	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 1 de 122

CENTRAIS ELÉTRICAS CACHOEIRA DOURADA S/A
TOPOCART TOPOGRAFIA ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/S LTDA


RELATÓRIO TÉCNICO

ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME

REVISÃO 4:


- IMPLANTAÇÃO DA RVG
- NIVELAMENTO GEOMÉTRICO
- MODELO GEOIDAL LOCAL
- PONTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA VALIDAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA EXISTENTE
- LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO
- MODELO DIGITAL DO TERRENO
- CURVAS CAV
- SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS DE CONTROLE

Brasília-DF, Agosto de 2024.

	<p align="center">Engenharia & Construção</p>	<p>CÓDIGO EGP</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00</p>
		<p>PÁGINA – PAGE</p> <p align="center">2 de 122</p>

ÍNDICE

ANEXOS DIGITAIS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABELAS	9
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1.1. Objetivo Geral.....	10
1.2. Objetivo Específico	10
1.3. Localização da Área	11
2. SERVIÇOS EXECUTADOS.....	12
2.1. Implantação da RVG para o Reservatório	12
2.2. Nivelamento Geométrico	12
2.3. Elaboração do Modelo de Ondulação Geoidal Local	12
2.4. Determinação dos Pontos de Controle de Qualidade para Validação da Base Cartográfica Existente.....	12
2.5. Levantamento Batimétrico	12
2.6. Modelo Digital do Terreno	12
2.7. Curvas Cota x Área x Volume	13
2.8. Seções Topobatimétricas de Controle	13
2.9. Considerações Gerais	13
3. REFERENCIAIS PLANIALTIMÉTRICOS ADOTADOS	15
3.1. Sistema Geodésico Empregado	15
3.1.1. Referencial Geodésico	15
3.1.1.1. SIRGAS 2000	15
3.1.2. Referencial Altimétrico	16
3.2. Identificação e Distribuição	16
3.2.1. Vértices de Referência	16
3.3. Diferença Referencial Altimétrico IBGE x CELG	18
4. IMPLANTAÇÃO DA REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS - RVG	19
4.1. Transporte de Coordenadas	19
4.2. Vértices da RVG	20
4.3. Levantamento, Processamento e Ajustamento	28
4.3.1. Rastreios GNSS.....	28
4.3.1.1. Levantamento dos Vértices	28
4.3.1.2. Processamento e Ajustamento.....	29
4.4. Resultados Obtidos.....	30
4.5. Produtos Entregues na Etapa de Implantação da RVG.....	31
5. NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	32
5.1. Circuito 1: 653-L / 653-H.....	33
5.2. Circuito 1: 3214-R / 3214-R	33
5.3. Resultados Obtidos.....	33

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		3 de 122

5.3.1.	Circuito de Nivelamento Realizado.....	33
5.3.2.	Referências de Nível Reocupadas.....	34
5.4.	Produtos Entregues na Etapa do Nivelamento Geométrico.....	35
6.	MODELO GEOIDAL LOCAL - MGL.....	36
6.1.	Ondulação Geoidal	36
6.2.	Vértices do MGL	37
6.3.	Processamento dos Vértices do MGL	38
6.4.	Interpolador Polinomial.....	39
6.5.	Geração do MGL	40
6.6.	Resultados Obtidos.....	41
6.6.1.	Vértices Auxiliares do MGL.....	41
6.6.2.	Análise do Modelo de Ondulação Geoidal Local	41
6.6.3.	Comparação MGL x MAPGEO2010 V1.....	42
6.7.	Produtos Entregues na Etapa do MGL.....	44
7.	CONTROLE DE QUALIDADE DA BASE CARTOGRÁFICA EXISTENTE	45
7.1.	Metodologia	45
7.2.	Coleta dos Pontos de Controle de Qualidade.....	46
7.3.	Processamento dos Pontos de Controle de Qualidade	47
7.4.	Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD)	47
7.5.	Levantamentos dos Pontos de Controle de Qualidade	48
7.6.	Resultados Obtidos.....	50
7.6.1.	Vértices do CQ da Base Cartográfica Existente.....	50
7.6.2.	Análise de Qualidade Planimétrica e Altimétrica	51
7.7.	Produtos Entregues na Etapa Controle de Qualidade	54
8.	LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	55
8.1.	Planejamento da Batimetria.....	55
8.2.	Calibração do Ecobatímetro	58
8.3.	Execução do Levantamento Batimétrico	58
8.4.	Coleta das Informações	59
8.5.	Pontos Inacessíveis para Batimetria	65
8.6.	Variação do Nível d'Água.....	67
8.7.	Processamento	67
8.8.	Análises dos Dados Coletados	69
8.9.	Edição Cartográfica	69
8.9.1.	Edição Vetorial.....	70
8.9.2.	Pré-edição.....	70
8.9.3.	Revisão.....	70
8.9.4.	Edição Final.....	70
8.10.	Produtos Entregues na Etapa de Levantamento Batimétrico	71
9.	GERAÇÃO DO MDT DO RESERVATÓRIO.....	73
9.1.	Produtos Entregues na Etapa de Geração do MDT	74
10.	GERAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	76
10.1.	Cálculo da Área e Volume	76
10.2.	Ajuste Polinomial das Curvas Cota-Área e Cota-Volume	77
10.3.	Produtos Entregues na Etapa de Geração das Curvas CAV	78

11. COMPARAÇÃO DAS CURVAS CAV: ANTIGA X ATUALIZADA	79
11.1. Comparação da Área do Reservatório	80
11.2. Comparação das Seções de Remanso X Seções Topobatimétricas 2015	81
11.3. Produtos Entregues na Etapa de Comparação das Curvas CAV: Antiga x 2015	84
12. SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS DE CONTROLE	85
12.1. Implantação de Vértices para Seções de Controle	87
12.2. Processamento dos Vértices das Seções	89
12.3. Levantamento Topobatimétrico	90
12.3.1. Levantamento por Estação Total	90
12.3.1.1. Método da Poligonação	91
12.3.1.2. Método das Irradiações	91
12.3.2. Levantamento por RTK	92
12.3.3. Processamento	93
12.3.4. Levantamentos Batimétricos	93
12.4. Desenhos das Seções de Controle	93
12.5. Resultados Obtidos	96
12.5.1. Implantação de Vértices de Apoio às STC's	96
12.5.2. Levantamento Topobatimétrico das Seções	97
12.5.2.1. Seção Topobatimétrica com Estação Total / RTK	97
12.5.2.2. Seção Topobatimétrica com Ecobatímetro	98
12.6. Produtos Entregues na Etapa de Implantação da STC's	103
13. CONTROLE DE QUALIDADE DOS SERVIÇOS REALIZADOS.....	105
13.1. Conferência dos Equipamentos	105
13.2. Execução dos Trabalhos de Campo	105
13.3. Dados Coletados no Rastreio dos Pontos	105
13.4. Dados Coletados no Nivelamento Geométrico	105
13.5. Dados Coletados no Levantamento Batimétrico	105
13.6. Dados Coletados para Seções Topobatimétricas de Controle	106
13.7. Processamento e Ajustamento.....	106
13.8. Elaboração do MGL.....	106
13.9. Base Cartográfica Atualizada 1:10.000	106
13.10. Desenhos das Seções Topobatimétricas.....	106
13.11. Dados Técnicos	106
13.12. Monografias de Vértices Implantados.....	107
14. CONCLUSÃO	108
15. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	110

ANEXOS DIGITAIS

Anexo 1 - ARQUIVO KMZ

Anexo 2 - REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS

- 2A - Monografias dos Vértices de Referência Oficiais
- 2B - Monografias dos Vértices Implantados para RVG
- 2C - Planilha de Coordenadas da RVG
- 2D - Registros Fotográficos
- 2E - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS
- 2F - Arquivos Brutos GNSS

Anexo 3 - NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

- 3A - Relatórios do Processamento do Nivelamento Geométrico
- 3B - Arquivos Brutos do Nivelamento Geométrico
- 3C - Registros Fotográficos

Anexo 4 - MODELO GEOIDAL LOCAL

- 4A - Desenho do MGL
- 4B - Superfície Geotiff do MGL
- 4C - Registros Fotográficos
- 4D - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS
- 4E - Arquivos Brutos GNSS
- 4F - Planilha de Coordenadas do MGL


Anexo 5 - PONTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

- 5A - Monografias dos Pontos de CQ
- 5B - Planilha de Coordenadas do CQ
- 5C - Registros Fotográficos
- 5D - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS
- 5E - Arquivos Brutos GNSS
- 5F - Relatório de Qualidade GeoPEC

Anexo 6 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

- 6A - Arquivos do Levantamento Batimétrico (Seções Brutas e Editadas)
- 6B - Registros Fotográficos
- 6C - Arquivo KMZ dos Pontos Inacessíveis do Lev. Batimétrico
- 6D - Planta Batimétrica
- 6E - Mapa de Profundidade

Anexo 7 - BASE CARTOGRÁFICA ATUALIZADA 1:10.000

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 6 de 122

Anexo 8 - MODELOS DIGITAIS

- 8A - Modelo Digital do Terreno (Reservatório, Entorno e Geral)
- 8B - Modelo Digital de Profundidade

Anexo 9 - CURVAS CAV

- 9A - Curvas CAV (geradas a cada 1 cm)
- 9B - Comparação das curvas CAV Antiga x 2015 (geradas a cada 1 cm)

Anexo 10 - SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS DE CONTROLE

- 10A - Desenhos das STC's
- 10B - Monografia dos Vértices Implantados para STC's
- 10C - Arquivos Brutos de Estação
- 10D - Arquivos Brutos GNSS-RTK
- 10E - Relatórios de Processamento de Estação
- 10F - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS-RTK
- 10G - Arquivos do Levantamento Batimétrico (Seções Brutas e Editadas)
- 10H - Planilha de Coordenadas das STC's
- 10I - Registros Fotográficos

Anexo 11 - FOLHAS PARCIAS DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO ANTIGO

- Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no referencial CELG, com sobreposição do limite do reservatório na Cota 431,50 m

Anexo 12 - COMPARAÇÃO DAS SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS 1986 X 2015

- 12A - Mosaico Georreferenciado das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no Sistema de Referência SIRGAS 2000
- 12B - Desenhos Comparativo das Seções Topobatimétricas 1986 X 2015

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área do Reservatório da UHE-CD.	11
Figura 2 - Vértices de Referência utilizados.....	17
Figura 3 - Vértice Implantado como Referência Local.	19
Figura 4 - Modelo com dimensões dos marcos implantados.	20
Figura 5 - Fotografia do PA01.....	20
Figura 6 - Distribuição das RN's nas proximidades do Reservatório.....	21
Figura 7 - RVG, Vértices nivelados geometricamente (em vermelho) e não nivelados (em azul).	23
Figura 8 - Fotografia da RN653-H.....	23
Figura 9 - Fotografia do CD01.	24
Figura 10 - Fotografia do CD02.	24
Figura 11 - Fotografia do CD03.	24
Figura 12 - Fotografia do CD04.	25
Figura 13 - Fotografia do CD05.	25
Figura 14 - Fotografia do CD07.	25
Figura 15 - Fotografias dos CD08 (esquerda) e CD09 (direita).	26
Figura 16 - Fotografias dos CD10 (esquerda) e CD11 (direita).	26
Figura 17 - Fotografias do CD12 (esquerda) e CD13 (direita).	26
Figura 18 - Fotografias do Pilar01.....	27
Figura 19 - Fotografias do S08 (esquerda) e S08AZ (direita).	27
Figura 20 - Fotografia do S09.	27
Figura 21 - Fotografias do MO04 (esquerda) e VT-Itumbiara (direita).	28
Figura 22 - Exemplo da metodologia de posicionamento GNSS empregado.	29
Figura 23 - Circuito de Nivelamento executado.	32
Figura 24 - Metodologia de Nivelamento Geométrico utilizado.....	33
Figura 25 - Ondulação Geoidal. Fonte: IBGE.	36
Figura 26 - Vértices do Modelo Geoidal Local.	37
Figura 27 - Vértices PS27 (a esquerda) e PS43 (a direita).....	38
Figura 28 - Vértices PS78 (a esquerda) e PS131 (a direita).....	38
Figura 29 - Interpolador de Polinômios para Ondulações Geoidais (N).	40
Figura 30 - Modelo Geoidal Local.....	40
Figura 31 - Exemplo da coleta de HV's.....	46
Figura 32 - Distribuição dos HV's.....	47
Figura 33 - Pontos de Controle de Qualidade: CAMPO x BASE CARTOGRÁFICA.....	49
Figura 34 - Distribuição dos Pontos de Controle de Qualidade na Base Cartográfica.....	50
Figura 35 - Planejamento das Seções Batimétricas.	57
Figura 36 - Distanciamento entre as Seções Batimétricas.....	57
Figura 37 - Calibração do ecobatímetro.....	58
Figura 38 - Modelo do plano de navegação com o software Hydromagic.	59
Figura 39 - Conjunto RTK / Ecobatímetro / Embarcação.....	60
Figura 40 - Esquema de funcionamento da batimetria em tempo real.....	60
Figura 41 - Bases RTK para os Levantamentos Batimétricos.....	62
Figura 42 - Fluxograma de execução e obtenção das informações da batimetria.....	62
Figura 43 - Execução do Levantamento Batimétrico.	63
Figura 44 - Acompanhamento da navegação, ilustrando a execução das linhas planejadas e controle da deriva.....	63
Figura 45 - Visualização da navegação, ilustrando raio de abrangência do RTK/Ecobatímetro (embarcação).....	64
Figura 46 - Visualização dos avanços dos serviços diários dos Levantamentos Batimétricos.	64
Figura 47 - Fotografias de trechos onde não foram possíveis os Levantamentos Batimétricos.	65
Figura 48 - Fotografias georreferenciadas de áreas próximas às margens onde não foi possível a coleta de dados.....	66
Figura 49 - Fotografias de trechos onde não foram possíveis os Levantamentos Batimétricos.	66
Figura 50 - Exemplo de Seção bruta com spike.	67




	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 8 de 122

Figura 51 - Exemplo de Seção editada, com eliminação do spike.....	68
Figura 52 - Visualização dos resultados obtidos, nesse caso apenas profundidades.....	68
Figura 53 - Planta do Levantamento Batimétrico.....	69
Figura 54 - Modelos de Edição Final sobre as Ortofotos.....	71
Figura 55 - MDT do Reservatório com a sobreposição das linhas de sondagem executadas.....	73
Figura 56 - Malha TIN e visualização 3D da calha do Rio Paranaíba.....	74
Figura 57 - MDT gerado para o Reservatório com curvas de nível.....	74
Figura 58 - Curvas CAV, Cota x Área (em azul) e Cota x Volume (em laranja).....	76
Figura 59 - Ajuste Logarítmico da Curva Cota Área.....	77
Figura 60 - Ajuste Logarítmico da Curva Cota Volume.....	78
Figura 61 - Comparação das Curvas CAV: Antiga x Atualizada.....	79
Figura 62 - Folha 6D do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada.....	80
Figura 63 - Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada.....	81
Figura 64 - Mosaico Georreferenciado das Folhas do Mapa Topográfico Antigo com localização das Seções de Remanso.....	82
Figura 65 - Seção de Remanso S11.....	83
Figura 66 - Comparação da Seção de Remanso S11.....	84
Figura 67 - Localização das Seções Topobatimétricas de Controle.....	86
Figura 68 - Seção 1: SM01 / SM01AZ.....	88
Figura 69 - Seção 2: SM02 / SM02AZ.....	88
Figura 70 - Seção 3: SM03.....	88
Figura 71 - Seção 4: SM04 / SM04AZ.....	89
Figura 72 - Seção 5: SM05 / SM05AZ.....	89
Figura 73 - Seção 6: SM06 / SM06AZ.....	89
Figura 74 - Exemplo de Poligonal, apoiada em dois pontos (A e A').....	91
Figura 75 - Exemplo do Método das Irradiações {Fonte: Kahmen e Faig (1988)}.....	92
Figura 76 - Levantamento de Seções Topobatimétricas de Controle com Estação Total.....	92
Figura 77 - Levantamento de Seções Topobatimétricas com receptor RTK.....	93
Figura 78 - Desenho da Seção Topobatimétrica de Controle S3.....	95

	<p align="center">Engenharia & Construção</p>	<p>CÓDIGO EGP</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00</p>
		<p>PÁGINA – PAGE</p> <p align="center">9 de 122</p>

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de Coordenadas dos Vértices de Referência Oficiais (IBGE-SGB) utilizados.....	17
Tabela 2 - Diferenças dos Referenciais CELG (etapas de implantação) x IBGE (2011).	18
Tabela 3 - Comparação entre Altitude Ortométricas Antigas x Ajuste da Rede 2011.....	21
Tabela 4- Lista de Coordenadas dos Vértices da RVG.	30
Tabela 5 - Resumo do Circuito 1 e 2, Nivelamento Geométrico.	34
Tabela 6 - Lista de Coordenadas dos Vértices de Referências utilizados para o Nivelamento Geométrico.....	34
Tabela 7 - Vértices utilizados no MGL.	38
Tabela 8 - Lista de Coordenadas dos Vértices PS's utilizados para o MGL.	41
Tabela 9 - Diferenças de Ondulação Geoidal (Δ) para o N (Nivelamento Geométrico) x N (MGL).	42
Tabela 10 - Comparação das Ondulações Geoidais MGL x IBGE MAPGEO 2010 V1.	43
Tabela 11 - Critérios do PEC-PCD Planimétrico. Fonte: ET-ADGV-DefesaFT.	48
Tabela 12 - Critérios do PEC-PCD Altimétrico dos Pontos Cotados, MDT e MDS. Fonte: ET-ADGV-DefesaFT.	48
Tabela 13 - Lista de Coordenadas dos Vértices do Controle de Qualidade (HV's).....	50
Tabela 14 - Resumo da análise de Qualidade para Planimetria.	52
Tabela 15 - Resumo da análise de Qualidade para Altimetria.	53
Tabela 16 – Alturas de antena do GPS móvel.	61
Tabela 17- Lista de Coordenadas dos Eixos das Seções Topobatimétricas de Controle.....	87
Tabela 18 - Lista de Coordenadas dos Vértices Implantados para as STC's.	96
Tabela 19 - Lista de Coordenadas dos pontos levantados por Levantamento Topográfico (exemplo S01).	97
Tabela 19 - Lista de Coordenadas dos pontos levantados Levantamento Batimétrico (exemplo S01).	98

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 10 de 122

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Relatório Técnico faz menção ao Apoio de Campo (Serviços Topográficos) necessário à Atualização das Curvas Cota x Área x Volume, esses serviços são caracterizados como sendo de auxílio à geração de produtos finais da Geodésia, Cartografia, Aerolevantamento, Mapeamento e Cadastro. Ele foi precedido de um planejamento voltado ao atendimento do grau de qualidade desejado para cada trabalho. O Apoio de Campo (Serviços Topográficos) depende da finalidade de cada projeto (qualidade exigida), da região em que está inserido, dos recursos disponíveis, do prazo de execução e dos objetivos do projeto.

O presente relatório tem a finalidade de apresentar os resultados dos serviços realizados para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume do Reservatório da UHE CACHOEIRA DOURADA.

Os serviços foram realizados na divisa dos Estados de Minas Gerais e Goiás, nos anos de 2015 e 2019

Para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume foram realizados levantamentos batimétricos na área do reservatório da UHE-CD e geração dos resultados das Curvas CAV, preconizados na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 1/2014/AA-ANA, conforme as “*Orientações para atualização das curvas cota x área x volume / Agência Nacional de Águas (ANA); Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. - Brasília: ANA, SGH, 2013*”.

Os produtos finais da Atualização das Curvas CAV possibilitarão a obtenção dos dados consolidados do mapeamento do reservatório (parte seca e molhada) da UHE-CD, com qualidade compatível para conhecimento, análises, operação e aproveitamento do potencial hidrelétrico desse empreendimento.


1.1. Objetivo Geral

O presente relatório descreve a etapa de Apoio de Campo (Serviços Topográficos) e tem como objetivo detalhar os procedimentos operacionais e os critérios técnicos utilizados na aquisição, processamento e ajustamento dos dados levantados nas referidas etapas.

Também é objetivo do trabalho descrever o formato da disponibilização das informações relativas ao Apoio de Campo a fim de facilitar o acesso, a recuperação e a análise dos produtos gerados nessas etapas.

1.2. Objetivo Específico

Geração de peças técnicas em suporte à Atualização das Curvas CAV e atendimento da Resolução 003 ANA/ANEEL:

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 11 de 122

- Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG) para o Reservatório;
- Nivelamento Geométrico da RVG para o Reservatório;
- Elaboração do Modelo de Ondulação Geoidal Local;
- Determinação dos Pontos de Controle de Qualidade para validação da Base Cartográfica Existente;
- Levantamento Batimétrico;
- Modelo Digital do Terreno;
- Curvas Cota x Área x Volume; e
- Seções Topobatimétricas de Controle

1.3. Localização da Área

A área do projeto está compreendida no entorno do reservatório da UHE CACHOEIRA DOURADA na divisa dos Estados de Goiás e Minas Gerais, os levantamentos realizados são destinados à Atualização das Curvas CAV.


O barramento da UHE-CD é situado no curso médio do Rio Paranaíba, no entorno das Cidades de Cachoeira Dourada-GO e Cachoeira Dourada-MG.

A represa formada pela barragem se estende por 75,5 km acima do barramento.

Os extremos nas coordenadas (18°22'15"S; 49°30'49"O) e (18°40'00"S; 49°06'00"O) definem o enquadramento que engloba a área.



Figura 1 - Localização da Área do Reservatório da UHE-CD.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 12 de 122

2. SERVIÇOS EXECUTADOS

2.1. Implantação da RVG para o Reservatório

- Identificação e utilização de 6 estações (GOGY, GOJA, ILHA, MGUB, SJRP e UBE1) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), pertencente a Rede Planialtimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro;
- Implantação de 21 marcos de concreto como vértices planialtimétricos como parte da RVG: PA01, CD01, CD02, CD03, CD04, CD05, CD07, CD08/CD09, CD10/CD11, CD12/CD13, CD14/CD15, S08/S08AZ, S09, SM10, SM11 e SM12; e
- Utilização (rastreo) de 4 vértices já existentes para composição da RVG: RN653-H, PILAR_01 e MO04/VT-Itumbiara.

2.2. Nivelamento Geométrico

- Identificação e utilização de 2 estações de referência de nível (653-L e 653-H), pertencentes a Rede Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro, como sendo vértices de referência.
- Nivelamento e contra nivelamento geométrico (conforme preconizado nas Orientações da ANA/ANEEL) para transporte da referência de altitude ortométrica a partir da RN653-L, na base do motor guincho no pilar 11, da 10ª comporta (dentro da UHE-CD), passando sobre as RN's 653-J, 3214-R e 3261-Z, sobre os vértices da RVG, Vértices do Modelo Geoidal Local e com fechamento na RN653-H, situada no trevo do entroncamento que dá acesso ao complexo da UHE-CD; totalizando uma extensão útil de 187 km.
- Identificação e nivelamento de estações de referência de nível (653-J, 3214-R e 3261-Z), pertencentes a Rede Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro, avaliando as altitudes obtidas nos mesmos.

2.3. Elaboração do Modelo de Ondulação Geoidal Local

- Identificação, implantação e utilização de 11 vértices com conhecimento da Ondulação Geoidal Real (vértices que foram nivelados e rastreados) são eles: PA01, CD04, CD09, CD10, CD13, CD14, CD15, S08, SM12, PS27, PS43, PS78, PS114 e PS131; e
- Elaboração do Modelo de Ondulação Geoidal Local, com área 1.017 km² para determinação das Altitudes Ortométricas para qualquer ponto dentro da área de interesse.

2.4. Determinação dos Pontos de Controle de Qualidade para Validação da Base Cartográfica Existente


- Determinação e utilização de vértices foto identificáveis para o Controle de Qualidade da Base Cartográfica existente:
 - 29 HV's

2.5. Levantamento Batimétrico

- Levantamento Batimétrico do Reservatório da UHE-CD, totalizando aproximadamente 76 km² com emprego de ecobatímetro de feixe único com levantamentos no corpo principal, braços, afluentes e canais do reservatório efetivados por linhas regulares de sondagem (LS) equidistantes, dispostas de forma transversal e longitudinal.

2.6. Modelo Digital do Terreno

- Geração da Superfície Digital baseada na malha de pontos coletada, contendo as informações da modelagem do terreno para área útil do Reservatório da UHE-CD.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 13 de 122

2.7. Curvas Cota x Área x Volume

- Geração das Curvas “Cota x Área” e “Cota x Volume” obtidos pela variação da posição de um plano de corte, a cada 1l cm, desde a cota mínima até o nível operacional normal do reservatório.


2.8. Seções Topobatimétricas de Controle

- As Seções Topobatimétricas de Controle para o monitoramento do assoreamento do reservatório foram levantadas considerando as partes secas e molhadas dos alinhamentos e totalizaram 4,73 km. As distâncias abaixo totalizam os quantitativos levantados para cada Seção:
 - S1: 219,455 m;
 - S2: 375,230 m;
 - S3: 450,849 m;
 - S4: 515,866 m;
 - S5: 386,837 m;
 - S6: 760,531 m;
 - S7: 412,611 m;
 - S8: 378,425 m;
 - S9: 362,546 m;
 - S10: 266,750 m;
 - S11: 297,242 m; e
 - S12: 305,813 m.

2.9. Considerações Gerais


Na execução dos trabalhos foram observadas todas as premissas constantes na ET “UCD-GE-HI-ET-001-R1: Especificação Técnica de Batimetria - Cota x Área x Volume, R1 de 23/07/2014”, e ainda Normas Técnicas e Padronizações pertinentes à realização de cada fase dos serviços dentre as quais se citam os seguintes documentos técnicos:

- Norma Técnica “Orientações para atualização das curvas cota x área x volume / Agência Nacional de Águas (ANA); Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. - Brasília: ANA, SGH, 2013”;
- Para os trabalhos de Topografia foi observada a NBR13.133. Esta Norma fixa as condições exigíveis para a execução de Levantamentos Topográficos Gerais;
- Para Levantamentos Geodésicos foi empregada a Resolução nº 22 - Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro (21/julho/1983) publicado pelo Boletim de Serviço do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE;
- Para Levantamentos Batimétricos foram observadas as Especificações da OHI para Levantamentos Hidrográficos (5a Edição, Fevereiro de 2008, publicação Especial Nº 44) Versão original em inglês publicada pelo Bureau Hidrográfico Internacional – MÔNACO e Versão traduzida para o português publicado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - BRASIL;

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 14 de 122

- Para Levantamentos Batimétricos foram empregadas as Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25/DHN de 2011, publicado pela Marinha do Brasil - Diretoria de Hidrografia e Navegação;
- Para estruturação de dados foram levadas em conta às Normas publicadas pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, homologada pela resolução 01/2006; e
- Finalmente, referente às precisões dos produtos finais, naturalmente, será atendido ao disposto no Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984 que estabelece as instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

A TOPOCART disponibilizou a sua estrutura de produção para diligências e verificações in loco, com o objetivo de constatação do andamento e progresso das atividades realizadas, dos recursos tecnológicos e humanos alocados, além de disponibilizar os meios necessários para facilitar a fiscalização dos trabalhos em execução em campo e no escritório.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 15 de 122

3. REFERENCIAIS PLANIALTIMÉTRICOS ADOTADOS

Na execução dos levantamentos realizados, assim como nas demais etapas que compõem o referido projeto, foram observadas todas as premissas constantes na Especificação Técnicas e Normas Técnicas adotadas. Essas premissas, quando confrontadas com os trabalhos em campo e escritório, resultaram na obtenção de coordenadas geodésicas tridimensionais para geração dos produtos finais de cada etapa realizada.

Todas as informações foram amarradas à Rede Geodésica Oficial utilizada para levantamentos cartográficos e geodésicos no país.

3.1. Sistema Geodésico Empregado


3.1.1. Referencial Geodésico

Todos os trabalhos executados consideraram como referência básica os vértices de primeira ordem do IBGE, homologados junto ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

Para composição dos produtos finais foi utilizado como referencial planialtimétrico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS2000. A definição deste sistema é dada pelos parâmetros apresentados no tópico abaixo.

3.1.1.1. SIRGAS 2000

- Nomenclatura oficial: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional - ITRS (*International Terrestrial Reference System*)
- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 – GRS80*)
- Semi-eixo maior $a = 6.378.137$ m
- Achatamento $f = 1/298,257224$
- Parâmetros referentes ao posicionamento espacial do elipsoide:
 - Origem: Centro de massa da Terra (Geocêntrico).
 - Orientação: Pólos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0.005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
 - Estações de Referência: 21 estações da Rede Continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil e identificadas formam a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. É incluída nesse conjunto a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GNSS SIRGAS2000.
 - Época de Referência das coordenadas: 2000,4.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 16 de 122

- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

3.1.2. Referencial Altimétrico

O Referencial Altimétrico adotado para o projeto é o mesmo utilizado pelo IBGE: O Datum Altimétrico de Imbituba, que coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio dos mares, definidos pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba-SC.

O Referencial utilizado é do Reajustamento da Rede Altimétrica realizado em 2011.

A determinação das Altitudes Geométricas dos vértices foi feita através receptores GPS/GNSS de dupla frequência L1/L2. Para compensação das Ondulações Geométricas foi necessário a utilização do Modelo Geoidal Local, possibilitando a conversão das altitudes geométricas (que são referidas ao elipsoide), em altitudes ortométricas (referidas ao nível médio dos mares).

3.2. Identificação e Distribuição

3.2.1. Vértices de Referência

Visando o possível emprego de vértices existentes, para servir como referência aos trabalhos executados, foram utilizados os seguintes Vértices do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB do IBGE.

Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Sistema Geodésico Brasileiro

- GOGY (Goiânia-GO)
- GOJA (Jataí-GO)
- ILHA (Ilha Solteira-SP)
- MGUB (Uberlândia-MG)
- SJRP (São José do Rio Preto-SP)
- UBE1 (Uberlândia-MG)

Rede Altimétrica (RN's) do Sistema Geodésico Brasileiro, Reajustadas em 2011

- RN653H
- RN653L

Os Vértices de Referência utilizados são apresentados na Figura a seguir juntamente com o PA01 e o CD14, além das distâncias dos vetores formados para o rastreo GNSS.

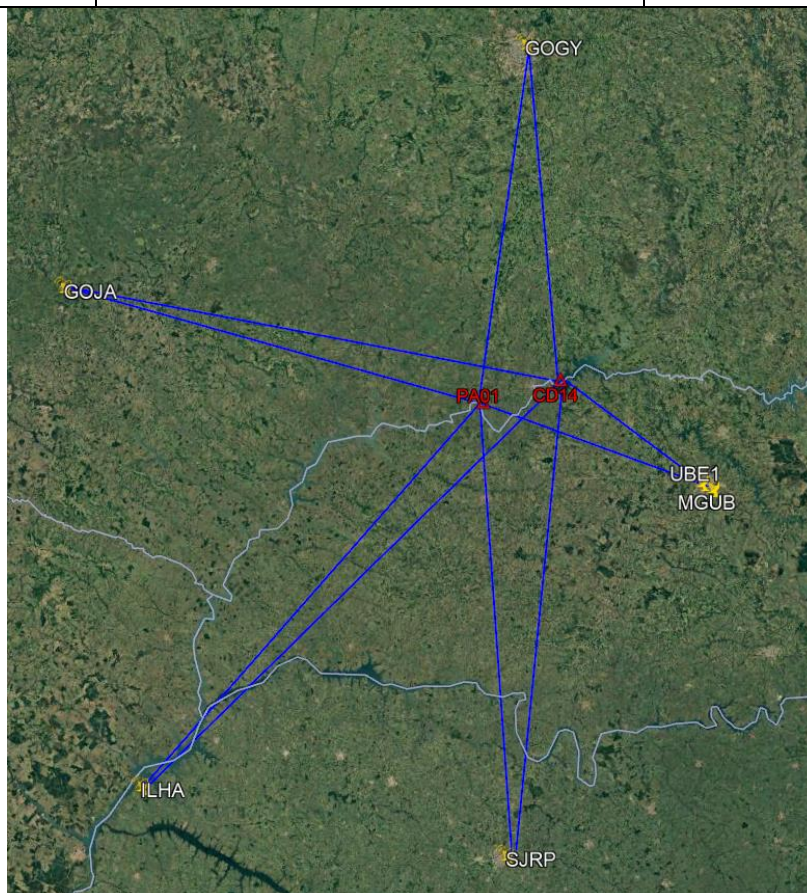


Figura 2 - Vértices de Referência utilizados.

Posteriormente à identificação dos Vértices de Referência, realizou-se um planejamento para execução dos trabalhos de Apoio de Campo. Nesse planejamento, foram levantadas as possibilidades e necessidade de utilização de todos os vértices listados, levando sempre em consideração as informações apresentadas em suas respectivas monografias.

A partir dos Vértices Geodésicos Oficiais do SGB foram determinadas as coordenadas tridimensionais de todos os vértices implantados e reocupados que foram utilizados no presente trabalho.

No **Anexo 2A** são apresentadas as Monografias Oficiais dos vértices utilizados para o Apoio da RVG. A Tabela a seguir mostra as coordenadas dos Vértices Referência Oficiais.

Tabela 1 - Lista de Coordenadas dos Vértices de Referência Oficiais (IBGE-SGB) utilizados.

Vértice	SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude	
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	Ortométrica (m)	
GOGY	686129,619	0,001	8156720,616	0,001	S16°39'53,02250"	O49°15'16,82300"	734,201	0,008	-	
GOJA	423080,115	0,001	8022578,268	0,001	S17°52'59,80420"	O51°43'33,99200"	755,309	0,005	-	
ILHA	464178,025	0,001	7741141,412	0,001	S20°25'40,02520"	O51°20'36,18520"	375,037	0,005	-	

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
MGUB	789027,534	0,001	7905871,703	0,001	S18°55'08,98800"	O48°15'21,77770"	869,241	0,004	-
SJRP	670708,247	0,001	7700722,082	0,001	S20°47'07,86830"	O49°21'35,82240"	535,909	0,005	-
UBE1	782656,473	0,002	7909251,443	0,002	S18°53'22,32820"	O48°19'01,09790"	791,735	0,011	-
RN653H	-	-	-	-	-	-	-	-	437,4191
RN653L	-	-	-	-	-	-	-	-	436,7992

3.3. Diferença Referencial Altimétrico IBGE x CELG

Como parte do escopo dos serviços é previsto a consolidação da batimetria à cartografia existente e consequente geração da Base Cartográfica Atualizada (e única) nos Sistema de Referência SIRGAS2000 (época 2000,4) e Datum Altimétrico de Imbituba-SC com os referenciais planimétricos e altimétricos atualizados conforme SGB (incluindo o Reajustamento da Rede Altimétrica de 2011).

Para compormos o ΔH relativo à diferença altimétrica entre o Referencial Antigo, utilizado na UHE-CD (implantado nas etapas de instalação do empreendimento pela CELG - Centrais Elétricas de Goiás) e o Referencial Atual (SGB-IBGE Reajustamento 2011) foram utilizados pontos com medições (altitudes ortométricas) nos 2 Referenciais.

Tabela 2 - Diferenças dos Referenciais CELG (etapas de implantação) x IBGE (2011).

Vértice (RN)	CELG	IBGE 2011	ΔH
653H	434,636	437,4191	+2,783
653M	414,159	416,9435	+2,784
Δ Média			2,784

Para realizar a conversão de qualquer cota obtida (considerada) no Referencial Antigo para o Referencial Atual é preciso somar a constante 2,784 m.

Como exemplo, é apresentado conversão da cota do reservatório normal:

- Referencial Antigo (cota CELG): 431,50 m
- Referencial Atual (IBGE 2011): 434,284 m

4. IMPLANTAÇÃO DA REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS - RVG

4.1. Transporte de Coordenadas

Para realização dos levantamentos geodésicos foi realizado o transporte de coordenadas para os vértices de referência local, denominados PA01 e CD14. Posteriormente desses vértices para os outros pertencentes à RVG.

Os locais para implantação dos vértices foram escolhidos estrategicamente, contemplando a proximidade do reservatório e seções. A materialização dos vértices foi realizada em local protegido, buscando a segurança contra alterações urbanísticas e vandalismos.

Os vértices são apresentados na Figura a seguir com a distância base máxima (30 km) para os rastreios dos marcos da RVG.

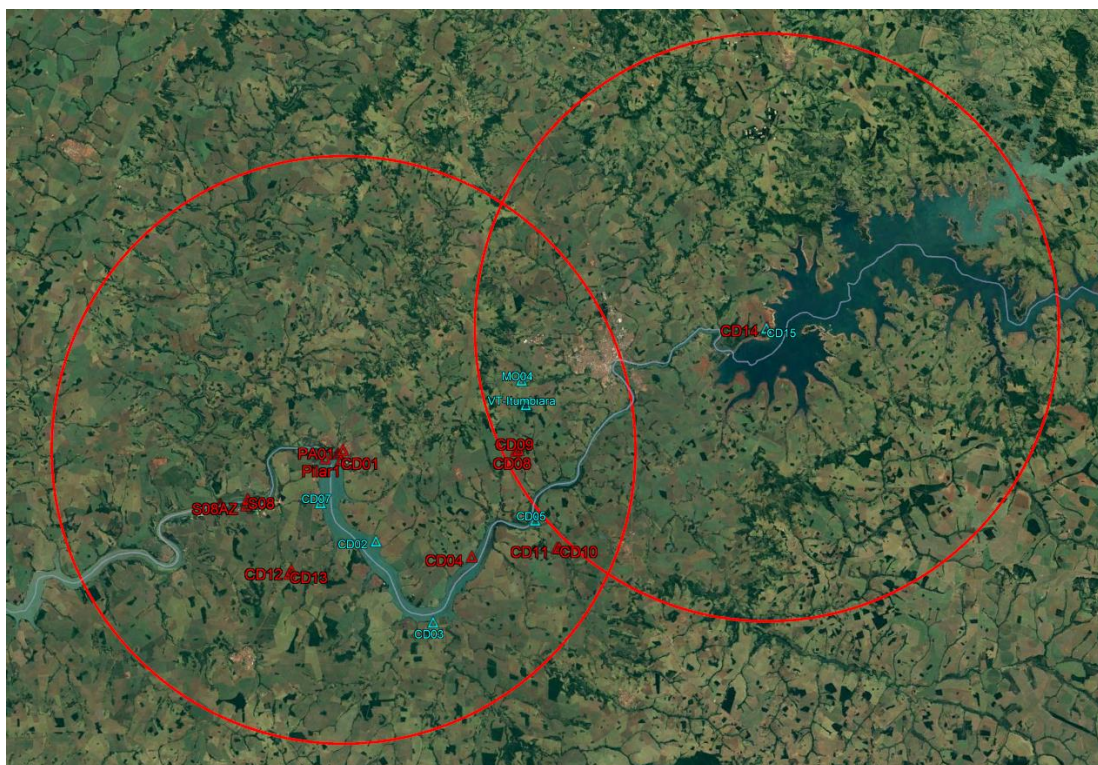



Figura 3 - Vértice Implantado como Referência Local.

Os vértices foram monumentados com marco de concreto armado na forma tronco piramidal no formato 18 x 30 cm, com 40 cm de altura, aflorando cerca de 10 cm do solo, no topo está cravada uma chapa metálica não ferrosa e resistente a intempéries e, de forma, circular de raio de 3 cm com centro para um ponto topográfico, com inscrições:

- na parte superior a expressão “TOPOCART”;
- na parte central o nome do marco;

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 20 de 122

- na parte inferior a expressão “Protegido por Lei”.

As Figuras abaixo mostram as dimensões dos marcos implantados e ainda uma fotografia do PA01 materializado em campo.

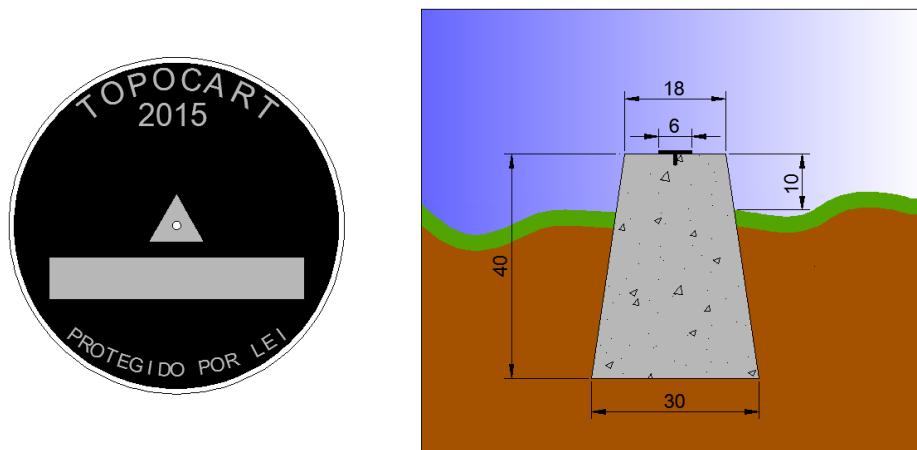


Figura 4 - Modelo com dimensões do marcos implantados.



Figura 5 - Fotografia do PA01.

4.2. Vértices da RVG

A implantação da RVG de marcos se deu em atendimento às Orientações para Atualização das Curvas CAV em específico ao item de “*Implantação da Rede Vértices Geodésicos (RVG)*”.

Inicialmente foram levantadas as informações da Rede Altimétrica do SGB-IBGE da região e foram localizadas as seguintes RN's: 653H, 653J, 653L, 653M (Cachoeira Dourada-GO), 3214N, 3214P, 3214R (Itumbiara-GO) e 3261Z (Araporã-MG), abaixo é apresentado uma comparação das altitudes ortométricas entre valores antigos e o ajustamento da Rede em 2011. Na Figura a seguir é apresentada a localização das RN's.

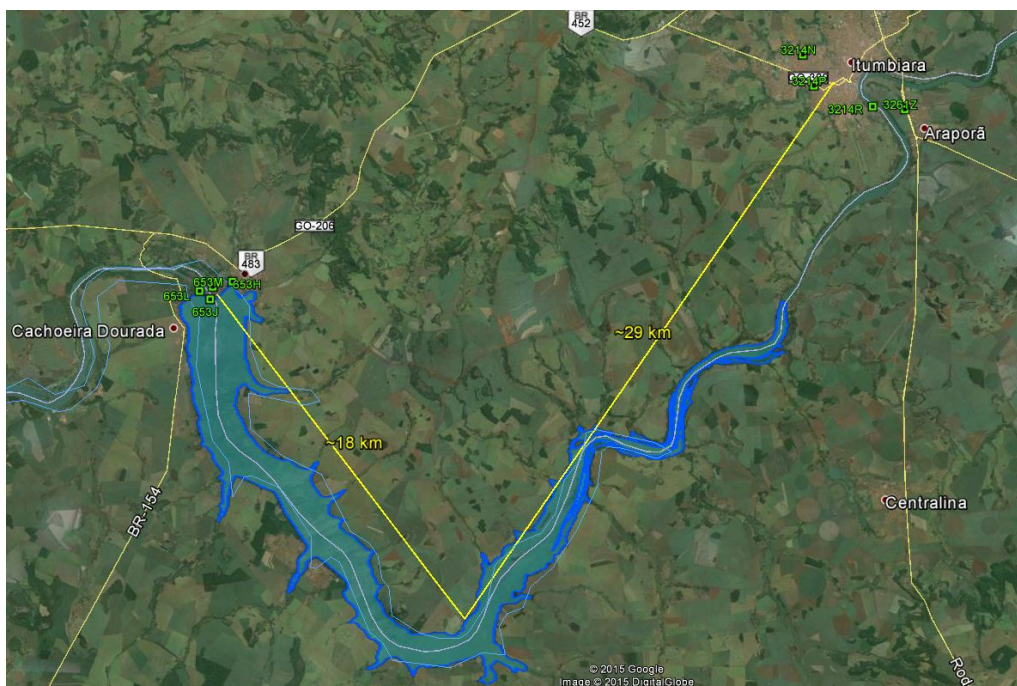


Figura 6 - Distribuição das RN's nas proximidades do Reservatório


Tabela 3 - Comparação entre Altitude Ortométricas Antigas x Ajuste da Rede 2011.

Vértice (RN)	Altitude Ortométrica		Δ (m) (diferença)
	Antiga (m)	Ajuste Rede 2011 (m)	
653H	437,2056	437,4191	+0,2135
653J	436,5964	436,8098	+0,2134
653L	436,5858	436,7992	+0,2134
653M	416,7300	416,9435	+0,2135
3214N	495,5293	495,3402	-0,1891
3214P	487,5689	487,3805	-0,1884
3214R	442,8630	442,6805	-0,1825
3261Z	490,4650	490,2774	-0,1876

De acordo com a Tabela acima se observa que o Ajuste 2011 subiu os valores altimétricos das RN's dentro da UHE-CD em 21,35 cm (a amarração altimétrica desse trabalho é feito a partir dessas RN's). Vale ressaltar que essas RN's não são compatíveis com as outras situadas em Itumbiara-GO, de maneira que o nivelamento geométrico sobre esses vértices não resultarão em valores próximos dos oficiais (tendo como referência as RN's dentro da UHE-CD).

Utilizando a Base Cartográfica Existente foram encontrados os vértices MO04 e VT-Itumbiara, que são intervisíveis e localizados no Reservatório, à montante do barramento.

Foi implantada uma Rede de Vértices Geodésicos com 20 marcos de concreto nas proximidades do reservatório de maneira que o rastreo GNSS, o Nivelamento Geométrico e o Modelo

	<p align="center">Engenharia & Construção</p>	<p>CÓDIGO EGP</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00</p>
		<p>PÁGINA – PAGE</p> <p align="center">22 de 122</p>

Geoidal Local a sejam executados em recobrimento desses vértices respeitando o preconizado na Norma da ANA/ANEEL.

A partir dos Vértices de Referência Local, foram rastreados os vértices da RVG realizando o transporte de coordenadas para cada um deles.

Os locais para implantação dos vértices foram escolhidos contemplando todo o reservatório e o caminhamento do nivelamento geométrico realizado. Foram monumentados 14 vértices com a nomenclatura CD (Cachoeira Dourada) precedida do número no sentido crescente e 3 vértices com a nomenclatura S (Seção Topobatimétrica implantada a jusante do barramento).

Os vértices RN653-H, PILAR01, MO04 e VT-Itumbiara que já existiam, foram reocupados para composição da RVG.

Foram definidos os seguintes vértices:

- PA01;
- 653H;
- CD01;
- CD02;
- CD03;
- CD04;
- CD05;
- CD07;
- CD08 / CD09 (par intervísivel);
- CD10 / CD11 (par intervísivel);
- CD12 / CD13 (par intervísivel);
- CD14 / CD15 (par intervísivel);
- PILAR_01;
- S08 / S08AZ (par intervísivel);
- S09;
- SM10;
- SM11;
- SM12; e
- MO04 / VT-Itumbiara (par intervísivel).

A Figura a seguir espacializa os Vértices da RVG, totalizando 25 vértices. Desse montante temos 6 vértices que não foram nivelados geometricamente, grafados na figura na cor azul, são eles CD02, CD03, CD05, CD07, MO04 e VT-Itumbiara.



Figura 7 - RVG, Vértices nivelados geometricamente (em vermelho) e não nivelados (em azul).

Os vértices foram monumentados conforme descrição no tópico “3.2.2. Apoio Básico” em específico nos quesitos: dimensões e padrão de marcos implantados (Figura 4). As Figuras a seguir apresentam as fotografias dos vértices que compõem à rede. Todos os Registros Fotográficos dos vértices da RVG encontram-se no **Anexo 2D**.



Figura 8 - Fotografia da RN653-H.



Figura 9 - Fotografia do CD01.



Figura 10 - Fotografia do CD02.



Figura 11 - Fotografia do CD03.

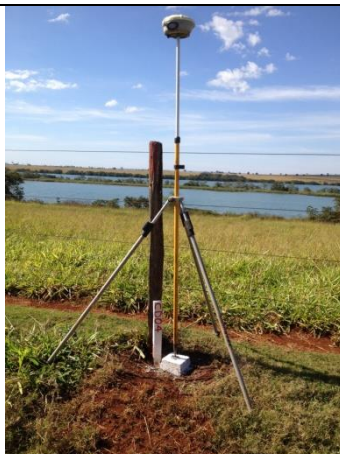


Figura 12 - Fotografia do CD04.



Figura 13 - Fotografia do CD05.



Figura 14 - Fotografia do CD07.



Figura 15 - Fotografias dos CD08 (esquerda) e CD09 (direita).



Figura 16 - Fotografias dos CD10 (esquerda) e CD11 (direita).



Figura 17 - Fotografias do CD12 (esquerda) e CD13 (direita).



Figura 18 - Fotografias do Pilar01.



Figura 19 - Fotografias do S08 (esquerda) e S08AZ (direita).



Figura 20 - Fotografia do S09.



Figura 21 - Fotografias do MO04 (esquerda) e VT-Itumbiara (direita).

4.3. Levantamento, Processamento e Ajustamento

A descrição da metodologia utilizada para o Levantamento, Processamento e Ajustamento das observações oriundas dos rastreios GNSS são aplicadas para todas as etapas que foram necessárias coletas de pontos através de receptores GNSS (Vértices do Modelo Geoidal Local, Pontos de Controle de Qualidade, Seções Topobatimétricas de Controle, outros)

4.3.1. Rastreios GNSS

4.3.1.1. Levantamento dos Vértices

Todos os vértices foram referenciados à Rede Geodésica de Primeira ordem do IBGE e foram ocupados por receptores geodésicos GNSS de dupla frequência L1/L2.

O método adotado para a determinação das coordenadas tridimensionais de cada vértice foi o de posicionamento relativo estático, com uso de 6 (seis) Vértices de Referência para o transporte de coordenadas do PA01 e CD14; para os demais vértices da RVG foi utilizado 1 (um) Vértice de Referência.

A Figura a seguir ilustra a técnica empregada para rastreamento GNSS neste trabalho.

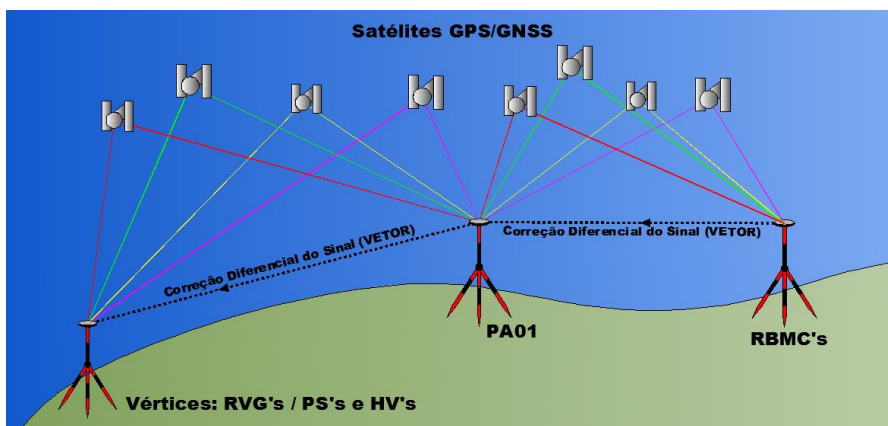


Figura 22 - Exemplo da metodologia de posicionamento GNSS empregado.

Os vértices foram rastreados com apoio de um tripé para o bastão de suporte das antenas, de modo a aumentar a confiabilidade da estabilidade nos rastreios.

O tempo de coleta das informações GNSS e a qualidade dos pontos levantados atenderam as seguintes especificações:

- Tempo de rastreamento mínimo para fixação das ambiguidades e obtenção da solução aceitável para qualidade dos vetores. Para os vértices da RVG foram utilizadas 2 sessões de rastreamento com 2 horas cada;
- Informações das órbitas dos satélites (Precisas, Rápidas ou Transmitidas) quando necessárias;
- Máscara de elevação não inferior a 10°;
- Utilização de 6 (seis) Vértices de Referência para o transporte de coordenadas do PA01;
- Utilização do PA01, como Vértice de Referência Local para o transporte de coordenadas dos Vértices das Seções Topobatimétricas;
- Sistema de Referência SIRGAS2000, para saída dos resultados;
- Intervalo de gravação não superior a 15 (quinze) segundos; e
- Menor número para os coeficientes de Diluição da Precisão - DOP da geometria dos satélites.

4.3.1.2. Processamento e Ajustamento

Os processamentos das determinações do Levantamento Geodésico foram realizados utilizando-se o software Trimble Business Center, versão 3.03, seguindo a descrição da metodologia e as especificações abaixo:

- Sistema de Referência SIRGAS2000, para processamento, ajustamento e entrega dos resultados;
- Por limitações do software utilizado, o processamento não considerou os valores de Sigma a Priori do Vértice de Referência. Sendo assim, o software no processamento admite como absolutas as coordenadas do Vértice de Referência;
- Utilização de vetores independentes;

- Os ruídos resultantes dos rastreios dos satélites foram avaliados e eliminados quando os mesmos influenciavam significativamente na média da dispersão dos sinais rastreados; e
- O processamento foi desenvolvido adotando a metodologia *Iono Free Fixed* para linhas de base menores do que 50 km e *Iono Free Float* para linhas de base maiores do que 50 km

No processamento dos vetores foram analisadas as precisões de linhas de base obtidas. Após o ajustamento das observações, como fatores limitantes, foram aceitos apenas os valores de precisões pontuais não superiores a superior a 5 cm nas componentes horizontais e 10 cm na altitude geométrica.

4.4. Resultados Obtidos

A Tabela a seguir apresenta as coordenadas dos Vértices implantados para RVG e utilizados neste trabalho.

Tabela 4- Lista de Coordenadas dos Vértices da RVG.

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
PA01	661068,065	0,004	7954408,924	0,002	S18°29'40.66232"	O49°28'27.66930"	436,135	0,010	445,6824
653H	660562,718	0,004	7954080,099	0,004	S18°29'51.49631"	O49°28'44.80247"	427,933	0,009	437,4191
CD01	660838,584	0,006	7953381,019	0,005	S18°30'14.15882"	O49°28'35.19671"	425,555	0,014	435,0930
CD02	664359,991	0,009	7945077,918	0,007	S18°34'43.24131"	O49°26'32.69698"	434,799	0,041	444,373
CD03	670134,627	0,011	7936743,492	0,011	S18°39'12.65485"	O49°23'13.19097"	434,017	0,079	443,704
CD04	674180,193	0,013	7943401,571	0,013	S18°35'34.91233"	O49°20'57.24567"	433,301	0,098	443,2373
CD05	680726,482	0,013	7947042,044	0,011	S18°33'34.52184"	O49°17'15.15145"	424,003	0,085	434,310
CD07	658701,452	0,010	7949044,524	0,008	S18°32'35.79082"	O49°29'46.82412"	429,236	0,047	438,634
CD08	678842,032	0,012	7954141,212	0,012	S18°29'44.21571"	O49°18'21.68700"	502,254	0,066	512,6542
CD09	679096,814	0,014	7954249,227	0,012	S18°29'40.62492"	O49°18'13.03665"	497,483	0,073	507,9323
CD10	683152,537	0,010	7944193,134	0,010	S18°35'06.41866"	O49°15'51.48532"	476,387	0,061	486,7099
CD11	682942,890	0,012	7944187,413	0,011	S18°35'06.67051"	O49°15'58.63345"	474,401	0,056	484,6953
CD12	655616,576	0,011	7942193,432	0,011	S18°36'19.46109"	O49°31'30.10453"	478,272	0,062	487,4843
CD13	655427,975	0,012	7941856,431	0,011	S18°36'30.47280"	O49°31'36.44398"	481,692	0,066	490,8856
CD14	704722,873	0,024	7966471,157	0,008	S18°22'54.79199"	O49°03'44.02525"	519,003	0,045	530,4533
CD15	704647,660	0,011	7966375,674	0,010	S18°22'57.92313"	O49°03'46.55238"	521,958	0,026	533,4088
PILAR	659251,259	0,008	7953575,197	0,008	S18°30'08.27666"	O49°29'29.36797"	427,425	0,022	436,8969
S08	651217,833	0,014	7949476,050	0,015	S18°32'23.73869"	O49°34'02.14090"	394,017	0,073	403,0891
S08AZ	651063,777	0,016	7948879,403	0,016	S18°32'43.18571"	O49°34'07.23271"	390,661	0,095	399,6569
S09	648422,373	0,015	7949036,757	0,013	S18°32'38.74422"	O49°35'37.35235"	393,300	0,087	402,2752
SM10	689810,146	0,005	7963111,781	0,009	S18°24'49.03048"	O49°12'10.85511"	425,993	0,003	436,9635
SM11	688727,792	0,004	7962719,215	0,007	S18°25'02.14527"	O49°12'47.59906"	429,926	0,005	440,8854
SM12	689077,988	0,008	7961779,181	0,013	S18°25'32.60444"	O49°12'35.35129"	431,137	0,003	442,0457
MO04	679475,755	0,015	7961330,905	0,012	S18°25'50.19062"	O49°18'02.38747"	527,071	0,080	537,678

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
VT-Itumbiara	679881,993	0,017	7958827,956	0,018	S18°27'11.47032"	O49°17'47.74255"	632,009	0,065	642,582

4.5. Produtos Entregues na Etapa de Implantação da RVG

- 1) Arquivo do Google Earth contendo distribuição espacial dos vértices utilizados, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Monografias Oficiais SGB (IBGE), Referências Geodésicas de todo trabalho, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2A;
- 3) Monografias detalhadas dos vértices implantados para RVG, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2B;
- 4) Planilha de coordenadas contendo informações dos Vértices apresentadas em Coordenadas Geodésicas e no Sistema UTM, no referencial SIRGAS2000, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2C;
- 5) Registros Fotográficos dos Vértices implantados, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 2D;
- 6) Relatórios técnicos de Processamento e Ajustamento dos dados GNSS, no formato *.PDF, contidos no Anexo 2E;
- 7) Dados digitais do sistema de coleta do receptor (dados de rastreo), contidos no Anexo 2F;
 - i. Arquivos Rinex II e originais dos vértices ocupados;
 - ii. Planilha de campo contendo as informações realizadas no rastreo, no formato *.PDF.

5. NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

O transporte de altitudes foi executado em Circuito de Nivelamento com amarração nos vértices de Referência Altimétrica do SGB, Reajustados em 2011. Estes Circuitos foram constituídos de Pontos de Segurança (PS's) materializados por piquetes de madeira, pinos de aços materializados no solo e/ou ainda pelos vértices implantados em toda a área de interesse.

A Figura a seguir ilustra o Circuito executado.

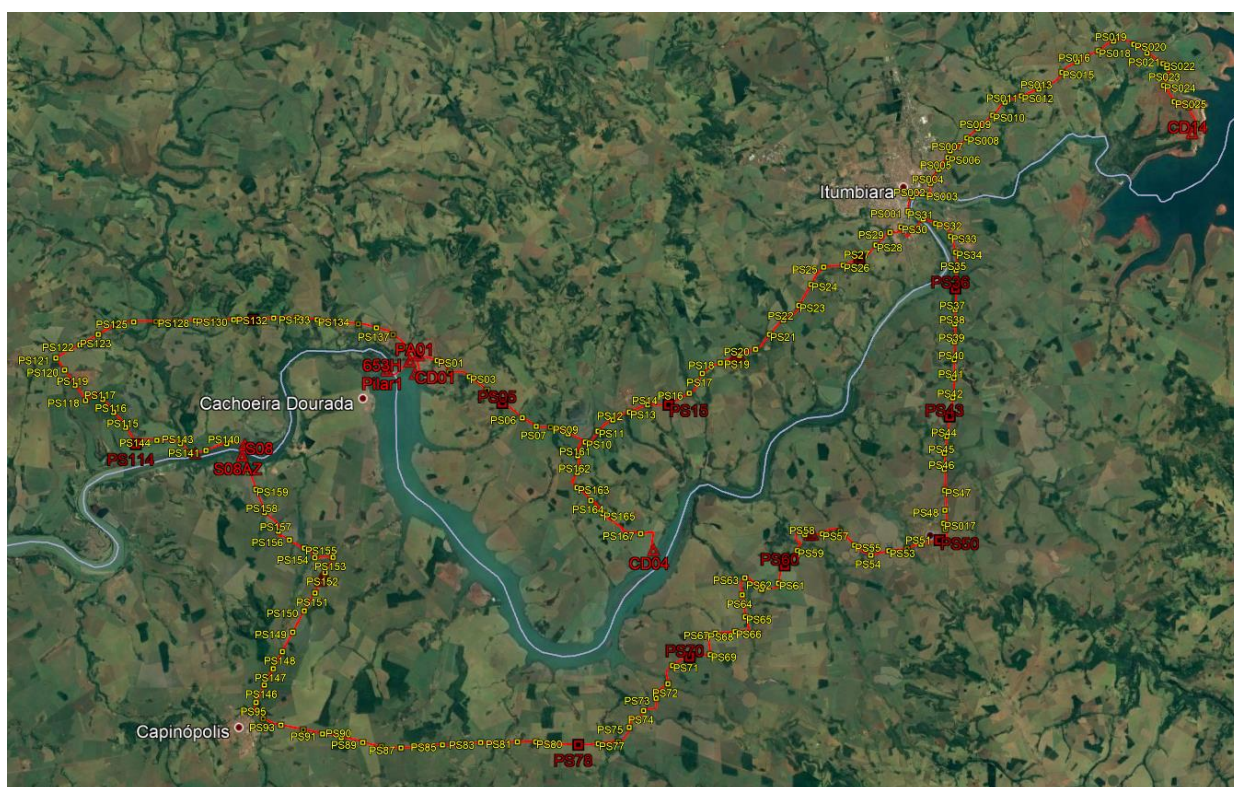


Figura 23 - Circuito de Nivelamento executado.

O levantamento consiste em utilizar um equipamento (Nível Topográfico) que materializa um plano de visada ortogonal ao Geoide. Este equipamento executa leituras em duas miras graduadas idênticas, uma a ré e outra a vante estipulando assim a diferença de nível para os pontos nas bases das duas miras. Este procedimento é realizado num caminhar consecutivo e a diferença de nível entre dois pontos é definida pelo somatório das diferenças de nível encontradas em cada lance ou seção.

Como exemplo, na Figura a seguir, a diferença de nível entre P0 e P3 é obtida pela soma das diferenças de nível encontradas nas seções S01 e S02.

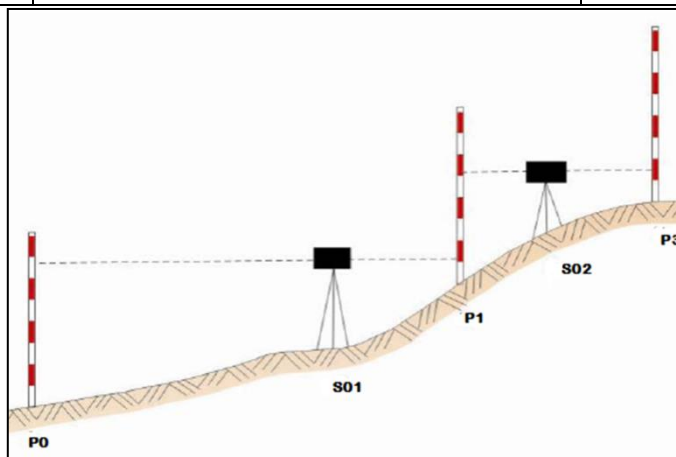


Figura 24 - Metodologia de Nivelamento Geométrico utilizado.

A precisão esperada para o nivelamento geométrico é calculado em função da distância percorrida em cada linha. A seguinte fórmula foi utilizada:

$$Erro = 3mm\sqrt{K}$$

Onde K é a distância percorrida no Circuito de nivelamento em quilômetros.

As seções de leituras foram realizadas em duplicidade, executando medidas na sequência Ré/Vante. Durante todo processo efetuava-se uma mudança na posição do aparelho sem mudar a posição das miras e então eram feitas novas leituras na sequência Vante/Ré.

No título abaixo são apresentados os resumos do Circuito de Nivelamento Geométrico executado.

5.1. Circuito 1: 653-L / 653-H

O Circuito 1 teve início na RN653-L, passando pela RN653-J, PA01, CD01, CD04, CD08, CD09, RN3214-R, RN3261-Z, CD10, CD11, CD12, CD13, S08AZ, S08, S09 com fechamento na referência de nível de chegada RN653-H.

5.2. Circuito 1: 3214-R / 3214-R

O Circuito 1 teve início na RN3214-R, passando pelos pontos SM12, SM11, SM10, CD14, CD15, SM12 com fechamento na referência de nível de chegada RN3214-R.

5.3. Resultados Obtidos

5.3.1. Circuito de Nivelamento Realizado

A Tabela abaixo descreve um resumo do circuito com as informações dos pontos de partida, chegada e suas respectivas altitudes ortométricas além da distância percorrida pelo nivelamento, o erro máximo permitido para a tolerância especificada e o erro de fechamento do nivelamento.

Tabela 5 - Resumo do Circuito 1 e 2, Nivelamento Geométrico.

Circuito 1		TRECHO: RN653L - RN653H			
PARTIDA:	PONTO	COTA	CHEGADA:	PONTO	COTA
	653L	436,7992		653H	437,4587
Distancia: 186737,2		Tolerância(3 mmvK): 0,0410		Erro:	0,0396
Obs.: Todas as medidas em metros, exceto quando indicado.					
Distância percorrida p/ nivelamento e contra: 186,74km					
Tolerância de fechamento (3 mmvK) = 41mm					
Conclusão: Nivelamento atende as precisões estabelecidas para classe					

Circuito 2		TRECHO: RN3214R - RN3214R			
PARTIDA:	PONTO	COTA	CHEGADA:	PONTO	COTA
	3214R	442,5855		3214R	442,5791
Distancia: 52169,2		Tolerância(03 mmvK): 0,0217		Erro: -0,0064	
Obs.: Todas as medidas em metros, exceto quando indicado.					
Distância percorrida p/ nivelamento e contra: 52.2 km					
Tolerância de fechamento (03 mmvK) = 21.7 mm					
Conclusão: Nivelamento atende as precisões estabelecidas para classe					


5.3.2. Referências de Nível Reocupadas

A Tabela a seguir apresenta os valores e comparações para altitudes ortométricas obtidas para Referências de Nível oficiais do SGB. Os valores apresentados na coluna Nivelamento Geométrico 2015 são aqueles obtidos pelo circuito implantado nesse trabalho com origem nas RN's de dentro da UHE-CD (RN653-L / RN653-H).

Tabela 6 - Lista de Coordenadas dos Vértices de Referências utilizados para o Nivelamento Geométrico.

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)						
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica OFICIAL(m)	Altitude Ortométrica Niv. Geom. (m)	Δ (m)	Utilização
	Este (m)	Norte (m)				
RN653-L	659087	7953677	436,7992	436,7992	0,000	PARTIDA
RN653-J	659553	7953304	436,8098	436,8104	-0,001	PASSAGEM / CONFERÊNCIA
RN653-H	660562,718	7954080,099	437,4191	437,4191	0,000	CHEGADA
RN3214R	689381,321	7961601,129	442,6805	442,5855	0,095	PASSAGEM / CONFERÊNCIA
RN3261Z	690800,642	7961474,447	490,2774	490,2171	0,060	PASSAGEM / CONFERÊNCIA

Para os Vértices RN653-L e RN653-J as coordenadas E, N apresentadas foram obtidas por receptor GNSS de navegação.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 35 de 122

5.4. Produtos Entregues na Etapa do Nivelamento Geométrico

- 1) Arquivo do Google Earth contendo distribuição espacial dos vértices utilizados, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Monografias Oficiais SGB (IBGE), Referências Geodésicas de todo trabalho, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2A;
- 3) Monografias detalhadas dos vértices implantados e nivelados para RVG, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2B;
- 4) Planilha de coordenadas contendo informações dos Vértices apresentadas em Coordenadas Geodésicas e no Sistema UTM com a indicação da Altitude Ortométrica, no Datum Vertical de Imbituba-SC, no formato *.PDF, contidas no Anexo 2C;
- 5) Relatórios técnicos de Processamento e Ajustamento do Nivelamento Geométrico, no formato *.PDF, contidos no Anexo 3A;
- 6) Dados digitais do sistema de coleta do Nível Topográfico, contidos no Anexo 3B;
 - i. Arquivos originais dos vértices ocupados;
 - ii. Planilha de campo contendo as informações dos dados coletados, no formato *.PDF;
- 7) Registros Fotográficos dos Pontos Nivelados, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 3C.

6. MODELO GEOIDAL LOCAL - MGL

Na etapa de confecção do Modelo de Ondulação Geoidal Local foram evidenciadas as informações consequentes das diferenças entre as Altitudes Elipsoidais dos Levantamentos Geodésicos (vértices RVG e PS's) e as Altitudes Ortométricas dos mesmos vértices obtidas a partir do nivelamento geométrico, resultando no conhecimento das Ondulações Geoidais - N e a partir delas a densificação dessa grandeza para toda área do projeto.

A etapa consiste na obtenção das ondulações geoidais de todos os pontos utilizados no referido projeto. Para os pontos nivelados e ocupados por receptores GNSS temos o cálculo direto da ondulação e para os outros foi feita a interpolação a partir do Modelo Geoidal Local gerado.

6.1. Ondulação Geoidal

Para a confecção do Modelo Geoidal Local foram utilizados os RVG's e PS's, localizados na área do projeto. As Ondulações Geoidais desses vértices foram calculadas a partir das altitudes geométricas e ortométricas, através da seguinte equação aproximada:

$$H = h - N$$

Onde:

H= Altitude Ortométrica;

h= Altitude Geométrica;

N= Ondulação Geoidal

A Figura abaixo ilustra a obtenção da Altitude Ortométrica.

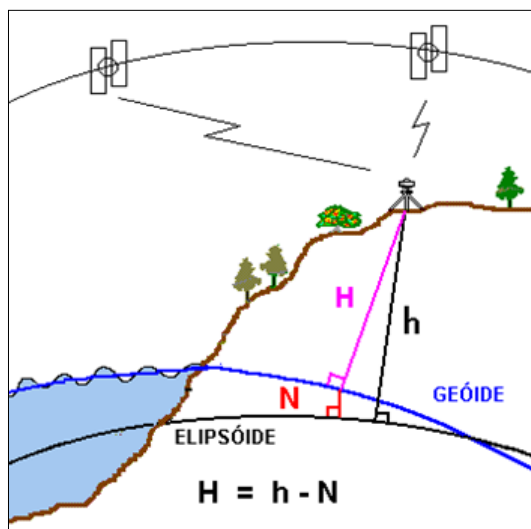



Figura 25 - Ondulação Geoidal. Fonte: IBGE.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 37 de 122

6.2. Vértices do MGL

Os vértices utilizados para composição do Modelo Geoidal Local são aqueles que foram rastreados por receptores GNSS e tiveram sua altitude ortométrica obtida pelo nivelamento geométrico.

Foram utilizados vértices da RVG e vértices implantados exclusivamente para geração do MGL. Os locais para implantação dos mesmos foram escolhidos estrategicamente, contemplando as duas margens do reservatório, a existência de acessos para realização do nivelamento geométrico e ainda a disposição de cada vértice de maneira a recobrir toda área de interesse.

Os vértices implantados foram:

- PA01, CD04, CD09, CD10, CD13, CD14, CD15, SM12 e S08 (vértices da RVG);
- PS27, PS43, PS78, PS114 e PS131 (vértices auxiliares para o MGL)

Os vértices implantados para o Modelo Geoidal Local são apresentados na Figura abaixo. Todos os Registros Fotográficos dos PS's rastreados encontram-se no **Anexo 4C**.



Figura 26 - Vértices do Modelo Geoidal Local.

Os vértices PS27, PS43, PS78, PS114 e PS131 foram monumentados com pinos metálicos ou piquetes cravados no terreno. As Figuras a seguir mostram fotografias dos PS's implantados.



Figura 27 - Vértices PS27 (a esquerda) e PS43 (a direita)



Figura 28 - Vértices PS78 (a esquerda) e PS131 (a direita)

6.3. Processamento dos Vértices do MGL

O processamento dos vértices do MGL foi realizado conforme descrição metodológica explicitada no **Capítulo 3.3 Levantamento, Processamento e Ajustamento**.

A Tabela a seguir apresenta os valores das ondulações geoidais obtidas para cada vértice.

Tabela 7 - Vértices utilizados no MGL.

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)					
COORDENADAS UTM - F22S					
Vértice	Este (m)	Norte (m)	Altitude Geométrica (m)	Altitude Ortométrica (m)	Ondulação Geoidal (m)
PA01	661068,065	7954408,924	436,135	445,682	-9,55
CD04	674180,193	7943401,571	433,301	443,237	-9,94
CD09	679096,814	7954249,227	497,483	507,932	-10,45

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)					
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S			Altitude Ortométrica (m)	Ondulação Geoidal (m)
	Este (m)	Norte (m)	Altitude Geométrica (m)		
CD10	683152,537	7944193,134	476,387	486,710	-10,32
CD13	655427,975	7941856,431	481,692	490,886	-9,19
CD14	704722,873	7966471,157	519,003	530,453	-11,45
CD15	704647,660	7966375,674	521,958	533,409	-11,45
S08	651217,833	7949476,050	394,017	403,089	-9,07
SM12	689077,988	7961779,181	431,137	442,046	-10,91
PS27	685933,769	7959593,235	477,922	488,750	-10,83
PS43	690940,960	7950748,358	498,736	509,571	-10,83
PS78	669886,251	7932572,367	509,049	518,668	-9,62
PS114	645106,388	7949604,756	450,112	458,870	-8,76
PS131	651782,057	7956510,252	494,400	503,610	-9,21
MGL1	659826,242	7957005,533	-	-	-9,54
MGL2	678353,213	7962700,329	-	-	-10,59
MGL3	699912,073	7972695,557	-	-	-11,42

Os vértices MGL1, MGL2 e MGL3 são vértices virtuais criados para prolongamento das isolinhas do MGL. Os demais vértices que tiveram as grandezas (h e H) conhecidas foram utilizados para validação do MGL e são apresentados no tópico posterior.

6.4. Interpolador Polinomial

O conjunto de vértices com Ondulação Geoidal determinada foi utilizado para composição de uma Superfície Geoidal local através do método de Interpolação de Polinômios.

A Interpolação consistiu em determinar uma função (polinômios), que assumisse valores conhecidos em certos pontos experimentados, chamados “*nós de interpolação*” (nesse caso as Ondulações Geoidais conhecidas). Basicamente as funções interpoladoras foram determinadas por um número finito de parâmetros igual ao número de condições impostas, para obtenção de apenas uma solução. A Figura a seguir ilustra a formação do polinômio $p(N_i) = f_i$ para $i = 0, \dots, n$.

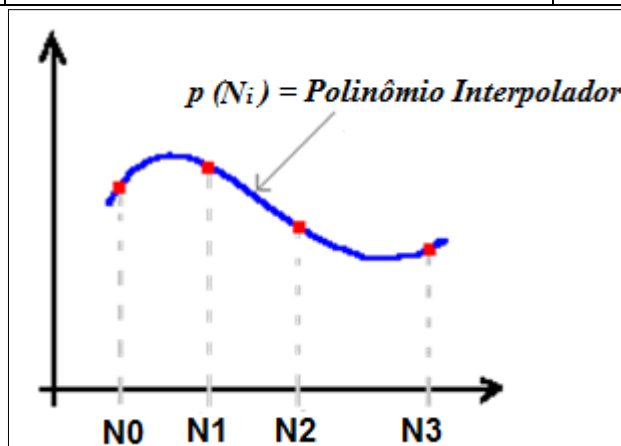


Figura 29 - Interpolador de Polinômios para Ondulações Geoidais (N).

6.5. Geração do MGL

Com as Ondulações Geoidais e coordenadas planimétricas posicionais foi possível confeccionar o Modelo Geoidal Local, utilizando-se os resultados obtidos da Interpolação Polinomial com posterior geração das isolinhas de ondulação.

Na geração das isolinhas de ondulação do Modelo Geoidal Local, foi utilizado o software *AutoCAD Civil 2010 3D*. O software representa as isolinhas por aproximação de valores segundo as distâncias entre os vértices e as variações de ondulação dos mesmos.

A Figura a seguir mostra o Modelo Geoidal Local gerado para o projeto.

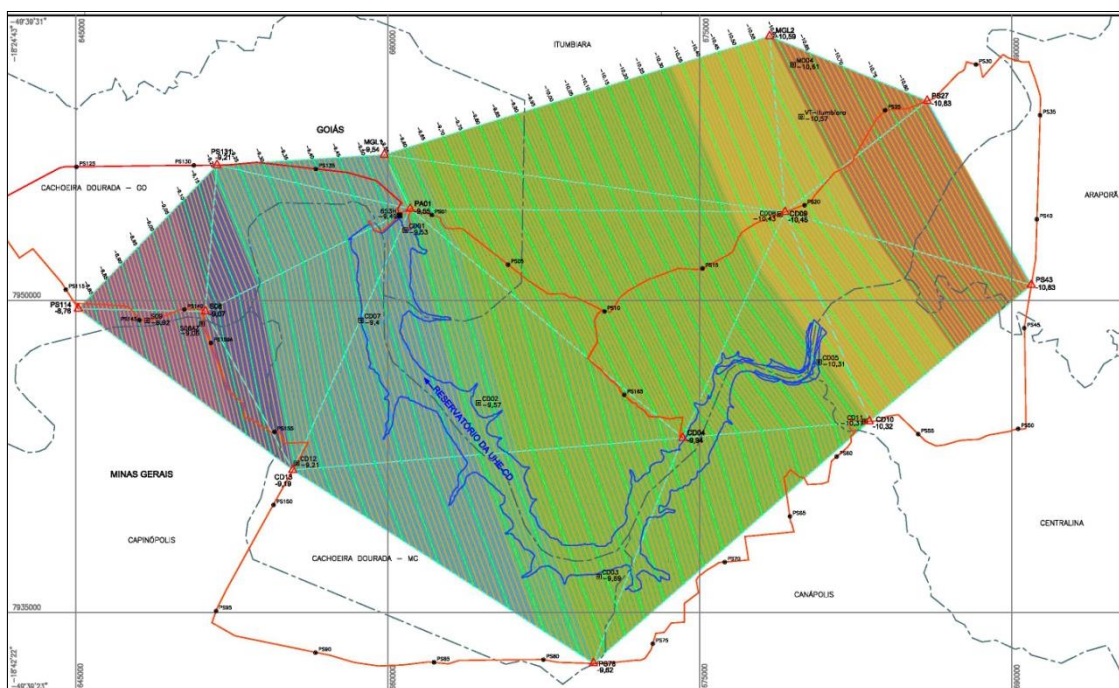


Figura 30 - Modelo Geoidal Local

O Modelo Geoidal Local apresenta uma diferença de 1,10 m quando analisados os valores da ondulação dos extremos no sentido leste-oeste, ou seja, existe uma variação de até 1,10 m na ondulação geoidal dentro do limite do reservatório da UHE-CD.

No **Anexo 4A** é apresentado o Modelo Geoidal Local e os vértices utilizados para sua composição, no **Anexo 4B** é apresentado a Superfície do MGL no formato Geotiff.

6.6. Resultados Obtidos

6.6.1. Vértices Auxiliares do MGL

A Tabela abaixo apresenta as coordenadas dos pontos de segurança rastreados/implantados e que auxiliaram na composição do Modelo Geoidal Local.

Tabela 8 - Lista de Coordenadas dos Vértices PS's utilizados para o MGL.

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
PS05	665771,851	0,001	7951722,500	0,001	S18°31'06.72706"	O49°25'46.51970"	484,032	0,007	493,7379
PS15	675129,969	0,002	7951539,344	0,003	S18°31'09.95891"	O49°20'27.40921"	478,377	0,013	488,5287
PS27	685933,769	0,002	7959593,235	0,001	S18°26'44.69795"	O49°14'21.75916"	477,922	0,009	488,7502
PS36	691330,015	0,003	7957907,229	0,001	S18°27'37.79733"	O49°11'17.29970"	470,431	0,010	481,3563
PS43	690940,960	0,001	7950748,358	0,001	S18°31'30.73854"	O49°11'28.11440"	498,736	0,008	509,5706
PS50	690310,814	0,001	7943838,482	0,001	S18°35'15.65998"	O49°11'47.23655"	510,139	0,008	520,7694
PS60	681583,450	0,002	7942503,311	0,001	S18°36'01.86636"	O49°16'44.44699"	481,462	0,009	491,6421
PS70	676194,800	0,001	7937431,811	0,001	S18°38'48.46186"	O49°19'46.63599"	468,628	0,010	478,5149
PS78	669886,251	0,003	7932572,367	0,003	S18°41'28.38875"	O49°23'20.38422"	509,049	0,018	518,6680
PS114	645106,388	0,003	7949604,756	0,004	S18°32'21.10114"	O49°37'30.58327"	450,112	0,016	458,8702
PS131	651782,057	0,004	7956510,252	0,004	S18°28'34.79045"	O49°33'44.81124"	494,400	0,040	503,6096

6.6.2. Análise do Modelo de Ondulação Geoidal Local

Para aferir o Modelo de Ondulação Geoidal Local foram extraídas as Alturas (ou Ondulações) Geoidais de todos os vértices da RVG e PS's que não foram utilizados na geração no Modelo Geoidal Local (N Modelo) e que tiveram suas altitudes ortométricas definidas por nivelamento geométrico e comparadas com as ondulações geoidais calculadas (N Nivelamento) para avaliação do comportamento do Modelo Geoidal Local.

Foram utilizados 17 vértices para composição do MGL e 12 vértices para validação.

Os resultados encontrados (variações de -0,05 m a +0,06 m) estão apresentados na Tabela a seguir e atenderam a precisão necessária aos serviços realizados.

Tabela 9 - Diferenças de Ondulação Geoidal (Δ) para o N (Nivelamento Geométrico) x N (MGL).

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)					
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S		Ondulação Geoidal Nivelamento Geométrico (m)	Ondulação Geoidal MGL (m)	Δ (m)
	Este (m)	Norte (m)			
653H	660562,718	7954080,099	-9,49	-9,52	0,04
CD01	660838,584	7953381,019	-9,54	-9,53	-0,01
CD08	678842,032	7954141,212	-10,40	-10,43	0,03
CD11	682942,890	7944187,413	-10,29	-10,31	0,02
CD12	655616,576	7942193,432	-9,21	-9,21	-0,01
PILAR	659251,259	7953575,197	-9,47	-9,46	-0,01
S08AZ	651063,777	7948879,403	-9,00	-9,06	0,06
SM10	689810,146	7963111,781	-10,97	-10,95	-0,02
SM11	688727,792	7962719,215	-10,96	-10,91	-0,05
S09	648422,373	7949036,757	-8,98	-8,92	-0,05
PS05	665771,851	7951722,500	-9,71	-9,72	0,01
				Média	0,00
				Mediana	0,00
				Desvio padrão	0,03
				Mínimo	-0,05
				Máximo	0,06

A qualidade do Modelo Geoidal Local está diretamente ligada à qualidade dos resultados obtidos nos Rastreios GNSS e do Nivelamento Geométrico. Nos rastreios GNSS as precisões das Altitudes Geométricas foram melhores do que 9,8 cm. Para os resultados do Nivelamento Geométrico temos o atendimento dos $3 \text{ mm } \sqrt{K}$ para o circuitos, consolidando um erro de fechamento na casa dos 3,96 cm. Diante dessas constantes, atribui-se ao MGL uma acurácia de $\pm 10,6$ cm em relação às componentes Altitudes Geométrica e Ortométrica, concluindo que o Modelo Geoidal Local atende às necessidades finais da Especificação Técnica e do referido projeto.


6.6.3. Comparação MGL x MAPGEO2010 V1

Foi realizada uma comparação das ondulações geoidais derivadas do Modelo Geoidal Local com aquelas obtidas do IBGE MAPGEO2010 V1. A análise visa conhecimento da precisão das informações do IBGE MAPGEO2010 V1 na região.

Ressalta-se que o Modelo Geoidal Local é que será utilizado para obtenção das ondulações geoidais e consequentes Altitudes Ortométricas de trabalho de Atualização das Curvas CAV e para quaisquer necessidades oriundas de pontos coletados por receptores GNSS.

Tabela 10 - Comparação das Ondulações Geoidais MGL x IBGE MAPGEO 2010 V1.


SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)					
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S		Ondulação Geoidal MGL (m)	Ondulação Geoidal MAPGEO 2010 V1 (m)	Δ (m)
	Este (m)	Norte (m)			
PA01	661068,065	7954408,924	-9,55	-9,40	-0,15
653H	660562,718	7954080,099	-9,52	-9,37	-0,15
CD01	660838,584	7953381,019	-9,53	-9,38	-0,15
CD02	664359,991	7945077,918	-9,57	-9,38	-0,19
CD03	670134,627	7936743,492	-9,69	-9,45	-0,24
CD04	674180,193	7943401,571	-9,94	-9,78	-0,16
CD05	680726,482	7947042,044	-10,31	-10,14	-0,17
CD07	658701,452	7949044,524	-9,40	-9,24	-0,16
CD08	678842,032	7954141,212	-10,43	-10,23	-0,20
CD09	679096,814	7954249,227	-10,45	-10,24	-0,21
CD10	683152,537	7944193,134	-10,32	-10,17	-0,15
CD11	682942,890	7944187,413	-10,31	-10,16	-0,15
CD12	655616,576	7942193,432	-9,21	-9,04	-0,17
CD13	655427,975	7941856,431	-9,19	-9,03	-0,16
PILAR	659251,259	7953575,197	-9,46	-9,32	-0,14
S08	651217,833	7949476,050	-9,07	-8,97	-0,10
S08AZ	651063,777	7948879,403	-9,06	-8,96	-0,10
S09	648422,373	7949036,757	-8,92	-8,87	-0,05
MO04	679475,755	7961330,905	-10,61	-10,40	-0,21
VT-Itumbiara	679881,993	7958827,956	-10,57	-10,38	-0,19
PS05	665771,851	7951722,500	-9,72	-9,56	-0,16
PS15	675129,969	7951539,344	-10,18	-9,98	-0,20
PS27	685933,769	7959593,235	-10,83	-10,64	-0,19
PS43	690940,960	7950748,358	-10,84	-10,63	-0,21
PS78	669886,251	7932572,367	-9,62	-9,28	-0,34
PS114	645106,388	7949604,756	-8,76	-8,75	-0,01
PS131	651782,057	7956510,252	-9,21	-9,06	-0,15
				Média	-0,16
				Médiana	-0,16
				Desvio padrão	0,06
				Mínimo	-0,34
				Máximo	-0,01

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 44 de 122

Verifica-se que as diferenças nas áreas do reservatório ficam em torno de -0,15 cm. Na direção de Itumbiara-GO, temos um pequeno aumento dessa variação. No geral obteve-se uma média de -16 cm entre o MGL e o MAPGEO 2010 V1.

6.7. Produtos Entregues na Etapa do MGL

- 1) Arquivo do Google Earth contendo distribuição espacial dos vértices utilizados, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Modelo Geoidal Local, contendo as isolinhas das ondulações geoidais, no formato *.DWG, contido no Anexo 4A;
- 3) Superfície do Modelo Geoidal Local, no formato *.GEOTIFF, contido no Anexo 4B;
- 4) Registros Fotográficos dos Vértices implantados, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 4C;
- 5) Relatórios técnicos de Processamento e Ajustamento dos dados GNSS, no formato *.PDF, contidos no Anexo 4D;
- 6) Dados digitais do sistema de coleta do receptor (dados de rastreo), contidos no Anexo 4E;
 - i. Arquivos Rinex II e originais dos vértices ocupados;
 - ii. Planilha de campo contendo as informações realizadas no rastreo, no formato *.PDF.
- 7) Planilha de coordenadas contendo informações dos Vértices utilizados em Coordenadas Geodésicas e no Sistema UTM, no referencial SIRGAS2000, no formato *.PDF, contidas no Anexo 4F.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 45 de 122

7. CONTROLE DE QUALIDADE DA BASE CARTOGRÁFICA EXISTENTE

7.1. Metodologia


A metodologia descrita a seguir foi utilizada para a validação da Base Cartográfica Existente que contempla as envoltórias do reservatório área molhada e seca.

A Base Cartográfica Existente está na escala 1:5.000, buscou-se no presente trabalho realizar o controle de qualidade da mesma em atendimento ao mínimo Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Planialtimétrico Classe B para escala 1:10.000.

O Controle de Qualidade (CQ) da Base Cartográfica preexistente foi realizado seguindo os critérios descritos no documento de orientação da ANA/ANEEL, levando-se em consideração as seguintes características:

- Seleção e utilização de 29 pontos, bem definidos, no mapa vetorial e nas ortofotos para controle planimétrico e altimétrico.
- Pontos estão bem distribuídos na área de abrangência do voo/restituição, conformando uma boa geometria espacial.
- Os rastreios GNSS foram realizados com receptores de dupla frequência, com duas horas de ocupação, observados a coleta de dados simultânea de 6 satélites naqueles períodos de rastreamento, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm.
- 2 sessões de ocupação com tempo de rastreamento de 1 hora cada uma.
- Foi utilizado como referência o marco implantado na RVG: PA01.
- Para os casos de ortofotos, efetuou-se sobre a cartografia preexistente, uma série de 3 leituras das coordenadas dos pontos levantados em campo, calculando média e desvio padrão. Para a base vetorial foi utilizado as coordenadas do ponto de comparação.
- Análise estatística de tendência e precisão alinhada conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE), PEC-PCD, com classificação da cartografia conforme resultados observados.
- A partir dos resultados obtidos, efetuar o enquadramento do PEC-PCD para a cartografia analisada, no mínimo Classe B para escala 1:10.000.

Os levantamentos realizados seguiram as descrições acima indicadas e contemplaram a metodologia de levantamento GNSS já mencionada nos tópicos anteriores.

	<p align="center">Engenharia & Construção</p>	<p>CÓDIGO EGP</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00</p>
		<p>PÁGINA – PAGE</p> <p align="center">46 de 122</p>

7.2. Coleta dos Pontos de Controle de Qualidade

Os pontos de Controle de Qualidade da Base Cartográfica Existente são aqueles destinados a validar a Cartografia existente. Essa etapa consiste na obtenção de pontos medidos no terreno que serão identificados no mapeamento existente e posterior validação da base cartográfica.

A coleta de pontos foi feita por receptores GNSS, onde os pontos planimétricos (H) coincidiram com os pontos altimétricos (V), compondo assim os vértices utilizados no controle de qualidade.

Os pontos foram coletados seguindo as nomenclaturas:

- HV (Horizontal/Vertical) para os pontos foto identificáveis coletados sobre a superfície natural;

As Figuras a seguir mostram exemplos de HV. Todos os Registros Fotográficos dos HV's encontram-se no **Anexo 5C**.



Figura 31 - Exemplo da coleta de HV's.

A Figura a seguir mostra a distribuição dos pontos HV's utilizados no projeto.

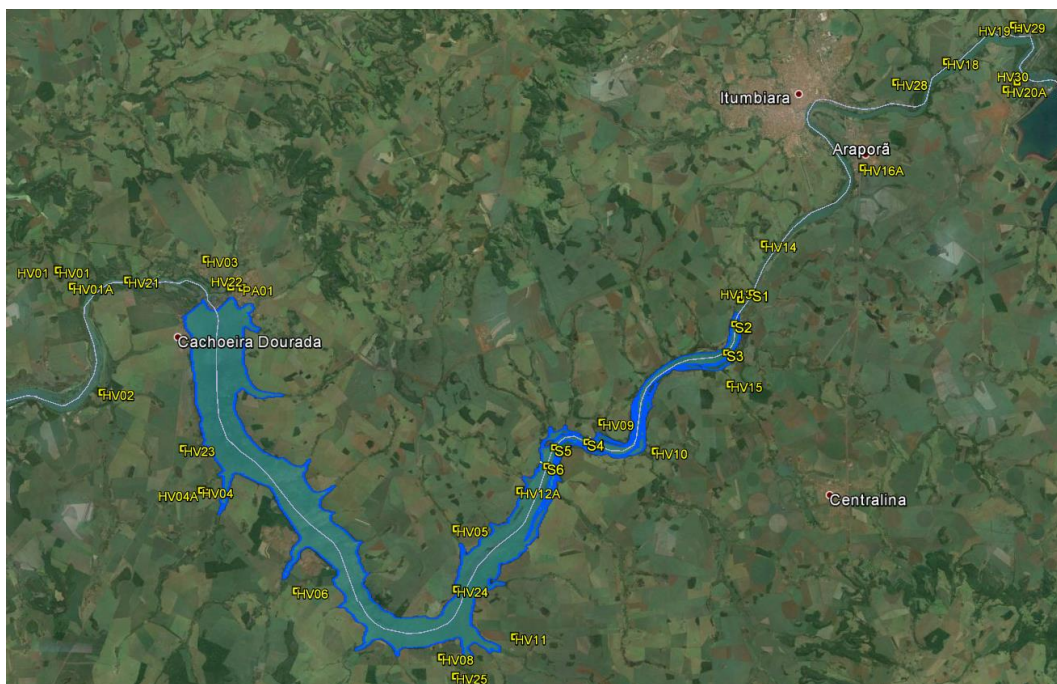


Figura 32 - Distribuição dos HV's.

7.3. Processamento dos Pontos de Controle de Qualidade

O processamento dos Pontos de Controle de Qualidade foi realizado conforme descrição metodológica explicitada no **Capítulo 3.3 Levantamento, Processamento e Ajustamento**.

7.4. Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD)

Regulamentado no Decreto Nº 89.817 de 20 de Junho de 1984, o PEC estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira, através de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos no território brasileiro. A norma especifica que as cartas obedecerão ao Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC, segundo os critérios indicados:

- Numa carta, os pontos testados e bem definidos no terreno, 90% não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica, Planimétrico, estabelecido;
- 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica, Altimétrico, estabelecido.

O PEC-PCD foi instuído pela normatização da INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) em específico na ET-ADGV. Para o PEC-PCD o nível de exatidão posicional do atributo Geometria de um objeto geoespacial depende diretamente da exatidão posicional esperada para um produto cartográfico. Assim, o processo de aquisição deve gerar uma geometria com exatidão posicional igual, ou superior, à do produto cartográfico final. A exatidão na aquisição é igual a do

produto cartográfico digital final, pois, após a aquisição vetorial de um elemento qualquer, sua geometria não é mais alterada nos processos posteriores.

Para que um produto digital possa ser aceito como produto de Referência do SCN, e consequentemente para a INDE, a exemplo do previsto para o PEC (produtos impressos em papel), noventa por cento (90% ou $1,6449 \cdot EP$) dos erros dos pontos coletados no produto cartográfico, quando comparados com as suas coordenadas levantadas em campo por método de alta precisão, devem apresentar os valores iguais ou inferiores aos previstos ao PEC-PCD, devendo ainda apresentar os valores de EP também iguais ou inferiores aos previstos nas tabelas do presente tópico. As escalas abrangidas para esse projeto são: 1:2.000; 1:5.000; 1:10.000. Os produtos digitais foram classificados em 4 (quatro) classes (“A”, “B”, “C” e “D”), tendo como norteador o Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984.

A seguir são apresentados os valores referentes ao PEC-PCD, os valores são propostos para os produtos digitais produzidos após a publicação da ET-PCDG e complementam os estabelecidos, para produtos impressos, no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

Tabela 11 - Critérios do PEC-PCD Planimétrico. Fonte: ET-ADGV-DefesaFT.

PEC	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP
-	A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Tabela 12 - Critérios do PEC-PCD Altimétrico dos Pontos Cotados, MDT e MDS. Fonte: ET-ADGV-DefesaFT.

PEC (1)	PEC - PCD	1:1.000 (Eqd=1 m)		1:2.000 (Eqd=1 m)		1:5.000 (Eqd=2 m)		1:10.000 (Eqd=5 m)		1:25.000 (Eqd=10 m)		1:50.000 (Eqd=20 m)		1:100.000 (Eqd=50 m)		1:250.000 (Eqd=100 m)	
		PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP
A	A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
-	D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Todas as unidades são apresentadas em metros.

7.5. Levantamentos dos Pontos de Controle de Qualidade

Foram levantados 29 pontos para análise. Esses pontos compõem a amostra a ser usada como referência na Análise da Precisão Cartográfica. A espacialização desses pontos na área visa atender o padrão de distribuição disperso, o que torna a amostra estatisticamente significativa e não

tendenciosa ao comportamento de uma determinada porção de área. Os pontos foram ocupados por receptores GNSS geodésicos de dupla frequência L1/L2, de modo a garantir as precisões requeridas para o teste de qualidade.

Abaixo são apresentadas fotografias (exemplos) dos HV's identificados em campo e seus homólogos na Base Cartográfica Existente.



Figura 33 - Pontos de Controle de Qualidade: CAMPO x BASE CARTOGRÁFICA
(em amarelo medição GNSS 2015, em azul mapeamento 2003)

O planejamento dos pontos buscou selecionar homoganeamente toda área abrangida pelo mapeamento.

Alguns destes pontos tiveram sua identificação planimétrica prejudicada por faltar detalhe planimétrico como estrada/cerca ou qualquer outra feição foto identificável, ou seja, alteração do terreno dentro do período 2003 até 2015. Nestes casos o ponto foi usado para validar a Altimetria apenas.

A Figura a seguir mostra a distribuição dos pontos HV's utilizados para validação da Base Cartográfica Existente.



Figura 34 - Distribuição dos Pontos de Controle de Qualidade na Base Cartográfica.

7.6. Resultados Obtidos

7.6.1. Vértices do CQ da Base Cartográfica Existente

A Tabela abaixo apresenta as coordenadas dos pontos implantados de Controle de Qualidade utilizados neste trabalho.

Tabela 13 - Lista de Coordenadas dos Vértices do Controle de Qualidade (HV's).

Vértice	SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS					
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	Altitude Ortométrica (m)	
HV01	652116,639	0,001	7955333,672	0,002	S18°29'12,97456"	O49°33'33,08615"	480,401	0,010	489,605	
HV01A	652782,931	0,002	7954543,195	0,001	S18°29'38,51318"	O49°33'10,15618"	432,657	0,011	441,875	
HV02	654125,313	0,002	7949375,139	0,001	S18°32'26,26168"	O49°32'22,96588"	401,885	0,011	411,084	
HV03	659311,400	0,001	7955808,076	0,001	S18°28'55,63348"	O49°29'27,95363"	437,934	0,005	447,434	
HV04	659010,556	0,001	7944566,816	0,001	S18°35'01,34818"	O49°29'35,00472"	442,926	0,008	452,288	
HV04A	659276,380	0,002	7944475,996	0,004	S18°35'04,22959"	O49°29'25,91185"	450,269	0,024	459,640	
HV05	671479,500	0,020	7942595,506	0,012	S18°36'01,92958"	O49°22'29,11271"	441,010	0,039	450,831	
HV06	663622,300	0,001	7939641,504	0,001	S18°37'40,26844"	O49°26'56,25555"	462,105	0,007	471,583	
HV08	670744,350	0,002	7936409,558	0,002	S18°39'23,33674"	O49°22'52,28383"	447,877	0,010	457,583	
HV09	678666,812	0,002	7947713,562	0,002	S18°33'13,31590"	O49°18'25,60248"	449,902	0,009	460,145	
HV10	681266,049	0,001	7946291,621	0,001	S18°33'58,76024"	O49°16'56,50783"	451,519	0,009	461,826	

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS				Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
HV11	674320,222	0,001	7937363,143	0,002	S18°38'51,26061"	O49°20'50,57223"	482,292	0,013	492,158
HV12A	674603,985	0,003	7944418,299	0,002	S18°35'01,71800"	O49°20'43,11034"	443,305	0,023	453,288
HV13	685512,305	0,002	7953625,537	0,001	S18°29'58,91332"	O49°14'34,14454"	437,065	0,009	447,750
PA01	661068,065	0,001	7954408,924	0,001	S18°29'40,66232"	O49°28'27,66930"	436,135	0,007	445,682
HV14	686694,135	0,003	7956307,916	0,003	S18°28'31,30200"	O49°13'54,75401"	446,309	0,013	457,097
HV15	684964,999	0,001	7949507,671	0,002	S18°32'13,00776"	O49°14'51,43692"	442,778	0,011	453,331
HV16A	691564,665	0,002	7959980,343	0,003	S18°26'30,30071"	O49°11'10,01122"	461,787	0,021	472,472
HV18	695684,164	0,001	7965093,404	0,001	S18°23'42,66442"	O49°08'51,42103"	450,008	0,010	461,193
HV19	699297,134	0,001	7966713,937	0,001	S18°22'48,75437"	O49°06'48,91949"	444,108	0,009	455,403
HV20A	698593,365	0,001	7963719,817	0,001	S18°24'26,36091"	O49°07'11,83468"	486,334	0,010	497,259
HV21	655482,796	0,002	7954826,850	0,002	S18°29'28,57685"	O49°31'38,19281"	397,416	0,016	406,746
HV22	660505,249	0,001	7954451,527	0,001	S18°29'39,43102"	O49°28'46,86824"	426,672	0,002	436,198
HV23	658149,120	0,002	7946614,829	0,002	S18°33'54,96884"	O49°30'04,96921"	456,465	0,007	465,815
HV24	671461,255	0,002	7939648,526	0,002	S18°37'37,78211"	O49°22'28,82462"	425,801	0,019	435,580
HV25	671419,750	0,002	7935477,409	0,002	S18°39'53,45469"	O49°22'28,94968"	440,840	0,021	450,560
HV28	693184,057	0,003	7964099,210	0,002	S18°24'15,82122"	O49°10'16,24685"	486,153	0,018	497,258
HV29	699001,025	0,002	7966857,571	0,002	S18°22'44,18331"	O49°06'59,05616"	446,730	0,013	458,015
HV30	699143,085	0,002	7964085,157	0,002	S18°24'14,29450"	O49°06'53,23674"	477,168	0,015	488,443

Para os vértices HV16A, HV18, HV20A, HV28, HV29 e HV30 que estão fora da área do MGL, a obtenção da altitude ortométrica foi realizada utilizando o MAPGEO 2010 V1 somando-se a constante -0,16 m (diferença média de ondulação real para o MAPGEO 2010 V1 nessa região).

7.6.2. Análise de Qualidade Planimétrica e Altimétrica


A distribuição dos pontos de checagem foi fundamentada de modo a abranger uma espacialização uniforme, englobando amostras em toda a área do projeto e em regiões passíveis de inconsistências. Os valores de conferência para a análise do material cartográfico são apresentados na Tabela a seguir.

Tabela 14 - Resumo da análise de Qualidade para Planimetria.

PONTO	LEVANTAMENTO GNSS 2015		BASE CARTOGRÁFICA EXISTENTE 2004		RESIDUAIS		
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔPlanimetria (m)
HV01	652116,639	7955333,672	652118,591	7955332,494	-1,95	1,18	2,28
HV01A	652782,931	7954543,195	652781,495	7954541,153	1,44	2,04	2,50
HV02	654125,313	7949375,139	654125,982	7949376,342	-0,67	-1,20	1,38
HV03	659311,400	7955808,076	659309,969	7955808,698	1,43	-0,62	1,56
HV04A	659276,380	7944475,996	659274,233	7944476,293	2,15	-0,30	2,17
HV06	663622,300	7939641,504	663623,194	7939641,608	-0,89	-0,10	0,90
HV08	670744,350	7936409,558	670744,911	7936411,455	-0,56	-1,90	1,98
HV10	681266,049	7946291,621	681268,038	7946291,779	-1,99	-0,16	2,00
HV11	674320,222	7937363,143	674320,916	7937363,016	-0,69	0,13	0,71
HV12A	674603,985	7944418,299	674606,441	7944416,983	-2,46	1,32	2,79
HV14	686694,135	7956307,916	686693,189	7956310,351	0,95	-2,43	2,61
HV15	684964,999	7949507,671	684966,207	7949507,223	-1,21	0,45	1,29
HV16A	691564,665	7959980,343	691565,399	7959981,503	-0,73	-1,16	1,37
HV18	695684,164	7965093,404	695685,770	7965093,449	-1,61	-0,04	1,61
HV20A	698593,365	7963719,817	698594,442	7963719,716	-1,08	0,10	1,08
HV21	655482,796	7954826,850	655482,128	7954824,646	0,67	2,20	2,30
HV22	660505,249	7954451,527	660505,900	7954450,930	-0,65	0,60	0,88
HV23	658149,120	7946614,829	658147,671	7946615,123	1,45	-0,29	1,48
HV28	693184,057	7964099,210	693187,312	7964099,715	-3,26	-0,50	3,29
HV29	699001,025	7966857,571	699000,814	7966858,030	0,21	-0,46	0,51
HV30	699143,085	7964085,157	699143,585	7964085,446	-0,50	-0,29	0,58
MÉDIA (m)					-0,47	-0,07	1,68
MÁXIMO (m)					2,15	2,20	3,29
MÍNIMO (m)					-3,26	-2,43	0,51
DESVIO PADRÃO (m)					1,42	1,14	0,78
Escala		Classes		PEC (m)	EP (m)	Classificação	
1: 2.000		A		0,56	0,34	5%	
		B		1,00	0,60	24%	
1: 5.000		A		1,40	0,85	43%	
		B		2,50	1,50	86%	
1: 10.000		A		2,80	1,70	95%	
		B		5,00	3,00	100%	

Tabela 15 - Resumo da análise de Qualidade para Altimetria.


	PONTO	LEVANTAMENTO GNSS 2015	BASE CARTOGRÁFICA EXISTENTE 2004	RESIDUAIS	
		H (m)	H (m)	ΔH (m)	
	HV01A	441,875	441,066	-0,81	
	HV02	411,084	411,798	0,71	
	HV03	447,434	447,674	0,24	
	HV04	452,288	451,933	-0,35	
	HV05	450,831	451,499	0,67	
	HV06	471,583	472,307	0,72	
	HV08	457,583	456,976	-0,61	
	HV09	460,145	459,478	-0,67	
	HV10	461,826	462,291	0,46	
	HV11	492,158	492,066	-0,09	
	HV12A	453,288	452,704	-0,58	
	HV13	447,750	448,063	0,31	
	PA01	445,682	445,214	-0,47	
	HV18	461,193	461,325	0,13	
	HV19	455,403	456,214	0,81	
	HV21	406,746	406,889	0,14	
	HV22	436,198	436,117	-0,08	
	HV23	465,815	465,259	-0,56	
	HV24	435,580	435,214	-0,37	
	HV25	450,560	450,601	0,04	
	HV28	497,258	497,789	0,53	
	HV29	458,015	458,324	0,31	
	HV30	488,443	488,974	0,53	
				MÉDIA (m)	0,04
				MÁXIMO (m)	0,81
				MÍNIMO (m)	-0,81
				DESVIO PADRÃO (m)	0,51
	Escala	Classes	PEC (m)	EP (m)	Classificação
	1: 2.000	A	0,27	0,17	54%
		B	0,50	0,33	64%
	1: 5.000	A	0,54	0,34	71%
		B	1,00	0,66	86%
	1: 10.000	A	1,35	0,84	93%
B		2,50	1,67	100%	

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		54 de 122

ESSES RESULTADOS ATENDEM O EXIGIDO PELA ANA/ANEEL QUE PRECONIZA O PEC-PCD (B) PARA ESCALA 1:10.000.

7.7. Produtos Entregues na Etapa Controle de Qualidade

- 1) Arquivo do Google Earth contendo distribuição espacial dos vértices utilizados, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Monografias detalhadas dos Pontos de Controle de Qualidade, no formato *.PDF, contidas no Anexo 5A;
- 3) Planilha de coordenadas contendo informações dos Pontos coletados, apresentadas em Coordenadas Geodésicas e no Sistema UTM, no referencial SIRGAS2000, no formato *.PDF, contidas no Anexo 5B;
- 4) Registros Fotográficos dos Vértices implantados, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 5C;
- 5) Relatórios técnicos de Processamento e Ajustamento dos dados GNSS, no formato *.PDF, contidos no Anexo 5D;
- 6) Dados digitais do sistema de coleta do receptor (dados de rastreo), contidos no Anexo 5E;
 - i. Arquivos Rinex II e originais dos vértices ocupados;
 - ii. Planilha de campo contendo as informações realizadas no rastreo, no formato *.PDF.
- 7) Relatórios de Qualidade emitido pelo software GeoPEC, no formato *.PDF, contidos no Anexo 5F;

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 55 de 122

8. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

Os levantamentos batimétricos automatizados são realizados a bordo de embarcações utilizando-se de ecobatímetros para medição de profundidades numa alta taxa de amostragem e de um receptor RTK para o posicionamento planimétrico diferencial em tempo real. Estes levantamentos buscam a redução do tempo de execução e um alto grau de eficiência.

O princípio fundamental de funcionamento de um ecobatímetro consiste na transmissão vertical de um feixe de ondas sonoras ou ultrassônicas por um emissor instalado na embarcação de sondagem, chamado transdutor. As ondas sonoras emitidas pelo transdutor atravessam o meio líquido e atingem o fundo. Parte da energia refletida, o eco, retorna a superfície, onde é detectada pelo transdutor, o tempo decorrente da emissão e recepção da onda sonora é então medido pelo ecobatímetro. Conhecendo-se a velocidade de propagação do som na água é possível medir a profundidade.

Para minimizar a influência da temperatura, pressão e salinidade do curso d'água no sensor, e precisão das medidas de profundidade, é necessário realizar uma calibração do ecobatímetro. A calibração consiste em utilizar uma chapa metálica circular, de 30 a 40 mm de diâmetro, fixada a um cabo de aço graduado, arriada abaixo do transdutor. Sabendo-se a profundidade já submersa da placa (observando-se a graduação no cabo de aço), verifica-se se a profundidade indicada pelo ecobatímetro está correta, altera-se a velocidade do som, se necessário, até que as profundidades verificadas no ecobatímetro e no cabo de aço sejam iguais.


8.1. Planejamento da Batimetria

De acordo com o documento da ANA/ANEEL Orientações para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume em específico ao item de “Mapeamento da Área Molhada do Reservatório” é descrito as seguintes informações:

“O levantamento batimétrico dos reservatórios das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (área molhada) se constituirá numa malha de pontos geodesicamente definidos (latitude e longitude) e com sua respectiva profundidade.

A execução dessa atividade deverá ser efetuada por meio de ecobatímetros de feixe único (single beam) ou de múltiplos feixes (multibeam). Quando forem empregados ecobatímetros de feixe único, o trabalho no corpo principal, braços, afluentes e canais do reservatório deverão ser efetivados por linhas regulares de sondagem (LS) equidistantes, dispostas de forma transversal e longitudinal as curvas isobatimétricas da área.”

O levantamento batimétrico foi realizado por meio de ecobatímetro de feixe único (single beam) e o planejamento das linhas de sondagens foi realizado de forma a recobrir o corpo principal e afluentes por linhas regulares e equidistantes.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 56 de 122

“Para os trabalhos com ecobatímetros de feixe único, em Usinas Hidrelétricas - UHE, a equidistância entre as linhas de sondagem transversais, no corpo principal do reservatório, deverá ser obtida pela seguinte fórmula:

$$E_{SB} = \frac{0,35 \times A^{0,35}}{D}$$

Nas quais:

E_{SB}= equidistância das seções batimétricas transversais, em quilômetros;

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

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

Os valores obtidos para o distanciamento entre as seções batimétricas do corpo principal foram calculados de acordo com as seguintes constantes:

A= 6910 ha e D= 37,5 km

$$E_{SB} = \frac{0,35 \times (6910 \text{ ha})^{0,35}}{37,5 \text{ km}} \rightarrow E_{SB} = \sim 206 \text{ m}$$

“O critério para definição das linhas de sondagem anterior descrito deve ser flexível à necessidades de adequações que se fizerem necessárias, face às especificidades de cada reservatório. Portanto, o número de seções resultante da utilização das fórmulas citadas é, apenas, um valor referencial.

Nas áreas do reservatório compreendidas por parcelas dos braços, afluentes e canais, a equidistância das linhas de sondagem transversais deverá ser dividida pela metade em relação às praticadas no seu corpo principal.”

O valor que foi utilizado no distanciamento entre as seções batimétricas dos afluentes é:

$$E_{SB} = \sim 103 \text{ m}$$

“Com respeito à equidistância das linhas de sondagem longitudinais, para UHE's elas deverão ser de 3 vezes as praticadas para as linhas de sondagem transversais, conforme região que se encontre no reservatório.”

Para atendimento desse item, as linhas de seções longitudinais foram realizadas no eixo do corpo principal e paralelo a este, na tentativa de coletar informações o mais próximo das margens do reservatório, de maneira que todas as bordas do reservatório foram levantadas (o mais próximo possível que a embarcação conseguiu se aproximar das margens para o corpo principal e afluentes).

Para o Curso Principal, as linhas de sondagem longitudinais foram realizadas com espaçamento de 618 m a partir da linha de sondagem no eixo, no caso dos Afluentes foram realizadas com espaçamento de 309 m, ou seja, 3 vezes o espaçamento previsto para as seções batimétricas em ambas as situações.

Nos casos de não aplicação das distâncias propostas (onde a largura do corpo principal e afluentes é menor do que o espaçamento) temos as linhas de sondagem recobrindo as bordas do reservatório, além da linha de sondagem do eixo.


As Figuras abaixo apresentam as linhas de sondagem planejadas para execução dos serviços.



Figura 35 - Planejamento das Seções Batimétricas.



Figura 36 - Distanciamento entre as Seções Batimétricas.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 58 de 122

Os serviços foram executados com equipamentos que remetem a tecnologia GNSS/RTK, com correção altimétrica em tempo real, com amarração nos vértices da RVG implantada.

8.2. Calibração do Ecobatímetro

A calibração do ecobatímetro foi feita no início e final da coleta das sessões de informações.

O procedimento é feito de forma automática e leva em consideração o ajuste da velocidade do som e da embarcação, o relevo potencial e outros parâmetros, até que o valor mostrado no display do equipamento coincida com o valor determinado pela medição da profundidade no ponto de partida (esta realizada com um bastão graduado).

Eleva-se a placa, executando-se paradas em intervalos regulares de profundidades a cada metro, deixando o ecobatímetro registrar a cada parada o valor calibrado.

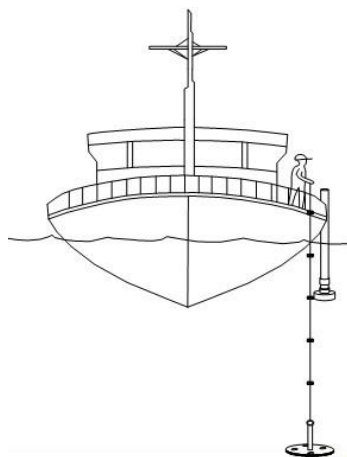


Figura 37 - Calibração do ecobatímetro.

Adotou-se uma distância para imersão de 0,30 m, velocidade do som de 1470 m/s na coluna, conforme identificação de registro do software, velocidade média de embarcação 10 km/h e podendo ser coletadas informações até 80 m de profundidade.

8.3. Execução do Levantamento Batimétrico

O levantamento batimétrico foi realizado seguindo as prescrições da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Primeiramente realizou-se o planejamento do levantamento, seguido da coleta de dados, processamento e geração da malha de pontos do fundo do Reservatório da UHE-CD (e conseqüente leito do Rio Paranaíba e afluentes).

Com o software Hydromagic e uma planta com os limites das margens do Reservatório da UHE-CD, com seções a serem medidas corpo principal e afluentes, foram planejadas linhas de navegação regulares respeitando os distanciamentos calculados. As linhas regulares foram projetadas de forma

perpendicular ao curso do Reservatório e atendeu as configurações já estipuladas. A Figura abaixo apresenta o modelo do plano de navegação no software Hydromagic.

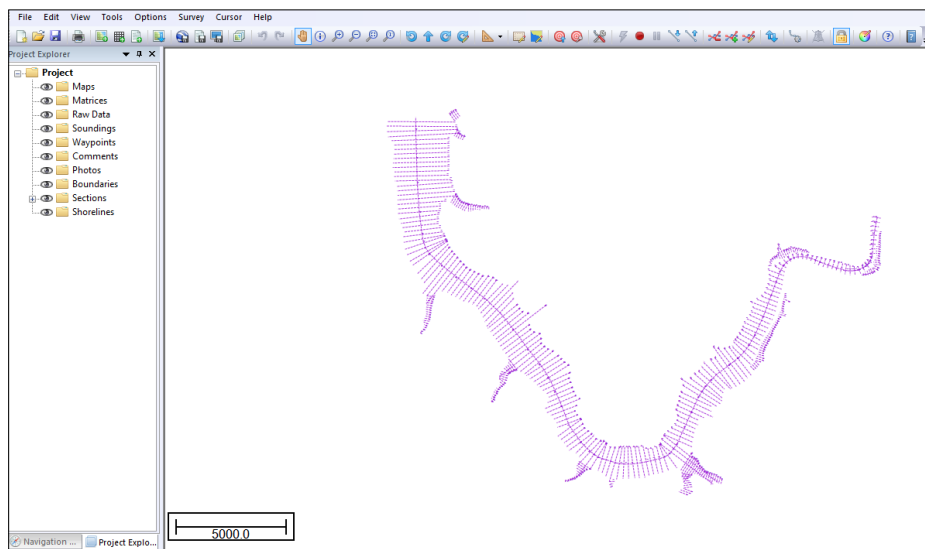


Figura 38 - Modelo do plano de navegação com o software Hydromagic.

8.4. Coleta das Informações

O levantamento batimétrico foi realizado a partir de uma estação móvel composta pela embarcação, o ecobatímetro Bathy 500 MF, o receptor RTK, um notebook com o software Hydromagic em execução, um bastão para calibração do ecobatímetro e baterias para alimentar os equipamentos.

As Figuras a seguir mostram o conjunto RTK / Ecobatímetro / Embarcação.





Figura 39 - Conjunto RTK / Ecobatímetro / Embarcação.

As coletas de informações foram determinadas pelo ecobatímetro Bathy 500 MF permitem leituras digitais de profundidade e possui precisões que atendem ou excedem todos os requisitos atuais da DHN para levantamentos monofeixe.

Para a obtenção das profundidades com o ecobatímetro é necessário somar aos valores das sondagens a altura de imersão do transdutor do ecobatímetro, conhecido como “draft”. O valor do “draft” está associado à montagem da estação móvel e o peso em seu interior. Sendo assim, o “draft” foi medido quando todos os equipamentos e componentes da equipe estavam a bordo da embarcação de sondagem e em seus devidos lugares.

O posicionamento planimétrico das profundidades coletadas foi realizado através do sistema de posicionamento RTK, com correção em tempo real, conforme ilustrado na Figura a seguir.

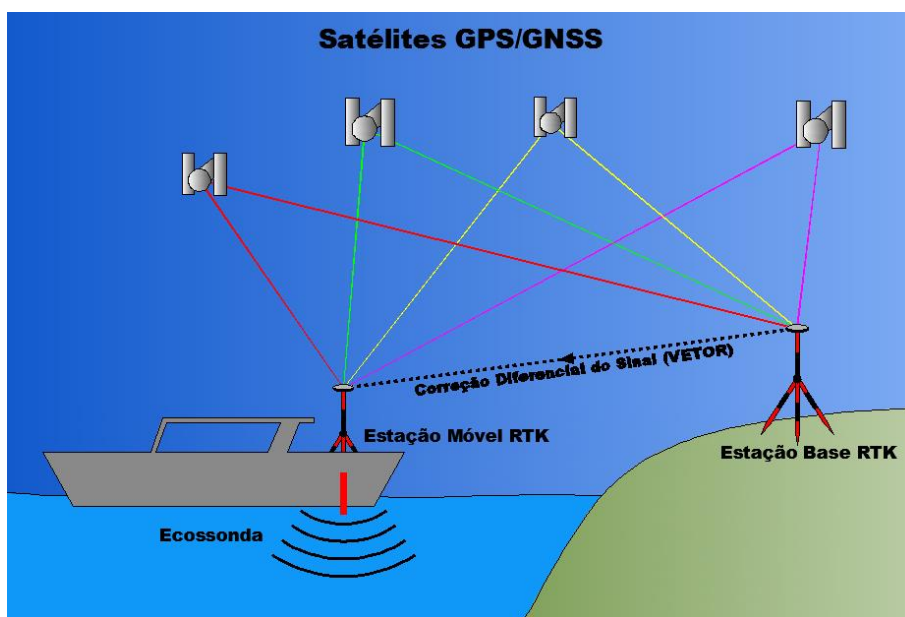


Figura 40 - Esquema de funcionamento da batimetria em tempo real.

Durante a execução dos serviços, foram anotadas diariamente as informações de altura de antena até a base de montagem do GPS Geodésico utilizado como móvel dentro da embarcação, a tabela a seguir apresenta os valores das medições de antenas das medições nos anos de 2015 e 2019.

Tabela 16 – Alturas de antena do GPS móvel.

Data	Altura Antena RTK (m)
23/06/2015	0.75
24/06/2015	1.27
25/06/2015	1.27
26/06/2015	1.27
27/06/2015	0.94
01/07/2015	0.94
02/07/2015	0.94
03/07/2015	0.94
06/07/2015	1.17
07/07/2015	1.17
09/07/2015	1.17
11/07/2015	0.95
13/07/2015	0.95
14/07/2015	0.95
15/07/2015	1.20
16/07/2015	0.98
22/07/2015	0.98
23/07/2015	0.98
24/07/2015	2.20
02/12/2019	1.55
03/12/2019	1.55
04/12/2019	1.55
05/12/2019	1.55
06/12/2019	1.55

Para obtenção do sinal fixo do RTK foi preciso implantar bases de vértices (todas com amarração à RVG) em suporte ao levantamento batimétrico, a distância entre cada base foi função da

necessidade (de acordo com a propagação dos sinais RTK), a Figura abaixo ilustra os raios de abrangência das bases RTK utilizadas para levantamento batimétrico.

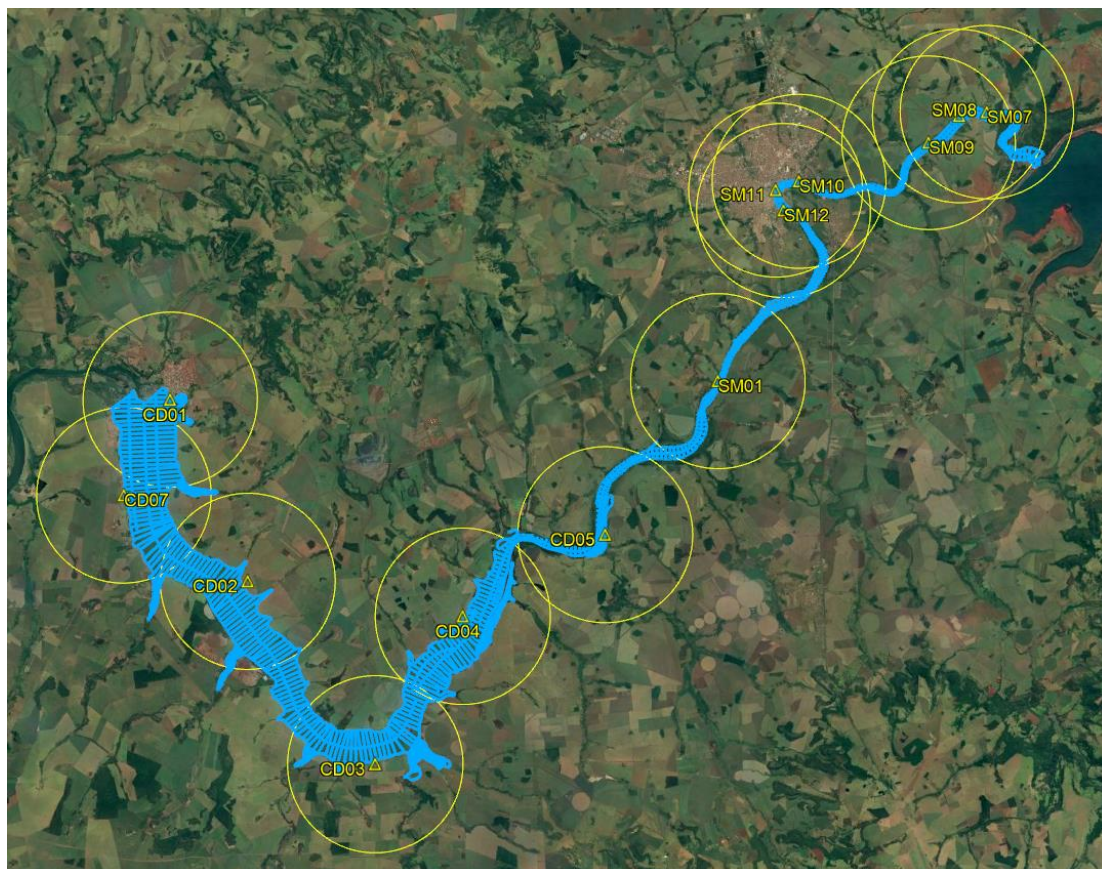


Figura 41 - Bases RTK para os Levantamentos Batimétricos.

O sistema de posicionamento RTK foi interligado com o ecobatímetro Bathy 500 MF através do software Hydromagic, registrando simultaneamente, em tempo real, o posicionamento planimétrico e a sondagem, conforme ilustrado na fluxograma da Figura a seguir.

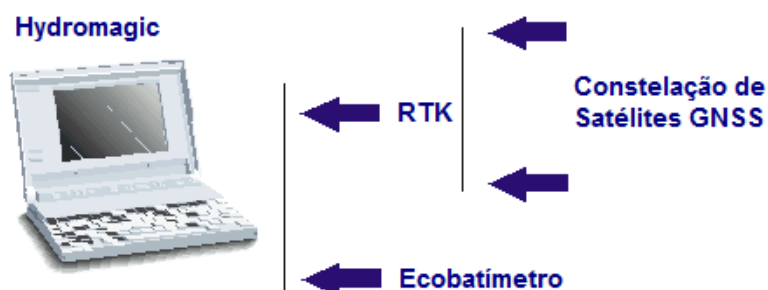


Figura 42 - Fluxograma de execução e obtenção das informações da batimetria.

O software Hydromagic também gera continuamente uma simulação visual em tempo real da navegação, com base na posição calculada pelo sistema RTK, possibilitando, desta forma, a interação

do operador e do timoneiro para manter a embarcação de sondagem navegando ao longo das linhas planejadas, podendo-se, inclusive, visualizar o afastamento da embarcação em relação à linha planejada, evitando-se derivas, conforme ilustrado nas próximas Figuras.



Figura 43 - Execução do Levantamento Batimétrico.

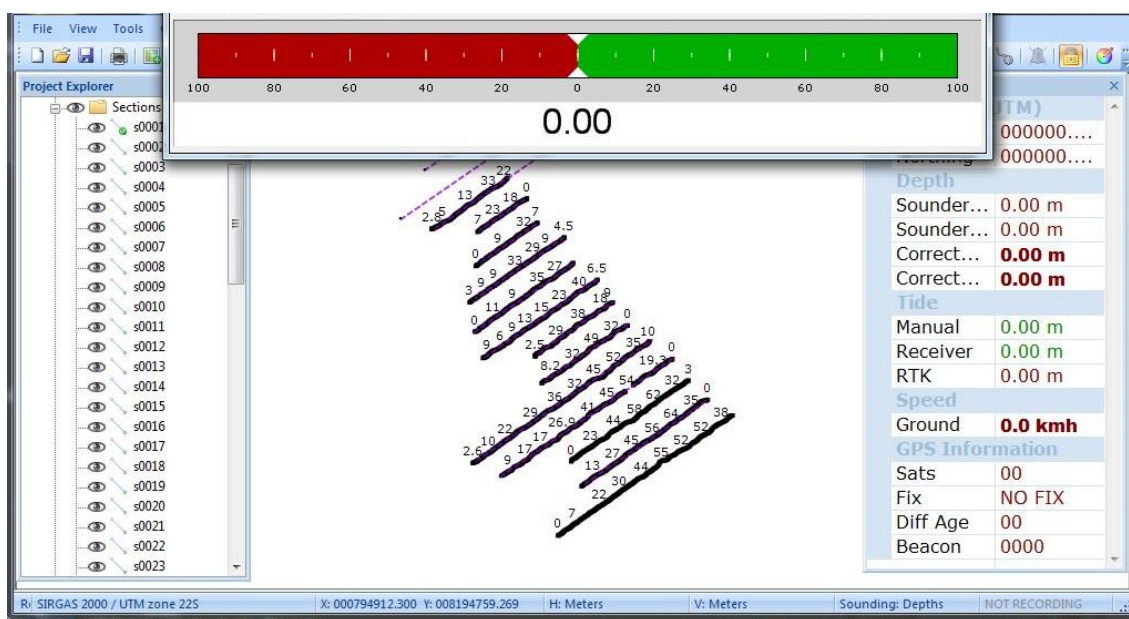


Figura 44 - Acompanhamento da navegação, ilustrando a execução das linhas planejadas e controle da deriva.

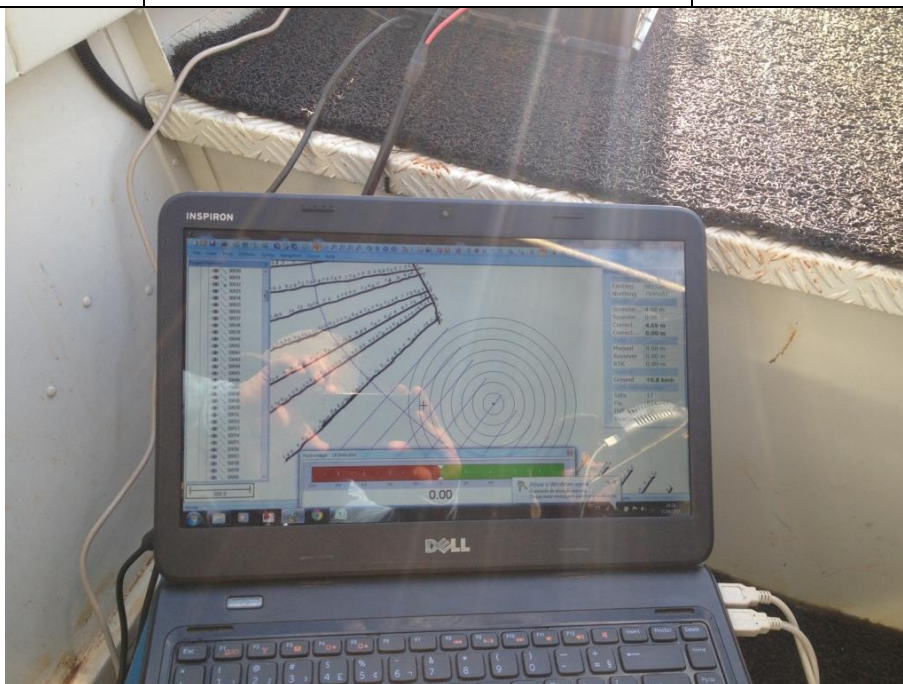


Figura 45 - Visualização da navegação, ilustrando raio de abrangência do RTK/Ecobatímetro (embarcação).

A execução e avanços dos serviços foram informados diariamente à ENEL GREEN POWER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA, por meio do Relatório Diário de Obras - RDO. A varredura de toda área molhada do reservatório foi realizada com recobrimentos diários, a Figura abaixo mostra o controle dos serviços executados dia a dia.

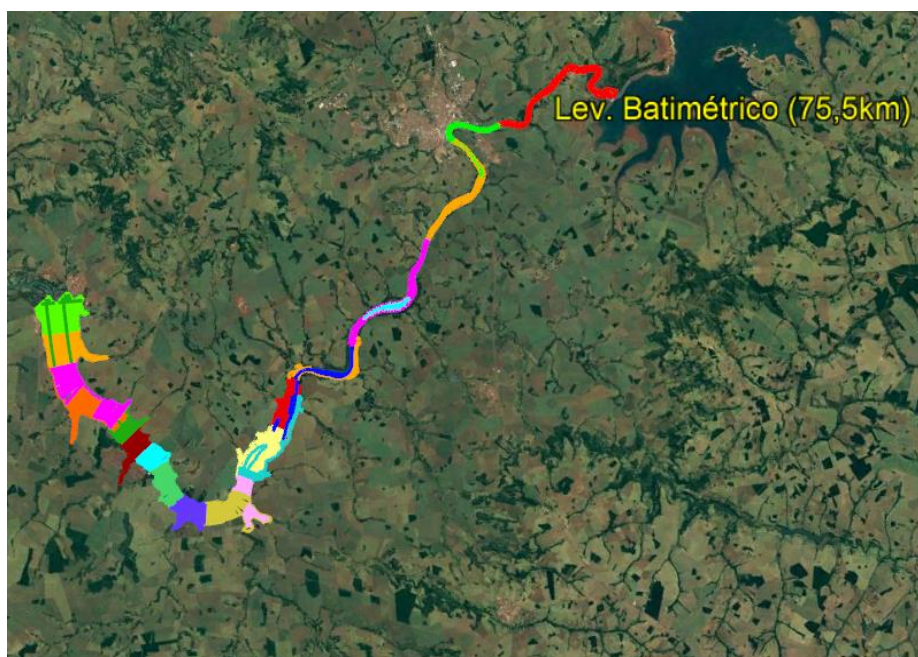


Figura 46 - Visualização dos avanços dos serviços diários dos Levantamentos Batimétricos.

8.5. Pontos Inacessíveis para Batimetria

Para os casos onde não foi possível a execução dos levantamentos batimétricos em algumas seções do reservatório, devido às condições físicas locais, foram realizados registros fotográficos e coordenadas demonstrando a impossibilidade do levantamento.

A Figura abaixo apresenta exemplos de regiões sem acesso na coleta das informações batimétricas: pela cobertura vegetal, por limitações físicas de acesso e/ou pela profundidade ser muito pequena não permitindo entrada da embarcação (funduras menores do que 50 cm).

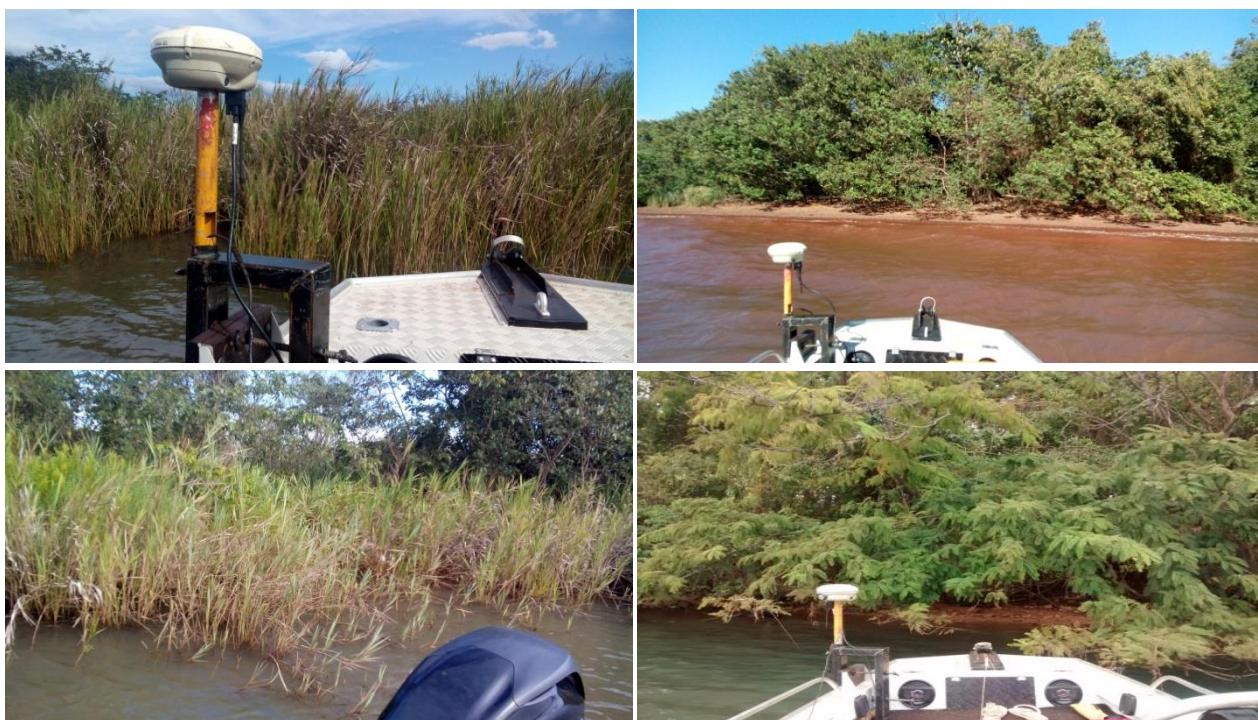


Figura 47 - Fotografias de trechos onde não foram possíveis os Levantamentos Batimétricos.

A Figura abaixo ilustra as informações coletadas e no **Anexo 6C** é apresentado o KMZ com as informações posicionais dos pontos registrados e respectivas fotografias.



Figura 48 - Fotografias georreferenciadas de áreas próximas às margens onde não foi possível a coleta de dados.

Sobre os arquivos vetoriais da Base Cartográfica Existente com a inserção do Levantamento Batimétrico executado foi realizado uma análise da completude das informações levantadas com objetivo de validar a abrangência do levantamento realizado sobre o reservatório e também conhecer a distância e desnível médio entre a área levantada e a margem seca do reservatório.

A Figura abaixo ilustra os pontos medidos para análise das diferenças observadas para o ponto medido mais próximo da margem.

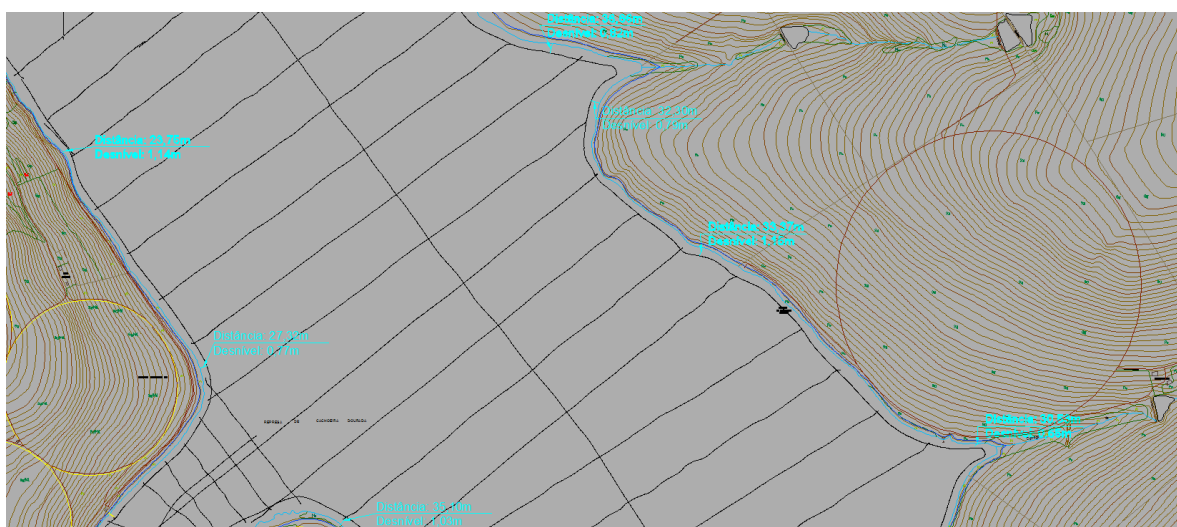


Figura 49 - Fotografias de trechos onde não foram possíveis os Levantamentos Batimétricos.

Foram observados 361 pontos, nestes foram realizadas as medidas das diferenças das distâncias para as margens e desníveis, resultando em uma média de 24,15 m para distâncias e 0,88 m para desníveis, entre o último ponto coletado pelo Levantamento Batimétrico e as margens do Reservatório UHE-CD.

8.6. Variação do Nível d'Água

Em função do fluxo de água nas corredeiras, para referenciar todos os levantamentos executados ao SGB (referencial altimétrico oficial) foi necessário o levantamento dos níveis d'água nas regiões da batimetria. Esse levantamento foi realizado todos os dias em que ocorreram as missões de coleta. As informações foram cedidas pela UHE-CD, a partir de postos limnimétricos digitais.

Este método visou conhecer as leituras de profundidades com referência à lâmina d'água instantânea. Ressalta-se que a variação não foi tão grande devido reservatório operar na modalidade “Fio D'Água”.

8.7. Processamento

O tratamento dos dados batimétricos iniciou-se com processamento no software Hydromagic. A primeira etapa consistiu em verificar a ocorrência de clarões (feriados) na área sondada. Esse processo foi realizado analisando os arquivos brutos de forma manual.

O processamento continuou com a edição das linhas sondadas no módulo *editing* do Hydromagic. Esse processo corresponde à visualização do “ecograma digital” para retirada de profundidades espúrias (spikes), conforme ilustrado nas Figuras abaixo.



Figura 50 - Exemplo de Seção bruta com spike.

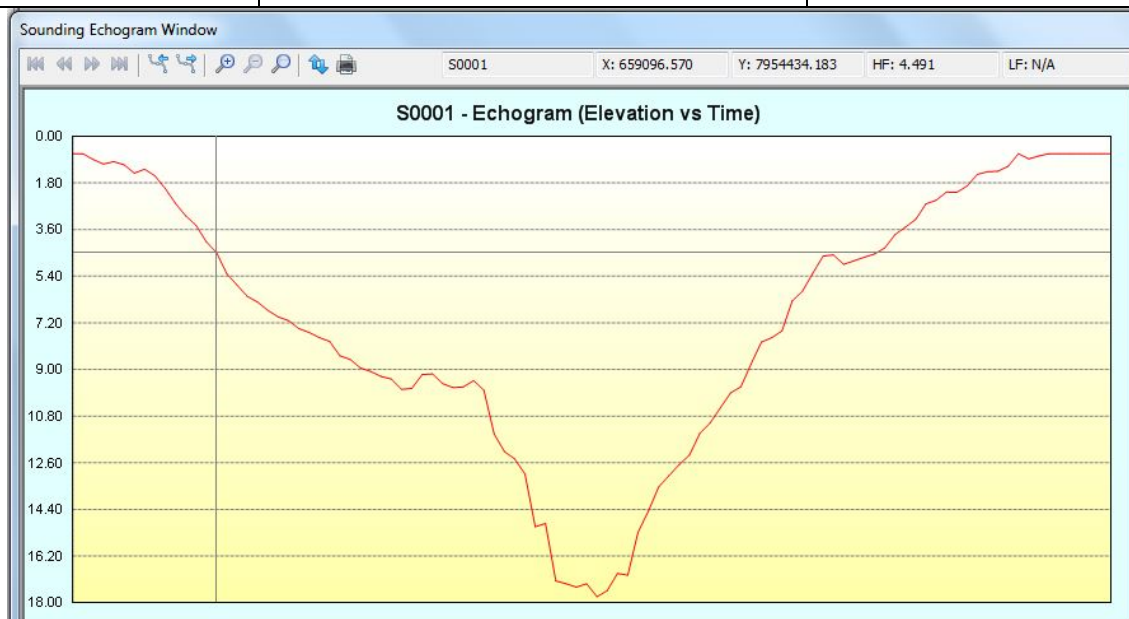


Figura 51 - Exemplo de Seção editada, com eliminação do spike.

No ambiente do software Hidromagic os resultados podem ser visualizados sempre que necessário, tanto para profundidades quanto para altitudes de fundo levantado. A Figura a seguir mostra a profundidade para um trecho coletado.

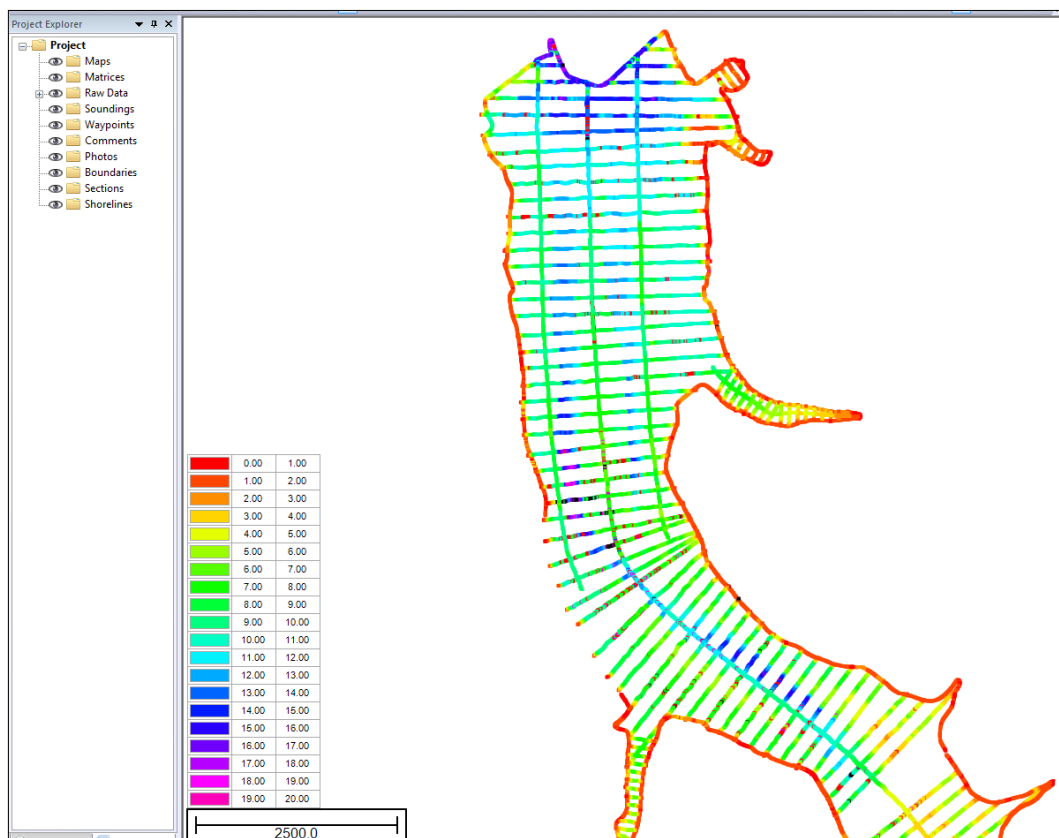


Figura 52 - Visualização dos resultados obtidos, nesse caso apenas profundidades.

8.8. Análises dos Dados Coletados

Os dados obtidos nos levantamentos batimétricos foram devidamente analisados no próprio local da batimetria. Durante a fase de processamento os perfis digitais foram comparados com os registros do ecobatímetro, sendo que todos os dados espúrios (specks) foram eliminados.

Após a edição dos dados fez-se o processo das sondagens pelo método “sort” do programa *Hydromagic* gerando um arquivo *.xyz que contém os valores de coordenadas e profundidade.

Posteriormente, os arquivos *.xyz do Levantamento Batimétrico são integrados e importados para o software CAD, verificando-se o comportamento do registro das informações coletadas.

A Figura abaixo mostra recortes da Planta do Levantamento Batimétrico realizado

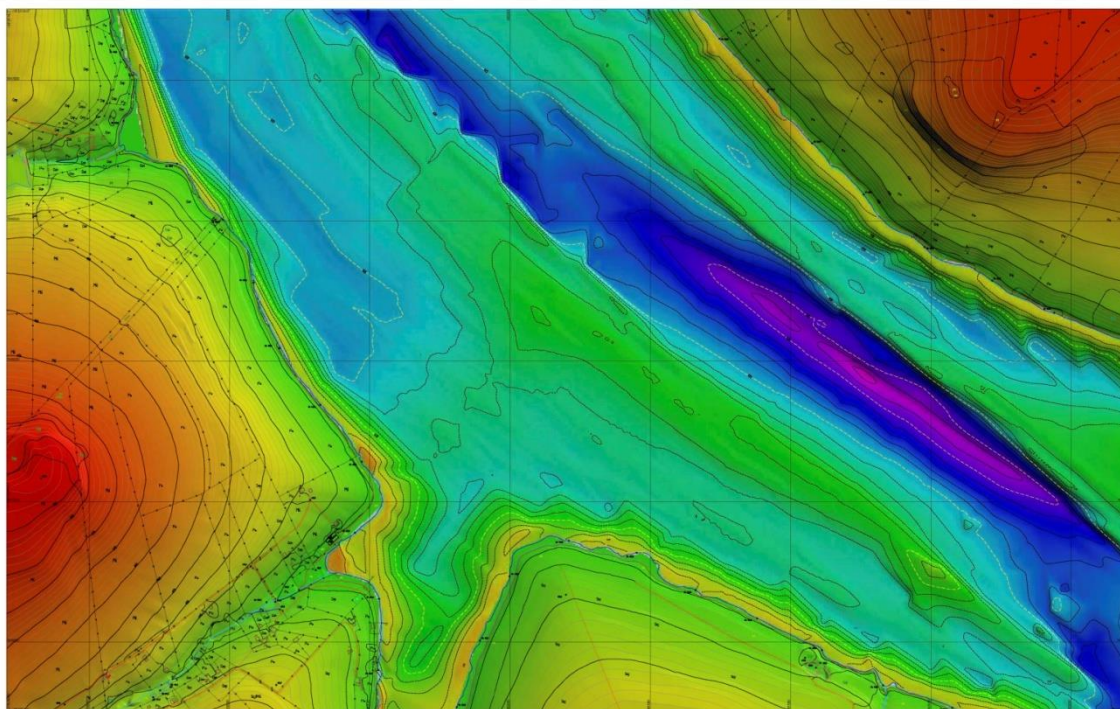



Figura 53 - Planta do Levantamento Batimétrico.

8.9. Edição Cartográfica

A Edição Cartográfica é a etapa que concatena os subprodutos gerados em outras etapas no produto final de entrega.

Foram utilizados todos os elementos naturais e artificiais identificáveis da Base Cartográfica Existente e somados aos dados levantados para a parte submersa do reservatório. Foram retificados possíveis erros e validados todas as toponímias da área de projeto. Todas as informações foram organizadas em níveis, permitindo qualquer instante a recuperação isolada ou combinada dos mesmos.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 70 de 122

Os layers foram estruturados de forma a permitir que cada elemento interpretado fosse agrupado em uma mesma camada devido às suas características. Dessa forma, foram criados layers para um detalhamento maior para temas como: cercas, rios, lotes, vias, etc. Também, como a estruturação do conjunto de temas, foram criados layers específicos para as informações textuais referente a cada feição conforme sua toponímia.

8.9.1. Edição Vetorial

As Convenções Cartográficas adotadas para representação vetorial foram baseadas na ABNT NBR 15.777:2009.

A edição vetorial dividiu-se em três importantes etapas: pré-edição, revisão e edição final propriamente dita. Todo o processo de edição utilizou como plataforma de trabalho o software AutoCAD Map 2010 3D, em estações digitais de trabalho.

8.9.2. Pré-edição

A Pré-edição consiste, basicamente, em adaptar o material digital obtido ao padrão de representação cartográfica. Os dados provenientes, após passarem por tratamentos reuniram-se em um único arquivo, denominado “BASE CARTOGRÁFICA ATUALIZADA”. Na elaboração da base cartográfica atualizada tomaram-se todos os cuidados para não haver duplicidade de nenhum dado vetorial no arquivo geral.

Fazendo-se uso de ferramentas especiais do software AutoCAD Map 2010 3D foram efetuadas correções na base cartográfica, a fim de eliminar as pequenas inconsistências que não foram detectadas no processo anterior. Também se padronizou os elementos em seus respectivos layers associando suas características, tais como: cor, traço, espessura, entre outras.

Concluída todas as verificações necessárias as folhas foram cortadas na articulação padrão e impressas na escala de entrega.

8.9.3. Revisão

Consiste na identificação de inconsistências provenientes da edição cartográfica. O revisor efetuou análises dos dados vetoriais, assinalando no arquivo geral todos os pontos passíveis de correção. Após a análise do revisor as folhas foram encaminhadas a edição para adequações. O processo repetiu-se até a conclusão da aprovação pelo revisor.

8.9.4. Edição Final

A edição final consiste simplesmente na inserção da imagem sobre o arquivo vetorial. Em se tratando de uma imagem ortorretificada não há necessidade de fazer qualquer referência para encaixe

dos arquivos, pois ambos (arquivos vetorial e imagem) estão exatamente no mesmo sistema e perfeitamente compatíveis em escala e precisão.

O produto final contempla as informações resultantes Base Cartográfica Existente, RVG e Levantamento Batimétrico, as informações complementares da reambulação, as ortofotos e a edição final.

A Figura a seguir mostra um exemplo das informações editadas sobre as ortofotos para o presente trabalho.

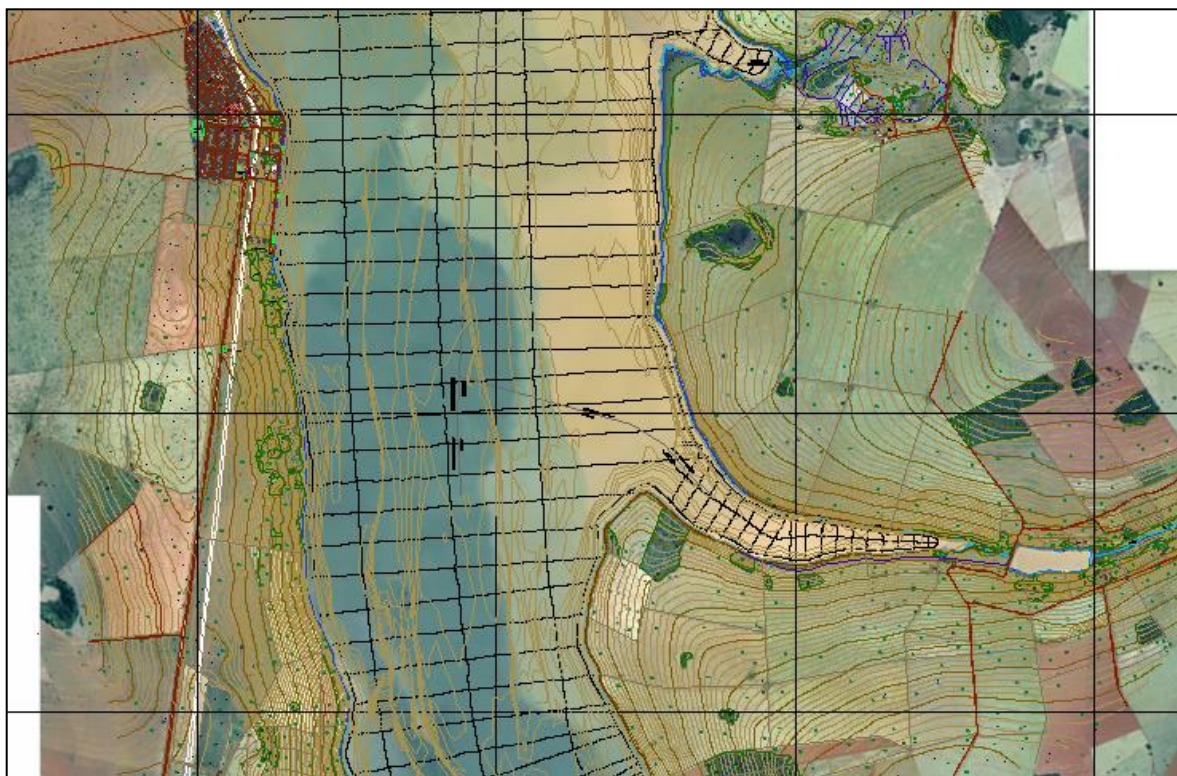



Figura 54 - Modelos de Edição Final sobre as Ortofotos.

8.10. Produtos Entregues na Etapa de Levantamento Batimétrico

- 1) Arquivo do Google Earth contendo as linhas planejadas para coleta da batimetria, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Dados digitais do sistema de coleta do ecobatímetro (dados de medição), contidos no Anexo 6A:
 - i. Arquivos Brutos, no formato *.RAW;
 - ii. Arquivos Editados:
 - Soundings editadas, no formato *.RAW;
 - Malhas de Pontos Resultantes, no formato *.TXT;
 - Ecogramas Resultantes, no formato *.PDF
 - Planilha de Coordenadas, no formato *.XLSX;
- 3) Registros Fotográficos na Execução Levantamento Batimétrico, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 6B;

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 72 de 122

- 4) Arquivo do Google Earth contendo as fotografias dos pontos onde não foi possível acessar as margens do reservatório, no formato *.KMZ, contido no Anexo 6C;
- 5) Planta de Distâncias e Desníveis, na escala 1:20.000, contendo as diferenças obtidas nas margens do reservatório, no formato *.DWG, contida no Anexo 6D;
- 6) Base Cartográfica Atualizada, na escala 1:10.000, do Reservatório e entorno contendo informações da Cartografia Existente (parte seca) e do Levantamento Batimétrico realizado, no formato *.DWG, contida no Anexo 7;

9. Geração do MDT do Reservatório

Após a obtenção da Base Cartográfica do Reservatório foi gerado o Modelo Digital do Terreno - MDT, que é a modelagem digital do terreno baseado em uma malha densa e precisa de pontos do terreno, a partir dele foi possível recompor toda altimetria do terreno (curvas de níveis, perfis, seções e pontos cotados).

Menciona-se a metodologia descrita no documento da ANA/ANEEL Orientações para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume em específico ao item de “*Modelo Digital do Reservatório e Curvas Cota x Área x Volume*” que descreve as seguintes informações:

“O Modelo Digital do reservatório deverá ser gerado a partir de todos os pontos mensurados durante o levantamento das partes seca e molhada do mesmo, empregando-se um método de interpolação adequado. Para adensar e qualificar o referido modelo deve-se usar a linha do contorno do reservatório como breakline.”

As Figuras a seguir exemplificam a sobreposição da malha de pontos coletadas sobre a superfície gerada e também a visualização 3D da calha do Rio Paranaíba.

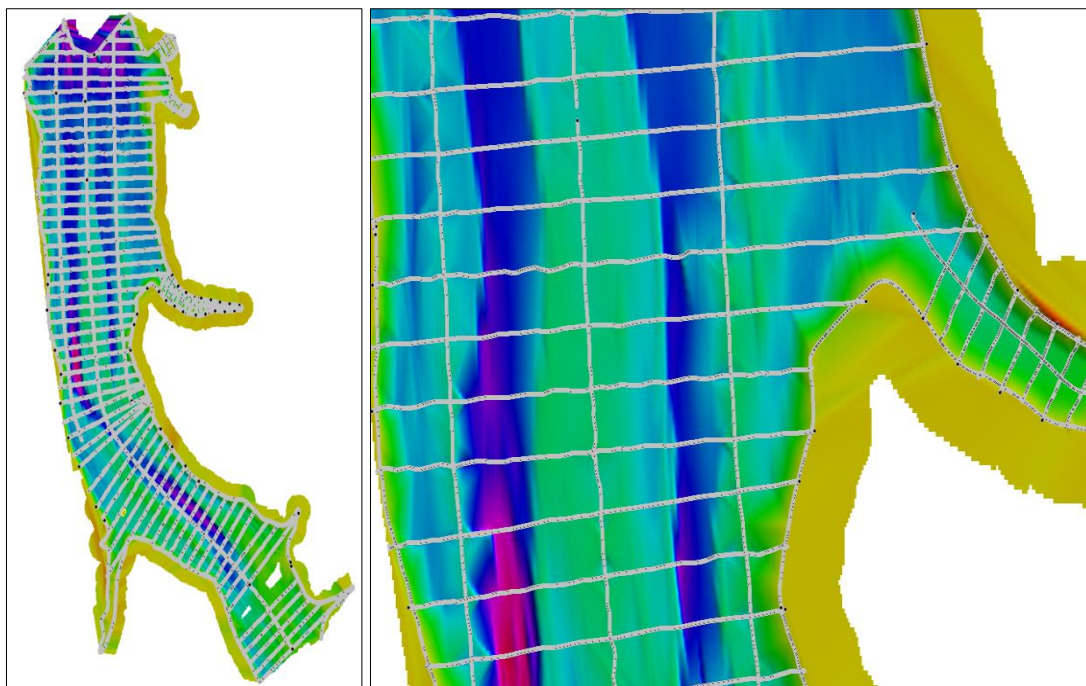


Figura 55 - MDT do Reservatório com a sobreposição das linhas de sondagem executadas.

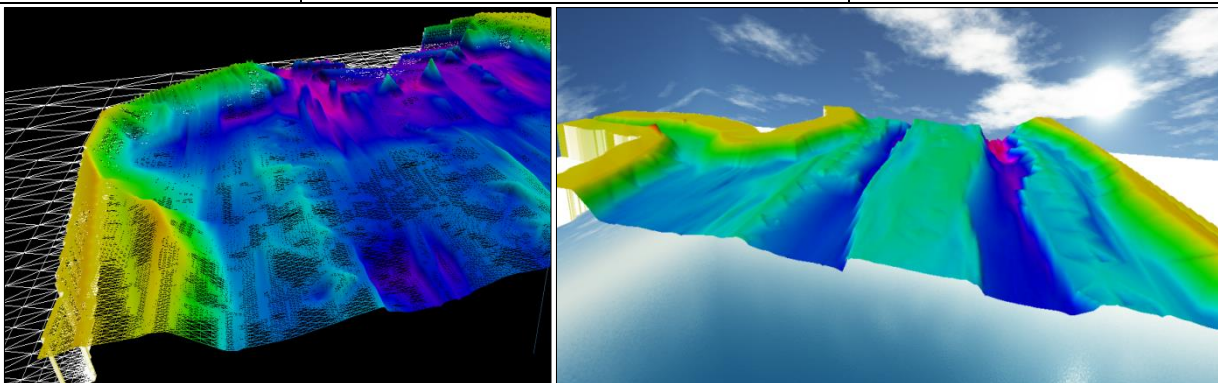


Figura 56 - Malha TIN e visualização 3D da calha do Rio Paranaíba.

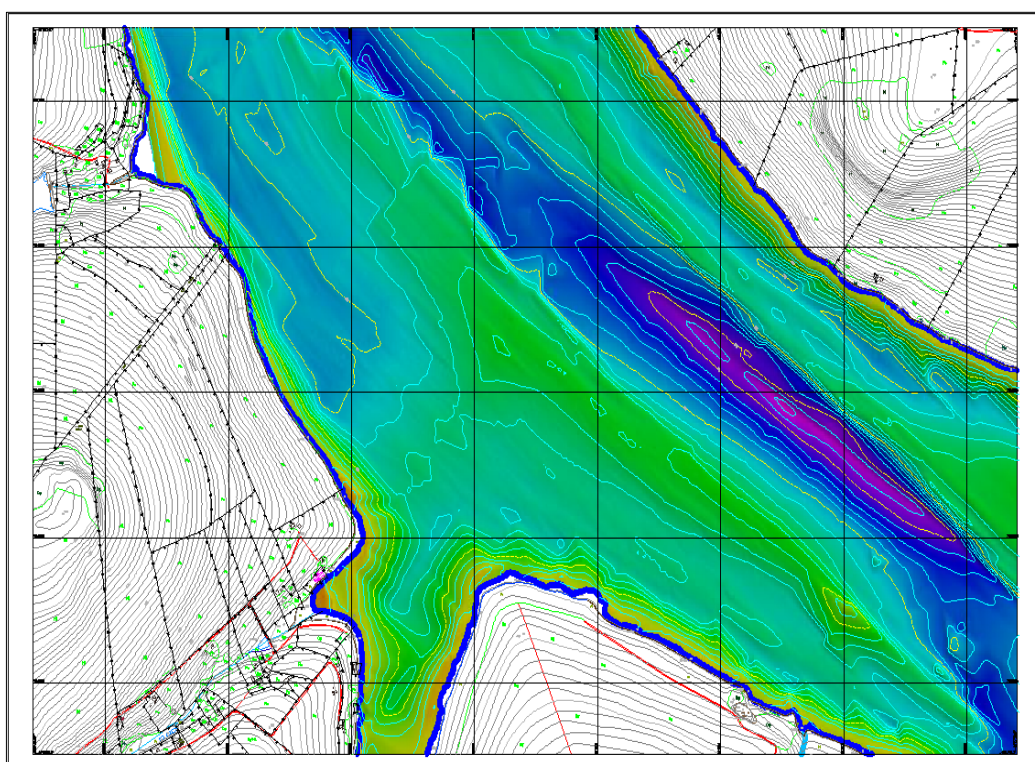



Figura 57 - MDT gerado para o Reservatório com curvas de nível.

Também foi gerado o MDT para toda área mapeada na cartografia existente, contemplando a parte seca das margens do reservatório (e que não fazem parte do mesmo). O MDT Geral foi gerado a partir da Base Cartográfica Atualizada.

9.1. Produtos Entregues na Etapa de Geração do MDT

- 1) Base Cartográfica Atualizada, na escala 1:10.000, do Reservatório e entorno contendo informações da Cartografia Existente (parte seca) e do Levantamento Batimétrico realizado, no formato *.DWG, contida no Anexo 7;
- 2) Superfície Modelo Digital do Terreno (MDT), contidas no Anexo 8A:

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 75 de 122

- 3) Superfície Modelo Digital de Profundidade (MDP) obtida a partir dos dados do Levantamento Batimétrico, no formato *.GEOTIFF, contidas no Anexo 8B.

10. Geração das Curvas Cota x Área x Volume

Após geração do MDT foram determinadas as Curvas: Cota x Área e Cota x Volume para variação de cota a cada 1 cm

Os intervalos para geração das Curvas CAV foi da cota 391,35 m até a cota 431,5 m (Referencial CELG), contemplando a cota mínima até o nível operacional normal e máximo maximum do reservatório (cota 431,50 m CELG).

A Figura aa seguir apresenta o Gráfico das Curvas CAV.

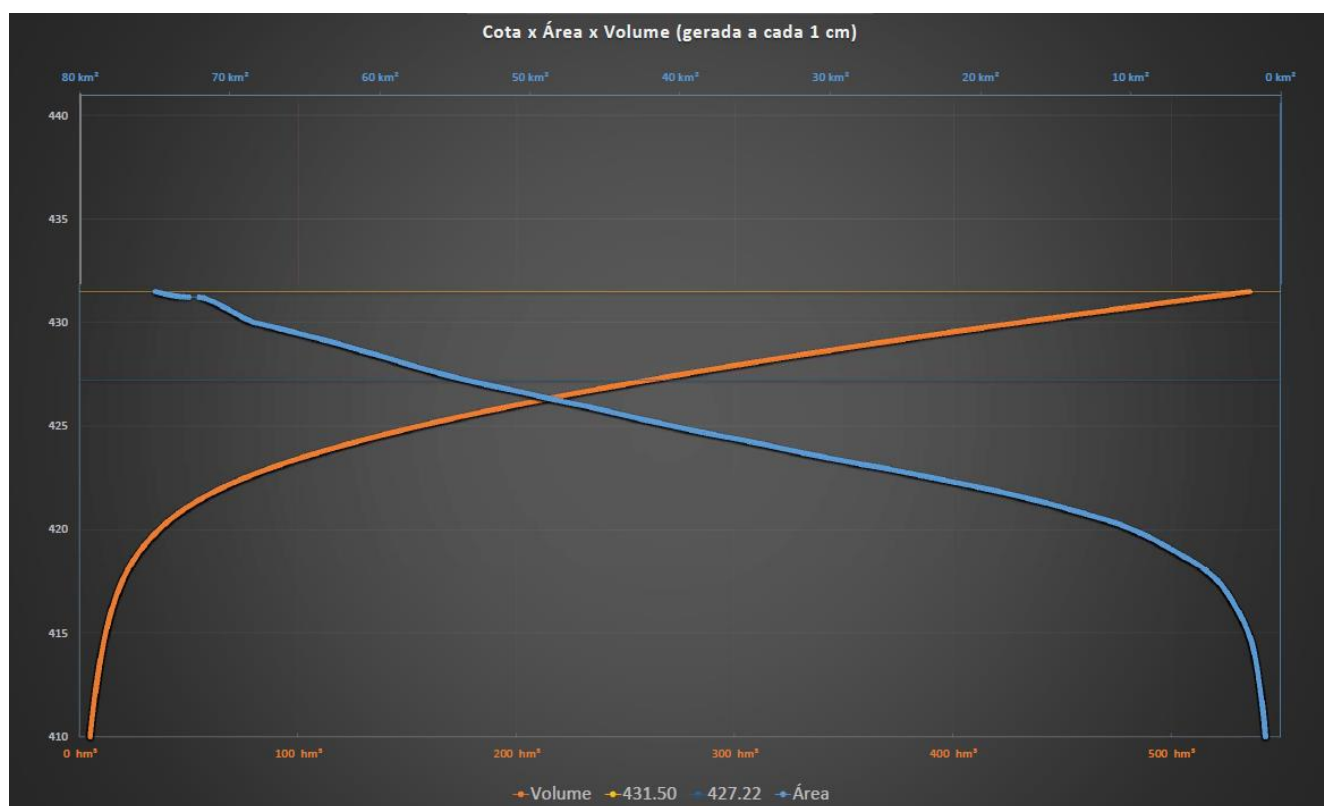


Figura 58 - Curvas CAV, Cota x Área (em azul) e Cota x Volume (em laranja).

10.1. Cálculo da Área e Volume

Os cálculos apresentados foram realizados no software *ArcGIS*, versão 10.2.1, em específico no módulo ArcToolBox através da ferramenta *Surface Volume (3D Analyst)*.

A ferramenta calcula a área e o volume de uma superfície raster (nesse caso o MDT) em função de um determinado plano de referência especificado, as cotas objetivadas.

Os cálculos de área e volume relatados pela ferramenta são baseados sobre a extensão dos pontos espaçados regularmente do MDT.

10.2. Ajuste Polinomial das Curvas Cota-Área e Cota-Volume

Sobre a planilha de Cota x Área x Volume variando de 1cm em 1cm, procurou-se ajustar as equações logarítmicas. Obteve-se um ajuste satisfatório nos intervalos entre as cotas 391,35 m à 431,50m (CELG).

A seguir são indicadas as equações que fornecem as cotas em função da área em (km²) e volume em (hm³) válidas para o intervalo de cotas de 391,35 a 431,50 m (CELG).

$$y = 3.1294\ln(x) + 368.85$$

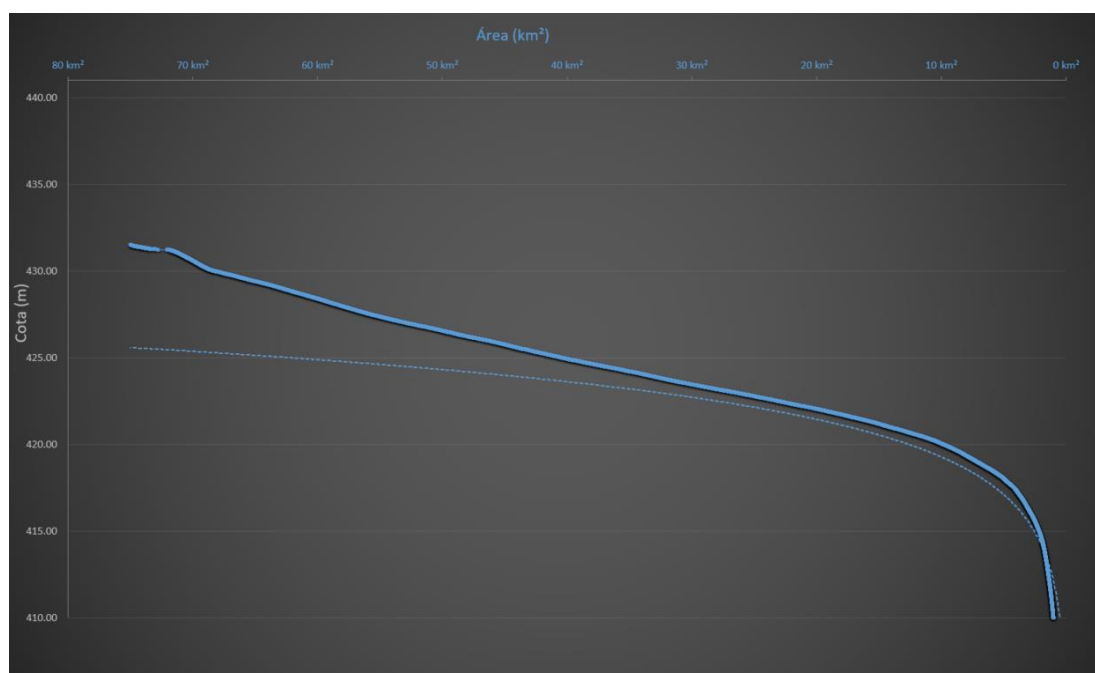


Figura 59 - Ajuste Logarítmico da Curva Cota Área.

$$y = 2.5697\ln(x) + 373.71$$

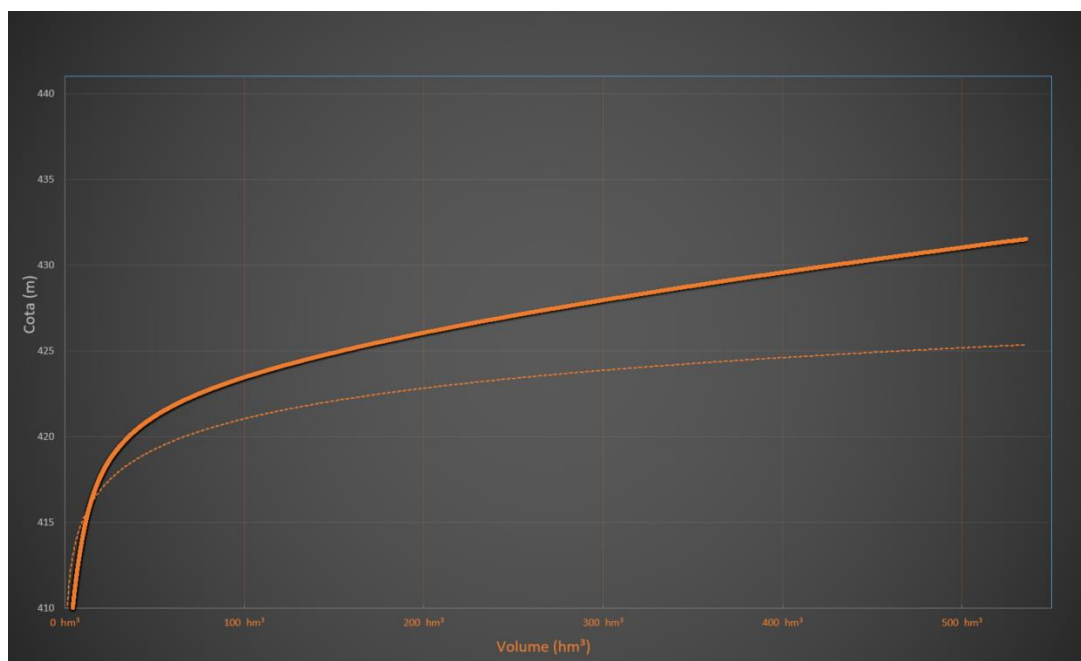


Figura 60 - Ajuste Logarítmico da Curva Cota Volume.

10.3. Produtos Entregues na Etapa de Geração das Curvas CAV

- 1) Planilhas contendo informações de Área e Volume para cada Cota observada, contidos no Anexo 9:
 - i. Planilha com variação de cotas a cada 1 cm, no formato *.XLSX;
 - ii. Planilha com a comparação das Curvas CAV Antigas x Curvas CAV 2015, no formato *.XLSX;
 - iii. Gráficos resultantes das Curvas CAV (e comparação), no formato *.PDF;
- 2) Planilha contendo as equações polinomiais de 4º grau das Curvas Cota-Área e Cota-Volume com gráficos resultantes.

11. COMPARAÇÃO DAS CURVAS CAV: ANTIGA X ATUALIZADA

A comparação das Curvas CAV foi realizada sobrepondo no mesmo gráfico às informações da área e volume antigos (os dados foram fornecidos pela ENEL GREEN POWER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA) e área e volume novos (objetos dos serviços realizados). Para esta comparação fez-se o ajuste das cotas dos levantamentos antigos (CELG) em 2,78m, visto que as cotas em relação ao referencial altimétrico IBGE= cota CELG +2,78m.

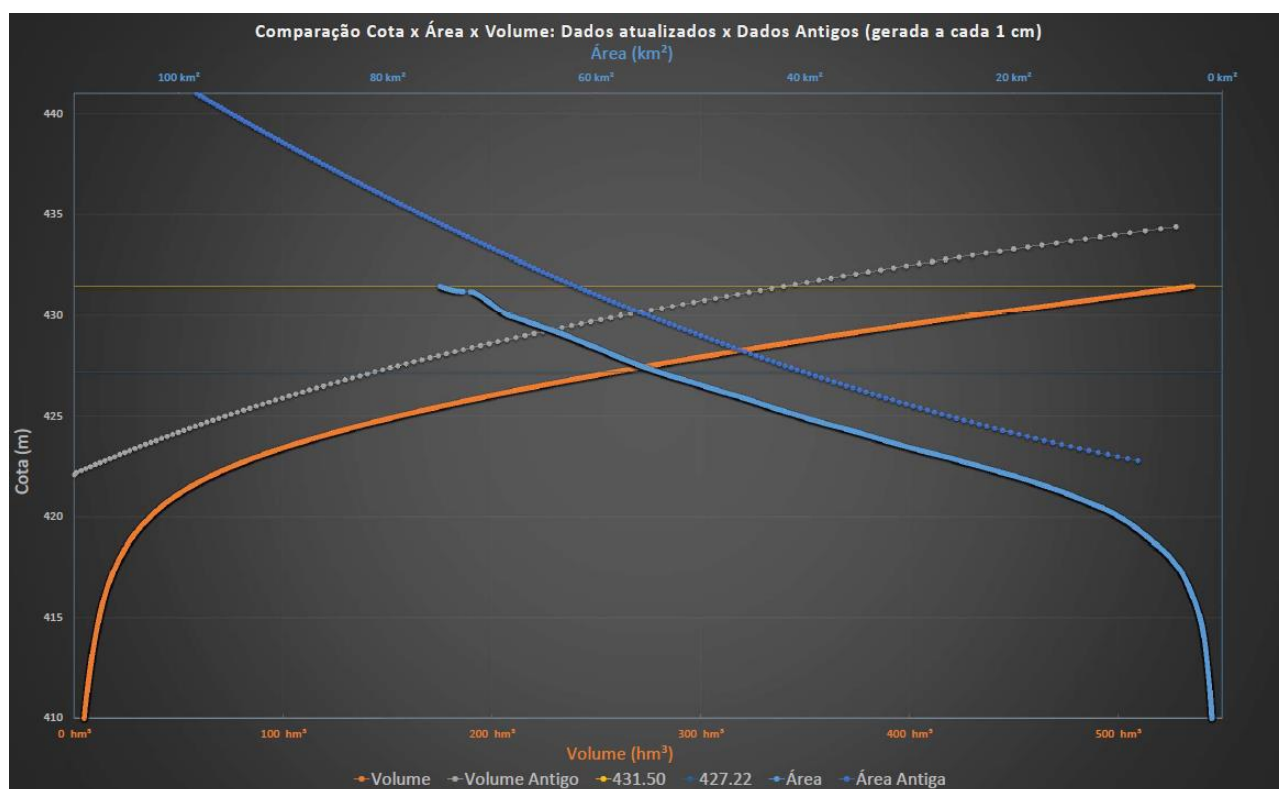


Figura 61 - Comparação das Curvas CAV: Antiga x Atualizada

Reitera-se que as metodologias de levantamento utilizadas na coleta de dados são diferentes, o que leva também obtenção de resultados diferentes. A Curva CAV obtida pelo levantamento antigo é baseada em dados de 1961/1962.

A extensão do reservatório a ser considerada é diferente para cada levantamento, observa-se que as diferenças entre as Curvas CAV podem ser devido ao comprimento do reservatório utilizado nos levantamentos: em 1961/1962 considerado até proximidades da cidade de Itumbiara-GO.

Na sequência serão apresentadas as comparações realizadas para a área do reservatório, e ainda a comparação de seções topobatimétricas levantadas em 1986 e aquelas obtidas no levantamento atual de 2019.

11.1. Comparação da Área do Reservatório

Foram fornecidas pela ENEL GREEN POWER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA as imagens do levantamento topográfico executado antes do enchimento do reservatório, o documento é titulado: “Mapa Topográfico Da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada”, são 14 folhas parciais no formato *.TIFF. Os arquivos são oriundos do levantamento topográfico executado por estéreo restituição (na escala 1:10.000) a partir de fotografias aéreas verticais na escala 1:20.000, obtidas em 1961 e 1962.

As Figuras a seguir apresentam respectivamente, uma imagem do levantamento antigo e o mosaico das imagens contemplando todo o reservatório.

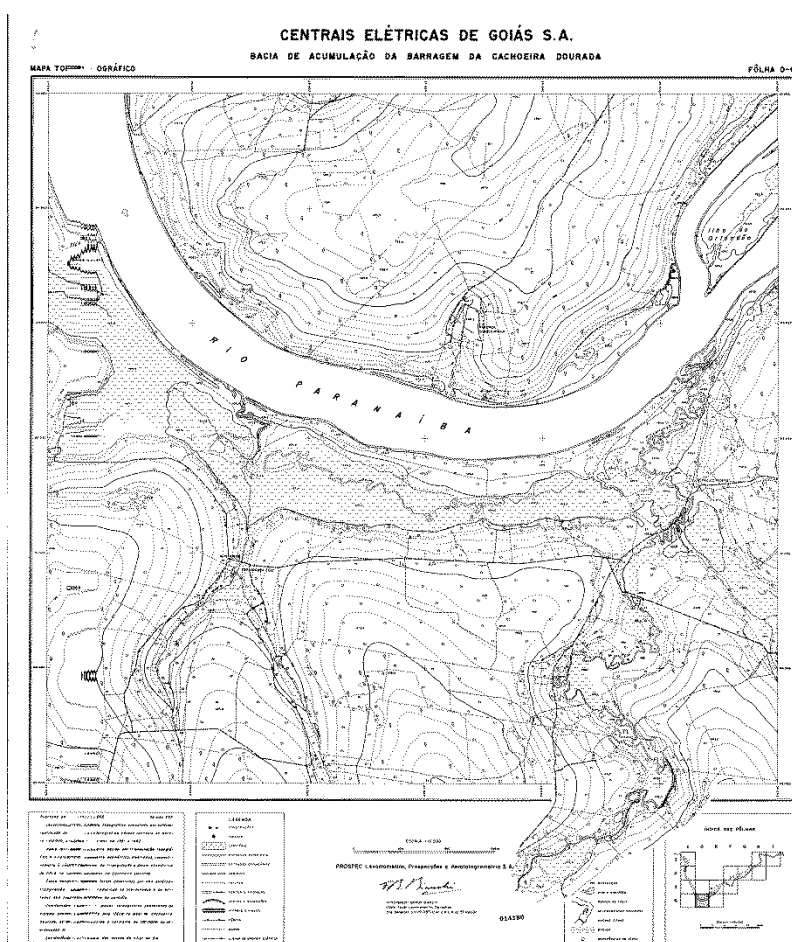


Figura 62 - Folha 6D do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada.

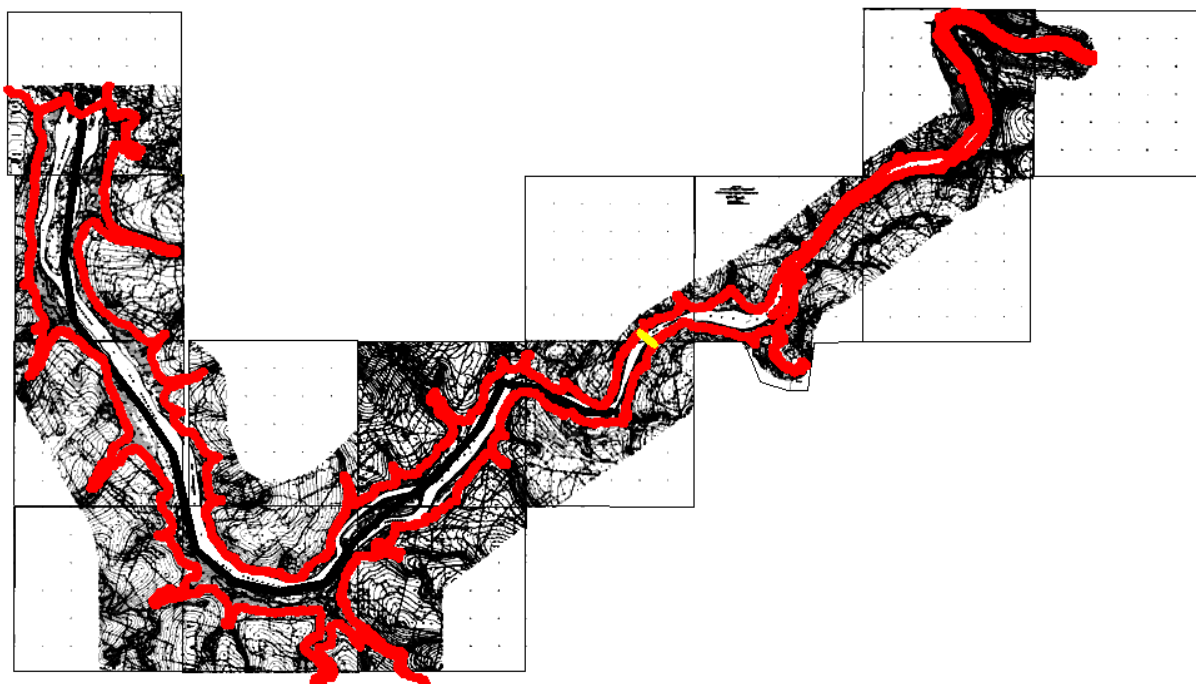


Figura 63 - Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada.

Sobre o mosaico do levantamento antigo conseguiu-se interpretar o reservatório na Cota 431,50 m (referencial CELG). Observa-se que no levantamento antigo, o reservatório se estende até depois da cidade de Itumbiara.

Como já mencionado anteriormente a Cota 431,50 m no referencial altimétrico CELG é equivalente à Cota 434,28 m no referencial altimétrico do IBGE (Reajustamento 2011). Foi calculada a área para o reservatório nos dois levantamentos:

- Área do reservatório obtida pelo levantamento antigo: 76,23 km²;
- Área do reservatório obtida pelo levantamento 2015 e 2019: 74,97 km².

No Anexo 11 é apresentado o Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada (Levantamento Antigo) no referencial CELG com sobreposição vetorial do limite do reservatório, Cota 431,50 m, interpretado nas imagens.

11.2. Comparação das Seções de Remanso X Seções Topobatimétricas 2015

O presente tópico visa realizar uma comparação dos resultados obtidos no Relatório “*Estudo de Remanso provocado pelo alteamento do reservatório de Cachoeira Dourada para cota 431,50 m*” apresentado em 17/nov/1986 com os resultados obtidos pela modelagem do terreno obtida a partir das medições realizadas em jul/2015 (objeto do presente relatório).

Inicialmente as coordenadas posicionais das Seções de Remanso foram lançadas no mosaico do levantamento antigo, obtendo assim o eixo da seção de interesse. Na sequência os eixos (e pontos delimitadores das seções) foram reprojetados para a Base Cartográfica Atual 2015 no intuito de obtenção dos eixos das seções no Sistema de Referência SIRGAS 2000 e Sistema de Projeção UTM (os mesmos do levantamento 2015).

De 72 Seções Topobatimétricas de Remanso coletadas em 1986, 12 estão contidas dentro da área do reservatório obtida pelo levantamento 2015, que considera 37,5 km a partir do barramento. A Figura abaixo espacializa as Seções de Remanso sobre o mosaico georreferenciado.

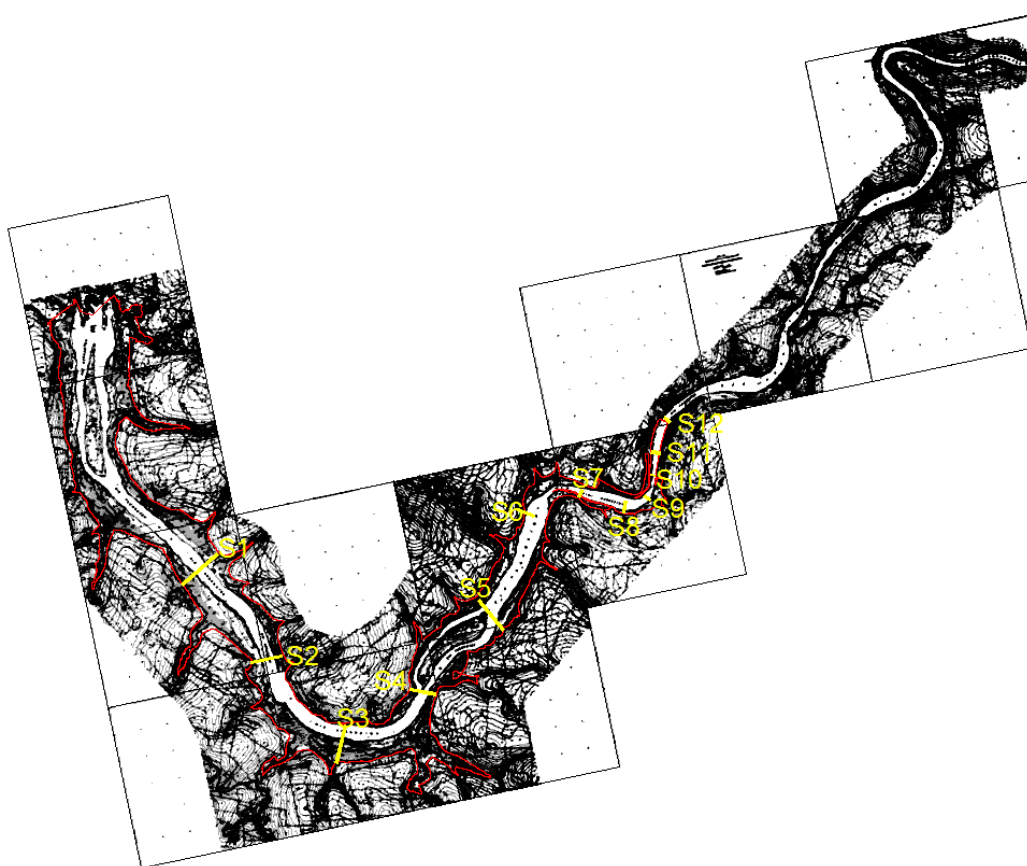


Figura 64 - Mosaico Georreferenciado das Folhas do Mapa Topográfico Antigo com localização das Seções de Remanso.

Após obtenção do eixo georreferenciado para cada Seção foram gerados os perfis das Seções Topobatimétricas utilizando a Superfície do Modelo Digital do Terreno (Base Cartográfica Atual 2015).

A Figura abaixo apresenta um exemplo dos Perfis das Seções obtidas em 1986.

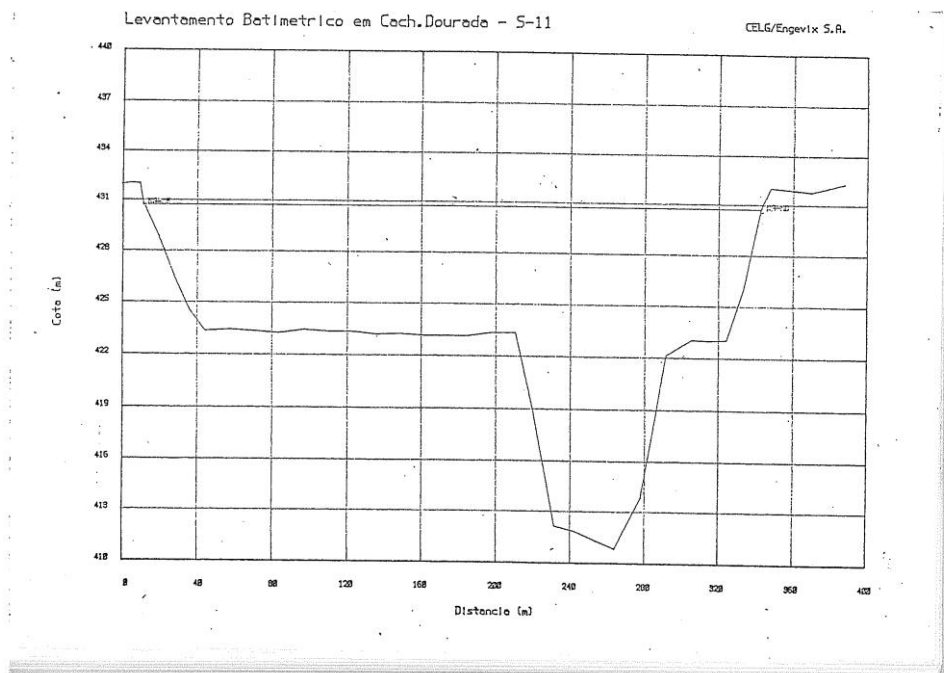
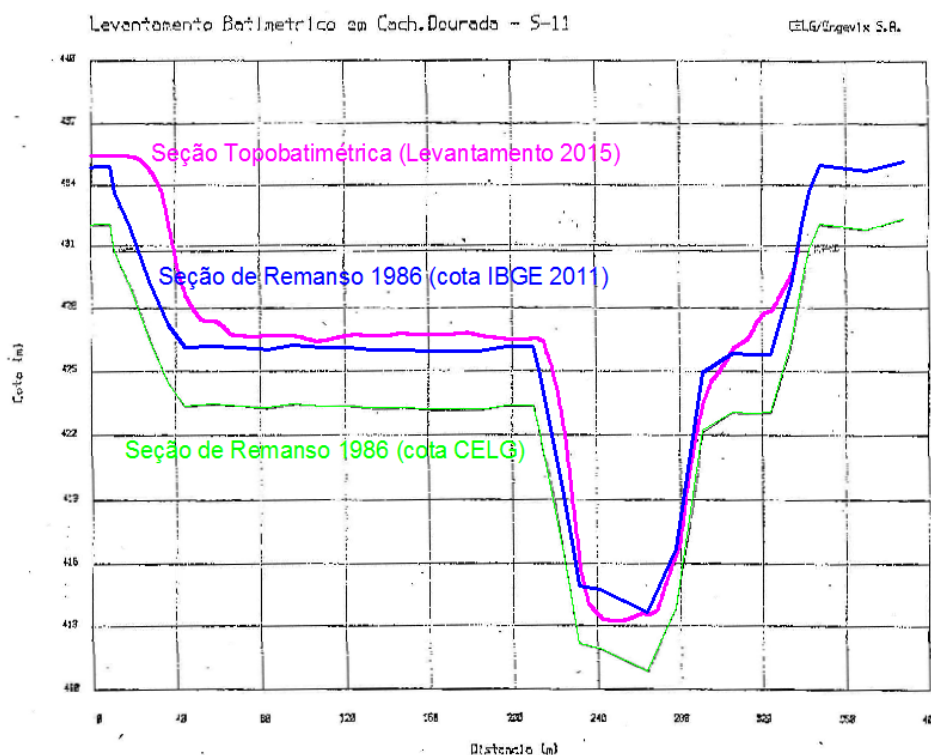


Figura 65 - Seção de Remanso S11.

Para efeito de comparação foi necessário somar a constante 2,78 m nos perfis, realizando a conversão do referencial altimétrico, neste caso CELG para IBGE (2011). A Figura a seguir ilustra um exemplo da comparação realizada para cada seção.




	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 84 de 122


Figura 66 - Comparação da Seção de Remanso S11.

Através das informações observadas em cada desenho dos Perfis das Seções constata-se que o grau de assoreamento é baixo no estirão analisado, tendo em vista a diferença em cota entre as seções. Ressalta-se ainda que o reservatório da usina de Cachoeira Dourada opera a fio d'água com depleção diária máxima da ordem de 1m em relação ao NA máximo normal 434,28m (Cota IBGE).

No Anexo 12 é apresentado o Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada (Levantamento Antigo) georreferenciado no Sistema de Referência SIRGAS 2000 com sobreposição vetorial das Seções Topobatimétricas utilizadas para comparação. Também são apresentados os desenhos de cada Seção (Perfis Transversais) com a indicação das diferenças obtidas na comparação de cada levantamento (Antigo x 2015).

11.3. Produtos Entregues na Etapa de Comparação das Curvas CAV: Antiga x 2015

- 1) Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no referencial CELG com sobreposição do reservatório na Cota 431,50 m, no formato *.DWG contidos no Anexo 11;
- 2) Mosaico Georreferenciado das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no Sistema de Referência Sirgas 2000, no formato *.DWG contidos no Anexo 12A;
- 3) Desenhos das Seções Topobatimétricas contendo a comparação entre as medições realizadas em 1986 (do Relatório de Estudo de Remanso) com aquelas obtidas em 2015 (pelo MDT), em Perfil, no formato *.DWG, contidos no Anexo 12B.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 85 de 122

12. SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS DE CONTROLE

A metodologia para implantação das Seções Topobatimétricas de Controle para Monitoramento de Sedimentos é descrita no documento da ANA/ANEEL Orientações para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume em específico ao item de “Implantação das Seções de Controle: Localização e Quantidade” e descrevem as seguintes informações:

“As seções de controle para o monitoramento do assoreamento dos reservatórios são um meio eficiente de acompanhar a evolução dos depósitos sedimentares no leito ou então de comprovar sua inexistência. Para que este método seja eficiente, as seções de controle (SC) devem ser posicionadas nos locais onde são esperados os depósitos de sedimento, em função da morfologia do reservatório, das características do sedimento e do regime de operação.

Para os reservatórios com média criticidade ao assoreamento, devem ser instalados dois conjuntos (com três seções de controle topobatimétrico cada) em dois locais distintos do reservatório. O posicionamento destas seções deve ser no seu quartil superior (trecho de montante), incluindo a zona de remanso. Essa é a área onde normalmente ocorrem os primeiros depósitos de sedimento, caso venham de fato a ocorrer. O espaçamento entre as três seções que compõem o conjunto de controle deve ser da ordem de no mínimo cinco vezes a largura do rio em condições naturais.

Cada seção topobatimétrica será materializada em campo por meio de dois marcos de concreto, posicionados em ambas as margens do reservatório, sobre o álveo, afastado do local da linha de operação normal do empreendimento, preferencialmente após a linha maxi maximorum, de forma intervisível e que o alinhamento dos mesmos encontre-se perpendicularmente ao fluxo do corpo hídrico.

O agente do setor elétrico deverá implantar os marcos de concreto, definidores dessas seções topobatimétricas, em campo, em local seguro, salvo de danos, afastadas de possíveis obstáculos materiais.”

A classificação da UHE-CD foi dada pela ANA como sendo CLASSE 02 (nível médio de criticidade), CENÁRIO 03 e CATEGORIA “C”, portanto foram implantados 4 conjuntos (com 3 Seções Topobatimétricas de Controle de Sedimentos cada) de medições de controle em locais distintos do reservatório.

A localização das Seções Topobatimétrica de Controle foi definida em conjunto com ENEL GREEN POWER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA e é apresentada na Figura a seguir, os levantamentos foram realizados sobre o eixo da seção entre as margens do Reservatório (corpo principal do Rio Paranaíba).

As Seções Topobatimétrica de Controle estão distribuídas da seguinte forma: um conjunto na Estação Hidrológica SAT MONTANTE CDSA (já existente e monitorada pela UHE-CD) situada a 44 km a montante do barramento e outro conjunto mais a jusante desse primeiro, situado aproximadamente 31,5 km (a partir do barramento). Além desses foram implantadas mais dois conjuntos a montante desse último.

As distâncias entre as seções (dentro de cada conjunto) são em média 1400 m (não inferior a cinco vezes a largura do Rio Paranaíba nas condições naturais).

A Tabela a seguir apresenta as coordenadas das Seções implantadas (no eixo do Rio) dentro de cada conjunto materializado.



Figura 67 - Localização das Seções Topobatimétricas de Controle.

Tabela 17- Lista de Coordenadas dos Eixos das Seções Topobatimétricas de Controle.

SIRGAS2000 / UTM F22S			
Conjunto	Seção	E (m)	N (m)
1	S1	686063	7953950
	S2	685189	7952435
	S3	684779	7951051
2	S4	677903	7946760
	S5	676303	7946508
	S6	675924	7945605
3	S7	698410	7966026
	S8	697358	7965925
	S9	695872	7964672
4	S10	689776	7962985
	S11	688861	7962689
	S12	689173	7961872

12.1. Implantação de Vértices para Seções de Controle

Foram implantados marcos que serviram de Apoio às Seções Topobatimétricas de Controle, sendo estes as referências de partida dos levantamentos realizados para cada Seção de estudo.

As coordenadas foram obtidas através de vetores formados a partir dos Vértices de Referência utilizados, todos com amarração à RVG (consequentemente ao Sistema Geodésico Brasileiro).

Os marcos foram implantados em locais escolhidos estrategicamente situados próximos às Seções Topobatimétricas de Controle (o posicionamento foi apresentado anteriormente), buscando locais mais abertos, onde a cobertura vegetal permitiu o rastreamento dos mesmos com auxílio de receptores GNSS.

O método adotado para a determinação das coordenadas tridimensionais de cada vértice foi o de posicionamento relativo estático. Para as determinações através do rastreamento de satélites foram utilizados os seguintes procedimentos e configurações:

- ✓ Tempo de rastreamento com um mínimo de 2 horas em cada vértice;
- ✓ Informações das órbitas dos satélites (Precisas, Rápidas ou Transmitidas) quando necessárias;
- ✓ Máscara de elevação não inferior a 10°;
- ✓ Sistema de Referência SIRGAS2000, para saída dos resultados;
- ✓ Utilização de vetores independentes;
- ✓ Intervalo de gravação não superior a 5 (cinco) segundos;

Os vértices receberam nomenclatura com prefixo SM (de Seção para Monitoramento) e numeração sequencial a contar da seção mais a montante (S7) para jusante (S6); e foram implantados nas margens do Reservatório materializados por marcos de concreto. Abaixo são apresentadas fotografias dos vértices implantados, na sequência é apresentado o modelo com as dimensões dos marcos implantados.



Figura 68 - Seção 1: SM01 / SM01AZ.



Figura 69 - Seção 2: SM02 / SM02AZ.



Figura 70 - Seção 3: SM03.



Figura 71 - Seção 4: SM04 / SM04AZ.



Figura 72 - Seção 5: SM05 / SM05AZ.




Figura 73 - Seção 6: SM06 / SM06AZ.

As dimensões dos marcos implantados para Seções Topobatimétricas de Controle são idênticas aquelas apresentadas no **Capítulo 4.1. Transporte de Coordenadas**, em específico na Figura 4.

12.2. Processamento dos Vértices das Seções

O processamento dos Pontos de Controle de Qualidade foi realizado conforme descrição metodológica explicitada no **Capítulo 3.3 Levantamento, Processamento e Ajustamento**.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 90 de 122

12.3. Levantamento Topobatimétrico

A etapa de Levantamento Topobatimétrico das Seções de Controle é caracterizada pela coleta de informação posicional na superfície seca/molhada de cada ponto pertencente às seções pré-estabelecidas nas áreas de interesse.

O levantamento tem como pontos de partida os vértices implantados nas margens do Reservatório, e foi realizado por Estação Total e/ou receptor RTK.

Para o caso do levantamento com Estação Total as irradiações foram feitas simultaneamente com o desenvolvimento da poligonal e conforme seja necessário serão implantados pontos auxiliares para transporte de coordenadas e cotas. Para o levantamento com receptor RTK os dados foram medidos em tempo real e armazenados para posterior validação em escritório.

Os serviços foram realizados ao longo do alinhamento de cada Seção levantando-se pontos na parte seca a cada 10 m e/ou a cada diferença de altitude do relevo maior que 50 cm, os pontos de mudança de estação foram materializados (estaqueados) por piquetes e estacas.

Foram levantados todos os pontos de detalhes topográficos de interesse, tais como inflexões do terreno, drenagens com indicação de direção, afloramentos rochosos, estradas e outros. Quando necessário, foram levantados pontos fora do alinhamento para melhor caracterização desses detalhes.


Os trechos molhados (do Reservatório) de cada Seção foram levantados por batimetria. Os pontos registrados foram levantados através da medição da profundidade do rio por coleta de profundidade com ecobatímetro.

O espaçamento utilizado para os pontos coletados na batimetria foi no máximo de 2 m, o mesmo utilizado para o levantamento batimétrico do Reservatório.

Os Níveis d'Água - NA's do início e final da medição de cada seção batimétrica foram lidos, e também anotados o dia e hora correspondentes. As profundidades foram medidas a partir da cota do NA referido a uma mesma data e hora.

12.3.1. Levantamento por Estação Total

Devido a grande cobertura de vegetação na região não foi possível realizar todo levantamento por GNSS ou tecnologia RTK. Para realizar os levantamentos foram utilizadas técnicas de levantamento topográfico utilizando estação total por meio de leituras angulares e distâncias (topografia convencional).

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 91 de 122

Não obtivemos autorização de supressão de vegetação de maneira que não foi possível a abertura de clareiras para conseguirmos realizar rastreios GNSS nos pontos necessários para o fechamento das poligonais.

Outro fator que dificulta a realização dos trabalhos são os desvios necessários das árvores, agregando vários pontos auxiliares de poligonação.

Mediante a peculiaridade da situação e buscando a completude da realização dos serviços, alguns levantamentos foram realizados por topografia convencional e/ou com RTK.

Os métodos adotados para os Levantamentos Planialtimétricos estão apresentados nos tópicos abaixo.

12.3.1.1. Método da Poligonação

Uma poligonal consiste de um polígono irregular do qual são medidos os ângulos entre alinhamentos consecutivos e as distâncias entre os vértices vizinhos, para se determinar as coordenadas retangulares de seus vértices. Para o transporte de coordenadas utilizando este método foi necessário ter, pelo menos, dois pontos de coordenadas conhecidas. O método utilizado é apresentado na Figura a seguir.

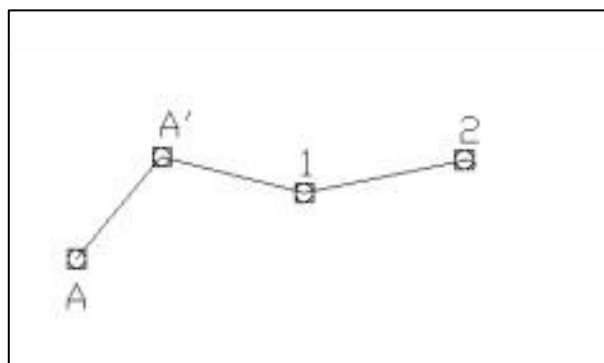


Figura 74 - Exemplo de Poligonal, apoiada em dois pontos (A e A').

Os pontos de coordenadas conhecidas são: A e A'. Os outros pontos (1 e 2) são os pontos que se deseja determinar as coordenadas.

12.3.1.2. Método das Irradiações

Este processo é utilizado para levantamento de pequenas áreas ou, principalmente como método auxiliar a Poligonação, e consiste em escolher um ponto conveniente para instalar o aparelho, podendo este ponto estar dentro ou fora do perímetro, tomando nota dos azimutes e distâncias entre a Estação Total e cada ponto visado.

O método das Irradiações é o mais utilizado para levantamentos de detalhes. Pode ser utilizado para um ou vários pontos em que se desejam obter as coordenadas. O método utilizado é apresentado na Figura abaixo.

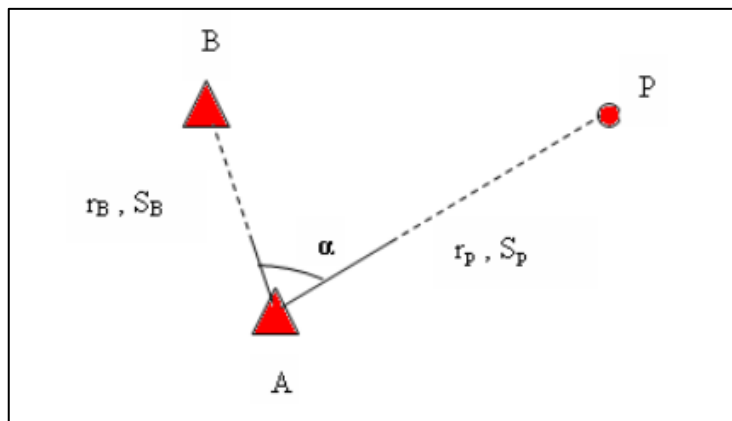


Figura 75 - Exemplo do Método das Irradiações {Fonte: Kahmen e Faig (1988)}.

Onde:

$$\alpha = (r_P - r_B)$$

α = diferença entre as direções r_P , r_B .

AZ_{AB} = azimute de AB;

r_P , r_B = direções medidas; e

S_P = distância medida.

As figuras abaixo mostram exemplos de fotografias da coleta de informação para Seções Topobatimétricas.



Figura 76 - Levantamento de Seções Topobatimétricas de Controle com Estação Total.

12.3.2. Levantamento por RTK

Os levantamentos executados por RTK foram realizados a partir dos Vértices das Seções Topobatimétricas e/ou por Vértices Auxiliares. Os dados de correção foram transmitidos por meio de um link de rádio do receptor instalado no vértice de referência ao receptor que percorre a seção de

interesse, coletando os pontos de medição. A solução encontrada é uma linha de base única com prévia solução fixa do vetor das ambiguidades para cada ponto.



Figura 77 - Levantamento de Seções Topobatimétricas com receptor RTK.

12.3.3. Processamento

Os processamentos dos Levantamentos Topográficos dos dados obtidos com Estação Total foram realizados utilizando-se o software *Topograph SE, versão 4.03*, a visualização dos dados RTK foi realizada pelo software Trimble Business Center, *versão 3.03*, seguindo a descrição da metodologia e as especificações abaixo:

- Sistema de Referência SIRGAS2000, para processamento e entrega dos resultados;
- Verificação de dados das Poligonais, as leituras foram avaliadas e eliminadas quando as mesmas influenciavam significativamente nas diferenças (distâncias, desníveis e ângulos) de ré e vante; e
- Cálculo das Irradiações a partir dos vértices implantados, rastreados e/ou pontos das poligonais.
- Os dados foram exportados para o AutoCAD Map 3D para edição dos desenhos.


12.3.4. Levantamentos Batimétricos

Os levantamentos batimétricos foram realizados a bordo de embarcações utilizando-se de ecobatímetro para medição de profundidades numa alta taxa de amostragem e de um receptor RTK para o posicionamento planimétrico diferencial em tempo real.

A metodologia de coleta é a mesma descrita anteriormente no *Capítulo 6 - Levantamento Batimétrico*, apenas voltada à coleta de dados para uma única seção.

12.4. Desenhos das Seções de Controle

Na medida em que o levantamento foi executado, foram sendo elaborados croquis do levantamento, a fim de mitigar as dúvidas durante a elaboração das plantas topográficas. De posse

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 94 de 122

dos dados de estação e das coordenadas dos pontos de partida, os processamentos foram executados com auxílio dos softwares de processamentos.

Os dados foram exportados para o *AutoCAD Map 3D* para edição dos desenhos.

Foram gerados os desenhos das Seções Topobatimétricas contendo todos os pontos do Levantamento. Esses desenhos foram sistematizados e padronizados, a Figura a seguir mostra um exemplo desses desenhos.

A indicação dos Níveis d'Água foi realizada conforme Desenho, mostrando o NA coletado no dia e horário do Levantamento Batimétrico para cada Seção.

12.5. Resultados Obtidos

O Levantamento das Seções Topobatimétricas de Controle é caracterizado pelos Levantamentos Topográficos e Batimétricos das Seções pré-estabelecidas. Uma fusão de metodologia que permite obtenção da continuidade da morfologia do terreno embaixo da massa de água do rio.

Os serviços na parte seca (terreno sobre a superfície) contemplaram o levantamento das seções topográficas a partir do Nível da Água até atingir a cota maximorum do Reservatório.

12.5.1. Implantação de Vértices de Apoio às STC's

A Tabela a seguir apresenta as coordenadas dos Vértices Implantados para Seções Topobatimétricas de Controle.

Tabela 18 - Lista de Coordenadas dos Vértices Implantados para as STC's.

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
Vértice	COORDENADAS UTM - F22S				COORDENADAS GEODÉSICAS			Altitude Ortométrica (m)	
	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	
PA01	661068,065	0,004	7954408,924	0,002	S18°29'40.66232"	O49°28'27.66930"	436,135	0,010	445,682
SM01	685965,820	0,003	7953990,086	0,003	S18°29'46.91371"	O49°14'18.80659"	425,335	0,024	436,045
SM01AZ	686148,985	0,001	7953913,868	0,001	S18°29'49.33434"	O49°14'12.53770"	425,310	0,012	436,026
SM02	685017,539	0,007	7952496,762	0,008	S18°30'35.77984"	O49°14'50.63626"	425,326	0,029	435,968
SM02AZ	685358,544	0,003	7952390,307	0,002	S18°30'39.13417"	O49°14'38.97623"	425,713	0,006	436,366
SM03	684616,191	0,002	7951206,856	0,002	S18°31'17.85697"	O49°15'03.89173"	424,063	0,013	434,651
SM03AZ	684917,308	0,002	7950917,221	0,002	S18°31'27.18142"	O49°14'53.53010"	424,429	0,017	435,021
SM04	678075,874	0,002	7946989,498	0,002	S18°33'37.04511"	O49°18'45.52170"	432,628	0,026	442,826
SM04AZ	677771,421	0,005	7946584,208	0,003	S18°33'50.31915"	O49°18'55.77439"	424,406	0,036	434,580
SM05	676174,294	0,007	7946652,405	0,009	S18°33'48.58528"	O49°19'50.26081"	423,720	0,016	433,831
SM05AZ	676424,117	0,002	7946371,390	0,002	S18°33'57.64937"	O49°19'41.65237"	423,750	0,015	433,863
SM06	675579,973	0,001	7945790,892	0,002	S18°34'16.78365"	O49°20'10.25653"	436,103	0,009	446,165
SM06AZ	676242,594	0,005	7945457,398	0,003	S18°34'27.43022"	O49°19'47.55328"	423,564	0,016	433,643
SM07	698516,912	0,003	7966221,881	0,006	S18°23'05.01916"	O49°07'15.32172"	431,839	0,003	443,103
SM07AZ	698316,510	0,003	7965866,911	0,006	S18°23'16.63025"	O49°07'22.02293"	431,483	0,002	442,735
SM08	697236,577	0,003	7966056,850	0,007	S18°23'10.81547"	O49°07'58.87561"	432,094	0,003	443,318
SM08AZ	697495,251	0,004	7965792,034	0,008	S18°23'19.34085"	O49°07'49.97150"	431,220	0,004	442,447
SM09	695804,657	0,004	7964835,621	0,007	S18°23'51.00771"	O49°08'47.22673"	428,264	0,004	439,424
SM09AZ	695942,208	0,005	7964506,983	0,011	S18°24'01.64950"	O49°08'42.42656"	430,374	0,004	441,532
SM10	689810,146	0,005	7963111,781	0,009	S18°24'49.03048"	O49°12'10.85511"	425,993	0,003	436,964
SM10AZ	689732,109	0,005	7962859,226	0,006	S18°24'57.26913"	O49°12'13.42858"	428,406	0,002	439,353
SM11	688727,792	0,004	7962719,215	0,007	S18°25'02.14527"	O49°12'47.59906"	429,926	0,005	440,885
SM11AZ	689015,102	0,003	7962663,394	0,006	S18°25'03.86851"	O49°12'37.79141"	427,237	0,004	438,158

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 / DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)									
COORDENADAS UTM - F22S					COORDENADAS GEODÉSICAS				
Vértice	Este (m)	σ	Norte (m)	σ	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Geométrica (m)	σ	Altitude Ortométrica (m)
SM12	689077,988	0,008	7961779,181	0,013	S18°25'32.60444"	O49°12'35.35129"	431,137	0,003	442,046
SM12AZ	689287,405	0,004	7961993,715	0,006	S18°25'25.56012"	O49°12'28.28826"	429,427	0,003	440,346

12.5.2. Levantamento Topobatimétrico das Seções

12.5.2.1. Seção Topobatimétrica com Estação Total / RTK

Os trechos e/ou Seções Topobatimétricas que foram levantadas por Estação Total / RTK tiveram seus pontos registrados e coletados através da medição da superfície, os levantamentos topográficos foram executados a partir dos Vértices das Seções Topobatimétricas mencionados acima. As irradiações foram feitas simultaneamente com o desenvolvimento da poligonal (Estação Total) e leitura direta (RTK). Conforme surgia a necessidade foram implantados pontos auxiliares para transporte de coordenadas e cotas.

No **Anexo 10E** são apresentados os Relatórios de Processamento dos resultados obtidos por Estação Total para os levantamentos realizados. No **Anexo 10C** são apresentados os Arquivos Brutos obtidos pela Estação Total.

No **Anexo 10F** são apresentados os Relatórios de Processamento RTK para os vértices auxiliares utilizados e dos resultados obtidos para os outros levantamentos realizados. No **Anexo 10D** são apresentados os Arquivos Brutos obtidos pelos receptores RTK.

No **Anexo 10A** são apresentados as Planilhas de Coordenadas das Seções Topobatimétricas levantadas para cada Seção.

A Tabela a seguir ilustra as coordenadas dos pontos levantados para cada Seção em execução por Levantamento Topográfico, como exemplos são apresentados apenas alguns registros dos pontos levantados para Seção Topobatimétrica de Controle S1 (as informações completas estão no **Anexo 10A**).

Tabela 19 - Lista de Coordenadas dos pontos levantados por Levantamento Topográfico (exemplo S01).

S01			
SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4 DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)			
Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
2	686162,713	7953908,156	436,868
1	686157,882	7953910,168	436,374

S01

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)

Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
1A	686157,694	7953910,246	436,372
SM01AZ	686148,985	7953913,868	436,026
3	686146,800	7953914,779	435,281
4	686144,944	7953915,551	433,307
5	686144,717	7953915,646	432,999
6	685969,252	7953988,658	433,116
7	685969,060	7953988,738	433,429
8	685967,737	7953989,288	435,306
SM01	685965,820	7953990,086	436,045
9	685963,834	7953990,913	435,486
10	685960,099	7953992,467	436,736

12.5.2.2. Seção Topobatimétrica com Ecobatímetro

Os trechos e/ou Seções Topobatimétricas que foram levantados por ecobatímetro tiveram a coleta automatizada conforme descrição da metodologia do levantamento batimétrico.

O espaçamento utilizado para os pontos da batimetria dados pela configuração do ecobatímetro e foi prevista para saída do processamento com um ponto a cada 2 metros. Os Níveis d'Água - NA's do início e final da medição de cada seção batimétrica foram lidos, e também anotados o dia e hora correspondentes. As profundidades foram medidas a partir do nível d'água e foram subtraídas das altitudes elipsoidais obtidas para cada ponto coletado.

Os levantamentos foram executados por ecobatímetro acoplado no receptor RTK, com obtenção dos resultados em tempo real, a partir dos Vértices das Seções Topobatimétricas mencionados acima.

No **Anexo 10G** são apresentados os Arquivos do Levantamento Batimétrico.

No **Anexo 10A** são apresentados as Planilhas de Coordenadas das Seções Topobatimétricas levantadas para cada Seção de Controle.

A Tabela a seguir mostra as coordenadas dos pontos levantados para cada Seção em execução por Levantamento Batimétrico, como exemplos são apresentados apenas alguns registros dos pontos levantados para Seção Topobatimétrica de Controle S1 (as informações completas estão no **Anexo 10A**).

Tabela 20 - Lista de Coordenadas dos pontos levantados Levantamento Batimétrico (exemplo S01).

S01

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)

Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
BT1	686136,681	7953917,646	430,367
BT2	686136,533	7953917,781	430,287
BT3	686136,298	7953917,958	430,119
BT4	686135,999	7953918,163	430,134
BT5	686135,642	7953918,392	430,138
BT6	686135,181	7953918,651	429,783
BT7	686134,675	7953918,917	429,569
BT8	686134,126	7953919,193	429,358
BT9	686133,529	7953919,484	428,934
BT10	686132,875	7953919,811	428,737
BT11	686132,178	7953920,179	428,624
BT12	686131,452	7953920,566	428,524
BT13	686130,702	7953920,962	428,491
BT14	686129,922	7953921,351	428,447
BT15	686129,106	7953921,735	428,269
BT16	686128,262	7953922,114	428,200
BT17	686127,390	7953922,493	428,131
BT18	686126,489	7953922,898	428,005
BT19	686125,578	7953923,316	427,961
BT20	686124,662	7953923,753	427,803
BT21	686123,743	7953924,211	427,668
BT22	686122,823	7953924,655	427,575
BT23	686121,893	7953925,099	427,648
BT24	686120,956	7953925,545	427,620
BT25	686120,015	7953925,995	427,693
BT26	686119,067	7953926,447	427,723
BT27	686118,117	7953926,902	427,734
BT28	686117,165	7953927,364	427,430
BT29	686116,210	7953927,835	427,428
BT30	686115,253	7953928,308	427,473
BT31	686114,288	7953928,755	427,481
BT32	686113,324	7953929,193	427,542
BT33	686112,364	7953929,628	427,700
BT34	686111,385	7953930,049	427,672
BT35	686110,400	7953930,482	427,596
BT36	686109,416	7953930,914	427,652
BT37	686108,435	7953931,340	427,610

S01

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)

Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
BT38	686107,452	7953931,755	427,414
BT39	686106,453	7953932,164	427,290
BT40	686105,455	7953932,572	427,448
BT41	686104,466	7953932,982	427,710
BT42	686103,456	7953933,388	427,683
BT43	686102,452	7953933,804	427,677
BT44	686101,451	7953934,221	427,619
BT45	686100,451	7953934,635	426,901
BT46	686099,449	7953935,045	426,113
BT47	686098,454	7953935,454	426,037
BT48	686097,455	7953935,856	425,306
BT49	686096,450	7953936,249	424,552
BT50	686095,455	7953936,662	423,971
BT51	686094,464	7953937,096	423,027
BT52	686093,480	7953937,529	421,465
BT53	686092,506	7953937,948	420,153
BT54	686091,530	7953938,352	419,584
BT55	686090,549	7953938,758	418,926
BT56	686089,572	7953939,159	418,204
BT57	686088,598	7953939,556	417,168
BT58	686087,601	7953939,963	416,088
BT59	686086,604	7953940,367	414,619
BT60	686085,604	7953940,761	413,597
BT61	686084,599	7953941,144	411,398
BT62	686083,586	7953941,527	411,013
BT63	686082,569	7953941,923	410,506
BT64	686081,556	7953942,327	409,544
BT65	686080,546	7953942,734	407,370
BT66	686079,518	7953943,139	406,600
BT67	686078,466	7953943,557	405,814
BT68	686077,403	7953943,980	405,114
BT69	686076,334	7953944,405	404,172
BT70	686075,255	7953944,842	403,824
BT71	686074,167	7953945,277	403,000
BT72	686073,079	7953945,712	402,518
BT73	686071,991	7953946,150	401,997
BT74	686070,894	7953946,597	401,996

S01

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)

Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
BT75	686069,795	7953947,060	401,920
BT76	686068,694	7953947,524	401,916
BT77	686067,593	7953947,983	402,009
BT78	686066,490	7953948,438	402,006
BT79	686065,390	7953948,883	402,023
BT80	686064,293	7953949,331	402,050
BT81	686063,200	7953949,787	402,145
BT82	686062,093	7953950,244	402,173
BT83	686060,986	7953950,720	402,394
BT84	686059,881	7953951,200	402,412
BT85	686058,776	7953951,674	402,636
BT86	686057,661	7953952,130	403,217
BT87	686056,541	7953952,576	403,850
BT88	686055,415	7953953,022	404,209
BT89	686054,283	7953953,471	404,831
BT90	686053,156	7953953,918	405,072
BT91	686052,022	7953954,369	405,320
BT92	686050,887	7953954,828	406,048
BT93	686049,756	7953955,298	406,311
BT94	686048,629	7953955,790	407,189
BT95	686047,514	7953956,281	409,116
BT96	686046,403	7953956,768	410,896
BT97	686045,297	7953957,248	410,983
BT98	686044,198	7953957,728	412,068
BT99	686043,094	7953958,217	412,587
BT100	686041,991	7953958,717	412,459
BT101	686040,892	7953959,224	413,937
BT102	686039,794	7953959,725	414,725
BT103	686038,698	7953960,201	417,848
BT104	686037,596	7953960,645	418,616
BT105	686036,486	7953961,053	419,455
BT106	686035,374	7953961,449	421,145
BT107	686034,247	7953961,856	422,829
BT108	686033,122	7953962,274	423,696
BT109	686032,009	7953962,699	423,571
BT110	686030,904	7953963,129	423,623
BT111	686029,800	7953963,556	425,518

S01

SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)

Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
BT112	686028,696	7953963,987	425,831
BT113	686027,590	7953964,429	426,910
BT114	686026,490	7953964,880	427,005
BT115	686025,391	7953965,356	427,769
BT116	686024,286	7953965,851	427,797
BT117	686023,176	7953966,357	427,849
BT118	686022,073	7953966,839	427,784
BT119	686020,960	7953967,306	427,699
BT120	686019,844	7953967,777	427,738
BT121	686018,730	7953968,257	427,644
BT122	686017,611	7953968,714	427,568
BT123	686016,497	7953969,168	427,617
BT124	686015,381	7953969,621	427,535
BT125	686014,261	7953970,071	427,610
BT126	686013,143	7953970,515	427,534
BT127	686012,023	7953970,968	427,612
BT128	686010,901	7953971,430	427,641
BT129	686009,776	7953971,901	427,697
BT130	686008,651	7953972,369	427,551
BT131	686007,541	7953972,841	427,388
BT132	686006,434	7953973,317	427,292
BT133	686005,324	7953973,800	427,256
BT134	686004,218	7953974,287	427,271
BT135	686003,114	7953974,765	427,121
BT136	686002,012	7953975,244	426,991
BT137	686000,913	7953975,729	427,034
BT138	685999,801	7953976,220	427,082
BT139	685998,697	7953976,708	427,233
BT140	685997,587	7953977,186	427,191
BT141	685996,465	7953977,655	427,443
BT142	685995,352	7953978,125	427,412
BT143	685994,240	7953978,602	427,342
BT144	685993,131	7953979,080	427,284
BT145	685992,028	7953979,556	427,306
BT146	685990,904	7953980,031	427,392
BT147	685989,785	7953980,510	427,244
BT148	685988,675	7953980,992	427,436

S01


SISTEMA DE REFERÊNCIA SIRGAS 2000,4

DATUM VERTICAL IMBITUBA-SC (Ajuste 2011)


Ponto	COORDENADAS UTM - F22S		Altitude Ortométrica (m)
	Este (m)	Norte (m)	
BT149	685987,574	7953981,477	427,618
BT150	685986,463	7953981,965	427,586
BT151	685985,362	7953982,466	427,534
BT152	685984,263	7953982,945	427,712
BT153	685983,162	7953983,386	428,323
BT154	685982,062	7953983,843	428,557
BT155	685980,958	7953984,282	428,856
BT156	685979,870	7953984,710	429,249
BT157	685978,813	7953985,129	429,562
BT158	685977,829	7953985,532	429,798
BT159	685976,887	7953985,892	430,028
BT160	685976,011	7953986,241	430,020
BT161	685975,205	7953986,587	430,284
BT162	685974,354	7953986,860	431,076
BT163	685973,571	7953987,126	431,380
BT164	685972,826	7953987,378	431,754

12.6. Produtos Entregues na Etapa de Implantação da STC's

- 1) Arquivo do Google Earth contendo distribuição espacial dos vértices utilizados, no formato *.KMZ, contido no Anexo 1;
- 2) Monografia detalhada do vértice implantado para RVG, em específico o PA01, no formato *.PDF, contida no Anexo 2B;
- 3) Desenhos das Seções Topobatimétricas de Controle, em Planta e Perfil, no formato *.DWG, contida no Anexo 10A;
- 4) Monografias detalhadas dos vértices implantados para Seções Topobatimétricas de Controle, no formato *.PDF, contida no Anexo 10B;
- 5) Dados digitais do sistema de coleta da Estação Total (dados de medição), contidos no Anexo 10C;
- 6) Dados digitais do sistema de coleta do receptor GNSS-RTK (dados de rastreamento), contidos no Anexo 10D;
 - i. Arquivos Rinex II e originais dos vértices ocupados;
 - ii. Planilha de campo contendo as informações realizadas no rastreamento, no formato *.PDF.
- 7) Relatórios técnicos de Processamento dos dados da Estação Total, no formato *.PDF, contidos no Anexo 10E;
- 8) Relatórios técnicos de Processamento e Ajustamento dos dados GNSS-RTK, no formato *.PDF, contidos no Anexo 10F;

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 104 de 122

- 9) Dados digitais do sistema de coleta do ecobatímetro (dados de medição), contidos no Anexo 10G:
 - i. Arquivos Brutos, no formato *.RAW;
 - ii. Arquivos Editados:
 1. Soundings editadas, no formato *.RAW;
 2. Malhas de Pontos Resultantes, no formato *.TXT;
 3. Ecogramas Resultantes, no formato *.PDF
 4. Planilha de Coordenadas, no formato *.XLSX;
- 10) Planilha de coordenadas contendo informações dos Vértices das STC's apresentadas em Coordenadas Geodésicas e no Sistema UTM, no referencial SIRGAS2000, no formato *.PDF, contidas no Anexo 10H;
- 11) Registros Fotográficos dos Vértices implantados, no formato *.JPEG, contidos no Anexo 10I;

	<p align="center">Engenharia & Construção</p>	<p>CÓDIGO EGP</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00</p>
		<p>PÁGINA – PAGE</p> <p align="center">105 de 122</p>

13. CONTROLE DE QUALIDADE DOS SERVIÇOS REALIZADOS

O Controle de Qualidade dos Serviços Realizados (Levantamento, Processamento e Ajustamento dos Vértices) corresponde ao processo da TOPOCART cujas atividades visam garantir e atender à qualidade prevista para essa etapa. As atividades de controle da qualidade realizadas para os produtos, dessa etapa, foram descritas a seguir:

13.1. Conferência dos Equipamentos

1. Checagem do tipo de equipamento utilizado: tipo, marca, modelo, modelo de antena e código;
2. Checagem do perfeito funcionamento dos equipamentos;

13.2. Execução dos Trabalhos de Campo

3. Avaliação da localização dos Vértices Oficiais de Referência existentes;
4. Avaliação da localização dos vértices a serem implantados na Rede de Vértices Geodésicos do Reservatório, para o Modelo Geoidal Local e Seções Topobatimétricas de Controle;
5. Avaliação do local dos marcos existentes passíveis de reocupação

13.3. Dados Coletados no Rastreio dos Pontos

6. Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis e arquivo GNSS);
7. Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
8. Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
9. Verificação das cadernetas de campo;

13.4. Dados Coletados no Nivelamento Geométrico

10. Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, coordenadas dos PS's e arquivos *.GSI);
11. Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
12. Verificação das cadernetas de campo;

13.5. Dados Coletados no Levantamento Batimétrico

13. Checagem da montagem na embarcação dos Ecobatímetro / RTK;
14. Aferição da profundidade a partir das medidas obtidas no transdutor;
15. Validação dos parâmetros de coleta pelo tela do software no ato de tomada dos dados;
16. Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo e arquivos *.RAW);
17. Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
18. Checagem dos NA's obtidos com as cadernetas de variação do nível d'água;
19. Verificação das observações registradas;
20. Conferência dos resultados e informações constantes para geração da Planta Batimétrica;
21. Conferência de representação das isóbatas e linhas de sondagem percorridas;
22. Conferência do layout, tamanho dos textos, conectividade dos vetores, visualização das informações digitais; e
23. Conferência sobre a plotagem final.

13.6. Dados Coletados para Seções Topobatimétricas de Controle

24. Conferência da completude das informações coletadas para Seções Topobatimétricas (por estação total, RTK e por ecobatímetro);
25. Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis, arquivo GNSS, RTK, M21);
26. Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
27. Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
28. Verificação das cadernetas de campo;

13.7. Processamento e Ajustamento

29. Avaliação dos vetores processados através do relatório de processamento e ajustamento;
30. Conferência dos resultados obtidos para atendimento das especificações;
31. Avaliação do ajustamento através do relatório de ajustamento;
32. Conferência, através de testes condicionais, das precisões de todas as coordenadas (desvios-padrão de E, N, h) e ainda da resultante das componentes dos desvios-padrão;
33. Para o nivelamento análise dos resultados obtidos mediante fechamento do circuito e conferência do atendimento das especificações;

13.8. Elaboração do MGL

34. Avaliação dos resultados obtidos (rastreamento GNSS e nivelamento);
35. Comparação com as ondulações do Modelo Geoidal IBGE MAPGEO2010 V1;
36. Análise das isolinhas a partir das ondulações reais obtidas;
37. Validação do modelo obtido com os todos os pontos rastreados/nivelados;
38. Conferência das informações constantes da planta do MGL;

13.9. Base Cartográfica Atualizada 1:10.000


39. Avaliação de qual referencial que a Base fornecida pelo Cliente está;
40. Compatibilização com as Referências Oficiais do SGB, Ajustamento 2011;
41. Realização do *Teste de Carta* na Base Cartográfica Atualizada;
42. Junção da Cartografia Existente (parte seca) com a Batimetria (parte molhada);
43. Conferência dos resultados e informações constantes;
44. Conferência de representação de todos os elementos cartográficos;
45. Conferência do layout, tamanho dos textos, conectividade dos vetores, visualização das informações digitais; e
46. Conferência sobre a plotagem final.

13.10. Desenhos das Seções Topobatimétricas

47. Conferência da escala utilizada para representação das informações;
48. Conferência de representação de todos os elementos;
49. Conferência do layout de cada planta, tamanho dos textos, conectividade dos vetores, visualização das informações digitais; e
50. Conferência sobre a plotagem final.

13.11. Dados Técnicos

51. Análise dos procedimentos metodológicos seguidos, em atendimento às Especificações e


	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 107 de 122

Normas Técnicas;

52. Validação dos produtos gerados;

13.12. Monografias de Vértices Implantados

- 53. Conferência dos itinerários utilizando o Google Earth;
- 54. Conferência da coerência nos textos gerados, da conectividade entre as palavras, se todas as indicações de nomes próprios foram iniciadas por letra maiúscula e a correta pontuação;
- 55. Conferência do tamanho das fotos de campo e croquis;
- 56. Conferência da existência de apenas um itinerário / foto do campo / imagem do Google Earth para cada vértice e que eles estão tratando da mesma informação em cada item.

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 108 de 122

14. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados e os materiais entregues, conclui-se que os produtos gerados para as etapas IMPLANTAÇÃO DA RVG, NIVELAMENTO GEOMÉTRICO e CONFECÇÃO DO MODELO GEOIDAL LOCAL possuem qualidade compatíveis com o preconizado na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº1/2014/AA-ANA, além das Normas Técnicas vigentes das áreas de Cartografia, Topografia e Geodésia utilizadas para esse projeto.

A RVG foi implantada buscando espaçamento regular entre os vértices, de maneira que um limite de abrangência do reservatório ficasse preenchido, oferecendo suporte a futuros trabalhos e condicionante para amarrações de levantamentos topográficos e batimétricos que se fizerem necessários.


Deve-se considerar que o Nivelamento Geométrico esteve condicionado às restrições de acessos, dificultando a realização do mesmo, obtendo-se um circuito único circundando o reservatório. As travessias sobre o Rio Paranaíba foram realizadas, sendo uma sobre a ponte de ligação Itumbiara-GO / Araporã-MG e a outra por dentro do Rio nas proximidades dos Vértices S08 / S08AZ.

Para geração do Modelo Geoidal Local, em função dos resultados dos trabalhos realizados, tanto em campo quanto no processamento das informações de Rastreios GNSS e Nivelamento Geométrico, constatam-se tanto em sua totalidade quanto de forma pontual que as ondulações resultantes mostram consistência baseada na análise da circunvizinhança de cada vértice medido (Altitude Geométrica e Ortométrica).

Observa-se uma diferença aproximada de 15 cm quando comparadas as ondulações geoidais obtidas pelo Modelo Geoidal Local e o IBGE MAPGEO 2010 V1, a diferença é variável e ligada à localização dos pontos analisados e não configuram uma constante para a área do projeto. Os valores das diferenças variam de -0,34 m à -0,01 m.


Na comparação das Curvas CAV Antiga X CAV 2015 e 2019 foram realizadas análises que identificaram que a extensão do reservatório considerado para a Curva CAV Antiga se estende até as proximidades de Itumbiara não sendo passível a comparação entre as mesmas, o que dificulta a visualização / validação de possíveis assoreamentos pelo gráfico das Curvas CAV.

O método utilizado para análise de assoreamento foi a comparação entre os perfis transversais de 12 seções topobatimétricas realizadas no reservatório em 1986 (provenientes do estudo de remanso) X 2015 e 2019 (obtidas pela Superfície da Modelagem Digital do Terreno). Os resultados mostram um grau de assoreamento baixo quando comparadas as seções topobatimétricas (1986 X 2015 e 2019). Enfatiza-se também que o reservatório da UHE-CD opera a fio d'água com uma

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 109 de 122


depleção da ordem de 1 m e, portanto, eventual assoreamento não interferirá na operação das unidades de geração.

O Controle de Qualidade das etapas foi realizado garantindo que a execução dos serviços e a geração dos produtos atendam às precisões exigidas para utilização dos produtos finais necessários para Implantação da Rede Geodésica para o Reservatório, Reocupação dos Vértices Existentes, Elaboração do Modelo Geoidal Local e Apoio Suplementar para o Levantamento Aerofotogramétrico.


	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 110 de 122

15. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- 3 (três) Veículos, tipo caminhonete 4 x 4, Toyota Hilux (2) e Volkswagen Amarok (1);
- 6 (seis) Receptores GNSS, Marca TRIMBLE, Modelo R8 e acessórios;
- 2 (dois) Receptores RTK / GPS/GNSS Marca Trimble Modelo R8-3 e acessórios;
- 3 (três) Receptores GPS de navegação, marca Garmin, modelo Etrex;
- 3 (três) Câmeras fotográficas digitais;
- 1 (um) Nível Topográfico, Marca LEICA, Modelo DNA03 e acessórios;
- 1 (uma) Estação Total, Marca LEICA, Modelo TS02 e acessórios;
- 1 (um) Ecobatímetro digital, Marca SYQWEST, Modelo Bathy 500 MF com transdutor Bathy 500 MF 210 kHz com precisão de +/- 0,1% da Profundidade e saída digital por interfaces RS 232/422; e
- 3 (três) Notebooks Marca HP Modelo Pavilion04;
- 1 (um) Software Trimble Business Center, versão 3.03;
- 1 (um) Software AutoCad Map 2010 3D;
- 1 (um) Software Trimble Business Center, versão 3.03;
- 1 (um) Software AutoCad Civil 2010 3D;
- 1 (um) Software Topograph SE;
- 1 (um) Software Hydromagic 2012;
- 1 (um) Software Professional Hydrographic Survey - Eye4 Software, usado para configuração do ecobatímetro Bathy 500 MF, visualização digital das profundidades (ecogramas) e coleta dos dados batimétricos, auxílio na navegação em tempo real, edição e processamento dos dados batimétricos.
- 1 (um) Barco de alumínio com 6 m de comprimento 1,20 m de boca com motor de 60 HP;


	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		111 de 122

ANEXO 1 - ARQUIVO KMZ (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 112 de 122


ANEXO 2 - REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS

- 2A - Monografias dos Vértices de Referência Oficiais
- 2B - Monografias dos Vértices Implantados para RVG
- 2C - Planilha de Coordenadas da RVG
- 2D - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)
- 2E - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS (APENAS DIGITAL)
- 2F - Arquivos Brutos GNSS (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 113 de 122


ANEXO 3 - NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

- 3A - Relatórios do Processamento do Nivelamento Geométrico (APENAS DIGITAL)
- 3B - Arquivos Brutos do Nivelamento Geométrico (APENAS DIGITAL)
- 3C - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 114 de 122


ANEXO 4 - MODELO GEOIDAL LOCAL

- 4A - Desenho do MGL
- 4B - Superfície Geotiff do MGL (APENAS DIGITAL)
- 4C - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)
- 4D - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS (APENAS DIGITAL)
- 4E - Arquivos Brutos GNSS (APENAS DIGITAL)
- 4F - Planilha de Coordenadas do MGL

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 115 de 122


ANEXO 5 - PONTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

- 5A - Monografias dos Pontos de CQ
- 5B - Planilha de Coordenadas do CQ
- 5C - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)
- 5D - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS (APENAS DIGITAL)
- 5E - Arquivos Brutos GNSS (APENAS DIGITAL)
- 5F - Relatório de Qualidade GeoPEC


	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		116 de 122

ANEXO 6 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

- 6A - Arquivos do Levantamento Batimétrico (Seções Brutas e Editadas) (APENAS DIGITAL)
- 6B - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)
- 6C - Arquivo KMZ dos Pontos Inacessíveis do Lev. Batimétrico (APENAS DIGITAL)
- 6D - Planta de Distâncias e Desníveis


	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		117 de 122

ANEXO 7 - BASE CARTOGRÁFICA ATUALIZADA 1:10.000

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 118 de 122


ANEXO 8 - MODELOS DIGITAIS

- 8A - Modelo Digital do Terreno (Reservatório, Entorno e Geral) (APENAS DIGITAL)
- 8B - Modelo Digital de Profundidade (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 119 de 122


ANEXO 9 - CURVAS CAV

- 9A - Curvas CAV (geradas a cada cm e a cada 1 cm)
- 9B - Comparação das Curvas CAV Antiga x 2015 (geradas a cada cm e a cada 50 cm)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE 120 de 122


ANEXO 10 - SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS DE CONTROLE

- 10A - Desenhos das STC's
- 10B - Monografia dos Vértices Implantados para STC's
- 10C - Arquivos Brutos de Estação (APENAS DIGITAL)
- 10D - Arquivos Brutos GNSS-RTK (APENAS DIGITAL)
- 10E - Relatórios de Processamento de Estação (APENAS DIGITAL)
- 10F - Relatórios de Processamento e Ajustamento GNSS-RTK (APENAS DIGITAL)
- 10G - Arquivos do Levantamento Batimétrico (Seções Brutas e Editadas) (APENAS DIGITAL)
- 10H - Planilha de Coordenadas das STC's
- 10I - Registros Fotográficos (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		121 de 122

ANEXO 11 - FOLHAS PARCIAS DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO ANTIGO

- Mosaico das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no referencial CELG, com sobreposição do limite do reservatório na Cota 431,50 m (APENAS DIGITAL)

	Engenharia & Construção	CÓDIGO EGP
		GRE.OEM.R.88.BR.H.68448.09.003.00
		PÁGINA – PAGE
		122 de 122

ANEXO 12 - COMPARAÇÃO DAS SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS 1986 X 2015

- 12A - Mosaico Georreferenciado das Folhas do Mapa Topográfico da Bacia de Acumulação da Barragem Cachoeira Dourada no Sistema de Referência SIRGAS 2000 (APENAS DIGITAL)
- 12B - Desenhos Comparativo das Seções Topobatimétricas 1986 X 2015 (APENAS DIGITAL)