

UHE Salto
do Rio
Verdinho

Relatório Técnico

Atualização das Curvas Cota x Área x Volume



Contratante: Votorantim S.A.

Contratado: Rural Tech Comércio E Serviços Eireli

CONTRATO DE SERVIÇOS ESPECIALIZADOS NA ÁREA DE CARTOGRAFIA, BATIMETRIA, TOPOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO PARA ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME PARA ATENDIMENTO DA RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/ANEEL Nº 03/2010 CONFORME SEGUNDA VERSÃO DO DOCUMENTO ORIENTATIVO DA ANA “ORIENTAÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME”.

UHE SALTO DO RIO VERDINHO

SRV-CAV-RT-R02

ELABORAÇÃO:

Geofísico Kayque Bergamashci

NOVEMBRO - 2020

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA	4
3. OBJETIVO	5
4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....	6
5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	6
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	7
6. CLASSIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO QUANTO O POTENCIAL DE ASSOREAMENTO.....	7
6.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO POTENCIAL ASSOREAMENTO	8
6.2 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA (Pss)	8
6.3 POSIÇÃO DO RESERVATÓRIO NA CASCATA (PRC)	9
6.4 REGIME DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO (ROR).....	10
6.5 MAGNITUDE E IMPORTÂNCIA DOS EFEITOS DO ASSOREAMENTO (MI)	10
6.6 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE (NC).....	11
7. LEVANTAMENTOS REALIZADOS	11
7.1 IMPLANTAÇÃO DA REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS - RVG	12
7.2 MODELO GEODAL BRASILEIRO – MAPGEO 2015.....	15
7.2.1 AVALIAÇÃO DO MAPGEO2015	15
7.3 MAPEAMENTO DA ÁREA MOLHADA	18
7.4 MAPEAMENTO DA ÁREA SECA	19
7.4.1 CONTROLE DE QUALIDADE DA BASE CARTOGRÁFICA	20
7.5 IMPLANTAÇÃO DAS SEÇÕES DE CONTROLE	20
8. PRODUTOS E RESULTADOS	21
8.1 MODELO DIGITAL DO TERRENO – MDT	21
8.1.1 MODELO DIGITAL DO TERRENO	21
8.2 CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME.....	25
8.2.1 METODOLOGIA	25
8.2.2 CORRELAÇÃO DAS COTAS ENTRE O SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) E A COTA DA RÉGUA DE OPERAÇÃO (RÉGUA BARRAMENTO DA UHE SALTO DO RIO VERDINHO)	26
8.2.3 CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME.....	26
8.2.4 COMPARAÇÃO COM A CURVA ANTIGA	29
8.2.5 AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	29
8.3 CARTAS TOPOBATIMÉTRICAS	30
8.4 SEÇÕES DE MONITORAMENTO DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS.....	31

9. CONCLUSÃO	33
1. ANEXOS	34
ANEXO I CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME – TABELA.....	35

RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS APRESENTADOS

Relatório Técnico - Atualização Das Curvas Cota X Área X Volume

ANEXO 01 - Levantamentos Geodésicos

ANEXO 02 - Levantamentos Batimétricos



Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa e todos ganham.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades técnicas de topografia e geodésia, executadas para a atualização das curvas Cota x Área x Volume do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho, cuja área industrial está localizada no município de Itarumã, no estado do Goiás. Os serviços de levantamentos geodésicos e topográficos foram executados pela empresa Rural Tech, nos meses de julho e agosto de 2020, conforme contrato com a Votorantim S.A.

A Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 3/2010 –, em seu Artigo 8º, determina que para as usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, o processo de assoreamento do reservatório deve ser avaliado com base na atualização das curvas Cota x Área x Volume. Este estudo deve ser realizado pelo concessionário ou autorizado da seguinte forma:

- I. para empreendimentos que, na data de publicação desta Resolução, estiverem em operação há oito anos ou mais, a atualização deverá ser feita no prazo de até 24 meses contados da data de publicação desta Resolução e, a partir da referida atualização, a cada 10 anos;
- II. para os demais empreendimentos não atingidos pelo inciso I, a atualização o deverá ser realizada a cada 10 anos, contados a partir do início de sua operação comercial.

Dessa forma, este relatório contempla os materiais e métodos empregados nos levantamentos realizados pela equipe da Rural Tech, na atualização das curvas cota x área x volume, para atendimento dessa resolução pela UHE Salto do Rio Verdinho.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA

Fundada em 1984, a Rural Tech iniciou suas atividades como fabricante de máquinas e equipamentos de irrigação.

Após mais de duas décadas atuando em áreas relacionadas à produção agrícola, levantamentos em campo e projetos agrônômicos e de irrigação, a empresa concentrou suas atividades na área de levantamentos topográficos,

hidrométricos e geológicos para subsidiar projetos de geração de energia hidrelétrica.

Com a resposta positiva do mercado e suas expectativas de crescimento, a Rural Tech ampliou seus limites geográficos, atendendo seus clientes em toda parte do território nacional.

O ingresso na área de batimetria multifeixe trouxe à Rural Tech novas experiências e muito conhecimento agregado aos ativos organizacionais. Atualmente, possuímos uma história de parceria e trabalhos bem-sucedidos com grandes empresas, o que lhe garante o conhecimento das boas práticas específicas deste mercado, principalmente nos quesitos de qualidade.

Na busca constante da prestação de melhores serviços, a Rural Tech cada vez mais procura adquirir e incorporar ao seu acervo, profissionais e tecnologias atuais, além de manter um trabalho constante junto aos clientes e fornecedores no sentido de aprimorar continuamente seus processos.

A “Rural Tech” é uma empresa de prestação de serviços, com atividades voltadas ao campo de Topografia, Batimetria e Geomensura, desenvolve levantamentos de forma rápida e precisa de forma integrada para atendimento das necessidades de seus clientes.

3. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é a atualização das curvas cota x área x volume da UHE Salto do Rio Verdinho, em atendimento à resolução conjunta ANA/ANEEL N °3 de 2010.

Para isso a contratada executou as seguintes atividades:

- Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG) no entorno do reservatório, por rastreo GNSS L1/L2;
- Avaliação do Modelo Geoidal Brasileiro – MAPGEO 2015.
- Mapeamento da área molhada por meio de tecnologia de ensonificação do leito com sonar monofeixe de todo o espelho d'água do reservatório e braços.
- Implantação de Seções de Controle para o monitoramento do assoreamento.

- Integração de Dados e Construção do Modelo Digital do Terreno.
- Definição das Curvas Cota x Área x Volume.
- Elaboração de Relatório Final para ser entregue a ANA.

4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Este trabalho é composto por um relatório técnico, denominado “*Atualização das Curvas Cota x Área x Volume*” e 2 (dois) anexos.

O Relatório Técnico, denominado “*Atualização das Curvas Cota x Área x Volume*” contém a classificação do reservatório quanto ao nível de criticidade, o Modelo Digital do Terreno – MDT, as cartas topobatemétricas, as seções de controle e as curvas Cota x Área x Volume do reservatório.

O Anexo 01, denominado “Levantamentos Geodésicos”, apresenta todos os serviços realizados para a implantação da Rede de Vértices Geodésicos – RVG e elaboração do Modelo Geoidal Local – MGL, bem como as monografias dos marcos da RVG e a carta geoidal da região do reservatório.

O Anexo 02, denominado “Levantamentos Batimétricos”, inclui todos os procedimentos para o mapeamento da área molhada do reservatório por meio da tecnologia multifeixe, bem como os produtos resultantes do levantamento batimétrico.

5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Quadro 5-1 a seguir apresenta as características da Usina Hidrelétrica Salto do Rio Verdinho I.

Quadro 5-1 - Características do Empreendimento

Localização	Rio Verde
Bacia Hidrográfica	Paraná
Sub-Bacia Hidrográfica	Tocantins
Municípios margem direita	Itarumã - GO
Municípios margem esquerda	Caçu- GO
Tipo	Fio d'água
Coordenadas geográficas da usina	13°49'44" S / 48°18'24" O
Potência Instalada (MW)	93

Entrada em operação	24/06/2010
Área de drenagem total até a barragem (km ²)	47,1
Área do espelho d'água no nível máximo útil (km ²)	42,8
² NA Máximo Normal (m)	370,5
² NA Mínimo Operacional (m)	369,5
¹ Volume N.A Máximo Normal (hm ³)	394,3
Volume N.A. Mínimo Operacional (hm ³)	352,5
Área inundada no N.A. Máximo Normal (km ²)	47,08
Nota 1: Volumes antes da presente atualização da curva cota x área x volume.	
Nota 2: Cotas referenciadas à cota de operação da usina.	

5.1 Caracterização da Bacia

Com uma extensão de aproximadamente 880 km², a Bacia Hidrográfica do Paraná abrange sete estados, em três regiões diferentes: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal.

O potencial hidrelétrico da Bacia do Paraná, que também influencia na questão econômica, é grande – cerca de 41.560 megawatts. É na região que estão localizadas usinas importantes, como a de Itaipu, instalada no Rio Paraná na fronteira do Brasil e Paraguai, e Furnas, construída no Rio Grande, em Minas Gerais.

Os principais rios que compõem a Bacia do Paraná são: Rio Paraná, Rio Grande, Rio Tietê, Rio Paranapanem, Rio Verde, Rio Ivaí e outros.

O Rio Verde nasce na Serra da Mantiqueira, entre os municípios de Itanhandu e Passa Quatro, tem um comprimento de aproximadamente 220 km e seus afluentes principais são: Rio do Aterrado, Rio Capivari, Rio Passa Quatro, Rio São Bento.

6. CLASSIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO QUANTO O POTENCIAL DE ASSOREAMENTO

Os dados apresentados neste item 6 foram obtidos no documento “Plano De Trabalho Para Atualização Da Curva Cota X Área X Volume da UHE Salto do Rio

Verdinho”, plano de trabalho da UHE Salto do Rio Verdinho entregue a ANA pela Votorantim S.A.

6.1 Classificação Quanto ao Potencial Assoreamento

O reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho foi classificado com Nível de Criticidade Baixo (classe 3), em função dos parâmetros apresentados nos subitens seguintes, resumidos no Quadro 6-1.

Quadro 6-1 – Quadro resumo dos parâmetros de classificação do reservatório quanto ao potencial de assoreamento

Potencial de produção de Sedimentos na Bacia (Pss)	Médio – 2
Posição do Reservatório na cascata (Prc)	Alto – 3
Regime de Operação do reservatório (Ror)	Alto – 3
Magnitude e Importância dos efeitos do assoreamento (MI)	Alto – 3
Nível de Criticidade	Classe 1 (Alto – 0,95)

6.2 Potencial de Produção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica (Pss)

A descarga sólida média anual afluente ao reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho foi estimada a partir do “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros” (Eletrobrás/IPH, Agosto de 1992), conforme indicação das “Orientações para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume”, publicado pela ANA/ANEEL, em dezembro de 2013.

Portanto, a descarga sólida média anual afluente ao reservatório da Salto do Rio Verdinho está na faixa de 10 e 50 t/km²/ano.

De acordo com as Orientações Para Atualização da Curvas Cota X Área X Volume da Agência Nacional de Águas o potencial de produção de sedimentos, Pss, é classificado como:

- Pss < 25 ton/km²/ano → Baixo potencial (1)
- Pss entre 25 e 100 ton/km²/ano → Médio potencial (2)
- Pss > 100 ton/km²/ano → Alto potencial (3)

Desta forma, a UHE Salto do Rio Verdinho está classificada, quanto ao potencial de produção de sedimentos da bacia hidrográfica, como **Médio Potencial (2)**.

PSS = 2

Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa e todos ganham.

6.4 Regime de Operação do Reservatório (Ror)

A classificação para a suscetibilidade ao assoreamento, em função do regime de operação do reservatório, baseia-se em um índice de regularização (IR, valor expresso em dias) dado pela seguinte expressão:

$$IR = \frac{Volume\acute{u}til}{Vaz\tilde{a}o\ Turbina\ da\ M\acute{e}dia}$$

Ao qual aplica-se o seguinte critério:

- IR < 30 dias → **Baixa Suscetibilidade (1).**
- IR entre 30 e 150 dias → **Média Suscetibilidade (2).**
- IR > 150 dias → **Alta Suscetibilidade (3).**

Considerando que a UHE Salto do Rio Verdinho possui vazão turbinada média de 153,55 m³/s e um volume útil de 41,8 hm³, o índice de regularização obtido para o referido reservatório foi de IR = 3,15 dias. Com isso, de acordo com os critérios acima apresentados, o reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho pode ser enquadrado como sendo de **Baixa suscetibilidade (1).**

$$Ror = 1.$$

6.5 Magnitude e importância dos efeitos do assoreamento (MI)

A classificação para a magnitude e importância dos efeitos do assoreamento indicados pela ANA são os seguintes:

- Reservatórios, nos quais pelo menos um dos parâmetros anteriores seja considerado como de Alta Suscetibilidade ou Potencial, constituem total ou parcialmente hidrovias ou ainda possuam pelo menos três municípios com mais de 50 mil habitantes de forma ribeirinha → **Alta Externalidade (3).**
- Reservatórios, nos quais nenhum dos parâmetros anteriores seja considerado como de Alta Suscetibilidade ou Potencial, e pelo menos um dos parâmetros anteriores seja considerado como de Média Suscetibilidade ou Potencial, ou ainda possuam pelo menos dois municípios com mais de 50 mil habitantes de forma ribeirinha → **Média Externalidade (2).**
- Demais Reservatórios → **Baixa Externalidade (1).**

Considerando que o reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho não possui municípios ribeirinhos com mais de 50.000 habitantes, e que um dos demais parâmetros analisados anteriormente enquadraram-se como média Suscetibilidade, o reservatório em análise é classificado como de **Média externalidade (2)**.

$$MI = 2$$

6.6 Determinação do Nível de Criticidade (NC)

O nível de criticidade é calculado com base nas classificações anteriores e tem o seu enquadramento definido nas seguintes faixas:

- **Classe 1 - Nível de Criticidade Alto ($NC \geq 0,75$):** reservatório onde há risco de assoreamento e onde este processo pode trazer efeitos negativos à geração de energia ou a outros usos da água.
- **Classe 2 - Nível de Criticidade Médio ($0,50 \leq NC < 0,75$):** reservatório onde o risco de assoreamento é menor ou onde os efeitos esperados do mesmo não são tão importantes.
- **Classe 3 - Nível de Criticidade Baixo ($NC < 0,50$):** reservatórios situados em bacias hidrográficas com pouca produção de sedimento, onde o risco de assoreamento é muito baixo.

Para a UHE Salto do Rio Verdinho temos

$$NC = \frac{PSS + PRC + 4.ROR + MI}{21}$$

NC = 0,43 o que classifica o reservatório como **Classe 3 – Nível de criticidade Baixo ($NC < 0,50$)**.

7. LEVANTAMENTOS REALIZADOS

No presente item são descritos os levantamentos realizados, que atendem a todos os requisitos da Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010, conforme o enquadramento do reservatório realizado no item anterior. Maiores detalhes sobre os procedimentos de execução dos serviços se encontram nos volumes Anexo 01 e Anexo 02, conforme organização dos documentos apresentados no *Item 4*.

7.1 Implantação da Rede de Vértices Geodésicos - RVG

Foi implantada uma Rede de Vértices Geodésicos - RVG para a UHE Salto do Rio Verdinho, composta por um total de 10 vértices principais distribuídos uniformemente ao longo do reservatório. Seus vértices tiveram suas coordenadas planas e altitudes elipsoidais determinadas por posicionamento GNSS com receptores de dupla frequência, e suas elevações ortométricas obtidas por nivelamento geométrico de alta precisão.

A RVG implantada serviu de base para o georreferenciamento das seções batimétricas e adensamento de pontos para o apoio ao levantamento batimétrico, bem como para a avaliação e validação do MAPGEO 2015.

A Figura 7-1 ilustra todos os serviços executados para a implantação da RVG do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho e o Quadro 7-1 apresenta as coordenadas dos vértices da RVG implantados.



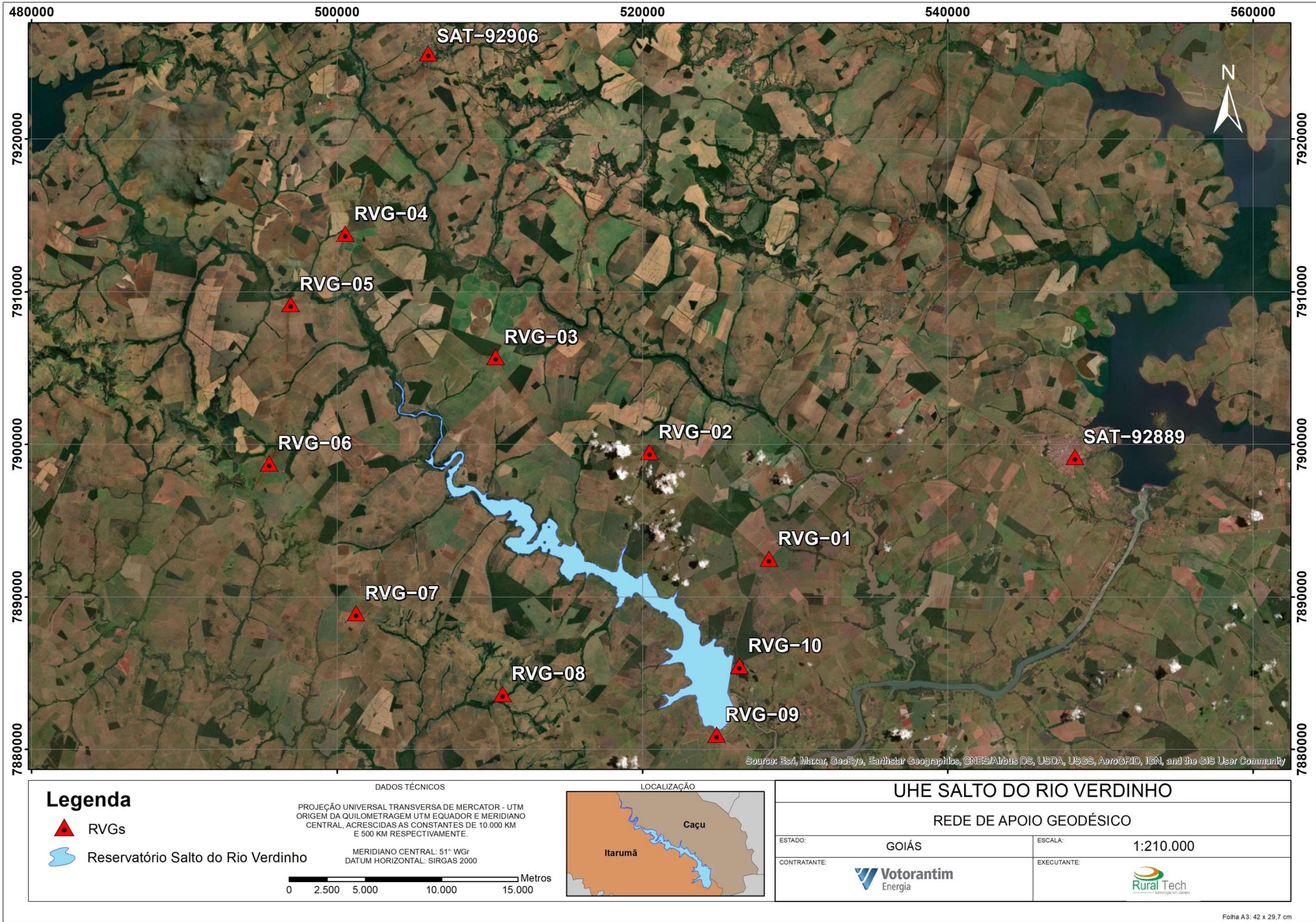


Figura 7-1 – Implantação da Rede de Vértices Geodésicos

Quadro 7-1 – Rede de Vértices Geodésicos

Points						
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica (m)
RVG-01	19°03'36,12941"S	50°43'51,57371"W	7892507,984	528302,903	451,16	459,3093
RVG-02	18°59'49,35655"S	50°48'19,57885"W	7899488,362	520477,962	460,556	468,7011
RVG-03	18°56'27,17334"S	50°54'04,94416"W	7905710,96	510384,106	467,356	475,5028
RVG-04	18°52'03,84214"S	50°59'41,61791"W	7913807,385	500537,844	460,639	468,7117
RVG-05	18°54'33,95731"S	51°01'43,64032"W	7909193,337	496968,328	405,731	413,8556
RVG-06	19°00'13,68669"S	51°02'32,06924"W	7898751,347	495554,192	435,96	444,1279
RVG-07	19°05'32,65920"S	50°59'16,99099"W	7888948,008	501256,719	458,702	466,8429
RVG-08	19°08'25,45639"S	50°53'48,54853"W	7883633,773	510850,649	378,404	386,6163
RVG-09	19°09'52,03098"S	50°45'48,87406"W	7880959,182	524859,095	364,726	372,9699
RVG-10	19°07'25,42261"S	50°44'57,91663"W	7885463,291	526353,895	363,758	372,0102

7.2 Modelo Geoidal Brasileiro – MapGeo 2015

O objetivo da verificação da qualidade do Modelo Gravitacional Brasileiro MAPGEO e/ou elaboração de um Modelo Geoidal Local é a definição de um modelo que viabilize a determinação geoidal com qualidade superior a 20 cm na região sem o uso do nivelamento geométrico, ou seja, através do levantamento de uma linha de base por GPS poder-se-á determinar por interpolação geométrica a altitude ortométrica do ponto utilizando as coordenadas tridimensionais dos vértices e o modelo escolhido, seja o MAPGEO ou um modelo elaborado exclusivamente para a região chamado de Modelo Geoidal Local - MGL.

7.2.1 Avaliação do MapGeo2015

Conforme especificado para o presente trabalho foram utilizados os marcos implantados, rastreados e nivelados para avaliar o MapGEO2015. Os marcos da RVG foram implantados de forma a manter uma boa distribuição espacial e utilizados para avaliar o modelo de ondulações do MapGEO2015 gerado.

Após isso foram comparadas as Ondulações Geoidais "verdadeiras", conseguidas através das diferenças diretas entre as Altitudes Ortométricas retiradas do nivelamento geométrico e as Altitudes Elipsoidais retiradas do posicionamento por GNSS, com as Ondulações Geoidais conseguidas utilizando o software MapGEO2015.

Os resultados obtidos podem ser observados no Quadro 7-2.

Quadro 7-2 - Diferenças entre as Ondulações Geoidais (N)

Verificação do MapGeo-2015 da UHE Salto do Rio Verdinho			
Ponto	N' (Verdadeiro) (m)	N'' (MG2015) (m)	Diferença (m)
RVG-001	-8,149	-7,61	-0,539
RVG-002	-8,145	-7,57	-0,575
RVG-003	-8,147	-7,52	-0,627
RVG-004	-8,073	-7,45	-0,623
RVG-005	-8,125	-7,5	-0,625
RVG-006	-8,168	-7,51	-0,658
RVG007	-8,141	-7,61	-0,531
RVG008	-8,212	-7,64	-0,572
RVG009	-8,244	-7,72	-0,524
RVG010	-8,252	-7,69	-0,562

Observamos pelos valores apresentados no Quadro 7-2 que nenhum dos pontos foi aprovado conforme os 20 cm permitidos, com isso podemos concluir que o MapGeo2015 não apresenta, na região do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho, a qualidade exigida no documento orientativo da ANA, e se faz necessária a elaboração um Modelo Geoidal Local – MGL.

A superfície que representa o MAPGEO 2015 na região do reservatório bem como os pontos utilizados para a validação do mesmo é apresentada na Figura 7-2 a seguir.



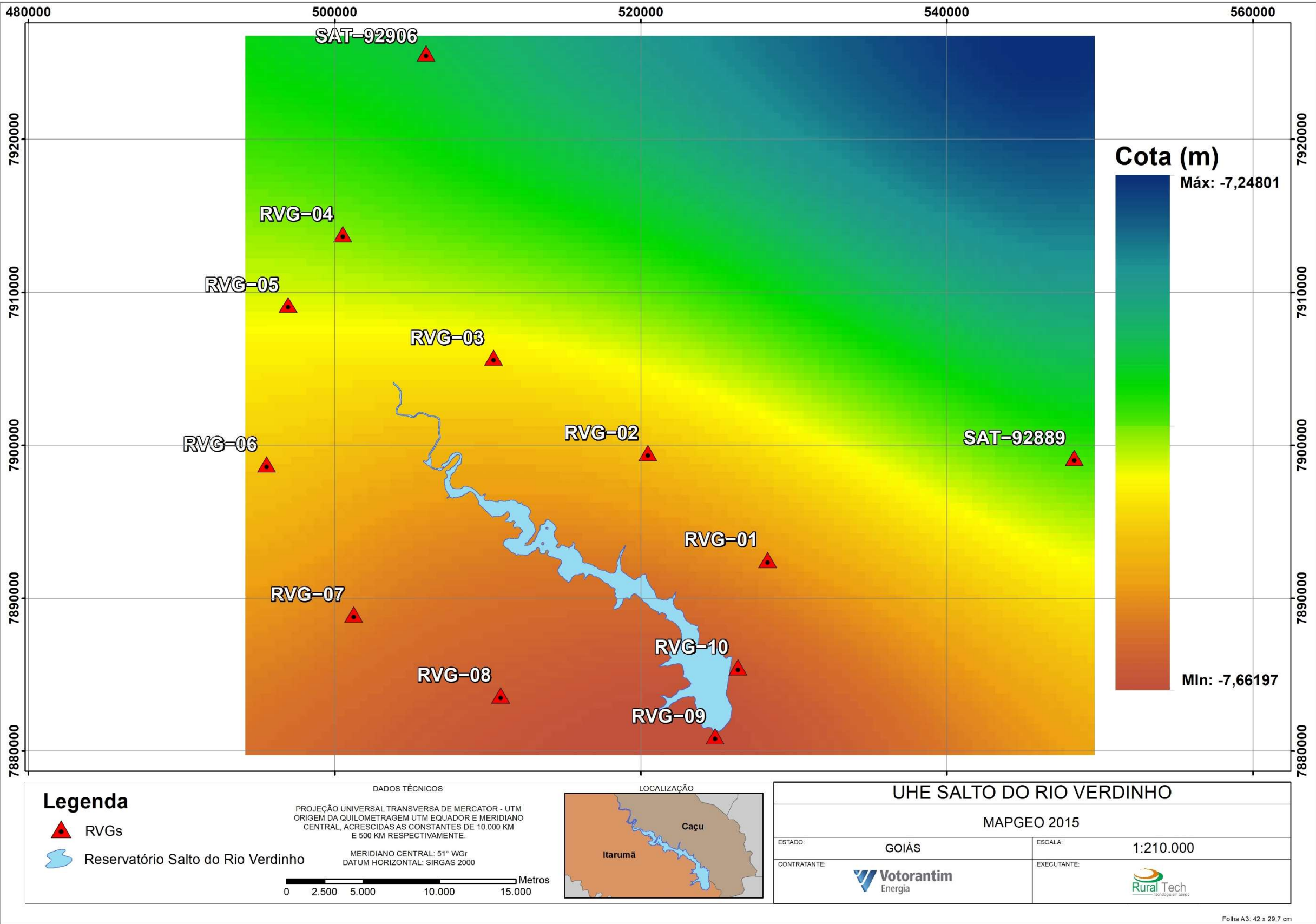


Figura 7-2 – Modelo Gravitacional Brasileiro – MapGeo2015

7.3 Mapeamento da Área Molhada

O levantamento cartográfico da área molhada do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho foi realizado empregando ecobatímetros monofeixe. Neste levantamento mapeou-se de cerca de 92,05% da área molhada, totalizando aproximadamente 39,45 km².

A redução das profundidades mensuradas às cotas ortométricas ocorreu por meio dos dados de nível da estação fluviométrica presente no barramento, fornecidos pela contratante. O levantamento batimétrico do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho foi realizado entre os dias 06 e 18 de julho de 2020. Durante os levantamentos batimétricos deste reservatório foram encontrados os mais diversos cenários, principalmente relacionados à presença de áreas extremamente rasas que dificultavam a navegação da embarcação, além de alguns afloramentos rochosos e vegetações flutuantes que atrapalhavam o andamento dos levantamentos e aquisição adequada dos dados.

Os softwares utilizados no processamento dos dados foram os mesmos empregados na aquisição. Foi utilizado o software Hypack, versão 2018, produzido pela Hypack Inc.

O produto final do levantamento batimétrico é um grid de pontos processados e reduzidos, e é representado na Figura 7-3 em forma de imagem, em que as cores das células representam as cotas ortométricas, de acordo com a escala na legenda. Os pontos em formato ASCII são utilizados na elaboração do Modelo Digital de Elevação final juntamente com os dados da vetorização da linha d'água, e integrados por meio de interpolação que será explicada melhor no relatório de elaboração das Curvas Cota x Área x Volume.



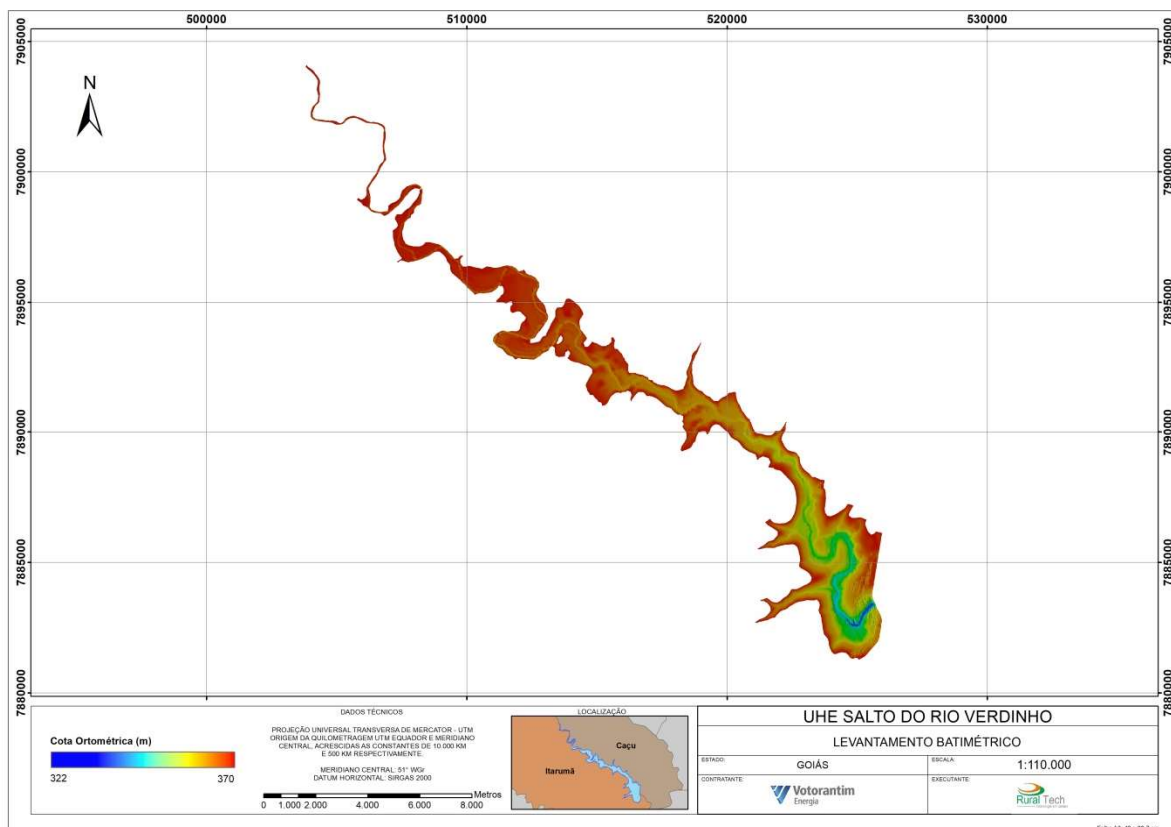


Figura 7-3 - Grid final da batimetria do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho.

7.4 Mapeamento da Área Seca

O mapeamento da área seca foi realizado com o objetivo de complementar o levantamento batimétrico, de forma a construir um Modelo Digital do Terreno – MDT desde o nível d'água observado do reservatório até a sua área de abrangência imageada. No caso do reservatório UHE Salto do Rio Verdinho foi realizado o mapeamento de toda a área contida dentro da cota igual a 373,00m externa ao reservatório, incluindo integralmente as ilhas ou penínsulas, o que equivale a mais de um metro acima do seu máximo maximorum.

Para mapear a parte seca do reservatório, optou-se pela utilização da tecnologia de Perfilamento a Laser / LIDAR. O sistema de Perfilamento a Laser Aerotransportado (ALS – Airborne Laser Scanning) é um sensor remoto ativo acoplado dentro da aeronave. O feixe emitido pelo sensor permite medir a distância entre o sistema e a superfície dos objetos de maneira eficaz, obtendo dados digitais tridimensionais da superfície e do terreno com grande precisão.

7.4.1 Controle de Qualidade da Base Cartográfica

O controle de qualidade (CQ) da altimetria da base cartográfica fornecida foi realizada de acordo com a seguinte metodologia:

- Foram coletados 20 (vinte) pontos utilizando posicionamento GNSS de acordo com metodologia descrita no volume Anexo 01 deste documento;
- Estes pontos foram escolhidos de maneira a manter boa distribuição espacial na área de abrangência das curvas de nível fornecidas;
- Para o levantamento dos vértices para o controle de qualidade foram utilizados como referência o marco da RVG mais próximo;
- A partir das coordenadas obtidas foram extraídas da base cartográfica existente as cotas ortométricas a serem testadas;
- A partir das coordenadas obtidas por posicionamento GNSS (Coordenadas de Referência) e das extraídas da cartografia (Coordenadas de Teste) foi feito o enquadramento do PEC-PCD utilizando o software GEOPEC 3.5¹.

Sendo assim, a Base Cartográfica da UHE Salto do Rio Verdinho foi considerada acurada para a equidistância vertical de 1 metros (Escala 1:2.000) e enquadrada no PEC-PCD Classe A. O produto também foi submetido a análise de precisão e tendência em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: É preciso e Não Tendencioso.

O relatório completo da avaliação do padrão de acurácia posicional da base cartográfica é apresentado no volume em meio digital, disponibilizado junto a este relatório.

7.5 Implantação das Seções de Controle

Em função do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho estar classificado com um nível de criticidade baixo foram instaladas três seções de controle topobatimétrico.

¹ GeoPEC – Software (livre) científico para avaliação de Acurácia Posicional em dados espaciais, desenvolvido pelo Dr. Afonso de Paula dos Santos, professor do curso de Eng. De Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Para garantir um maior nível de detalhe nas seções de monitoramento, para a área molhada foram executadas seções em separado das demais segundo um planejamento específico e para o levantamento da área seca foram utilizados estação total ou GNSS/RTK de acordo com as condições do local de cada seção.

Essas seções foram materializadas, nas duas margens, por marcos de concreto que estão georreferenciados e documentados, por meio de relação de coordenadas obtidas a partir do processamento dos pontos, de acordo com a seguinte metodologia:

- Todos os marcos implantados foram amarrados aos vértices da RVG;
- O posicionamento dos marcos foi definindo buscando locais de baixa obstrução do sinal, minimizando os efeitos de multicaminhamento nos dados GNSS e de forma a garantir que todo o levantamento da seção de monitoramento seja efetuado sempre da mesma referência;
- A implantação dos marcos seguiu as especificações das contidas nas “Orientações para atualização da curva CAV” da ANA, assim como as suas monografias;
- No que concerne a planimetria, os rastreamentos foram executados, com receptores GNSS de dupla frequência em todos os marcos que constituem referências nas seções de monitoramento, sendo que tais rastreios foram de pelo menos duas horas. Além disso, os levantamentos GNSS foram executados com observação mínima e simultânea de 6 satélites naqueles períodos de rastreio, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm.

8. PRODUTOS E RESULTADOS

8.1 Modelo Digital do Terreno – MDT

8.1.1 Modelo Digital do Terreno

O produto final dos levantamentos da área molhada é uma grade regular retangular, em uma estrutura matricial que contém pontos 3D regularmente espaçados no plano XY, no caso da UHE Salto do Rio Verdinho esse espaçamento foi de 5m x 5m. Tal modelo digital aproxima superfícies por meio de um poliedro de

Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa e todos ganham.

faces retangulares, como mostra a Figura 8-1. Esse produto pode ser representado por uma tabela ou por um arquivo de texto com as informações XYZ de cada ponto.

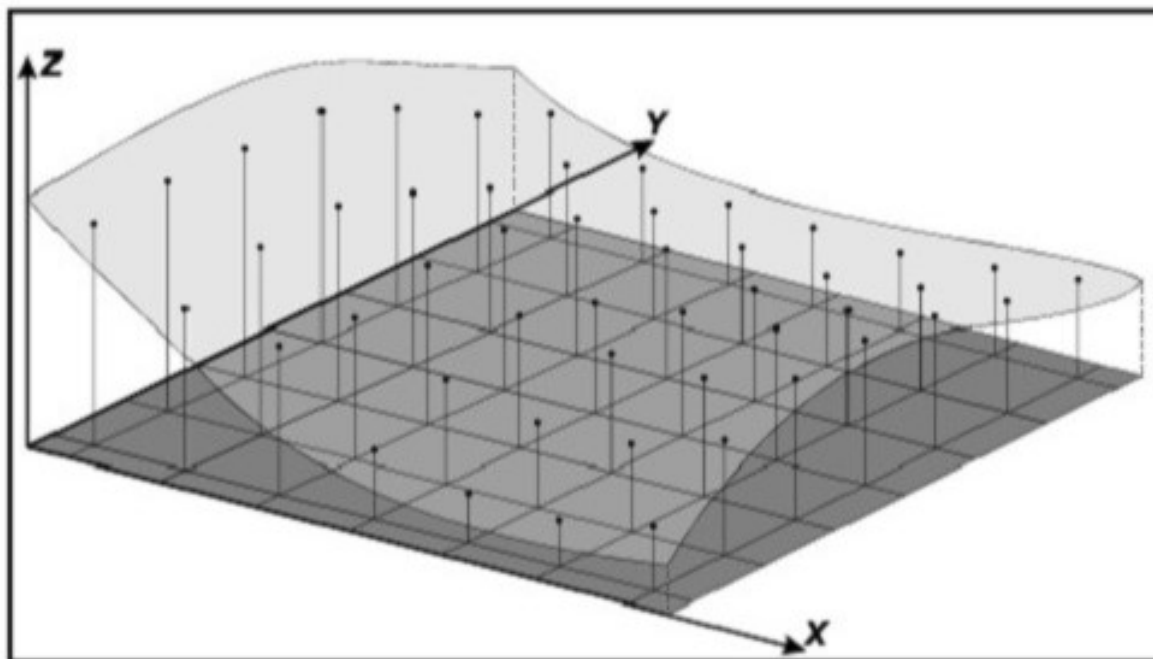


Figura 8-1 – Superfície e grade regular correspondente

A interpolação dos dados oriundos da batimetria com os dados do aerolevantamento foi realizada no software ArcGIS Pro, por meio da ferramenta *Topo to Raster*, que é um método desenvolvido para a criação de Modelos Digitais de Elevação (MDE), especialmente os hidrológicos.

A água é a principal força erosiva e determina a forma geral na maioria das paisagens. Por essa razão as paisagens possuem vários topos de morros (locais de máximo), e uma quantidade menor de depressões (locais de mínimo), fato que resulta em um padrão de drenagem conectado. A ferramenta *Topo to Raster* usa esse conhecimento sobre superfícies e impõe restrições para o processo de interpolação que resulta em uma estrutura de drenagem conectada e em uma correta representação do escoamento superficial. Esse método utiliza uma técnica de interpolação de diferença finita, aperfeiçoada para ter eficácia de um método de interpolação global, como o inverso do quadrado da distância (IQD ou IDW), sem perder a continuidade da superfície dos métodos de interpolação globais, como Spline e Krigagem.

Para a elaboração do MDT final foram utilizados 4 insumos, o grid da batimetria, o grid fornecido do mapeamento da área seca, o contorno do

reservatório como breakline e o polígono de determinação do limite externo do MDT a ser elaborado. Para o caso da UHE Salto do Rio Verdinho a breakline foi formada pela menor curva levantada pelo aerolevanteamento e o polígono externo foi formado pelo limite dos dados de aerolevanteamento fornecidos.



Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa e todos ganham.

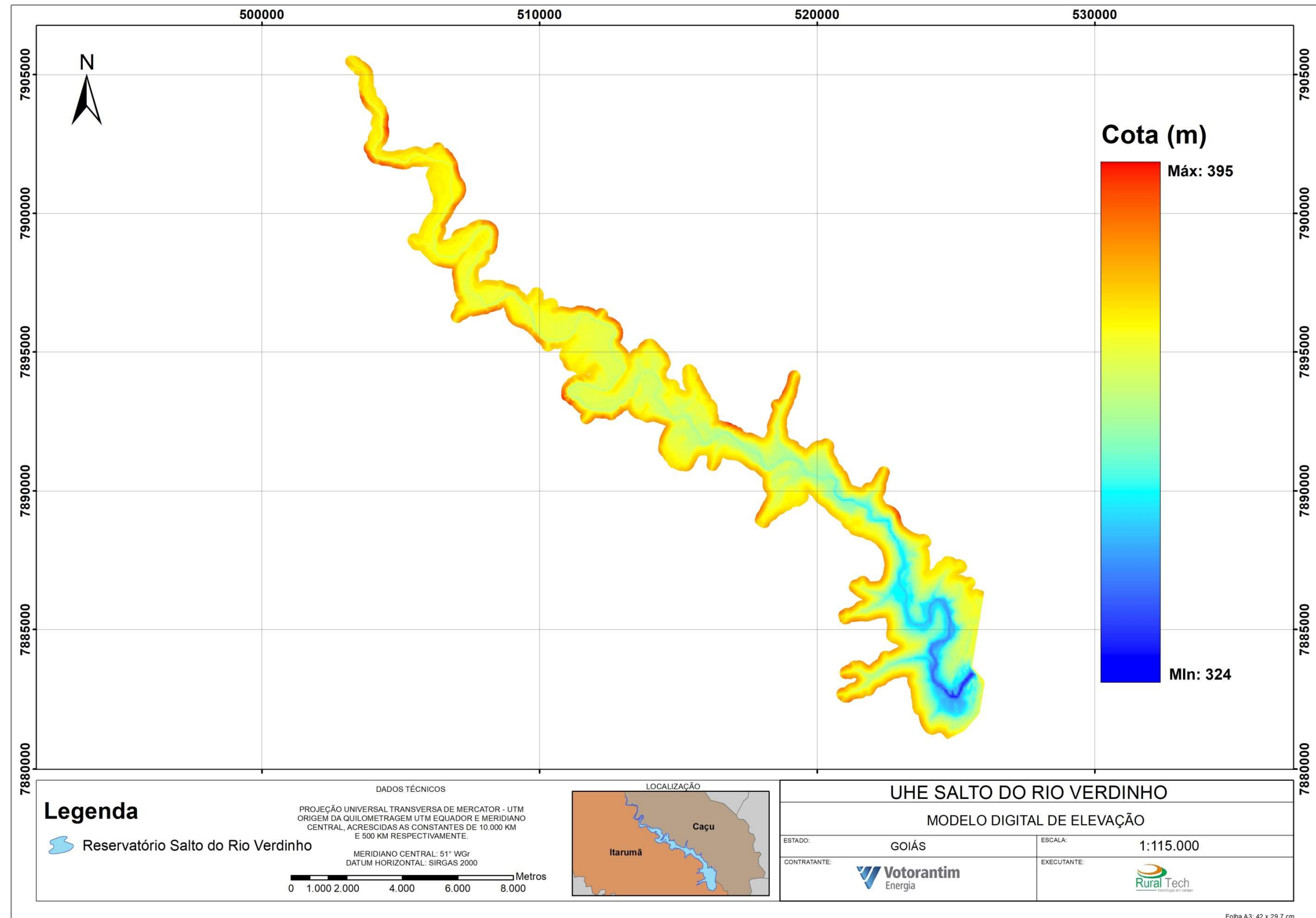


Figura 8-2 – Modelo Digital de Terreno do Reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho

8.2 Curvas Cota x Área x Volume

8.2.1 Metodologia

Com o MDT gerado é possível calcular o volume, no software ArcGis, através da ferramenta *Surface Volume*.

Essa ferramenta calcula a área projetada, a área da superfície e o volume de uma superfície relativo a uma altitude base ou a um plano de referência. A superfície pode ser um *raster*, TIN, ou outra informação de elevação. Os resultados são gerados em forma de texto.

É necessário determinar se os cálculos serão realizados acima ou abaixo do plano de referência. Quando se define que os cálculos serão realizados abaixo do plano de referência, a área projetada e a área da superfície são calculadas no intervalo entre a superfície do MDE e a altitude desejada, como pode ser observado na Figura 8-3.

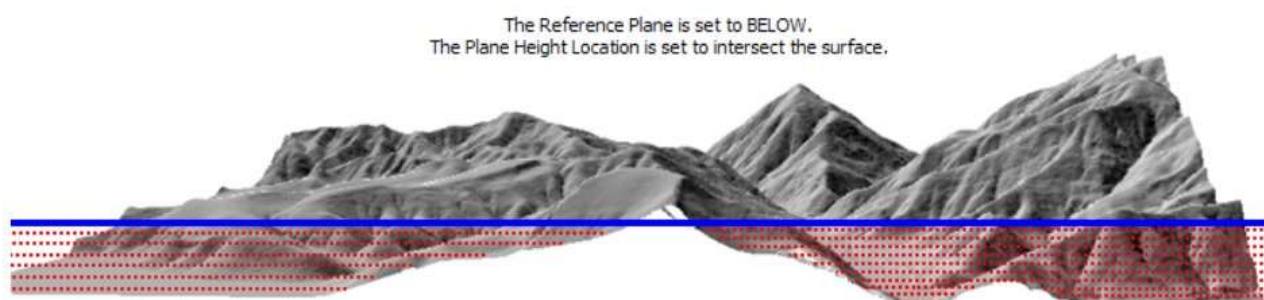


Figura 8-3 - Exemplo de área e volume calculados abaixo do plano de referência

Portanto, como pode-se visualizar na Figura 8-4, para o cálculo do volume do reservatório foi usado o MDE gerado pela ferramenta *Topo to Raster* a partir da cota de interesse e com plano de referência definido como “abaixo”.

Para que o volume e a área de diferentes cotas sejam calculados em um único processamento foi usado o *Model Builder*, uma ferramenta que permite criar um fluxograma de atividades a serem realizadas com parâmetros pré-determinados. A Figura 8-4 exemplifica o fluxograma criado através do *Model Builder* com a possibilidade do cálculo de área e volume para diferentes cotas em um único processamento.

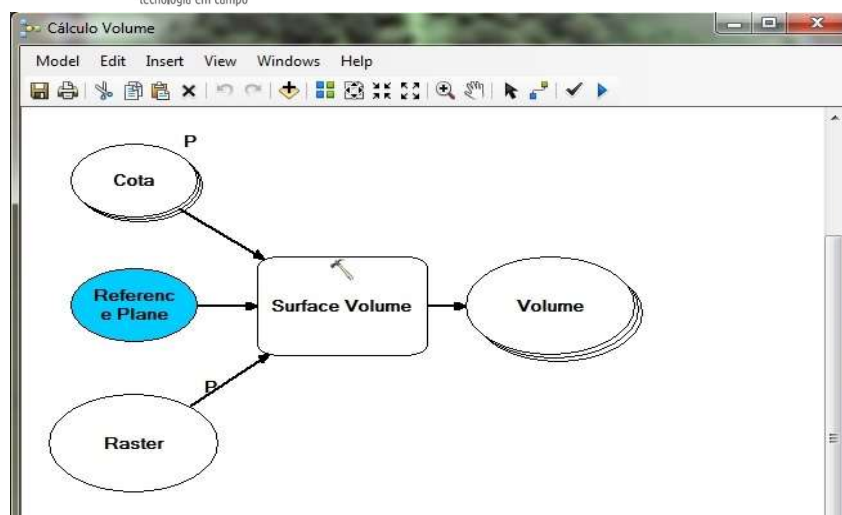


Figura 8-4 - Representação esquemática da ferramenta *Surface Volume* no *Model Builder*

Dessa forma foram obtidos aos dados necessários para a elaboração das curvas Cota x Área x Volume do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho.

8.2.2 Correlação das Cotas entre o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e a Cota da régua de Operação (Régua barramento da UHE Salto do Rio Verdinho)

Para efeito de registro deve-se destacar que há uma diferença de 10 cm entre as elevações no Sistema Geodésico Brasileiro e a referência de nível local usada na operação da UHE Salto do Rio Verdinho.

Dessa forma, os documentos baseados na referência de nível local apresentam o nível máximo normal do reservatório na elevação 370,50m enquanto na referência do Sistema Geodésico Brasileiro, referência do atual trabalho esse nível corresponde à altitude de 370,60m.

8.2.3 Curvas Cota x Área x Volume

As curvas cota x área x volume, elaboradas a partir desses novos levantamentos, foram referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Os valores das curvas são apresentados de maneira resumida no Quadro 8-1 e representados graficamente na Figura 8 -7. A planilha completa com valores de 1cm em 1cm são apresentados no volume em meio digital, disponibilizado junto a este relatório

Quadro 8-1 – Curvas Cota x Área x Volume

UHE SALTO DO RIO VERDINHO - CURVA CxAxV			
Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
372,00	372,10	49,693	466,164
370,50	370,60	42,773	396,581
370,40	370,50	42,049	392,342
370,30	370,40	41,579	388,163
370,20	370,30	41,309	384,019
370,10	370,20	41,082	379,899
370,00	370,10	40,866	375,802
369,90	370,00	40,652	371,726
369,80	369,90	40,435	367,672
369,70	369,80	40,214	363,640
369,60	369,70	39,982	359,630
369,50	369,60	39,732	355,644
369,40	369,50	39,459	351,684
365,40	365,50	24,494	223,986
360,40	360,50	14,215	129,984
355,40	355,50	9,134	73,092
350,40	350,50	5,791	35,973
345,40	345,50	2,970	14,382
340,40	340,50	1,108	4,482
335,40	335,50	0,353	1,218
330,40	330,50	0,108	0,228
325,40	325,50	0,000	0,000

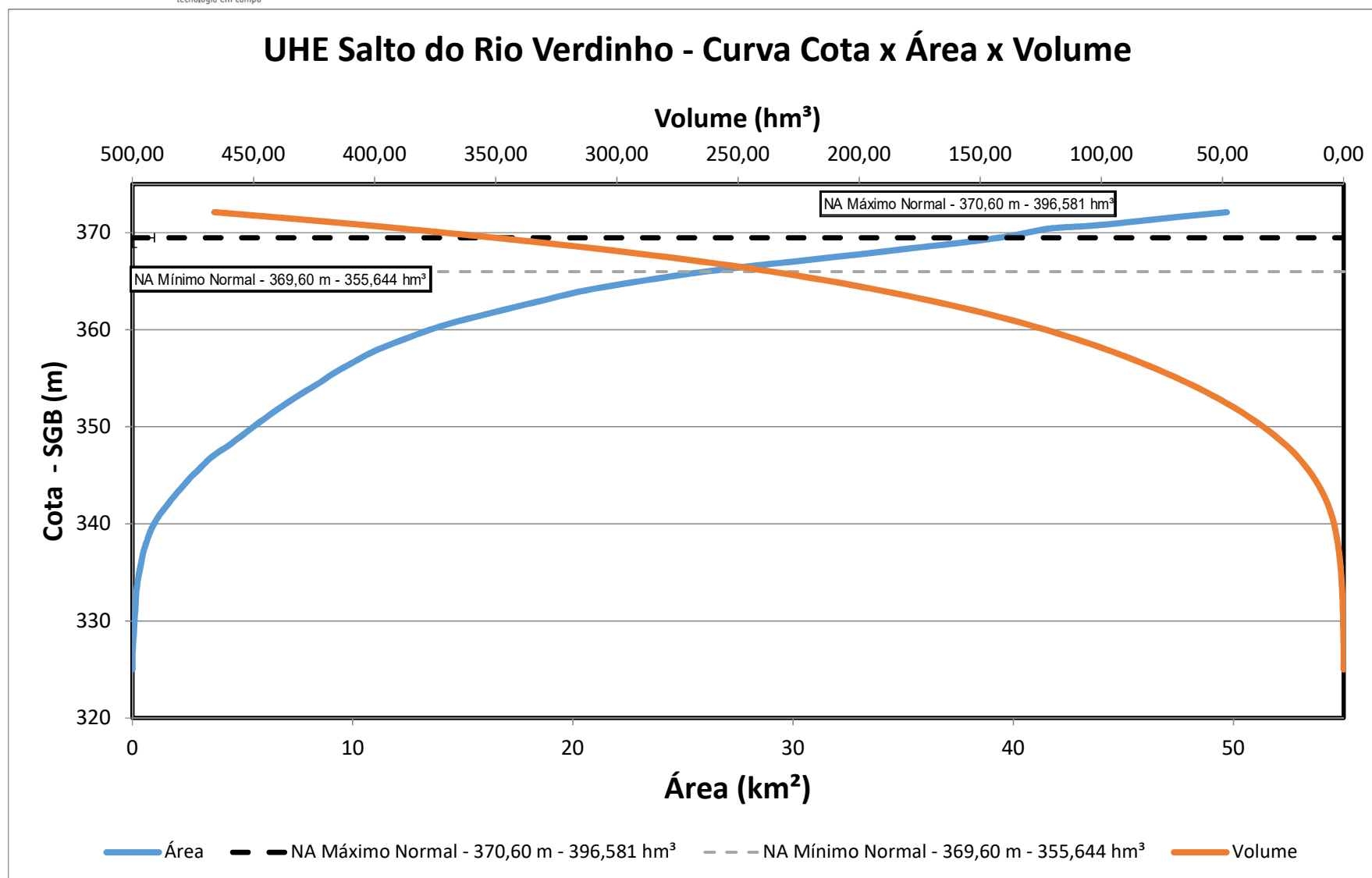


Figura 8-5 – Curvas CxAxV

8.2.4 Comparação com a Curva Antiga

Para comparar a nova curva Cota x Área x Volume com curva antiga, foi elaborado o Quadro 8-2. Os volumes indicados nesse quadro foram obtidos a partir do polinômio utilizado na operação da usina.

Quadro 8-2 – Comparação da Curva Cota x Área x Volume

Cotas Operacionais	Cota referência local (m)	Cota SGB	Volume (hm³)		Diferença (%) (b - a)
			Curva antiga (a)	Curva nova (b)	
Mínima Normal	369,50	369,60	352,50	355,64	0,9%
Máxima Normal	370,50	370,60	394,30	396,58	0,6%
Máxima Maximorum	372,00	372,10	445,03	466,16	4,7%

Essa comparação mostra que o volume do reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho no seu nível máximo normal, medido atualmente, é maior do que aquele indicado pela curva existente, sendo essa diferença da ordem de menos de 0,6%.

8.2.5 Avaliação de Incertezas das Curvas Cota x Área x Volume

Devido ao fator de segurança para a navegabilidade da embarcação, durante a coleta de dados da batimetria não foi possível realizar o mapeamento da área molhada em algumas regiões, principalmente nas proximidades das margens e, também nas regiões com a grande presença de aglomerados de troncos (paliteiros), principalmente no quartil superior do reservatório.

Foi realizado o levantamento integral de 39,45 km², de um total de 42.86 km², correspondente a cota máxima normal igual a 370,60 (SGB). Portanto, 3.4 km² ou 8% do reservatório não puderam ser mapeados devido às interferências citadas e, para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) essas áreas foram interpoladas.

Os resultados obtidos com essa metodologia, utilizando ecobatímetros monofeixe, apresentam uma incerteza menor que quando se utiliza a metodologia de levantamento de seções com linhas de sondagens, espaçadas 100 m uma da outra, em média, requisito mínimo especificado na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010, para o reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho.

Neste item, avaliam-se os limites de incerteza que essa interpolação pode trazer aos valores das curvas Cota x Área x Volume desse reservatório.

- Características das áreas não levantadas:

As áreas que não foram levantadas estão todas em locais com baixas profundidades, da ordem de até 3m, onde a navegação foi prejudicada pelos motivos já expostos.

- Volume contido sob essa área:

Analisando em favor da segurança, que toda essa área não levantada tenha 3m de profundidade (seria razoável considerar uma profundidade média de 1,5m), o volume contido nessa área seria de 6.8. hm³, ou seja, 2% do volume total do reservatório.

- Avaliação da precisão do volume:

Para avaliar o impacto da interpolação no volume do reservatório pode-se considerar que essa interpolação tenha uma diferença em relação às profundidades reais de zero até uma variação grande da ordem de 25%. As variações que essas diferenças causariam no volume total e no volume usado na regulação da operação da usina (entre as elevações 369.50 e 470.50m) estão apresentadas no Quadro 8 - 3.

Quadro 8-3 - Incertezas da Curva Cota x Área x Volume do Reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho

Diferenças na área interpolada	Variação de volume (hm ³)	Porcentagem do Volume Total	Porcentagem do Volume de regulação da operação
0%	0.00	0.00%	0.00%
5%	0.34	0.09%	0.83%
10%	0.68	0.17%	1.66%
15%	1.02	0.26%	2.49%
20%	1.36	0.34%	3.32%
25%	1.70	0.43%	4.15%

Esses valores mostram que mesmo para situação em que a interpolação das profundidades tivesse uma diferença de 25% em relação às profundidades reais, isso representaria aproximadamente 0,43% do volume total e 4.15% do volume na faixa de operação da usina.

8.3 Cartas Topobatimétricas

Após a elaboração do MDT final, foram geradas as curvas de nível e as cartas topobatimétricas em escala 1:10.000, que foram articuladas em folhas de tamanho

A0. Esses desenhos elaborados estão apresentados no volume em meio digital, disponibilizado junto com o relatório final desse trabalho.

8.4 Seções de Monitoramento de Deposição de Sedimentos

As seções de controle de sedimentos servem para monitorar a morfometria do canal do rio, ou reservatório, na região onde estas foram implantadas, e permitirão verificar efeitos de assoreamento ou erosão que eventualmente podem comprometer, em qualquer escala, o funcionamento normal da usina.

No caso da UHE Salto do Rio Verdinho, o monitoramento do aporte e sedimentação de sólidos no reservatório será feito por meio de medição sistemática de profundidades do leito do rio verde e seus contribuintes em 3 seções topobatimétricas, levantadas perpendicularmente ao fluxo.

Ao se estabelecer uma periodicidade adequada de repetição desse levantamento, em uma mesma localização, após cada campanha será possível determinar a perda de área (em relação às medições anteriores) de cada uma dessas seções topobatimétricas, e, conseqüentemente, calcular o volume de sedimentos depositados ou retrabalhados no período. A acumulação e tratamento dos dados gerados pelas sucessivas campanhas permitirá uma análise da dinâmica dos sedimentos que transitam neste trecho do reservatório.

As seções de controle de sedimentos implantados respeitam o limite mínimo de espaçamento entre elas de cinco vezes a largura do rio em condições naturais, e foram posicionadas onde se espera uma probabilidade maior de deposição de sedimentos no fundo, conforme descrito no *Item 7.5*.

Após a finalização dos levantamentos batimétricos e topográficos da área em que se encontravam localizadas as seções, foram gerados os perfis com o alinhamento criado pelo azimute entre os marcos implantados e medidos.

Os perfis elaborados estão apresentados no volume em meio digital, disponibilizado junto a este relatório.

O Quadro 8-4 apresenta as coordenadas em SIRGAS2000 dos marcos das seções de controle e a Figura 8-6 apresenta a localização de todas as seções.

Quadro 8-4 – Marcos das Seções de Controle

Points						
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)	Altitude Ortométrica (m)
MF-07	19°08'39,40203"S	50°45'05,83783"W	7883189,777	526119,249	359,809	368,059
S01-MD	18°57'27,09160"S	50°57'44,43377"W	7903871,830	503964,430	375,090	383,248
S01-ME	18°57'22,43362"S	50°57'43,74731"W	7904014,990	503984,535	375,859	384,017
S02-MD	18°58'44,65378"S	50°56'08,27931"W	7901487,111	506775,453	375,300	383,460
S02-ME	18°58'44,81237"S	50°56'03,42216"W	7901482,185	506917,473	378,903	387,063
S03-MD	19°00'13,79322"S	50°55'33,51624"W	7898746,968	507790,764	375,732	383,892
S03-ME	19°00'18,62343"S	50°55'24,91397"W	7898598,401	508042,191	376,936	385,096

Figura 8-6 – Planta de Localização das Seções de Controle


9. CONCLUSÃO

Os trabalhos realizados permitiram atender plenamente a Resolução Conjunta 03/2010 – ANA/ANEEL, obtendo uma nova curva Cota x Área x Volume, garantindo a atualização de importantes informações para o gerenciamento da operação e otimização do uso dos recursos hídricos e energéticos, seja por Votorantim, Furnas, ANA, ANEEL, ONS, ou outras entidades.

Os levantamentos de campo executados, notadamente o levantamento batimétrico através da tecnologia monofeixe, excederam os requisitos mínimos da resolução conjunta, uma vez que, ao invés da metodologia de levantamento de seções topobatimétricas espaçadas. O emprego desta tecnologia permitiu minimizar consideravelmente o grau de incerteza em levantamentos de extensas áreas de reservatório.

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

Da mesma forma, a avaliação e validação do MGL, além de servir aos presentes levantamentos, constituirá uma referência para todos os trabalhos geodésicos na região do reservatório, tanto das entidades ligadas ao uso dos recursos hídricos e energéticos, como de outros setores da sociedade brasileira.



1. ANEXOS



Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa e todos ganham.

ANEXO I

Curvas Cota x Área x Volume – Tabela



Tabela 1 Curva Cota x Área x Volume atualizada

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
372.00	372.10	49.693	466.164
371.99	372.09	49.650	465.667
371.98	372.08	49.606	465.171
371.97	372.07	49.563	464.675
371.96	372.06	49.519	464.180
371.95	372.05	49.475	463.685
371.94	372.04	49.430	463.190
371.93	372.03	49.385	462.696
371.92	372.02	49.340	462.203
371.91	372.01	49.295	461.709
371.90	372.00	49.249	461.217
371.89	371.99	49.202	460.724
371.88	371.98	49.155	460.233
371.87	371.97	49.107	459.741
371.86	371.96	49.060	459.250
371.85	371.95	49.013	458.760
371.84	371.94	48.966	458.270
371.83	371.93	48.919	457.781
371.82	371.92	48.873	457.292
371.81	371.91	48.828	456.803
371.80	371.90	48.782	456.315
371.79	371.89	48.736	455.828
371.78	371.88	48.690	455.340
371.77	371.87	48.645	454.854
371.76	371.86	48.599	454.368
371.75	371.85	48.553	453.882
371.74	371.84	48.508	453.396
371.73	371.83	48.462	452.912
371.72	371.82	48.417	452.427
371.71	371.81	48.372	451.943
371.70	371.80	48.327	451.460
371.69	371.79	48.281	450.977
371.68	371.78	48.235	450.494
371.67	371.77	48.190	450.012
371.66	371.76	48.145	449.530
371.65	371.75	48.099	449.049
371.64	371.74	48.054	448.568
371.63	371.73	48.010	448.088
371.62	371.72	47.965	447.608
371.61	371.71	47.921	447.129
371.60	371.70	47.877	446.650
371.59	371.69	47.832	446.171
371.58	371.68	47.787	445.693

Trabalhe por um Brasil melhor. O país precisa de você.

371.57	371.67	47.740	445.215
371.56	371.66	47.694	444.738
371.55	371.65	47.645	444.261
371.54	371.64	47.597	443.785
371.53	371.63	47.550	443.309
371.52	371.62	47.505	442.834
371.51	371.61	47.462	442.359
371.50	371.60	47.420	441.885
371.49	371.59	47.378	441.411
371.48	371.58	47.336	440.937
371.47	371.57	47.295	440.464
371.46	371.56	47.253	439.991
371.45	371.55	47.212	439.519
371.44	371.54	47.171	439.047
371.43	371.53	47.129	438.575
371.42	371.52	47.087	438.104
371.41	371.51	47.045	437.634
371.40	371.50	47.004	437.163
371.39	371.49	46.962	436.693
371.38	371.48	46.921	436.224
371.37	371.47	46.879	435.755
371.36	371.46	46.838	435.286
371.35	371.45	46.797	434.818
371.34	371.44	46.756	434.350
371.33	371.43	46.715	433.883
371.32	371.42	46.674	433.416
371.31	371.41	46.633	432.950
371.30	371.40	46.592	432.483
371.29	371.39	46.550	432.018
371.28	371.38	46.509	431.552
371.27	371.37	46.467	431.088
371.26	371.36	46.426	430.623
371.25	371.35	46.385	430.159
371.24	371.34	46.344	429.695
371.23	371.33	46.303	429.232
371.22	371.32	46.262	428.769
371.21	371.31	46.220	428.307
371.20	371.30	46.179	427.845
371.19	371.29	46.137	427.383
371.18	371.28	46.095	426.922
371.17	371.27	46.053	426.461
371.16	371.26	46.012	426.001
371.15	371.25	45.971	425.541
371.14	371.24	45.930	425.081
371.13	371.23	45.889	424.622

371.12	371.22	45.847	424.164
371.11	371.21	45.805	423.705
371.10	371.20	45.763	423.247
371.09	371.19	45.721	422.790
371.08	371.18	45.680	422.333
371.07	371.17	45.638	421.876
371.06	371.16	45.596	421.420
371.05	371.15	45.554	420.965
371.04	371.14	45.511	420.509
371.03	371.13	45.470	420.054
371.02	371.12	45.428	419.600
371.01	371.11	45.386	419.146
371.00	371.10	45.345	418.692
370.99	371.09	45.303	418.239
370.98	371.08	45.261	417.786
370.97	371.07	45.220	417.334
370.96	371.06	45.178	416.882
370.95	371.05	45.137	416.430
370.94	371.04	45.096	415.979
370.93	371.03	45.056	415.528
370.92	371.02	45.015	415.078
370.91	371.01	44.976	414.628
370.90	371.00	44.936	414.178
370.89	370.99	44.896	413.729
370.88	370.98	44.857	413.280
370.87	370.97	44.817	412.832
370.86	370.96	44.778	412.384
370.85	370.95	44.737	411.936
370.84	370.94	44.697	411.489
370.83	370.93	44.655	411.042
370.82	370.92	44.613	410.596
370.81	370.91	44.569	410.150
370.80	370.90	44.525	409.705
370.79	370.89	44.480	409.260
370.78	370.88	44.434	408.815
370.77	370.87	44.386	408.371
370.76	370.86	44.339	407.927
370.75	370.85	44.291	407.484
370.74	370.84	44.244	407.042
370.73	370.83	44.197	406.599
370.72	370.82	44.149	406.158
370.71	370.81	44.099	405.716
370.70	370.80	44.046	405.276
370.69	370.79	43.990	404.836
370.68	370.78	43.934	404.396

370.67	370.77	43.880	403.957
370.66	370.76	43.827	403.518
370.65	370.75	43.773	403.080
370.64	370.74	43.715	402.643
370.63	370.73	43.657	402.206
370.62	370.72	43.601	401.770
370.61	370.71	43.547	401.334
370.60	370.70	43.493	400.899
370.59	370.69	43.440	400.464
370.58	370.68	43.384	400.030
370.57	370.67	43.327	399.597
370.56	370.66	43.268	399.164
370.55	370.65	43.206	398.731
370.54	370.64	43.139	398.300
370.53	370.63	43.060	397.869
370.52	370.62	42.965	397.438
370.51	370.61	42.865	397.009
370.50	370.60	42.773	396.581
370.49	370.59	42.691	396.154
370.48	370.58	42.606	395.727
370.47	370.57	42.515	395.301
370.46	370.56	42.419	394.877
370.45	370.55	42.336	394.453
370.44	370.54	42.274	394.030
370.43	370.53	42.220	393.607
370.42	370.52	42.170	393.185
370.41	370.51	42.110	392.763
370.40	370.50	42.049	392.342
370.39	370.49	41.989	391.922
370.38	370.48	41.919	391.502
370.37	370.47	41.839	391.083
370.36	370.46	41.790	390.665
370.35	370.45	41.752	390.247
370.34	370.44	41.718	389.830
370.33	370.43	41.684	389.413
370.32	370.42	41.650	388.996
370.31	370.41	41.615	388.579
370.30	370.40	41.579	388.163
370.29	370.39	41.545	387.748
370.28	370.38	41.516	387.332
370.27	370.37	41.488	386.917
370.26	370.36	41.459	386.502
370.25	370.35	41.432	386.088
370.24	370.34	41.407	385.674
370.23	370.33	41.382	385.260

370.22	370.32	41.357	384.846
370.21	370.31	41.333	384.432
370.20	370.30	41.309	384.019
370.19	370.29	41.286	383.606
370.18	370.28	41.262	383.193
370.17	370.27	41.239	382.781
370.16	370.26	41.216	382.368
370.15	370.25	41.194	381.956
370.14	370.24	41.171	381.544
370.13	370.23	41.149	381.133
370.12	370.22	41.127	380.721
370.11	370.21	41.104	380.310
370.10	370.20	41.082	379.899
370.09	370.19	41.060	379.488
370.08	370.18	41.038	379.078
370.07	370.17	41.017	378.668
370.06	370.16	40.995	378.258
370.05	370.15	40.973	377.848
370.04	370.14	40.952	377.438
370.03	370.13	40.930	377.029
370.02	370.12	40.909	376.619
370.01	370.11	40.887	376.211
370.00	370.10	40.866	375.802
369.99	370.09	40.844	375.393
369.98	370.08	40.823	374.985
369.97	370.07	40.802	374.577
369.96	370.06	40.780	374.169
369.95	370.05	40.759	373.761
369.94	370.04	40.738	373.354
369.93	370.03	40.716	372.946
369.92	370.02	40.695	372.539
369.91	370.01	40.673	372.132
369.90	370.00	40.652	371.726
369.89	369.99	40.630	371.319
369.88	369.98	40.609	370.913
369.87	369.97	40.587	370.507
369.86	369.96	40.566	370.102
369.85	369.95	40.544	369.696
369.84	369.94	40.522	369.291
369.83	369.93	40.500	368.886
369.82	369.92	40.479	368.481
369.81	369.91	40.457	368.076
369.80	369.90	40.435	367.672
369.79	369.89	40.413	367.267
369.78	369.88	40.391	366.863

369.77	369.87	40.368	366.460
369.76	369.86	40.346	366.056
369.75	369.85	40.324	365.653
369.74	369.84	40.302	365.250
369.73	369.83	40.280	364.847
369.72	369.82	40.258	364.444
369.71	369.81	40.236	364.042
369.70	369.80	40.214	363.640
369.69	369.79	40.191	363.238
369.68	369.78	40.169	362.836
369.67	369.77	40.146	362.434
369.66	369.76	40.123	362.033
369.65	369.75	40.100	361.632
369.64	369.74	40.077	361.231
369.63	369.73	40.053	360.830
369.62	369.72	40.030	360.430
369.61	369.71	40.006	360.030
369.60	369.70	39.982	359.630
369.59	369.69	39.958	359.230
369.58	369.68	39.934	358.831
369.57	369.67	39.910	358.431
369.56	369.66	39.885	358.033
369.55	369.65	39.860	357.634
369.54	369.64	39.835	357.235
369.53	369.63	39.810	356.837
369.52	369.62	39.784	356.439
369.51	369.61	39.758	356.042
369.50	369.60	39.732	355.644
369.49	369.59	39.706	355.247
369.48	369.58	39.679	354.850
369.47	369.57	39.653	354.453
369.46	369.56	39.626	354.057
369.45	369.55	39.599	353.661
369.44	369.54	39.572	353.265
369.43	369.53	39.544	352.870
369.42	369.52	39.516	352.474
369.41	369.51	39.488	352.079
369.40	369.50	39.459	351.684
368.90	369.00	37.783	332.361
368.40	368.50	35.836	313.954
367.90	368.00	33.923	296.512
367.40	367.50	31.947	280.045
366.90	367.00	29.956	264.571
366.40	366.50	27.884	250.112
365.90	366.00	26.089	236.622

365.40	365.50	24.494	223.986
364.90	365.00	23.067	212.104
364.40	364.50	21.694	200.914
363.90	364.00	20.477	190.387
363.40	363.50	19.503	180.395
362.90	363.00	18.612	170.870
362.40	362.50	17.684	161.792
361.90	362.00	16.784	153.182
361.40	361.50	15.899	145.011
360.90	361.00	15.017	137.285
360.40	360.50	14.215	129.984
359.90	360.00	13.517	123.056
359.40	359.50	12.907	116.453
358.90	359.00	12.325	110.145
358.40	358.50	11.741	104.130
357.90	358.00	11.199	98.398
357.40	357.50	10.725	92.922
356.90	357.00	10.311	87.665
356.40	356.50	9.922	82.607
355.90	356.00	9.503	77.750
355.40	355.50	9.134	73.092
354.90	355.00	8.799	68.611
354.40	354.50	8.477	64.290
353.90	354.00	8.110	60.143
353.40	353.50	7.738	56.181
352.90	353.00	7.385	52.402
352.40	352.50	7.049	48.794
351.90	352.00	6.718	45.352
351.40	351.50	6.405	42.072
350.90	351.00	6.100	38.946
350.40	350.50	5.791	35.973
349.90	350.00	5.495	33.152
349.40	349.50	5.207	30.477
348.90	349.00	4.919	27.944
348.40	348.50	4.624	25.561
347.90	348.00	4.331	23.322
347.40	347.50	3.974	21.241
346.90	347.00	3.664	19.334
346.40	346.50	3.405	17.569
345.90	346.00	3.187	15.921
345.40	345.50	2.970	14.382
344.90	345.00	2.733	12.954
344.40	344.50	2.531	11.638
343.90	344.00	2.337	10.421
343.40	343.50	2.143	9.300

342.90	343.00	1.952	8.277
342.40	342.50	1.773	7.347
341.90	342.00	1.603	6.502
341.40	341.50	1.426	5.745
340.90	341.00	1.259	5.073
340.40	340.50	1.108	4.482
339.90	340.00	0.982	3.960
339.40	339.50	0.865	3.499
338.90	339.00	0.772	3.091
338.40	338.50	0.695	2.725
337.90	338.00	0.624	2.395
337.40	337.50	0.546	2.103
336.90	337.00	0.485	1.846
336.40	336.50	0.440	1.616
335.90	336.00	0.398	1.406
335.40	335.50	0.353	1.218
334.90	335.00	0.308	1.054
334.40	334.50	0.269	0.909
333.90	334.00	0.235	0.784
333.40	333.50	0.203	0.674
332.90	333.00	0.177	0.580
332.40	332.50	0.161	0.496
331.90	332.00	0.147	0.419
331.40	331.50	0.134	0.349
330.90	331.00	0.121	0.285
330.40	330.50	0.108	0.228
329.90	330.00	0.095	0.177
329.40	329.50	0.083	0.133
328.90	329.00	0.071	0.094
328.40	328.50	0.058	0.062
327.90	328.00	0.042	0.037
327.40	327.50	0.028	0.020
326.90	327.00	0.017	0.008
326.40	326.50	0.007	0.002
325.90	326.00	0.002	0.000
325.40	325.50	0.000	0.000
324.90	325.00	0.000	0.000