UHE Passo São João está instalada na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, na Sub- bacia do Rio Ijuí. 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 Consolidado e estudo apresentado na publicação federal “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros” (ELETROBRÁS/IPH, 2ª edição, 1998).

A Figura 2 mostra que a UHE esta Zona S4 com produção específica máxima de 100 ton/km²/ano. De acordo com a classificação proposta, a UHE Passo São João - Médio Potencial (2).

Tabela 4 – Memória de Cálculo (PSS)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Produção diária	ton/dia	1.255,77	Projeto básico consolidado (pág. 109)
Produção anual	un/ano	458.356,05	
Área de drenagem	km ²	10.128,00	Projeto básico consolidado (pág. 13)
Produção específica	ton/km ² /ano	45,256	

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		2

Fonte: Projeto básico consolidado

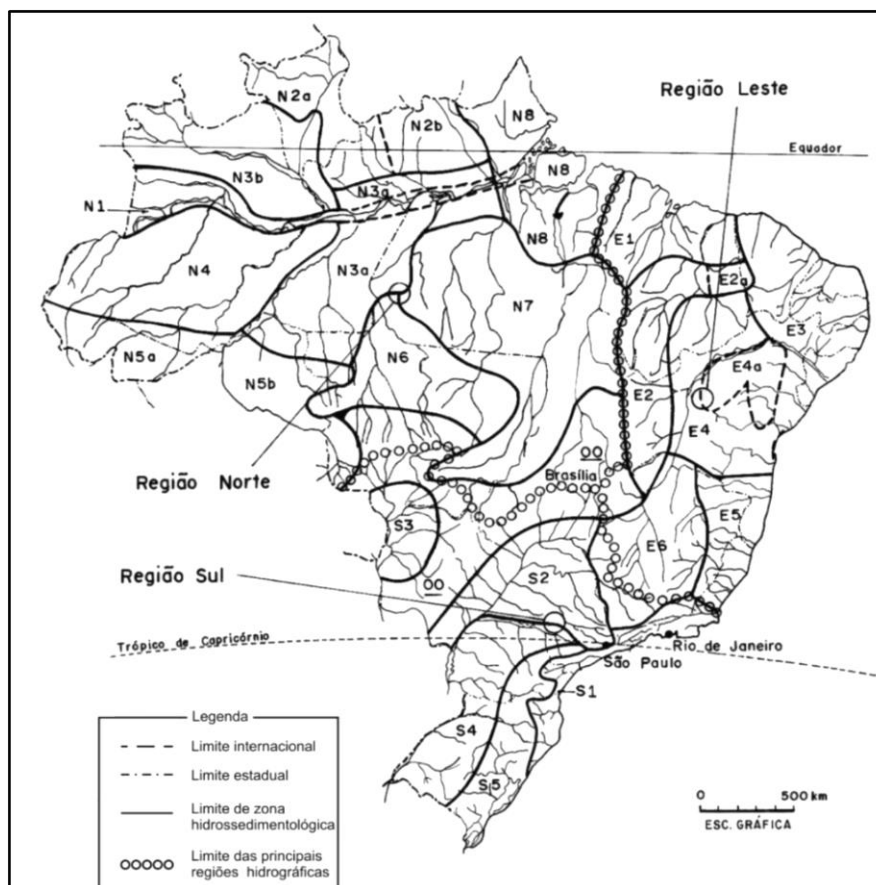


Figura 7 - Zoneamento Hidrossedimentológico (ELETROBRÁS, 1998 – modificado)

Tabela 5 - Zoneamento Hidrossedimentológico (ELETROBRÁS, 1998 – modificado)

Classe	Degradação Específica P_{ss} (*) (t.km ⁻² .a ⁻¹)	Código da Zona (**)
I	$P_{ss} > 300$	NS
II	$300 > P_{ss} > 150$	E6 (e, provavelmente, E4a)
III	$150 > P_{ss} > 100$	OO; N4
IV	$100 > P_{ss} > 75$	S1; S4
V	$75 > P_{ss} > 50$	N2a; N7; E3; E5
VI	$50 > P_{ss} > 25$	S2; S5; N3b
VII	$25 > P_{ss} > 5$	N2b; N6; N8; E2
VIII	$5 > P_{ss} > 0$	
IX	Depósitos	N1; S3
X	Sem classificação por falta de dados	E1; E2a; E4; E4a

(*) Produção específica em suspensão para bacias de 2.500 a 30.000 km² (exceto para a zona N4, para a qual a superfície de referência é da ordem de 100.000 km²)

2.2.2.2. Posição Relativa na Cascata (Prc)

A Figura 6-2 indica que a UHE Passo São João é a última usina instalada na cascata do Rio Ijuí. Sendo assim, a UHE Passo São João é classificada como um **Reservatório de Jusante com Pequena Bacia Incremental – Baixa Suscetibilidade (1)**.

Tabela 6 - Memória de Cálculo (Prc)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Área de drenagem UHE Passo São João	km ²	10.128	Projeto básico consolidado (pág. 13)
Área de drenagem UHE São José	km ²	9.594	Projeto básico consolidado (pág. 13)
Bacia incremental UHE Passo São João	km ²	534	

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

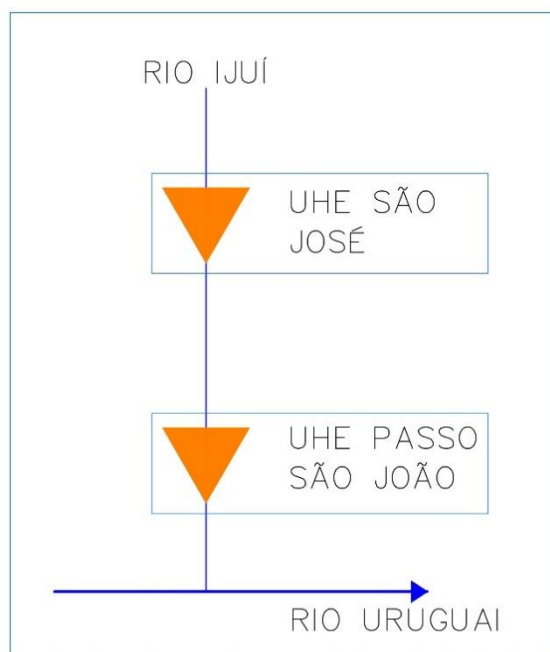


Figura 8 – Cascata do Rio Ijuí

2.2.2.3. Regime de Operação do Empreendimento (Ror)

O reservatório da UHE Passo São João possui um volume útil que totaliza 126,8 hm³. Considerando a série de geração de energia desde o primeiro ano de operação 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 Tabela 5, a **UHE Passo São João está classificada como - Baixa Suscetibilidade (1)**, com o valor de IR em 5,6 dias

Tabela 7 – Memória de Cálculo (Ror)

Parâmetro	Unidade	Qtda	Fonte
Volume reservatório	m ³	126.800.000,0	Projeto básico consolidado (pág. 110)
Vazão média de longo termo	m ³ /seg	262,10	Projeto básico consolidado (pág. 111)
Índice de regularização	seg	483.784,81	
Número de segundos por dia	seg/dia	86.400	
Índice de regularização	Dias	5,6	

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

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

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

- Maior sensibilidade aos parâmetros anteriores: Média suscetibilidade ao Potencial de Produção de Sedimentos (Pss).
- Não constitui hidrovias.

Dessa forma, classifica-se a UHE Passo São João - Média Externalidade (2).

Tabela 8 – 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.	Baixo	1
Pelo menos 1 dos itens anterior médio ou 2 munic > 50 mil hab.	Médio	2
Demais reservatórios	Alto	3
Atribuído		2

2.2.2.5. Determinação do Nível de Criticidade (NC)

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

- Potencial de Produção de Sedimentos (*Pss*)
- Posição Relativa na Cascata (*Prc*)
- Regime de Operação do Empreendimento (*Ror*)
- 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.

$$NC = Pss + Prc + MI + 4 * Ror$$

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.

Tabela 9 – Memória de Cálculo (NC)

Determinação do Nível de Criticidade		
$NC = (Pss + Prc + MI + 4 * Ror) / 21$		
NC = 0,429		
Classificação do reservatório quanto ao potencial de assoreamento		
Nível de Criticidade	Parâmetro	Nota
Classi I - Alto	$NC \geq 0,75$	1
Classe 2 - Médio	NC entre 0,50 e 0,75	2
Classe 3 - Baixo	$NC \leq 0,50$	3
Atribuído		3 Baixo

Dessa forma, classifica-se a UHE Passo São João como Classe 3 - Nível de Criticidade Baixo (0,429).

2.2.2.6. 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 aprovado no controle de qualidade.

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

Tabela 10 – 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

2.3. Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG)

A rede de vértices geodésicos (RVG) no entorno do reservatório compreende 10 marcos distribuídos ao longo do corpo hídrico, conforme disposição apresentada na Figura 13.

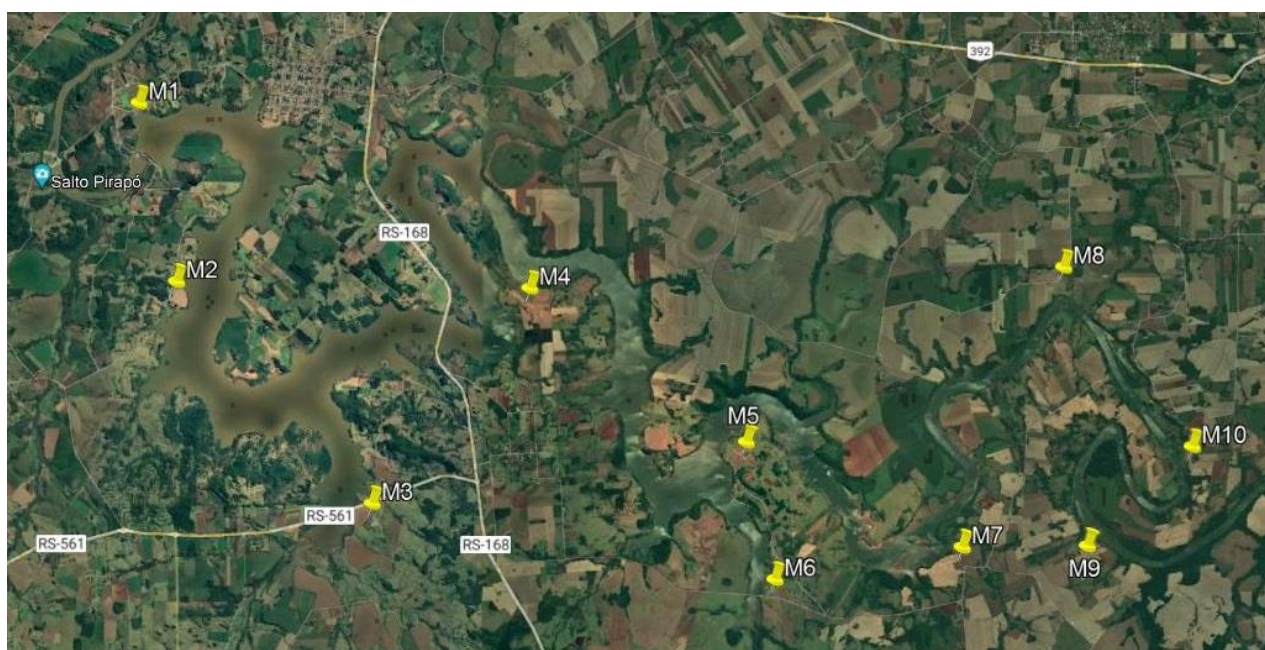


Figura 13 – Localização dos marcos da RVG

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

2.3.1. Metodologia para o Posicionamento Planimétrico

Rastreamento com receptores GNSS Modelo South – S86T (antena SA7224-V3.1), S82T (antena SA7224-V3.0) e Kolida K20S (antena KOLK20S) 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 a Estação da RBMC Cerro Largo SAT94253, e o Marco SAT96080 simultaneamente.

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

As configurações e parâmetros relacionadas ao modelo de cada antena foi configurada previamente no *Software Ashtech Solutions 2.6*, de modo a considerar as medidas de *offsets* verticais, tal configurações como não são expressas no relatório de pós processamento gerado pelo *Software*, geramos alguns *prints* de tela com o *Ashtech* aberto demonstrando tal aferição.

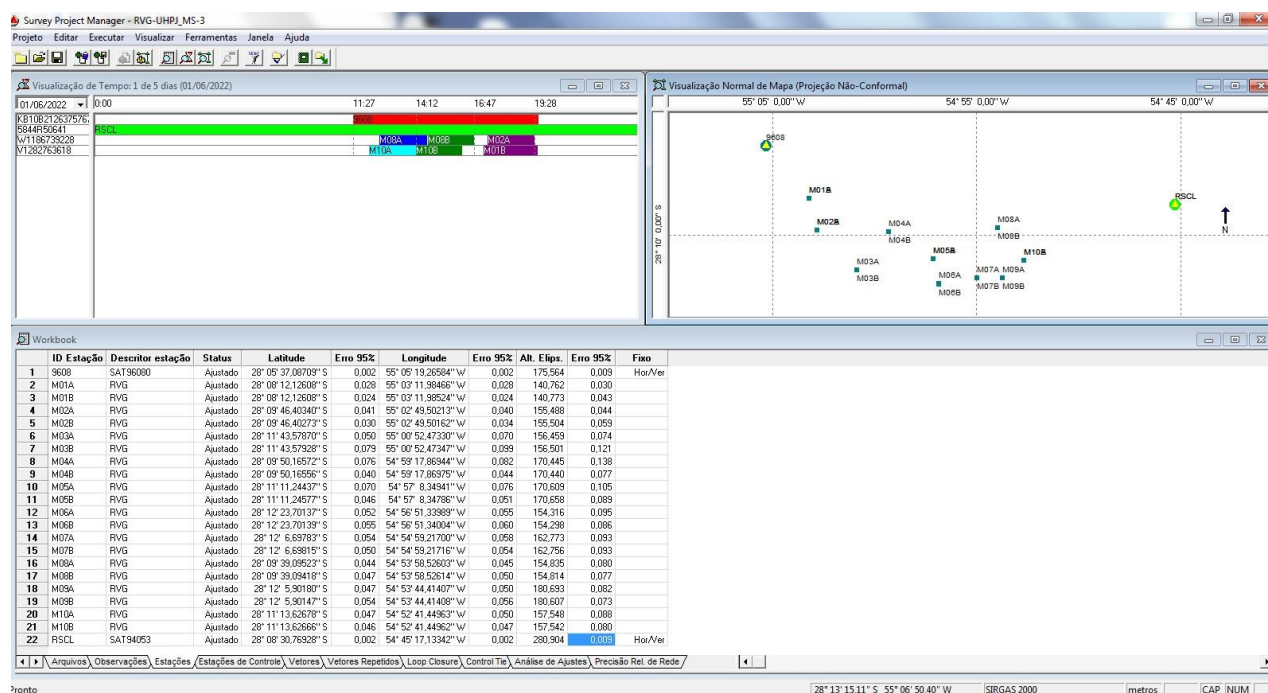


Figura 14 – Print Ashtech Solutions com os vértices da RVG

Survey Project Manager - [Workbook]

Projeto Editar Executar Visualizar Ferramentas Janela Ajuda

	ID Estação	Antenna Height	Height Type	Antenna Type	Hora Início	Hora Fim	Nome Arquivo	Obs. Type
1	S608	1.500	Vertical	K205	17:17.48	21:00.42	B9608A22.150	Static
2	S608	1.500	Vertical	K205	11:00.26	19:13.52	B9608B22.151	Static
3	S608	1.500	Vertical	K205	11:27.02	19:38.43	B9608C22.152	Static
4	S608	1.500	Vertical	K205	11:45.43	19:23.45	B9608D22.153	Static
5	S608	1.500	Vertical	K205	11:16.32	17:53.26	B9608E22.154	Static
6	M03B	2.000	Vertical	S82+	14:14.05	16:17.25	B3618C22.152	Static
7	M04A	1.500	Vertical	S82+	12:08.30	14:12.55	B3618B22.152	Static
8	M02B	2.000	Vertical	S82+	17:18.05	19:21.30	B3618A22.154	Static
9	M03A	1.500	Vertical	S82+	18:37.40	21:00.10	B3618A22.151	Static
10	M03B	2.000	Vertical	S82+	11:48.35	13:54.00	B3618B22.151	Static
11	M04A	1.500	Vertical	S82+	12:10.20	14:15.20	B3618B22.154	Static
12	M07B	2.000	Vertical	S82+	14:35.05	16:37.30	B3618C22.153	Static
13	M07A	1.500	Vertical	S82+	12:12.50	14:33.55	B3618B22.153	Static
14	M06B	2.000	Vertical	S82+	17:07.10	19:11.15	B3618A22.152	Static
15	M06A	1.500	Vertical	S82+	15:01.20	17:05.35	B3618C22.151	Static
16	M04B	2.000	Vertical	S82+	14:16.15	16:25.25	B3618C22.154	Static
17	M01B	2.000	Vertical	S82+	17:12.40	19:36.40	B3618A22.153	Static
18	M08A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	12:37.51	14:43.31	B9228B22.152	Static
19	M08B	2.000	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:44.39	16:47.24	B9228C22.152	Static
20	M09A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	12:50.16	14:56.59	B9228A22.154	Static
21	M09B	2.000	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:58.10	17:01.48	B9228B22.154	Static
22	M02A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	17:24.39	19:28.23	B9228D22.152	Static
23	M05B	2.000	Vertical	SOUTH RTK S86T	16:36.09	18:38.59	B9228E22.151	Static
24	M05A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:23.10	16:33.14	B9228A22.151	Static
25	M01A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	18:07.40	20:20.43	B9228A22.150	Static
26	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.150	Static
27	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.152	Static
28	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.153	Static
29	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.154	Static
30	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.151	Static

Arquivos Observações Estações Estações de Controle Vetores Vetores Repetidos Loop Closure Control Tie Análise de Ajustes Precisão Rel. de Rede

Pronto UTC SIRGAS 2000 metros CAP | NUM |

Figura 15 - Print Ashtech Solutions modelos de antenas dos GNSS

Survey Project Manager - [Workbook]

Projeto Editar Executar Visualizar Ferramentas Janela Ajuda

ID Estação	Antenna Height	Height Type	Antenna Type	Hora Início	Hora Fim	Nome Arquivo	Obs. Type	
1	S608	1.500	Vertical	K205	11:00.26	19:13.52	B9608B22.151	Static
2	S608	1.500	Vertical	K205	11:27.02	19:38.43	B9608C22.152	Static
3	S608	1.500	Vertical	K205	11:45.43	19:23.45	B9608D22.153	Static
4	S608	1.500	Vertical	K205	11:16.32	17:53.26	B9608E22.154	Static
5	S608	1.500	Vertical	K205	17:17.48	21:00.42	B9608A22.150	Static
6	M04B	2.000	Vertical	S82+	14:16.15	16:25.25	B3618C22.154	Static
7	M04A	1.500	Vertical	S82+	12:10.20	14:15.20	B3618B22.154	Static
8	M02B	2.000	Vertical	S82+	17:18.05	19:21.30	B3618A22.154	Static
9	M07B	2.000	Vertical	S82+	14:35.05	16:37.30	B3618C22.153	Static
10	M07A	1.500	Vertical	S82+	12:12.50	14:33.55	B3618B22.153	Static
11	M03A	1.500	Vertical	S82+	18:37.40	21:00.10	B3618A22.151	Static
12	M03B	2.000	Vertical	S82+	11:48.35	13:54.00	B3618B22.151	Static
13	M06A	1.500	Vertical	S82+	15:01.20	17:05.35	B3618A22.151	Static
14	M06B	2.000	Vertical	S82+	17:07.10	19:11.15	B3618A22.152	Static
15	M04A	1.500	Vertical	S82+	12:08.30	14:12.55	B3618B22.154	Static
16	M01B	2.000	Vertical	S82+	14:14.05	16:17.25	B3618C22.154	Static
17	M01A	1.500	Vertical	S82+	17:12.40	19:36.40	B3618A22.153	Static
18	M05B	2.000	Vertical	SOUTH RTK S86T	16:36.09	18:38.59	B9228E22.151	Static
19	M05A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:58.10	17:01.48	B9228B22.154	Static
20	M09A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	12:50.16	14:56.59	B9228A22.154	Static
21	M02A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	17:24.39	19:28.23	B9228D22.152	Static
22	M08B	2.000	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:44.39	16:47.24	B9228C22.152	Static
23	M05A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	14:23.10	16:33.14	B9228A22.151	Static
24	M01A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	18:07.40	20:20.43	B9228A22.150	Static
25	M09A	1.500	Vertical	SOUTH RTK S86T	12:50.16	14:43.31	B9228A22.154	Static
26	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.150	Static
27	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.152	Static
28	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.153	Static
29	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.154	Static
30	RSCL	0.008	Vertical	ZEPHYR GNSS GEODE	00:00.00	23:59.45	BRSCLA22.151	Static

Arquivos Observações Estações Estações de Controle Vetores Vetores Repetidos Loop Closure Control Tie Análise de Ajustes Precisão Rel. de Rede

Pronto UTC SIRGAS 2000 metros CAP | NUM |

Propriedades Observação - M09B

General

ID: M09B Nome arquivo de: B9228B22.154

Parâmetros de antena

Antenna Height (m): 2

Antenna Type: SOUTH RTK S86T

Altitude: Vertical

Antenna Type: SOUTH RTK S86T

Tempo Observação

Hora Início: 14:58:10 Hora Fim: 17:01:48

OK Cancelar Aplicar Ajuda

Parâmetros de Antena

Modelo de Antena: SOUTH RTK S86T

Descrição: SOUTH RTK S86T

Raio de Antena: 0.12 m

Deslocamento Vertical de Ponto de Medição de: 0.0822 m

Deslocamento Vertical do Centro da Fase: 0.0822 m

Deslocamento Vertical do Centro da Fase: 0.0862 m

Aplicar Cancelar Remover

Figura 16 - Print Ashtech Solutions configuração dos parâmetros de antena GNSS

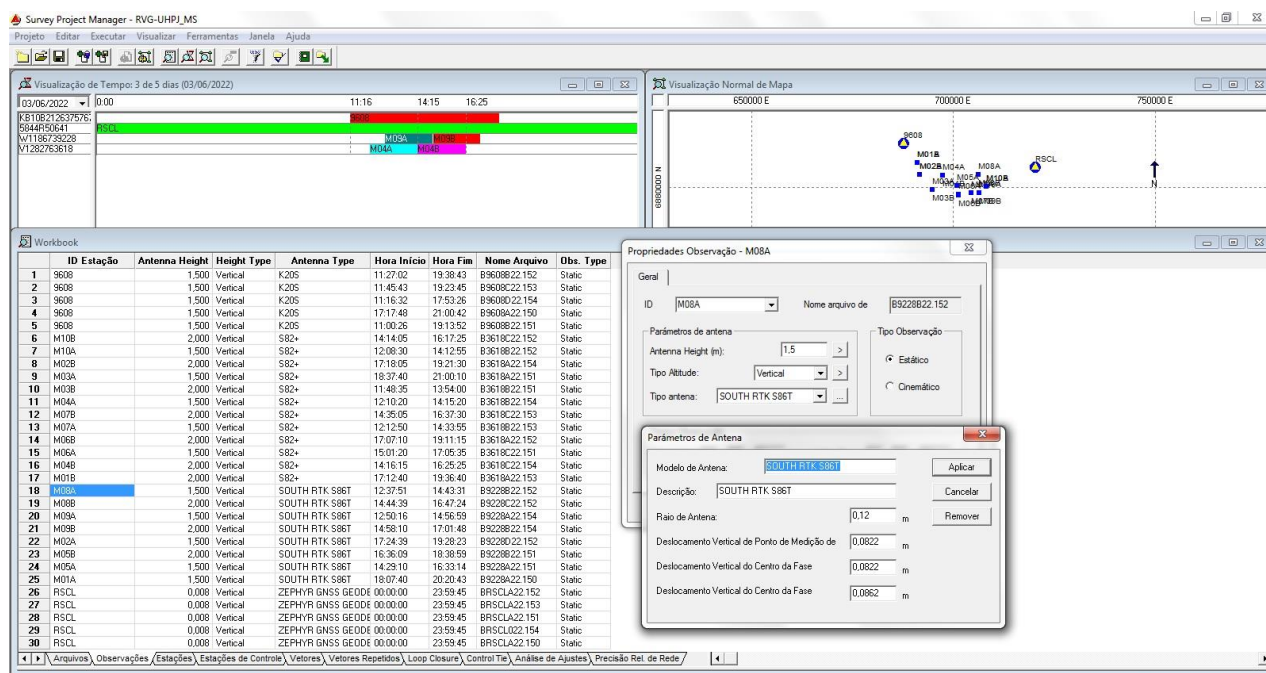


Figura 17 - Print Ashtech Solutions configuração dos parâmetros de antena GNSS

Tabela 11 – Resultado do Pós Processamento – Sirgas 2000 – Meridiano Central -57°

Vetor	Linha de Base (m)	Altura da Antena (m)	Vértice RGV	Leste	Erro 95%	Norte	Erro 95%	Altitude Geométrica	Erro 95%	Frequência	Equipamento
9608-M01A	5.903,37	1,50	M01A	691.180,079	0,012	6.886.122,384	0,012	140,780	0,012	L1/L2	GPS
RSCL-M01A	29.336,91									L1/L2	GPS
9608-M01B	5.903,36	2,00	M01B	691.180,057	0,010	6.886.122,384	0,008	140,789	0,018	L1/L2	GPS
RSCL-M01B	29.336,91									L1/L2	GPS
9608-M02A	8.695,55	1,50	M02A	691.746,855	0,004	6.883.210,538	0,004	155,501	0,010	L1/L2	GPS
RSCL-M02A	28.808,50									L1/L2	GPS
9608-M02B	8.695,54	2,00	M02B	691.746,865	0,014	6.883.210,562	0,012	155,509	0,025	L1/L2	GPS
RSCL-M02B	28.808,49									L1/L2	GPS
9608-M03A	13.427,15	1,50	M03A	694.880,308	0,031	6.879.551,845	0,022	156,506	0,033	L1/L2	GPS
RSCL-M03A	26.198,55									L1/L2	GPS
9608-M03B	13.427,15	2,00	M03B	694.880,294	0,039	6.879.551,832	0,031	156,516	0,035	L1/L2	GPS
RSCL-M03B	26.198,56									L1/L2	GPS
9608-M04A	12.568,76	1,50	M04A	697.518,209	0,016	6.883.000,417	0,016	170,507	0,031	L1/L2	GPS
RSCL-M04A	23.069,61									L1/L2	GPS
9608-M04B	12.568,76	2,00	M04B	697.518,209	0,020	6.883.000,420	0,018	170,508	0,035	L1/L2	GPS
RSCL-M04B	23.069,62									L1/L2	GPS
9608-M05A	16.890,17	1,50	M05A	701.009,371	0,004	6.880.445,506	0,004	170,577	0,008	L1/L2	GPS
RSCL-M05A	20.022,84									L1/L2	GPS
9608-M05B	16.890,17	2,00	M05B	701.009,393	0,004	6.880.445,487	0,004	170,557	0,008	L1/L2	GPS

RSCL-M05B	20.022,82									L1/L2	GPS
9608-M06A	18.675,09	1,50	M06A	701.435,530	0,029	6.878.207,227	0,027	154,389	0,051	L1/L2	GPS
RSCL-M06A	20.250,22									L1/L2	GPS
9608-M06B	18.675,09	2,00	M06B	701.435,526	0,037	6.878.207,226	0,033	154,374	0,043	L1/L2	GPS
RSCL-M06B	20.250,22									L1/L2	GPS
9608-M07A	20.738,83	1,50	M07A	704.502,076	0,025	6.878.678,472	0,024	162,688	0,051	L1/L2	GPS
RSCL-M07A	17.214,97									L1/L2	GPS
9608-M07B	20.738,84	2,00	M07B	704.502,068	0,027	6.878.678,463	0,025	162,647	0,049	L1/L2	GPS
RSCL-M07B	17.214,98									L1/L2	GPS
9608-M08A	20.016,40	1,50	M08A	706.235,860	0,022	6.883.193,595	0,020	154,637	0,043	L1/L2	GPS
RSCL-M08A	14.381,62									L1/L2	GPS
9608-M08B	20.016,37	2,00	M08B	706.235,858	0,006	6.883.193,588	0,006	154,625	0,012	L1/L2	GPS
RSCL-M08B	14.381,60									L1/L2	GPS
9608-M09A	22.421,96	1,50	M09A	706.542,419	0,014	6.878.667,737	0,016	180,718	0,029	L1/L2	GPS
RSCL-M09A	15.342,21									L1/L2	GPS
9608-M09B	22.421,95	2,00	M09B	706.542,422	0,016	6.878.667,736	0,016	180,707	0,027	L1/L2	GPS
RSCL-M09B	15.342,21									L1/L2	GPS
9608-M10A	23.129,32	1,50	M10A	708.287,715	0,006	6.880.246,991	0,006	157,488	0,012	L1/L2	GPS
RSCL-M10A	13.118,33									L1/L2	GPS
9608-M10B	23.129,31	2,00	M10B	708.287,710	0,006	6.880.246,983	0,006	157,490	0,012	L1/L2	GPS
RSCL-M10B	13.118,32									L1/L2	GPS

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 12.

Tabela 22 - Coordenadas Corrigidas – Sirgas 2000 – Meridiano Central -57°

Ponto	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude
96080	SAT96080	687.782,145	6.890.949,799	28°05'37,087"S	55°05'19,266"W
RSCL	SAT94053	720.499,463	6.885.042,263	28°08'30,769"S	54°45'17,133"W
M-01	RVG	691.180,068	6.886.122,384	28°08'12,126"S	55°03'11,985"W
M-02	RVG	691.746,860	6.883.210,550	28°09'46,403"S	55°02'49,502"W
M-03	RVG	694.880,301	6.879.551,839	28°11'43,579"S	55°00'52,474"W
M-04	RVG	697.518,209	6.883.000,419	28°09'50,166"S	54°59'17,870"W
M-05	RVG	701.009,382	6.880.445,497	28°11'11,244"S	54°57'08,350"W
M-06	RVG	701.435,528	6.878.207,227	28°12'23,701"S	54°56'51,340"W
M-07	RVG	704.502,072	6.878.678,468	28°12'06,698"S	54°54'59,217"W

M-08	RVG	706.235,859	6.883.193,592	28°09'39,095"S	54°53'58,526"W
M-09	RVG	706.542,421	6.878.667,737	28°12'05,901"S	54°53'44,415"W
M-10	RVG	708.287,713	6.880.246,987	28°11'13,627"S	54°52'41,450"W

2.3.2. Metodologia para o Posicionamento Altimétrico

Para determinação das altitudes ortométricas foram aplicadas as Ondulações Geoidais retiradas do MapGeo2015 nos resultados do pós-processamento dos rastreios GNSS de cada um dos vértices da RVG, informações essas apresentadas da tabela abaixo, seguidos de imagens da implantação da RVG.

Tabela 13 – Altitudes Ortométrica Calculada Pelo MapGeo 2015

Ponto	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica	Ondulação Geoidal Map Geo 2015	Altitude Ortométrica
96080	SAT96080	687.782,145	6.890.949,799	28°05'37,087"S	55°05'19,266"W	175,564	8,93	166,634
RSCL	SAT94053	720.499,463	6.885.042,263	28°08'30,769"S	54°45'17,133"W	280,904	8,66	272,244
M-01	RVG	691.180,068	6.886.122,384	28°08'12,126"S	55°03'11,985"W	140,785	8,94	131,845
M-02	RVG	691.746,860	6.883.210,550	28°09'46,403"S	55°02'49,502"W	155,505	8,98	146,525
M-03	RVG	694.880,301	6.879.551,839	28°11'43,579"S	55°00'52,474"W	156,511	8,99	147,521
M-04	RVG	697.518,209	6.883.000,419	28°09'50,166"S	54°59'17,870"W	170,508	8,91	161,598
M-05	RVG	701.009,382	6.880.445,497	28°11'11,244"S	54°57'08,350"W	170,567	8,91	161,657
M-06	RVG	701.435,528	6.878.207,227	28°12'23,701"S	54°56'51,340"W	154,382	8,94	145,442
M-07	RVG	704.502,072	6.878.678,468	28°12'06,698"S	54°54'59,217"W	162,668	8,91	153,758
M-08	RVG	706.235,859	6.883.193,592	28°09'39,095"S	54°53'58,526"W	154,631	8,92	145,711
M-09	RVG	706.542,421	6.878.667,737	28°12'05,901"S	54°53'44,415"W	180,713	8,89	171,823
M-10	RVG	708.287,713	6.880.246,987	28°11'13,627"S	54°52'41,450"W	157,489	8,85	148,639



Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21



Figura 22

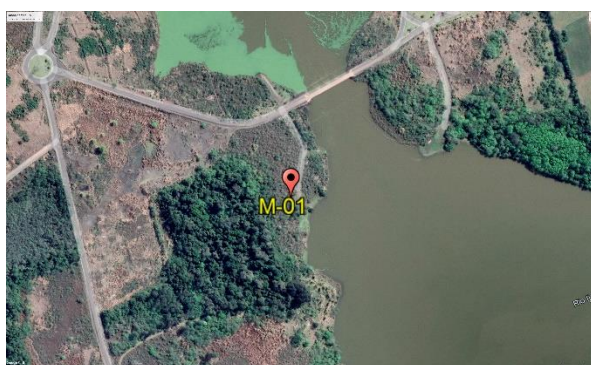


Figura 23



Figura 24



Figura 25



Figura 26

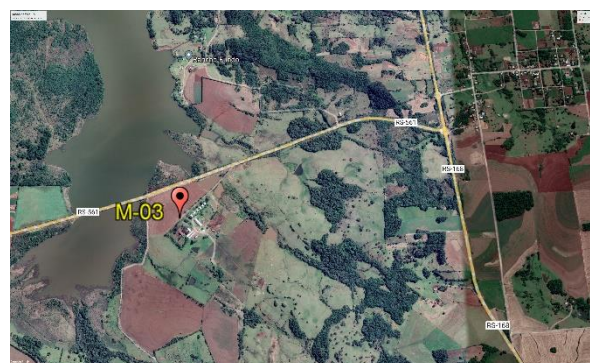


Figura 27



Figura 28



Figura 29

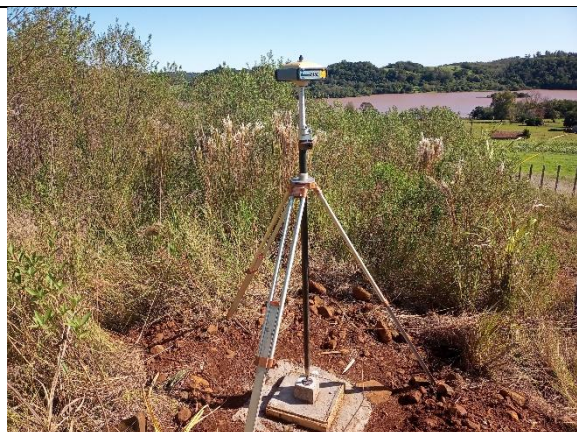


Figura 30



Figura 31



Figura 32



Figura 33



Figura 34



Figura 35



Figura 36



Figura 37



Figura 38



Figura 39



Figura 40



Figura 41

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.

No Anexo IV – Monografia da Rede de vértices Geodésicos (RVG), está representado todas as informações referentes aos marcos materializados.

2.4. *Aprovar Modelo Geoidal (MapGeo2015)*

O objetivo da verificação da qualidade do Modelo Gravitacional Brasileiro MapGeo é a definição de um modelo que viabilize a determinação geoidal com qualidade superior a 20 cm, na região do reservatório.

O MapGeo2015 na região do reservatório foi avaliado, com o rastreo GNSS sobre 06 RNs pertencentes as Linhas 1913 a 1917 da RAAP do IBGE, tendo sido realizado o rastreo por nossa empresa de 02 RNs, (RN 1914R e RN 1917B), sendo pós processado com as bases de referência, Estação da RBMC (Cerro Largo SAT94253), e o Marco SAT96080 simultaneamente, as outras 04 RNs não tiveram rastreo neste momento pois já haviam sido levantadas período antes pelo próprio IBGE a fins de homologar esses marcos como SAT, possuindo assim os valores de posição geográfica precisa apresentados nas monografias oficiais anexas.

As RNs escolhidas apresentam excelente distribuição espacial permitindo a verificação do modelo MapGeo2015 para toda a região correspondente ao reservatório da UHPJ. Para esses 04 marcos oficiais do IBGE e os 02 marcos rastreados iniciamos comparando na monografia da estação a altitude geométrica com a altitude ortométrica, neste caso, a ondulação geoidal local será determinada pela diferença entre a altitude elipsoidal determinada pelo rastreo GNSS com o valor da altitude ortométrica (ou normal) presente nos memoriais descritivos das RNs do IBGE, o valor encontrado dessa diferença foi comparado com a ondulação calculada pelo MapGeo2015 para a posição de referência conforme será visto na Tabela 15.

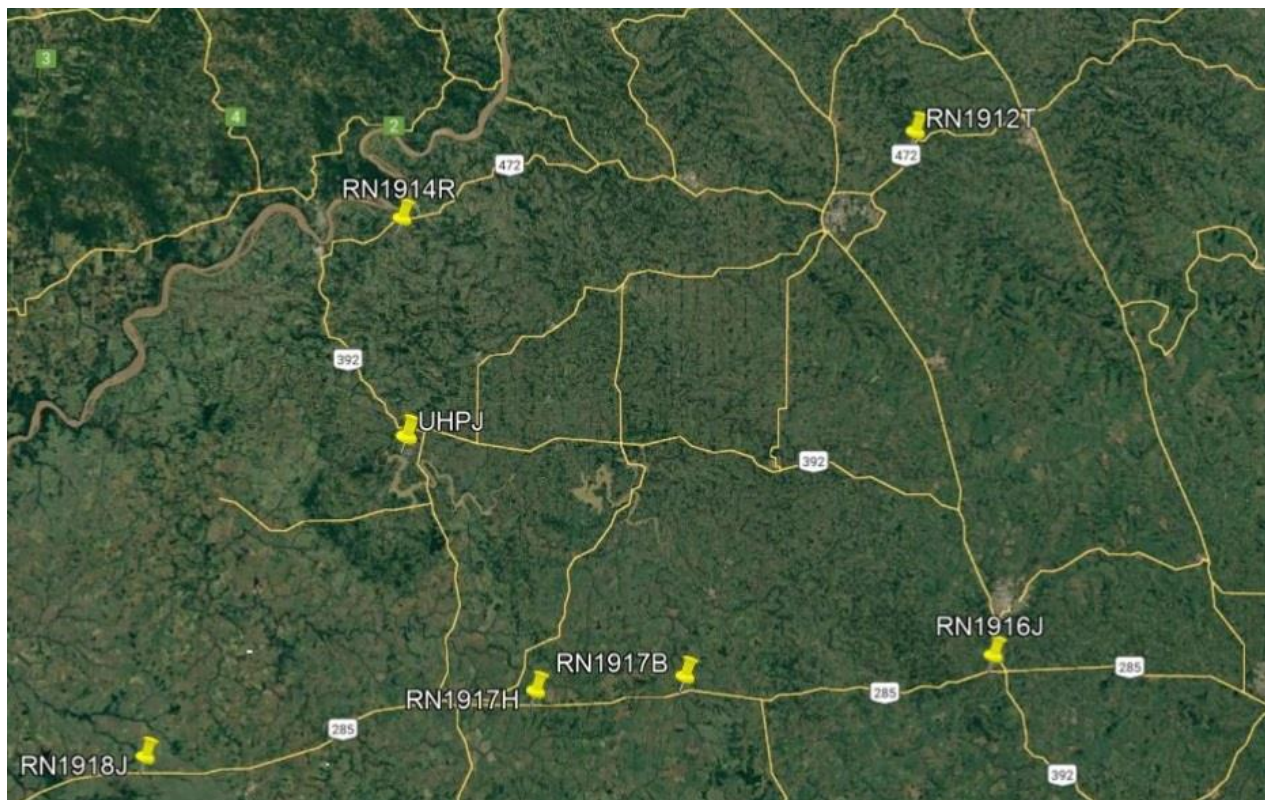


Figura 42 – Distribuição das RNs Ocupadas

Tabela 14 – Resultado dos Rastreios das RNs com GNSS e Cálculo da Alt. Ortométrica com o MapGeo 2015

Ponto	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica	Ondulação Geoidal Map Geo 2015	Altitude Ortométrica
9228	RN1917B	727394,371	6856010,656	28° 24' 9,228" S	54° 40' 44,135" W	195,864	9,03	186,834
3618	RN1914R	692911,015	6913762,479	27° 53' 13,496" S	55° 02' 24,839" W	107,225	8,61	98,615
SAT94068	RN1918J	659357,931	6847100,753	28° 29' 34,881" S	55° 22' 18,775" W	139,864	9,68	130,184
SAT94126	RN1917H	708638,992	6854507,009	28° 25' 09,315" S	54° 52' 11,937" W	257,482	9,24	248,242
SAT93816	RN1916J	766183,423	6857887,785	28° 22' 41,950" S	54° 17' 01,560" W	274,147	8,65	265,497
SAT94058	RN1912T	757530,697	6923394,071	27° 47' 21,601" S	54° 23' 10,817" W	259,335	7,91	251,425

Tabela 15 – Verificação da Alt. Ortométrica Calculada com o MapGeo 2015 para com o Nivelamento Geométrico do IBGE

Ponto	Descrição	Altitude Geométrica	Ondulação Geoidal Map Geo 2015	Altitude Ortométrica	Altitude Monografia (nivelamento Geométrico IBGE)	Verificação MapGeo2015 x Altitude Nivelamento (m)
9228	RN1917B	195,864	9,03	186,834	186,8154	-0,019
3618	RN1914R	107,225	8,61	98,615	98,6408	0,026
SAT94068	RN1918J	139,864	9,68	130,184	130,248	0,064
SAT94126	RN1917H	257,482	9,24	248,242	248,3164	0,074
SAT93816	RN1916J	274,147	8,65	265,497	265,5776	0,081
SAT94058	RN1912T	259,335	7,91	251,425	251,3848	-0,04

O Modelo Geoidal Map Geo 2015 foi verificado conforme plano de trabalho e aprovado pois as Altitudes Ortométrica calculada tiveram qualidade posicional superior aos 20cm tolerados.

O relatório de Pós Processamento das RNs das duas RNs rastreadas são apresentados no Anexo II – Relatório de Pós Processamento RNs, já as demais que foram rastreadas e processadas pelo próprio IBGE, o qual transformou essas RNs em marco SAT estão constantes nas Monografias oficiais que seguem no Anexo III – Monografias IBGE.

2.5. Mapeamento da Área Seca

A CGT Eletrosul disponibilizou ortofotos e cartografia vetorial do ano de 2007 contendo curvas equidistantes de 5 x 5 metros na escala 1:5.000, 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 indicaram, para que esse material cartográfico servisse para o mapeamento da área seca.

Contudo vale ressaltar que o reservatório da UHPJ no período do levantamento topobatimétrico estava com o nível médio do NA em 127,649m, ou seja 0,70m de desnível em relação ao NA Maximorum que é 128,35m, ficando assim a faixa seca muito pequena, tendo sido usado apenas a linha cartográfica do NA máximo que também é 128,35m para triangulação com os pontos submersos no qual nos apresentou um ótimo resultado do MDT gerado.

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.

2.6. 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 foram efetivados por linhas regulares de sondagem (LS) equidistantes, dispostas de forma transversal e longitudinal as curvas isobatimétricas da área.

A equidistância entre as linhas de sondagem (ou seções topobatimétricas), no corpo principal do reservatório, foram obtidas pela seguinte fórmula:

Onde:

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

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.

No qual através dos dados do reservatório, tivemos a equidistância das linhas de sondagem para o levantamento com feixe único conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 16 – Quantidades e Distancias da Linhas de Sondagem

A =		ha
D =	46	k
Est =	0,118	k

O critério para definição das linhas de batimetria anteriormente descrito deverá ser flexível à 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.

Conforme plano de trabalho aprovado pela ANA e 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 **75**

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.

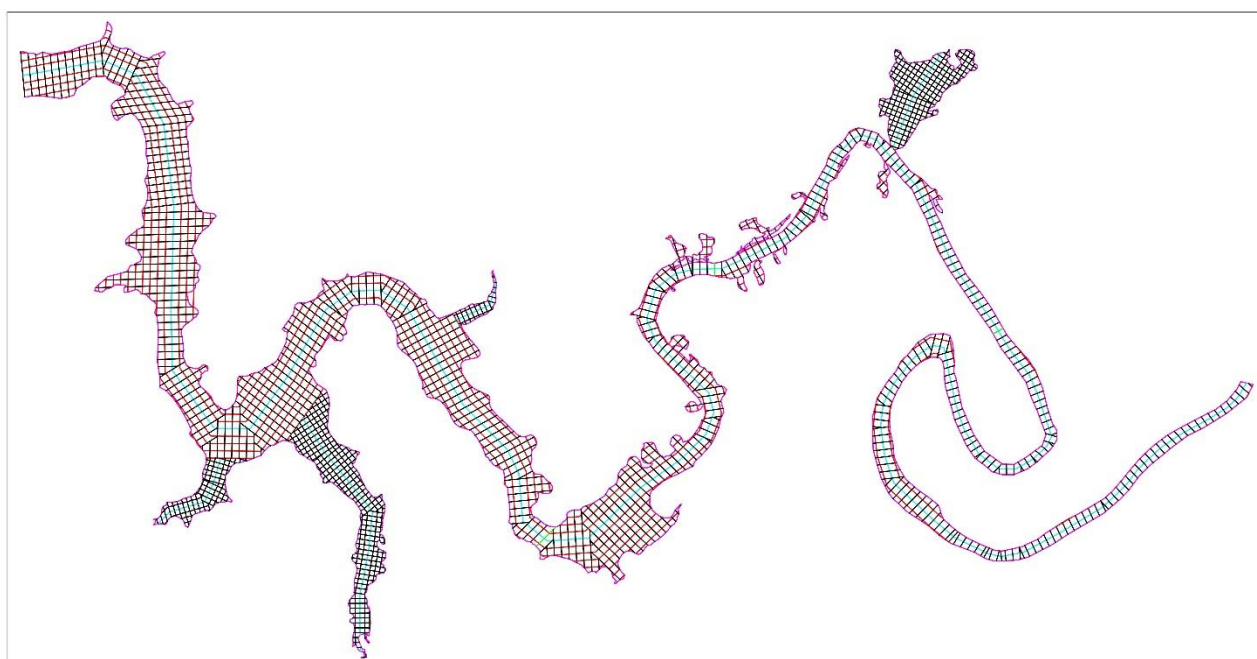


Figura 43 – Seções Topobatimétrica Planejadas

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.

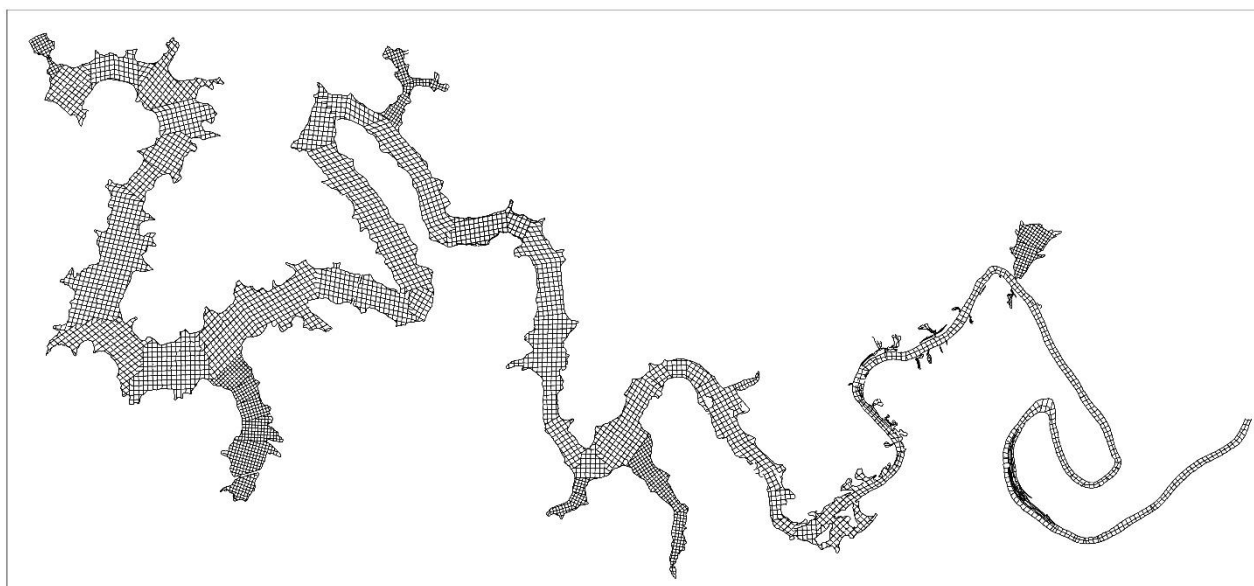


Figura 44 – Pontos Coletados Sobre as Seções Planejadas

Para o levantamento planimétrico e também para anular o erro da inclinação da linha d'água do reservatório o posicionamento da embarcação foi em tempo real, com GPS de dupla frequência, empregando-se correções diferenciais provenientes de uma base da RVG (RTK), foram utilizados 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.



Figura 45 – Modelo e Medidas da Antena do GNSS-S86-T Utilizado como Base



Figura 46 - Modelo e Medidas da Antena do GNSS-S82-T Utilizado como Rover

```
--Instrument Selected: Type=GNSS,Profile=S86,Model=S86-T
--Antenna: Desc=S86-T,True=1.782m,Meas=1.700m,ARP_V=0.0mm,ARP_H=0.0mm,NGS_ID=""
AH,DC1,MA1.700,ME2,RA1.782
BP,PNM01,LA-28.13670172542,LN-55.05332919158,HT131.8450,SG0
GS,PNM01,N 6886122.3840,E 691180.0680,EL131.8450,--
",NGS_L1=82.2mm,NGS_L2=86.2mm"
```

Figura 47 – Parâmetros de Inicialização da Base com Altura de 1,700m

Nas figuras acima apontamos as especificações das antenas dos receptores GNSS utilizados no levantamento topobatimétricos do reservatório da UHPJ. Para evitar possíveis erros ao anotar a altura do bastão da antena, adotamos uma medida vertical fixa de 1,700m 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 está 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 48



Figura 49



Figura 50



Figura 51



Figura 52



Figura 53



Figura 54



Figura 55



Figura 56

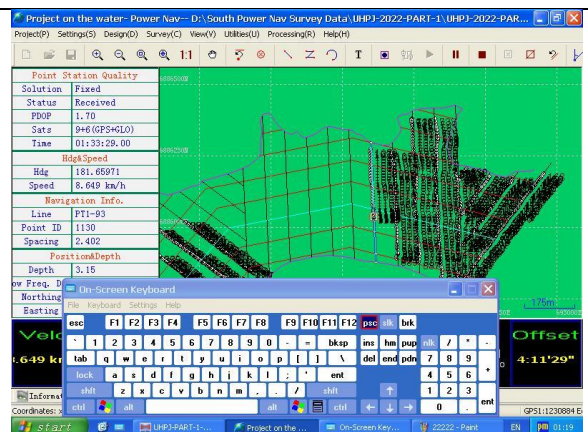


Figura 57

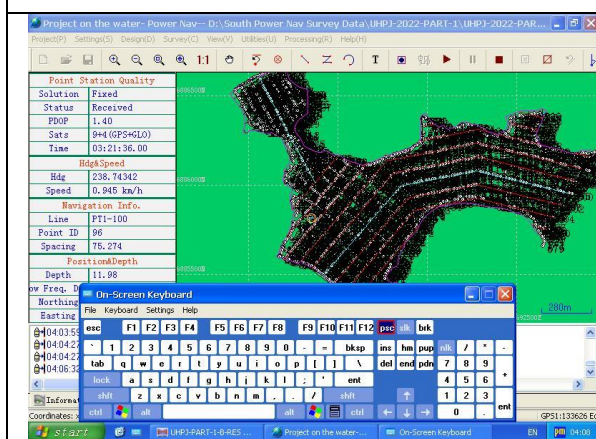


Figura 58

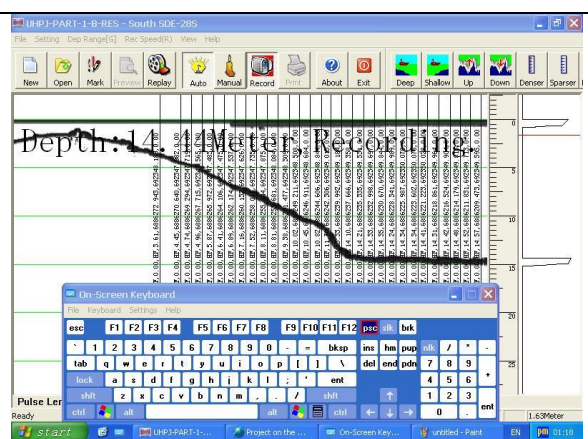


Figura 59

2.7. Implantação da Seção de Controle

Foi implantado um conjunto de três seções de controle topobatimétrico, no trecho de montante, incluindo a zona de remanso, conforme as indicações de localização a seguir, os dados do levantamento estão na seguinte pasta: 9-ARQUIVOS_GRÁFICOS\4_LEVANTAMENTO_SEÇÃO_MONITORAMENTO_2022.

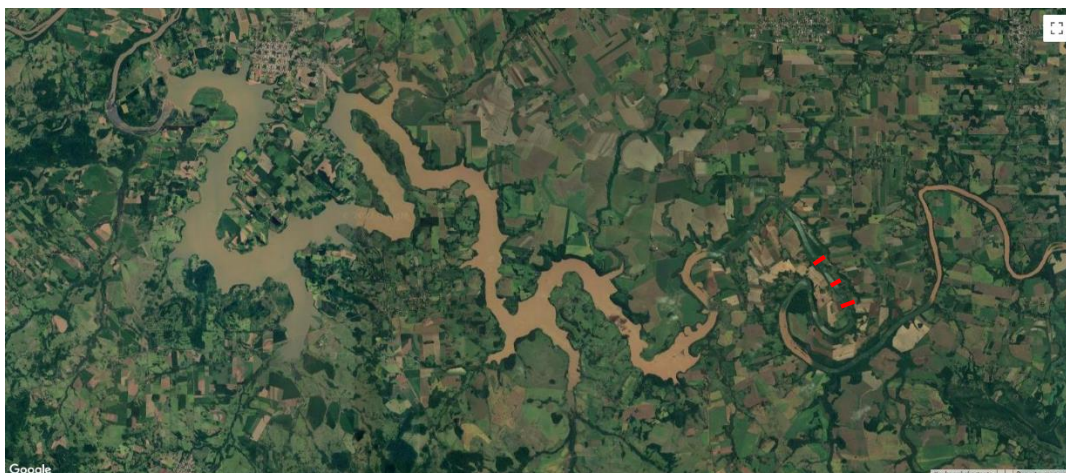


Figura 60 – Localização das Seções de Controle

Tabela 17 – Locação do Conjunto de Seções de Controle

Locação do Conjunto de Seções de Controle				
Ponto	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Latitude	Longitude
SC01-A	707.693,410	6.880.683,547	28°10'59,79"S	54°53'03,51"W
SC01-B	707.852,539	6.880.858,603	28°10'54,01"S	54°52'57,79"W
SC01-JA	707.368,475	6.881.224,309	28°10'42,41"S	54°53'15,77"W
SC01-JB	707.482,031	6.881.345,887	28°10'38,40"S	54°53'11,68"W
SC01-MA	708.062,572	6.880.157,668	28°11'16,89"S	54°52'50,69"W
SC01-MB	708.197,323	6.880.173,152	28°11'16,08"S	54°52'44,72"W

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 M10 da RVG.

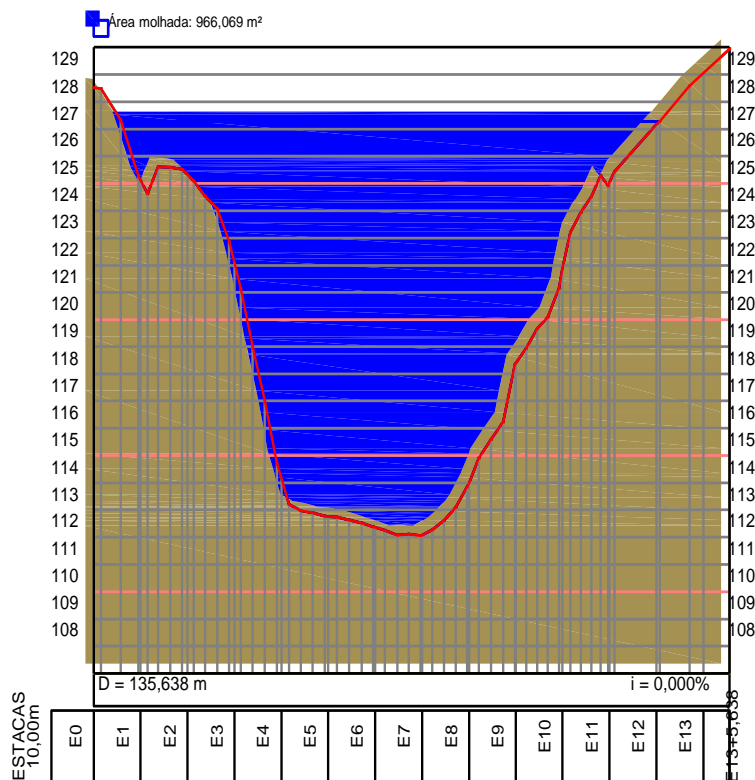


Figura 61 – Seção de Controle Montante

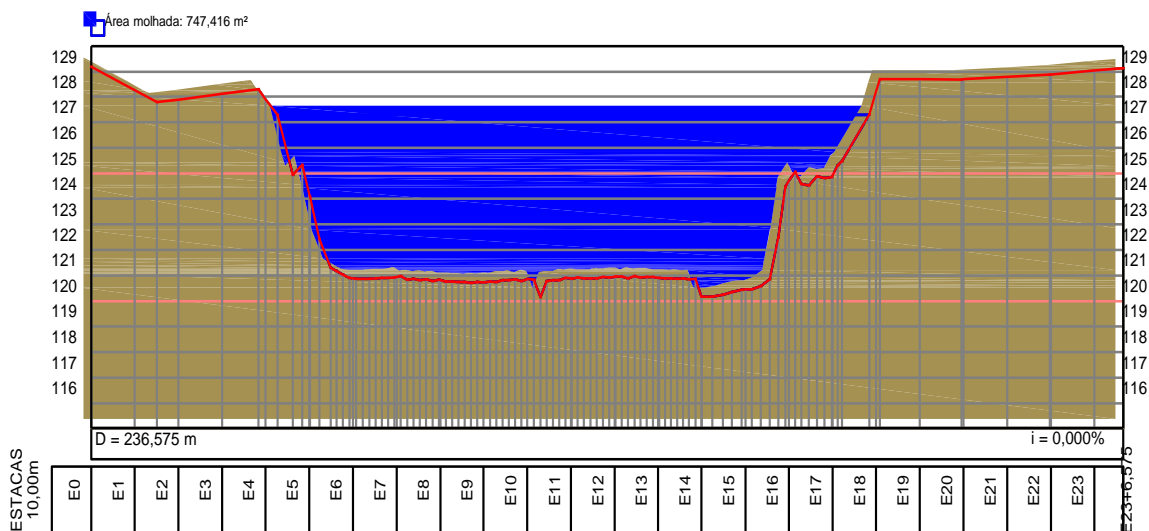


Figura 62 – Seção de Controle

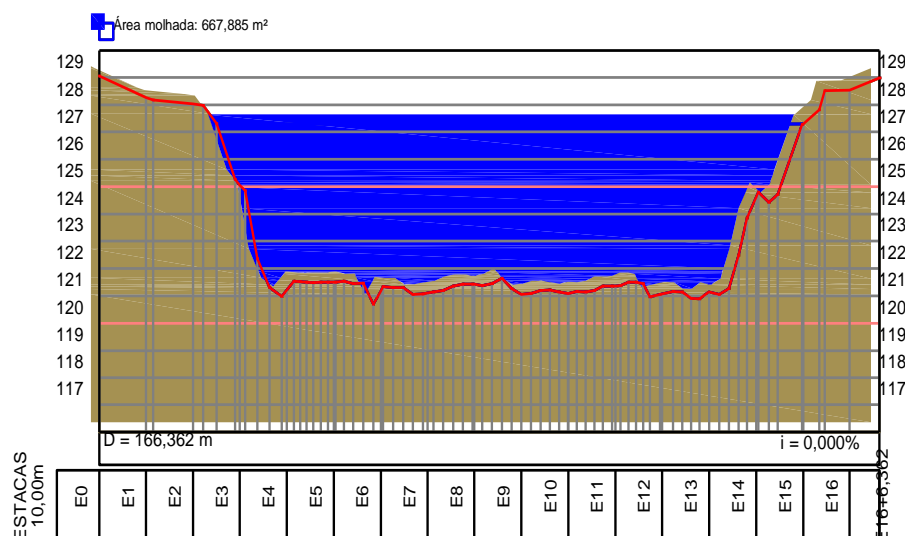


Figura 63 – Seção de Controle de Jusante

2.8. Modelagem Digital do Terreno (MDT)

Para calcular o volume e a capacidade de armazenamento do reservatório, bem como o monitoramento quanto a questões de assoreamento, foi necessário gerar o Modelo Digital do reservatório a partir de todos os pontos mensurados durante o levantamento das partes seca (ortofotos provenientes de levantamento Aerofotogramétrico do ano de 2007 fornecidas pela CGT Eletrosul) e molhada do reservatório (levantamento topobatimétrico).

Com os dados batimétricos processados e devidamente georreferenciados ao sistema geodésico SIRGAS 2000, geramos uma planta batimétrica e um MDE (Modelo Digital de Elevação) da área do reservatório. A planta e o MDE foram gerados a partir das profundidades coletadas refletindo a superfície do fundo do reservatório.

Para a construção do modelo digital seguimos as orientações quanto ao plano de trabalho aprovado na ANA, e utilizamos o interpolador matemático “*Topo To Raster*” presente no “*Software ArcGis*”.

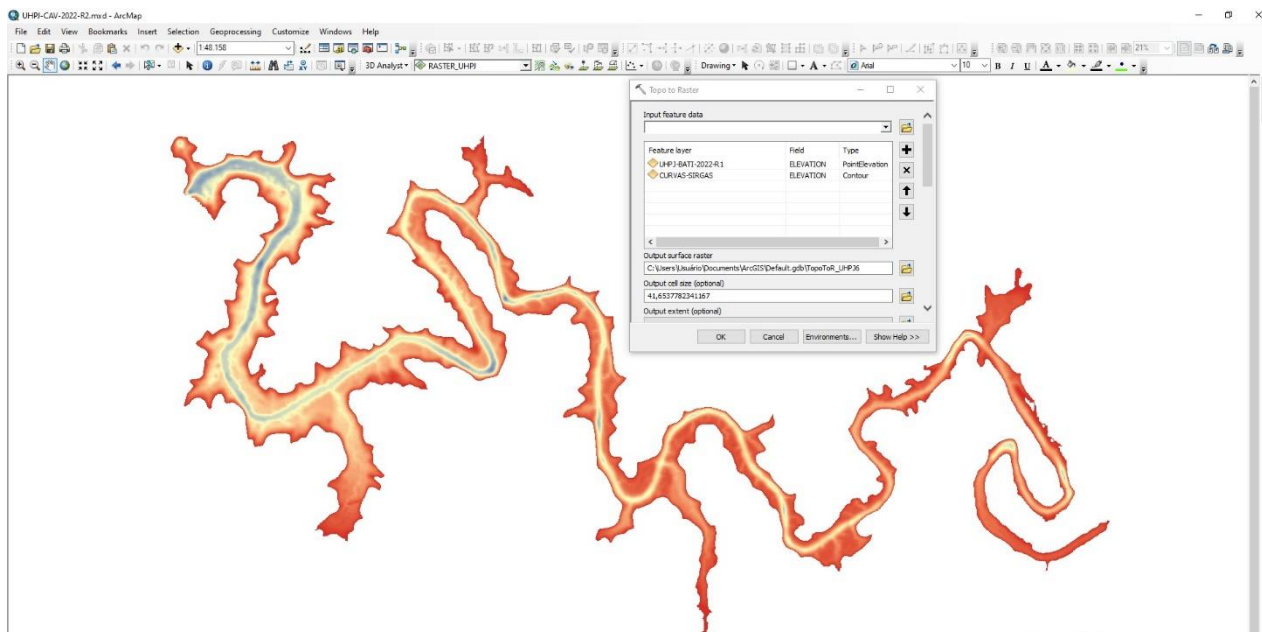


Figura 64 – Interpolador Matemático “Topo to Raster”

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*”.

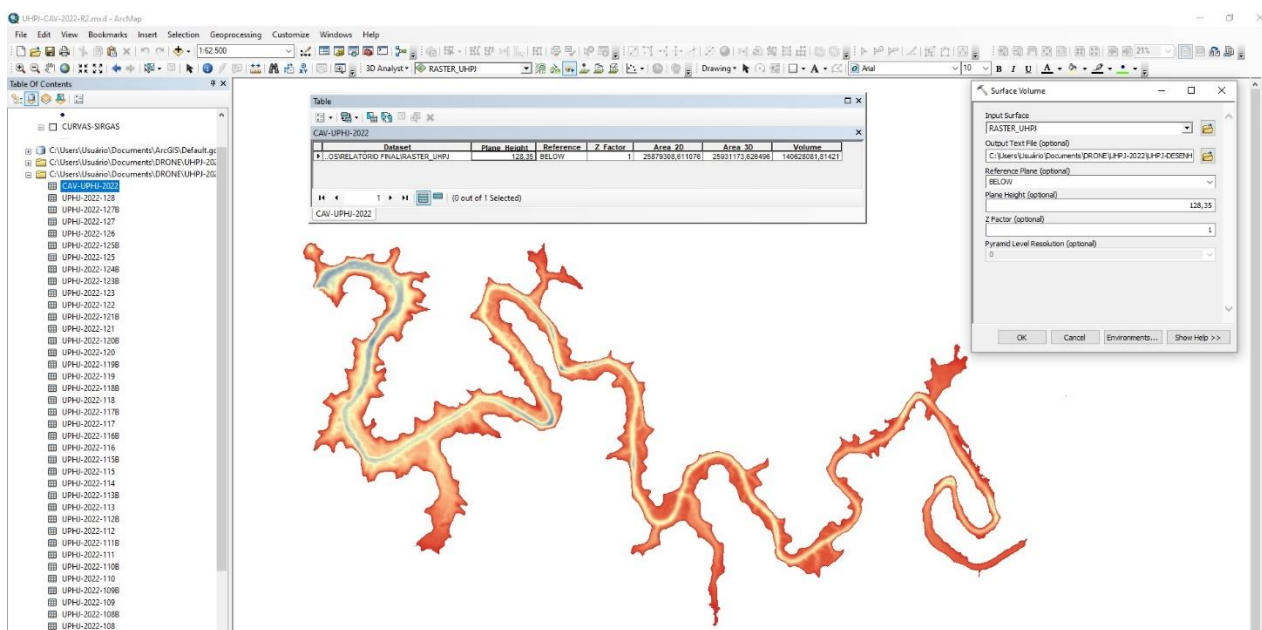


Figura 65 - “Toolbox Surface Volume”

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.

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

Deve-se destacar que não encontramos diferença significativa entre as elevações no Sistema Geodésico Brasileiro, obtidas no levantamento atual, e o nível local atualmente utilizado como referência na operação da UHE Passo São João assim como para ao longo do reservatório para os níveis dos dias trabalhados.

Para tal comparação coletamos dois pontos referenciados a nossa RVG em tempo real através do GNSS/RTK, esse rastreo não gerou arquivos para pós processamento, foi apenas a aquisição das informações geográficas naquele momento, um no início dos trabalhos e outro no fim, para cada dia trabalhado, após calculamos a média entre as altitudes destes para termos a cota média do dia, e comparamos com a média horária para o mesmo dia do nível da operação, com isso obtivemos os seguintes valores:

Tabela 18 – Correlação Cota (SGB) x Cota Operação

DATA	NA - SGB Média do Dia (m)	NA - OPERAÇÃO Média do Dia (m)	DIFERENÇA (m)
20/07/2022	128,461	128,329	0,132
21/07/2022	128,44	128,324	0,116
22/07/2022	128,412	128,262	0,15
10/08/2022	127,565	127,565	0
11/08/2022	127,612	127,601	0,01
12/08/2022	127,566	127,617	-0,052
13/08/2022	127,467	127,398	0,069
27/09/2022	127,486	127,371	0,115
28/09/2022	127,481	127,363	0,118
03/10/2022	127,626	127,541	0,084
04/10/2022	127,669	127,578	0,091
05/10/2022	127,612	127,527	0,085
07/10/2022	127,576	127,481	0,095
08/10/2022	127,434	127,406	0,028

13/10/2022	127,431	127,538	-0,107
14/10/2022	127,383	127,513	-0,13
15/10/2022	127,452	127,594	-0,142
18/10/2022	127,704	127,87	-0,166
19/10/2022	127,741	127,781	-0,041
20/10/2022	127,841	127,725	0,116
24/10/2022	127,561	127,678	-0,117
25/10/2022	127,532	127,631	-0,099
26/10/2022	127,45	127,599	-0,15
28/10/2022	127,424	127,444	-0,02
29/10/2022	127,309	127,366	-0,057
MÉDIA GERAL	127,649	127,644	0,005

Em Atendimento ao Ofício nº183/2023/COSSET/SGH, retornamos a campo, onde rastreamos um ponto de apoio no eixo do trilho do pórtico do barramento próximo ao lance de réguas que é usado pela operação da usina, demos o nome a este ponto de “AUX1”, como referência foi utilizado o M01 da RVG. O rastreo GNSS relativo estático de 2 horas, sendo o mesmo pós processado em escritório onde obtivemos as altitudes geométricas, e com o uso do Mapgeo2015 as ondulações geoidais para após transformação em altitudes ortométricas, conhecendo a altitude do trilho realizamos o transporte dessa cota por nivelamento geométrico até o topo da régua, confirmando assim que não existe diferença significativa entre altitude do SGB e a local utilizada pela operação da usina.

Na Tabela 19 está a memória de cálculo do procedimento realizado, o relatório de pós processamento assim como os arquivos Rinex dos rastreios encontram-se na pasta 9-ARQUIVOS_GRÁFICOS\5_COMPARATIVO_SGB_LOCAL.

Tabela 19 – Correlação Cota (SGB) x Cota Operação

Ponto	Descrição	Coord Norte	Coord Leste	Alt. Geométrica	Ondulação Geoidal	Alt. Ortométrica
M01	RVG	6897336,825	690491,546	140,785	8,940	131,845
AUX1	Trilho Pórtico	6896806,376	690497,569	140,440	8,950	131,490

Transporte de Altitude do Ponto AUX1 Para o Topo da Régua da Barragem - Nivelamento Geométrico					
Ponto	Descrição	Leitura de Ré	Alt. Instrumento	Leitura de Vante	Alt. Ortométrica
Nível		1,5678	133,058		131,490
Topo Régua	Marcação 130m			3,0689	129,989

Medição da Régua = 130 m

Medição SGB = 129,989 m

Diferença = 0,011 m



Figura 66



Figura 67



Figura 68



Figura 69



Figura 70

3. ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME

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

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

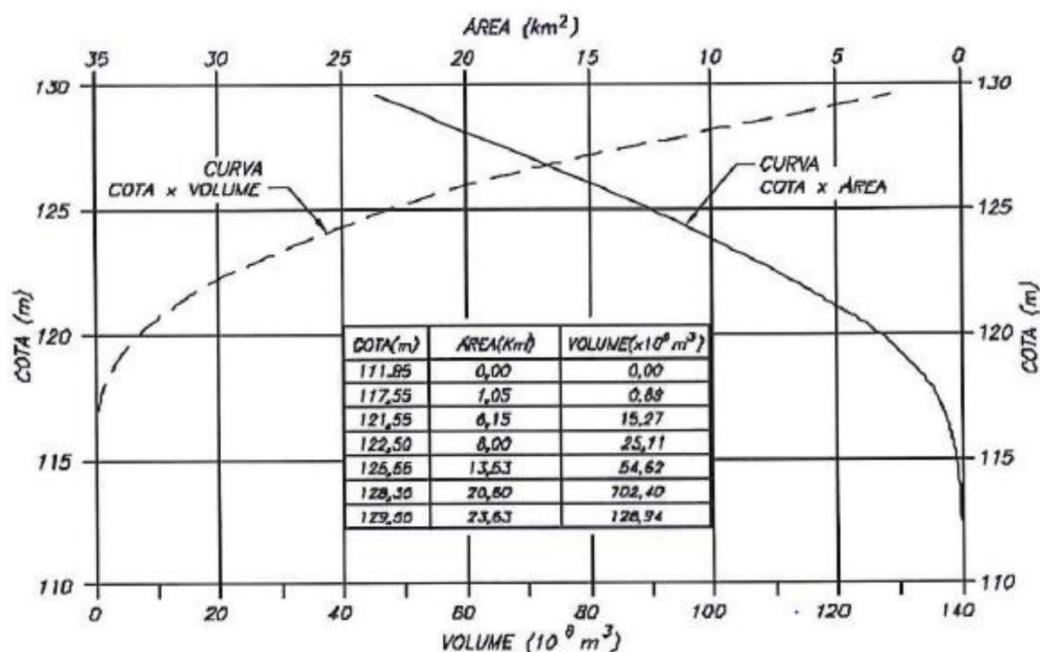


Figura 71 – Curva Cota x Área x Volume do Projeto Básico Consolidado UHPJ

Tabela 20 – Valores Cota x Área x Volume Projeto Básico Consolidado

Cota (El, m)	Área (x 106m ²)	Volume (x 106m ³)
111,85	0,00	0,00
117,55	1,05	0,89
121,55	6,15	15,27
122,50 (*)	8,00	25,11
125,55	13,53	54,62
128,35 (**)	20,60	102,40
129,55	23,63	128,94

(*) Cota do fundo do canal de adução

3.2. Curvas Cota x Área x Volume do Levantamento de 2022

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 posterior apresentação dos Polinômios de Área e Polinômios de Volume. A planilha completa com valores de 1cm em 1cm são apresentados no volume em meio digital, disponibilizado junto a este relatório.

Tabela 21 – Curva Cota x Área x Volume – 2022

COTA - SGB/OPERAÇÃO (m)	ÁREA (Km ²)	VOLUME (Hm ³)
96,85	0,0000045	0,0000002
97,35	0,0000208	0,0000049
97,85	0,0000416	0,0000204
98,35	0,0000644	0,0000454
98,85	0,0000904	0,0000813
99,35	0,0001195	0,0001343
99,85	0,0001515	0,0002015
100,35	0,0001868	0,0002813
100,85	0,0002258	0,0003846
101,35	0,0002796	0,0005099
101,85	0,0005563	0,0007149
102,35	0,0008498	0,0010592
102,85	0,0012983	0,0015672
103,35	0,0019240	0,0023735
103,85	0,0025605	0,0034871
104,35	0,0037075	0,0050431
104,85	0,0047576	0,0071573

105,35	0,0056999	0,0097730
105,85	0,0066382	0,0128430
106,35	0,0076256	0,0163926
106,85	0,0091750	0,0205057
107,35	0,0119916	0,0257462
107,85	0,0158412	0,0326706
108,35	0,0201468	0,0416114
108,85	0,0248942	0,0528483
109,35	0,0308557	0,0667532
109,85	0,0378838	0,0838190
110,35	0,0473159	0,1048873
110,85	0,0732429	0,1336715
111,35	0,1308194	0,1840744
111,85	0,2253637	0,2707949
112,35	0,3442931	0,4124959
112,85	0,4958494	0,6216307
113,35	0,6807329	0,9153081
113,85	0,8966016	1,3073823
114,35	1,1571550	1,8215868
114,85	1,4368035	2,4692174
115,35	1,6711695	3,2447513
115,85	1,9497529	4,1468829
116,35	2,3358341	5,2130580
116,85	2,7720608	6,4904601
117,35	3,2173947	7,9875068
117,85	3,7162932	9,7162826
118,35	4,3270461	11,7208133
118,85	4,9931996	14,0523525
119,35	5,6481306	16,7135156
119,85	6,3109554	19,7008234
120,35	7,0624780	23,0418548
120,85	7,8336130	26,7637766
121,35	8,7459583	30,8993659
121,85	9,7714561	35,5308792
122,35	10,6614890	40,6427157
122,85	11,5267083	46,1889723
123,35	12,4300863	52,1752339
123,85	13,3469652	58,6164136
124,35	14,3874306	65,5466375
124,85	15,4925002	73,0110503
125,35	16,7110412	81,0567081
125,85	18,0284488	89,7375461
126,35	19,5973455	99,1281237
126,85	20,9818034	109,2980878

127,35	21,7623738	120,0027793
127,36	21,7751112	120,2204751
127,37	21,7877602	120,4383025
127,38	21,8003628	120,6562415
127,39	21,8129479	120,8743095
127,4	21,8255120	121,0925031
127,41	21,8380658	121,3108322
127,42	21,8506136	121,5292822
127,43	21,8631320	121,7478674
127,44	21,8756328	121,9665779
127,45	21,8881270	122,1853950
127,46	21,9006168	122,4043672
127,47	21,9131068	122,6234514
127,48	21,9255950	122,8426652
127,49	21,9380731	123,0620005
127,5	21,9505489	123,2814561
127,51	21,9630237	123,5010431
127,52	21,9754968	123,7207625
127,53	21,9879742	123,9405853
127,54	22,0004530	124,1605448
127,55	22,0129344	124,3806364
127,56	22,0254178	124,6008616
127,57	22,0379058	124,8212005
127,58	22,0503944	125,0416524
127,59	22,0628895	125,2622435
127,6	22,0753891	125,4829681
127,61	22,0878998	125,7038130
127,62	22,1004277	125,9247786
127,63	22,1129695	126,1458749
127,64	22,1255254	126,3671015
127,65	22,1381020	126,5884529
127,66	22,1507032	126,8099542
127,67	22,1633202	127,0315672
127,68	22,1759585	127,2532859
127,69	22,1886215	127,4751364
127,7	22,2013174	127,6971005
127,71	22,2140391	127,9192089
127,72	22,2267767	128,1414404
127,73	22,2395347	128,3638027
127,74	22,2523218	128,5862891
127,75	22,2651377	128,8089344
127,76	22,2779866	129,0316873
127,77	22,2908727	129,2545691
127,78	22,3038034	129,4775931

127,79	22,3167745	129,7007481
127,8	22,3297899	129,9240343
127,81	22,3428639	130,1474345
127,82	22,3559854	130,3709836
127,83	22,3691615	130,5946703
127,84	22,3823903	130,8184832
127,85	22,3956732	131,0424327
127,86	22,4090189	131,2665013
127,87	22,4224222	131,4907197
127,88	22,4358920	131,7150541
127,89	22,4494321	131,9395223
127,9	22,4630447	132,1641425
127,91	22,4767321	132,3889116
127,92	22,4905002	132,6138111
127,93	22,5043536	132,8388555
127,94	22,5182983	133,0640344
127,95	22,5323307	133,2893372
127,96	22,5464526	133,5148047
127,97	22,5606686	133,7404058
127,98	22,5749868	133,9661549
127,99	22,5894035	134,1920682
128	22,6039199	134,4180995
128,01	22,6185424	134,6442759
128,02	22,6333130	134,8706247
128,03	22,6482128	135,0971077
128,04	22,6632406	135,3237492
128,05	22,6784060	135,5505478
128,06	22,6937105	135,7775057
128,07	22,7091527	136,0046097
128,08	22,7247392	136,2318862
128,09	22,7404941	136,4593162
128,1	22,7564190	136,6869000
128,11	22,7725122	136,9146534
128,12	22,7888102	137,1425763
128,13	22,8052994	137,3706660
128,14	22,8219979	137,5989158
128,15	22,8389317	137,8273337
128,16	22,8560876	138,0559243
128,17	22,8734823	138,2847083
128,18	22,8911210	138,5136473
128,19	22,9090453	138,7427883
128,2	22,9272957	138,9721095
128,21	22,9458422	139,2016148
128,22	22,9646800	139,4313157

128,23	22,9838421	139,6612161
128,24	23,0033263	139,8912950
128,25	23,0232067	140,1215783
128,26	23,0435957	140,3520708
128,27	23,0646497	140,5827795
128,28	23,0862019	140,8137061
128,29	23,1083014	141,0448574
128,3	23,1310371	141,2762384
128,31	23,1552427	141,5078811
128,32	23,1815265	141,7397801
128,33	23,2120030	141,9719880
128,34	23,2516467	142,2046455
128,35	23,3792748	142,4384606

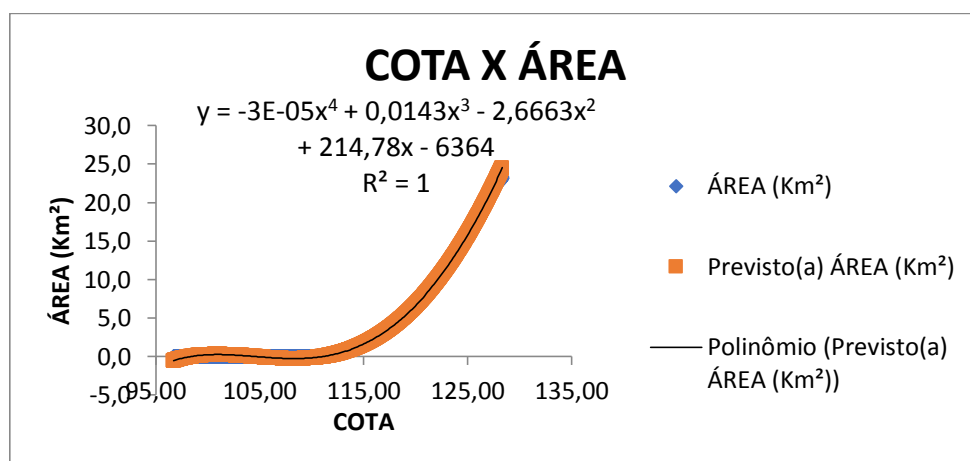


Figura 72 – Polinômio da Cota x Área

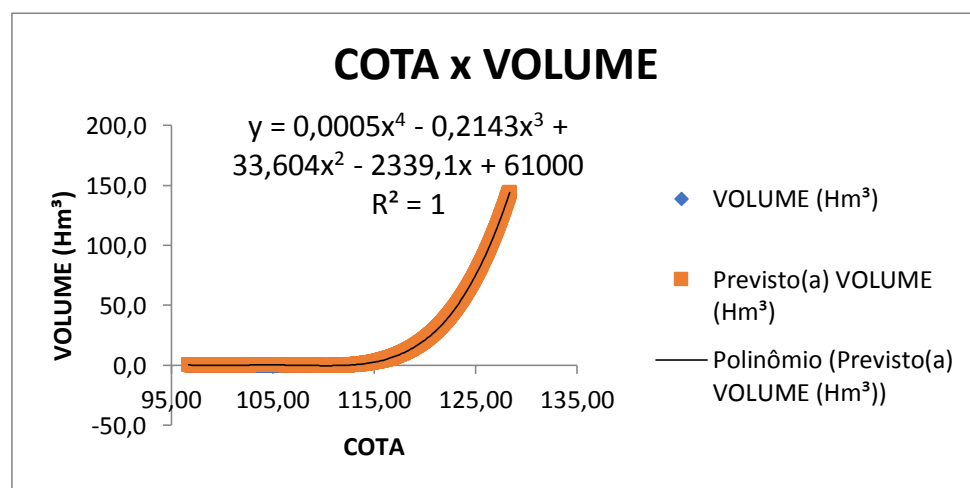


Figura 73 - Polinômio da Cota x Volume

3.3. Regressões Polinomiais

Para gerarmos os polinômios de Cota x Área e Cota x Volume utilizamos o Método de Análise Estatístico por regressão do Excel, apresentados a seguir:

RESUMO DOS RESULTADOS COTA X ÁREA

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,999300933
R-Quadrado	0,998602354
R-quadrado ajustado	0,998600585
Erro padrão	0,251679664
Observações	3165

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	143014,1077	35753,52694	564446,3098	0
Resíduo	3160	200,1627846	0,063342653		
Total	3164	143214,2705			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-6364,000115	147,9633733	-43,01064495	0	-6654,114119	-6073,886112	-6654,114119	-6073,886112
COTA	214,7768394	5,298760665	40,53341017	1,278E-289	204,38748	225,1661989	204,38748	225,1661989
COTA^2	-2,666280755	0,07097734	-37,56523915	1,1824E-255	-2,805447089	-2,527114421	-2,805447089	-2,527114421
COTA^3	0,014342814	0,000421486	34,02918452	1,5806E-216	0,013516401	0,015169227	0,013516401	0,015169227
COTA^4	-2,79346E-05	9,36238E-07	-29,8370797	1,4609E-172	-2,97703E-05	-2,60989E-05	-2,97703E-05	-2,60989E-05

RESUMO DOS RESULTADOS COTA X VOLUME

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,999958719
R-Quadrado	0,99991744
R-quadrado ajustado	0,999917336
Erro padrão	0,3175363
Observações	3165

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	3858957,182	964739,2954	9568044,96	0
Resíduo	3160	318,6205945	0,100829302		
Total	3164	3859275,802			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	61000,18416	186,6807249	326,7620917	0	60634,15647	61366,21186	60634,15647	61366,21186
COTA	-2339,136976	6,685279336	-349,8936781	0	-2352,244904	-2326,029049	-2352,244904	-2326,029049
COTA^2	33,60380027	0,089549873	375,2523494	0	33,42821849	33,77938205	33,42821849	33,77938205
COTA^3	-0,214345683	0,000531775	-403,075745	0	-0,215388343	-0,213303023	-0,215388343	-0,213303023
COTA^4	0,00051221	1,18122E-06	433,6275437	0	0,000509894	0,000514527	0,000509894	0,000514527

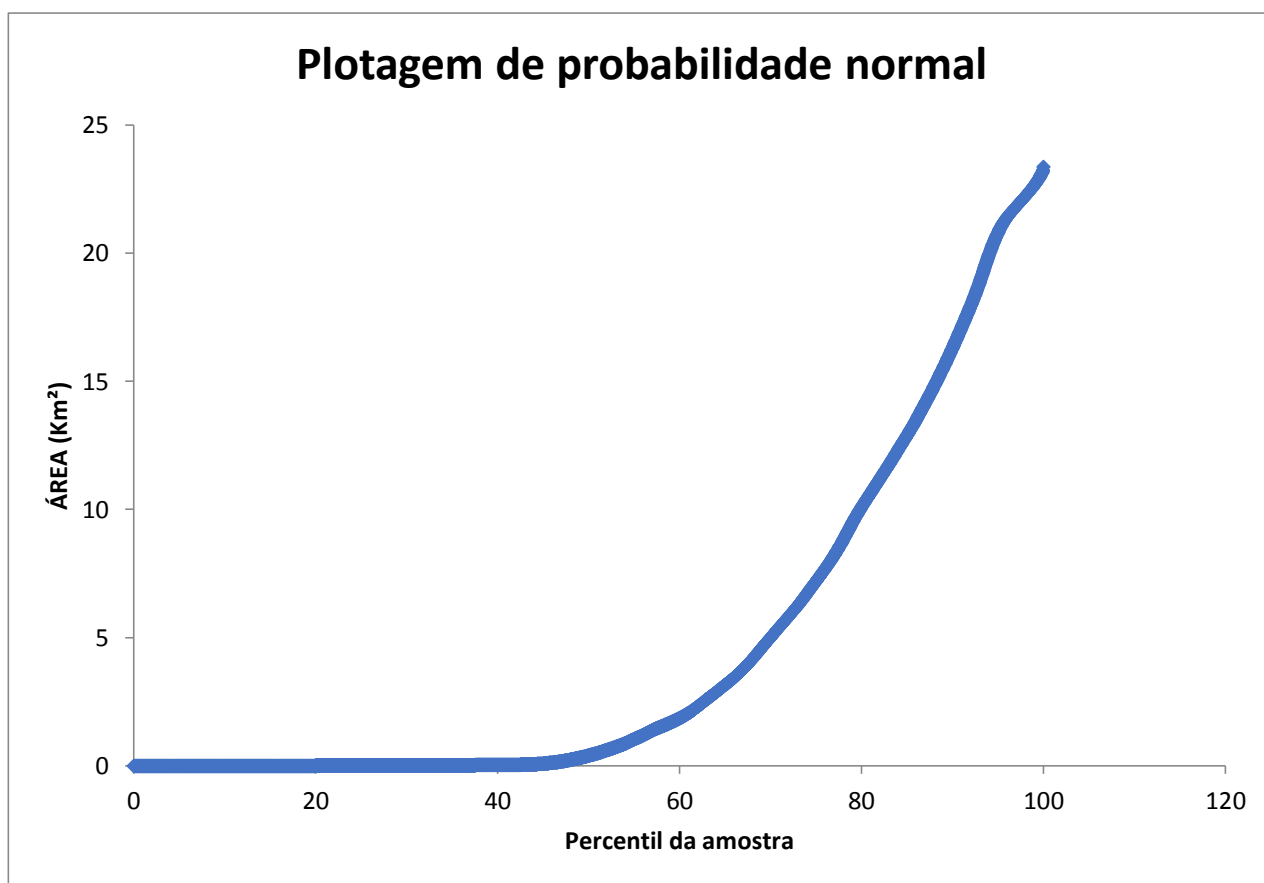


Figura 74 – Probabilidade Normal Cota x Área

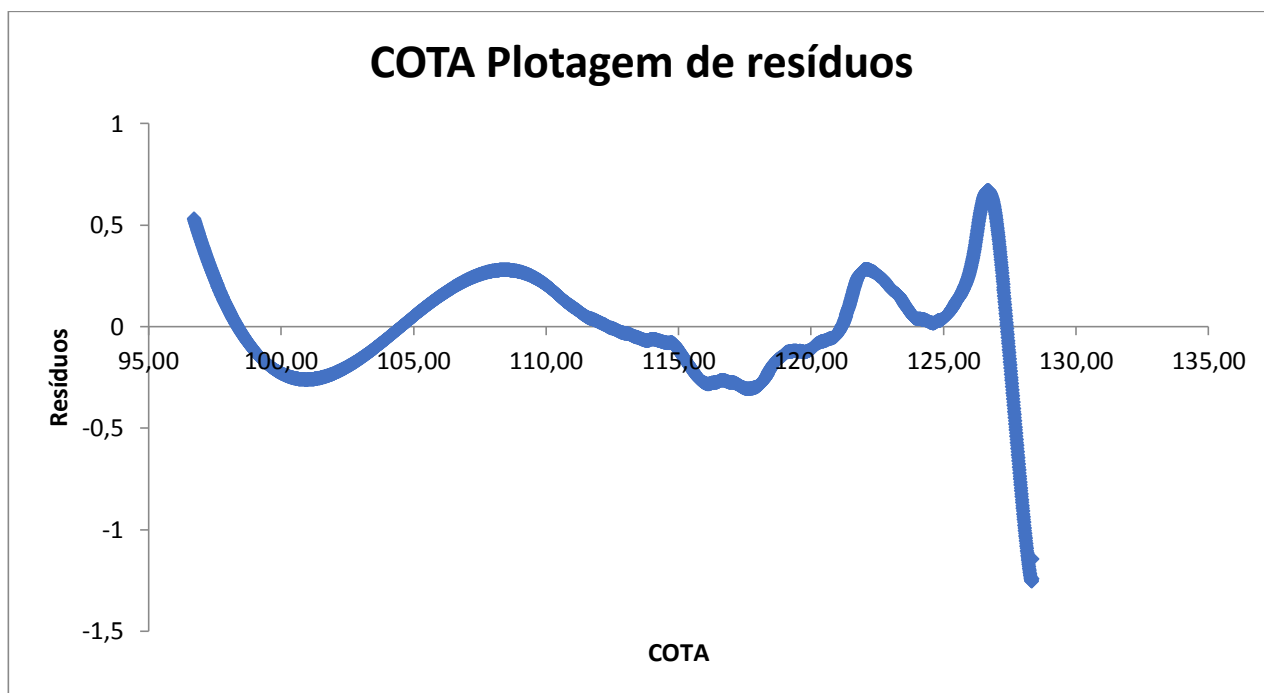


Figura 75 – Resíduos Cota x Área

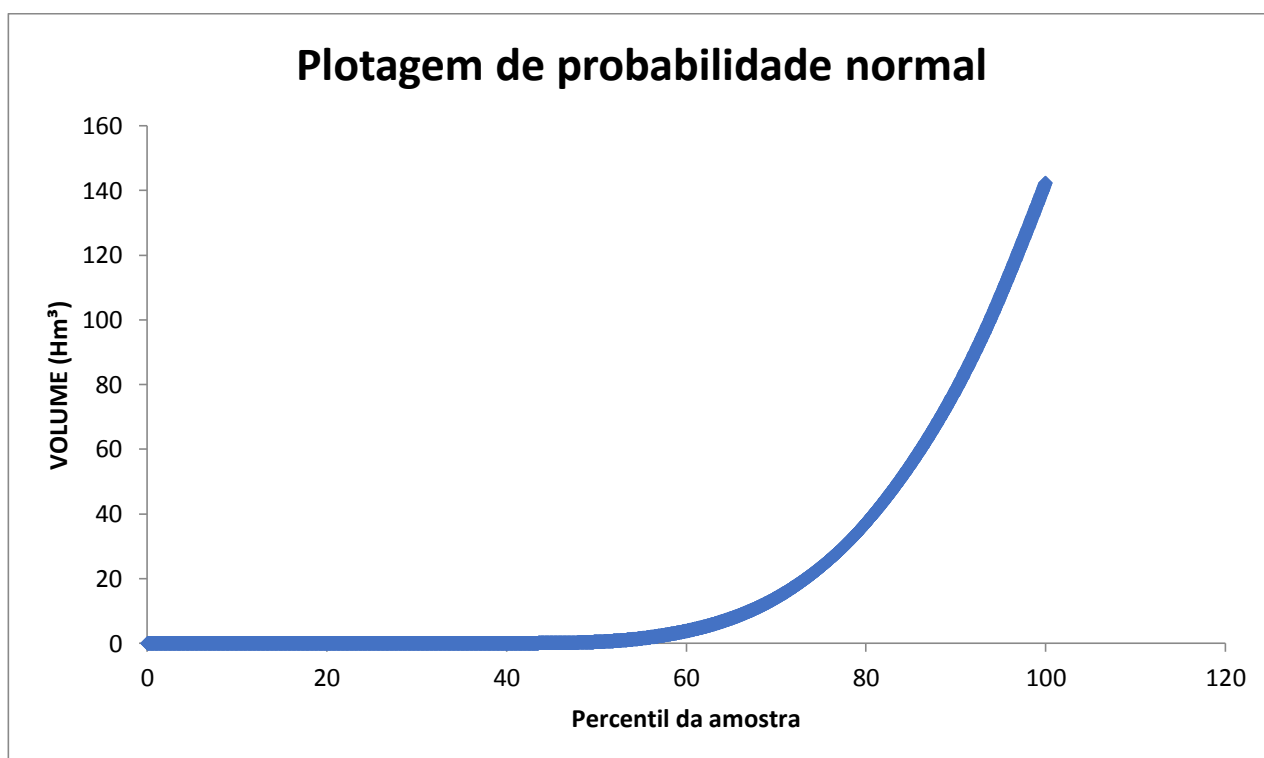


Figura 76 – Probabilidade Normal Cota x Volume

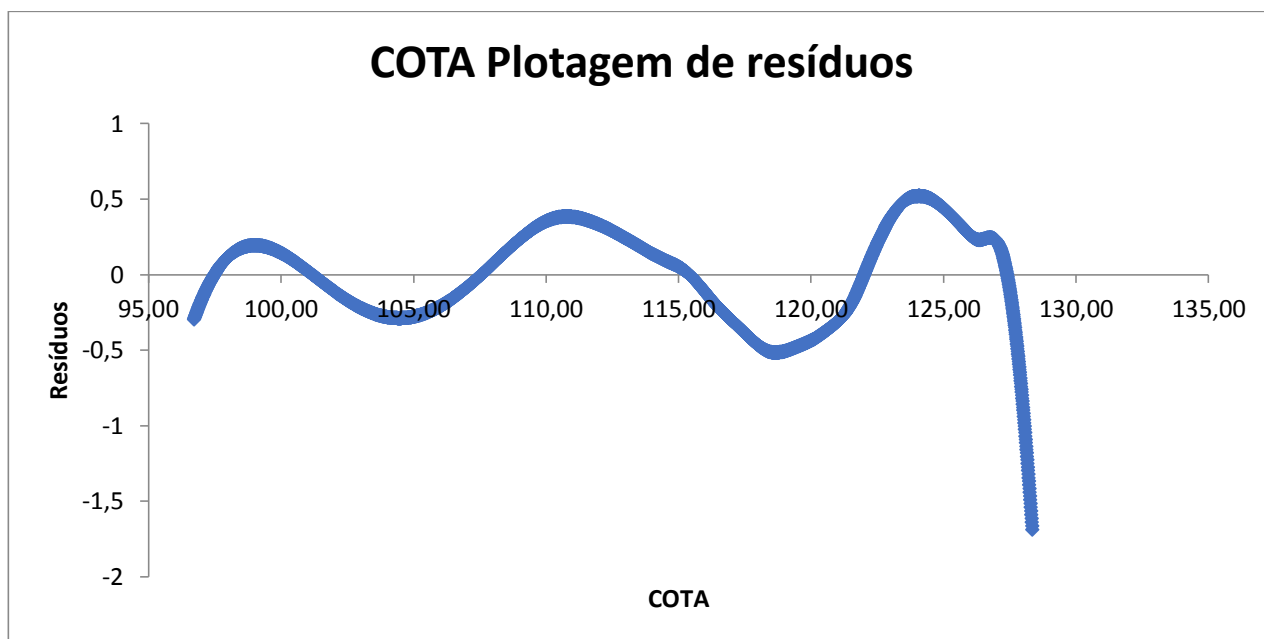


Figura 77 – Resíduos Cota x Volume

3.4. 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 20.

Tabela 22 – CAV Projeto x CAV 2022

Cotas de Interesse	Cota SGB (m)	Volume (hm³)		Diferença (b-a)
		Curva Antiga (a)	Curva nova (b)	
Fundo do Canal de Adução	122,5	25,11	42,26	17,15
Maxima Maximorum	128,35	102,4	142,43	40,03

Essa comparação mostra que o volume do reservatório da UHE Passo São João 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 03/2010, 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 37%.

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 – Relatório de Pós Processamento Rede RVG;*
- 5.2. *Anexo II – Relatório de Pós Processamento RNs;*
- 5.3. *Anexo III – Monografias IBGE;*
- 5.4. *Anexo IV – Monografia da Rede de Vértices Geodésicos (RVG);*
- 5.5. *Anexo V - Monografia Pontos de Controle de Qualidade da Cartografia Existente*
- 5.6. *Anexo VI – Monografia Marcos Definidores das Seções de Monitoramento*

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 Passo São João.

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