

# UHE Jaguara

## Relatório Técnico

Atualização das Curvas Cota x Área x Volume



Contratante: CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A  
Contratado: RURAL TECH COMÉRCIO E SERVIÇOS EIRELI

CONTRATO DE SERVIÇOS DE TOPOGRAFIA, BATIMETRIA, GEOPROCESSAMENTO E AQUISIÇÃO DE PRODUTOS DE AEROLEVANTAMENTO PARA O PROCESSO DE ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME COM ELABORAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA ATENDIMENTO AO ART. 8 DA RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/ANEEL Nº 3/2010.

## UHE JAGUARA

JG-CAV-02-RT-AC01-R03

ELABORAÇÃO:  
Eng. Lucas Amorim de Sá  
Geofísico Kayque Bergamashci  
REVISÃO:  
Eng. Sergio Vieira Ballarin

ABRIL - 2021

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 CORPO TÉCNICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....</b>	<b>6</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA .....</b>	<b>7</b>
<b>6. CLASSIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO QUANTO O POTENCIAL DE ASSOREAMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>6.1 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA (Pss) .....</b>	<b>8</b>
<b>6.2 POSIÇÃO DO RESERVATÓRIO NA CASCATA (PRC) .....</b>	<b>9</b>
<b>6.3 REGIME DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO (ROR) .....</b>	<b>11</b>
<b>6.4 MAGNITUDE E IMPORTÂNCIA DOS EFEITOS DO ASSOREAMENTO (MI) .....</b>	<b>12</b>
<b>6.5 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE (NC) .....</b>	<b>12</b>
<b>7. LEVANTAMENTOS REALIZADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>7.1 IMPLANTAÇÃO DA REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS - RVG .....</b>	<b>12</b>
<b>7.2 ELABORAÇÃO DO MODELO GEOIDAL LOCAL - MGL.....</b>	<b>15</b>
<b>7.3 MAPEAMENTO DA ÁREA MOLHADA .....</b>	<b>16</b>
<b>7.4 MAPEAMENTO DA ÁREA SECA .....</b>	<b>17</b>
<b>7.5 IMPLANTAÇÃO DAS SEÇÕES DE CONTROLE .....</b>	<b>20</b>
<b>8. PRODUTOS E RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>8.1 MODELO DIGITAL DO TERRENO - MDT .....</b>	<b>21</b>
<b>8.2 CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME .....</b>	<b>22</b>
<b>8.2.1 METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>8.2.2 CORRELAÇÃO DAS COTAS – SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) X COTA DE OPERAÇÃO (RÉGUA DA UHE JAGUARA) .....</b>	<b>24</b>

8.2.3	CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME.....	24
8.2.1	AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME.....	36
8.2.2	COMPARAÇÃO DA CURVA NOVA COM A CURVA ANTIGA .....	37
8.3	CARTAS TOPOBATIMÉTRICAS .....	38
8.4	SEÇÕES DE MONITORAMENTO DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS.....	40
9.	CONCLUSÃO.....	43

#### RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS APRESENTADOS

**Relatório Técnico - Atualização Das Curvas Cota X Área X Volume**

**ANEXO 01 - Levantamentos Geodésicos**

**ANEXO 02 - Levantamentos Batimétricos**

**ANEXO 03 - Levantamentos Aerofotogramétricos**



## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades técnicas de cartografia, batimetria e geodésia, executadas para a determinação das Curvas Cota x Área x Volume do reservatório da UHE Jaguará, localizado nos municípios de Rifaina, no estado de São Paulo, e Sacramento, no Estado de Minas Gerais. Os serviços de levantamentos geodésicos e batimétricos foram executados pela empresa Rural Tech, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2016, conforme contrato da Cemig Geração e Transmissão S.A. nº 4570015626 - 510.

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

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

Dessa forma, este 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 Jaguará.

## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA

A Rural Tech foi fundada em novembro de 1984, em Brasília – DF, voltada para a área de projetos de irrigação e drenagem. Em 1994, a área de topografia, que sempre existiu dentro da área de projetos agrícolas, ganhou impulso com o uso de equipamentos de posicionamento global por recepção de sinais dos satélites GPS NAVSTAR.

Em 1997 a Rural Tech adquiriu aparelhos GPS de dupla frequência, com portadoras L1/L2 para realizar os serviços de Topografia e Geodésia. A Partir de 1999, iniciou sua atuação na área de batimetria, quando adquiriu o seu primeiro ecobatímetro com registro contínuo em papel térmico da marca Raytheon. Hoje a empresa conta com diversos ecobatímetros digitais monofeixe de simples e dupla frequência, ecobatímetros multifeixe e barcos projetados para uso em projetos de batimetria monofeixe e multifeixe.

Desde 1997, a Rural Tech sempre esteve envolvida com o uso de modernas tecnologias para a execução de levantamentos topográficos e batimétricos de estudos, projetos e obras de engenharia.

## **2.1 Corpo Técnico**

Participaram da realização dos serviços os profissionais listados a seguir:

- Fábio de Novaes Filho – Diretor e Responsável Técnico;
- Sergio Vieira Ballarin – Engenheiro Civil e Responsável Técnico;
- Lucas Amorim de Sá – Engenheiro Cartógrafo e Responsável Técnico;
- Wellington de Oliveira Brito – Técnico em Geomensura e Coordenador de Campo;
- Kayque Bergamaschi Rodrigues Carneiro – Geofísico;
- Paulo Kleber Machado Mendes – Geofísico;
- Alan Soares Martins – Oceanógrafo;
- Raphael Laurindo Bonini – Engenheiro Florestal.

## **3. OBJETIVO**

O objetivo desse trabalho é a atualização das curvas cota x área x volume da UHE Jaguará, 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) do entorno do reservatório, por nivelamento geométrico e rastreo GNSS L1/L2, a partir das RNs oficiais do IBGE mais próximas, com leitura dos níveis sobre a régua de operação localizada na barragem.

- Validação do MapGeo 2015 ou elaboração de um Modelo Geoidal Local (MGL) da região do reservatório da UHE Jaguará.
- Mapeamento da área molhada por meio de tecnologia ensonificação do leito com sonar multifeixe e monofeixe de todo o espelho d'água do reservatório e braços.
- Implantação de Seções de Controle para o monitoramento do assoreamento.
- Construção do Modelo Digital do Terreno.

#### 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 contém a classificação do reservatório quanto ao nível de criticidade, o Modelo Digital do Terreno – MDT, as cartas topo batimétricas, as seções de controle e as curvas Cota x Área x Volume do reservatório de Jaguará.

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 e monofeixe, bem como os produtos resultantes do levantamento batimétrico.

#### 5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Quadro 5-1 a seguir apresenta as características da Usina Hidrelétrica Jaguará.

**Quadro 5-1 – Características do Empreendimento**

Localização	Rio Grande
Bacia Hidrográfica	Bacia do Rio Grande
Sub-bacia hidrográfica	Baixo do Rio Grande

Potência Declarada	424,00 MW
Unidades geradoras	4
Início de Operação	1971
Município margem direita	Sacramento – MG
Município margem esquerda	Rifaina - SP
Volume – Antes da Atualização (hm <sup>3</sup> )	470,00

### 5.1 Caracterização da Bacia

A UHE Jaguará iniciou sua operação no ano de 1971, localiza-se na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, no baixo Rio Grande, entre os municípios de Sacramento (MG) e Rifaina (SP). Sétima usina da cascata de aproveitamentos hidrelétricos do rio Grande, Jaguará está a jusante da usina de Estreito (oficialmente denominada Luiz Carlos Barreto de Carvalho), pertencente à empresa federal Furnas Centrais Elétricas, e a montante da usina de Igarapava, construída pela Cemig em parceria com empresas privadas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande situa-se na Região Sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná que, em conjunto com as Regiões Hidrográficas Paraguai e Uruguai, compõe a Bacia do Prata.

A dominialidade dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Grande está dividida entre a União (12,37%) e os Estados de Minas Gerais (51,40%) e São Paulo (36,23%).

Nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas (MG), a uma altitude aproximada de 1.980 metros. A partir das cabeceiras seu curso tem o sentido Sudoeste - Nordeste, até a divisa dos municípios de Bom Jardim de Minas e Lima Duarte, onde passa a escoar no sentido Sul - Norte até a altura de Piedade do Rio Grande. A partir daí seu curso tem sentido para Noroeste, sendo mantido até a divisa de Rifaina (SP) e Sacramento (MG), onde passa a correr no sentido Leste - Oeste até desaguar no rio Paraná, na divisa dos municípios de Santa Clara do Oeste, na vertente paulista, e Carneirinho, na vertente mineira.

Ao longo do seu curso 12 barragens estão instaladas: Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Marechal Mascarenhas de Moraes (ex-Peixoto), Estreito, **Jaguará**, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha.



## 6. CLASSIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO QUANTO O POTENCIAL DE ASSOREAMENTO

Os dados apresentados neste item 6 foram obtidos no documento PO/PE-00608/2014 – Revisão A, Plano de Trabalho da UHE Jaguará entregue a ANA pela CEMIG em fevereiro de 2014.

### 6.1 Potencial de Produção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica (Pss)

A UHE Jaguará está instalada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, na Sub-bacia do Baixo do Rio Grande. Para a classificação o potencial de produção de sedimentos em função da “degradação específica” (perda de solo - Pss) expressa em ton/km<sup>2</sup>/ano, seguiu-se o estudo apresentado na publicação federal “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros” (ELETROBRÁS/IPH, 2ª edição, 1998).

A Figura 6-1 mostra que a UHE está na parte limítrofe entre a Zona Paulista S2 com produção específica média de 45 ton/km<sup>2</sup>/ano e a Zona Mineira E6 com produção específica média de 250 ton/km<sup>2</sup>/ano. Considerando que a área de drenagem incremental relacionada ao reservatório (curso à montante do mesmo) possui 435 km<sup>2</sup>, a **UHE Jaguará** está na faixa de **Baixo Potencial (1)**, com Pss menor que 25 ton/km<sup>2</sup>/ano.



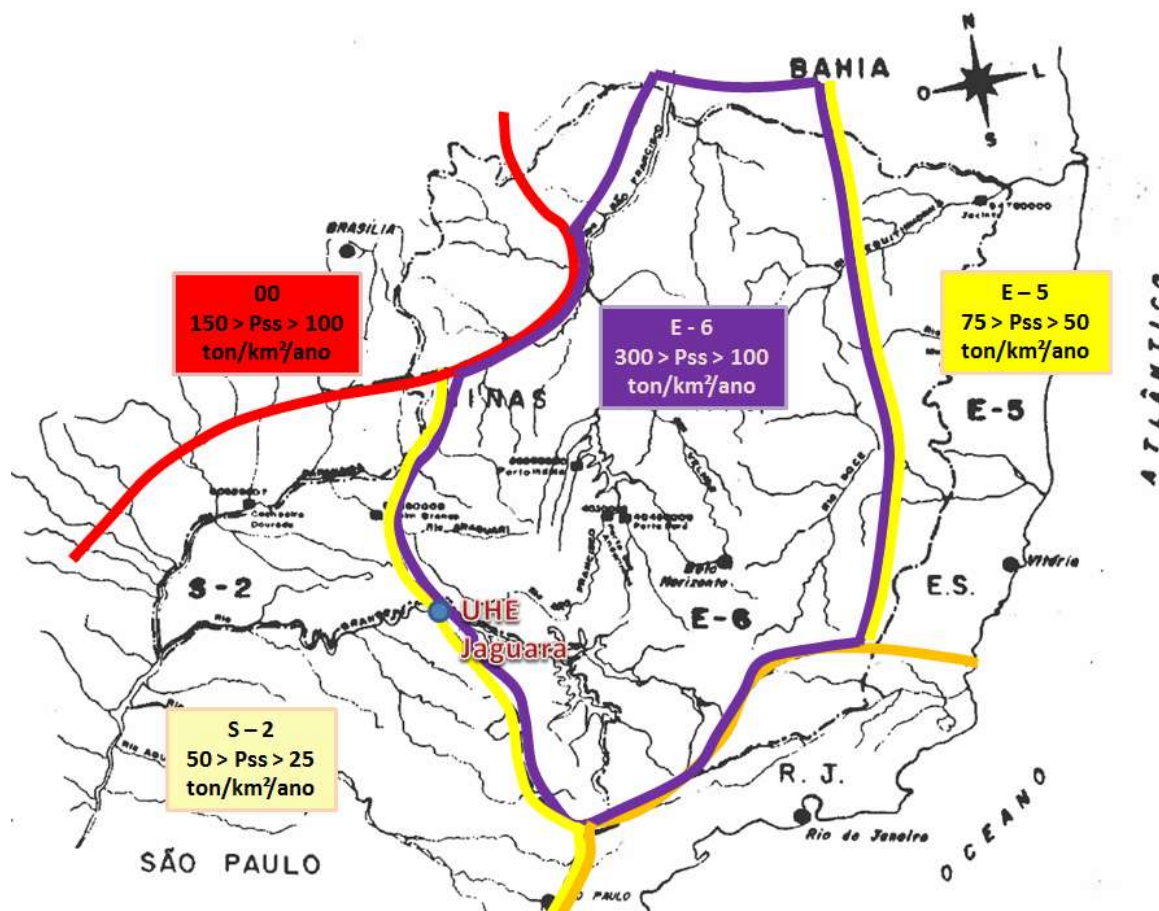


Figura 6-1 - Localização da UHE Jaguará e seu zoneamento hidrossedimentológico (ELETROBRÁS, 1998 – modificado)

## 6.2 Posição do Reservatório na Cascata (Prc)

A Figura 6-2 indica que a UHE Jaguará é sétima usina instalada na cascata da calha do Rio Grande. O primeiro empreendimento a montante é UHE Luiz Carlos Barreto de Carvalho operada pela empresa Furnas (subsidiária da ELETROBRÁS). A Figura 6-3 mostra que o reservatório de Jaguará recebe basicamente a defluência da UHE Luiz Carlos Barreto. Devido à proximidade das duas usinas e o fato de ambas serem usinas à fio d'água (regularização pelo reservatório de Furnas), não foi considerado um caso de área de drenagem incremental muito significativa (435,62 km² que representam 0,7% da área de drenagem total). Dado isso, a **UHE Jaguará** é classificada como um **Reservatório de jusante com pequena bacia incremental – Baixa suscetibilidade (1)**.

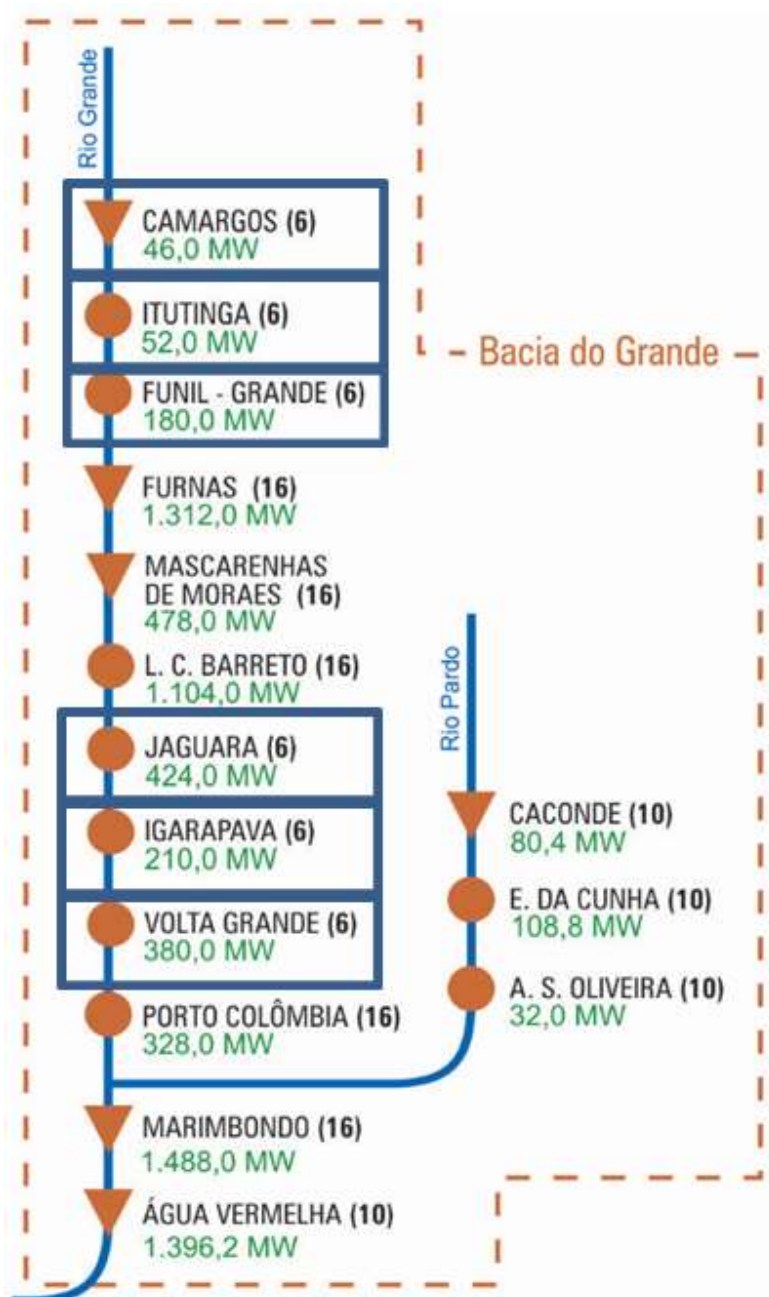


Figura 6-2 - Cascata do Rio Grande (ONS, 2013).



Figura 6-3 - Área de drenagem incremental entre a UHE Jaguará e a UHE L. C. Barreto (Google, 2014)

### 6.3 Regime de Operação do Reservatório (Ror)

O reservatório da UHE Jaguará por ser uma usina à fio d'água, possui um reservatório com volume útil que totaliza 90 hm<sup>3</sup>. Considerando a série de geração de energia desde o primeiro ano de operação e o Coeficiente de Produtibilidade médio da usina, tem-se a vazão turbina média. Seguindo a equação proposta para o índice de regularização – IR (razão entre volume útil e vazão média turbinada) e os dados do Quadro 6-1, a **UHE Jaguará** está como **Baixa suscetibilidade (1)**, com o valor de IR em 1,36 dias.

Quadro 6-1 - Índice de regularização UHE Jaguará

<b>Volume útil:</b>	90 hm <sup>3</sup>
<b>Vazão média turbinada (série de 1990 a 2013):</b>	766,22 m <sup>3</sup> /s

#### 6.4 Magnitude e importância dos efeitos do assoreamento (MI)

Segundo a classificação do parâmetro MI, discorre-se sobre a UHE Jaguará seguintes informações:

- Maior sensibilidade aos parâmetros anteriores: baixa suscetibilidade em todos os demais parâmetros.
- Não constitui hidrovias.

Dessa forma, classifica-se a **UHE Jaguará** como **Baixa Externalidade (1)**.

#### 6.5 Determinação do Nível de Criticidade (NC)

Segundo a equação proposta para a determinação do nível de criticidade, tem-se:

$$NC = \frac{Pss + Prc + MI + 4 \times Ror}{21}$$

$$NC = \frac{1 + 1 + 1 + 4 \times 1}{21} = 0,33$$

Dessa forma, classifica-se a **UHE Jaguará** como **Classe 1 - Nível de criticidade médio (0,33)**.

### 7. LEVANTAMENTOS REALIZADOS

No presente item são descritos os levantamentos realizados, que atendem a todos os requisitos da Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 3/2010, 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*.

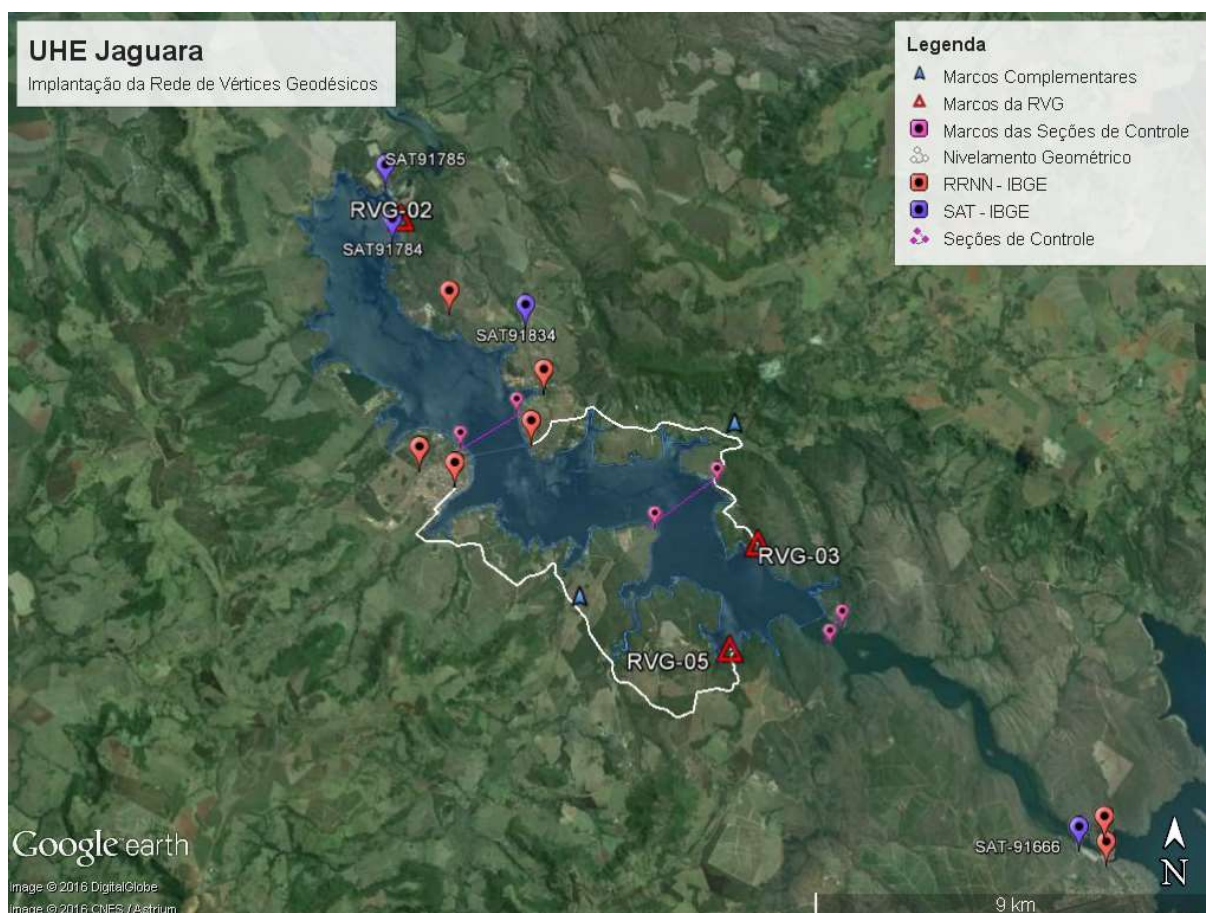
#### 7.1 Implantação da Rede de Vértices Geodésicos - RVG

Foi implantada uma Rede de Vértices Geodésicos - RVG para a UHE Jaguará, composta por um total de 05 vértices principais distribuídos uniformemente ao longo do reservatório. Seus vértices tiveram suas coordenadas planas determinadas por posicionamento GNSS com receptores de dupla frequência, e suas elevações determinadas 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 validação do MapGeo2015.

A Figura 7-1 ilustra todos os serviços executados para a implantação da RVG do reservatório de Jaguará 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**

Nome	Norte (m)	Este (m)	Latitude	Longitude	Cota Elipsoidal (m)	Cota Ortométrica (m)
<b>RVG01</b>	7.784.332,689	245.184,212	20°01'15,8277"S	47°26' 08,6432"W	553,153	561,436
<b>RVG02</b>	7.777.715,484	246.834,316	20°04'51,68337"S	47°25'15,19691"W	564,181	572,217
<b>RVG03</b>	7.776.574,392	253.668,099	20°05'31,95441"S	47°21'20,65038"W	592,512	600,470
<b>RVG04</b>	7.770.033,459m	261.529,386	20°09'08,12585"S	47°16'53,25202"W	558,432	566,045
<b>RVG05</b>	7.774.213,929	253069,765	20°06'48,40355"S	47°21'42,38787"W	552,667	560,534

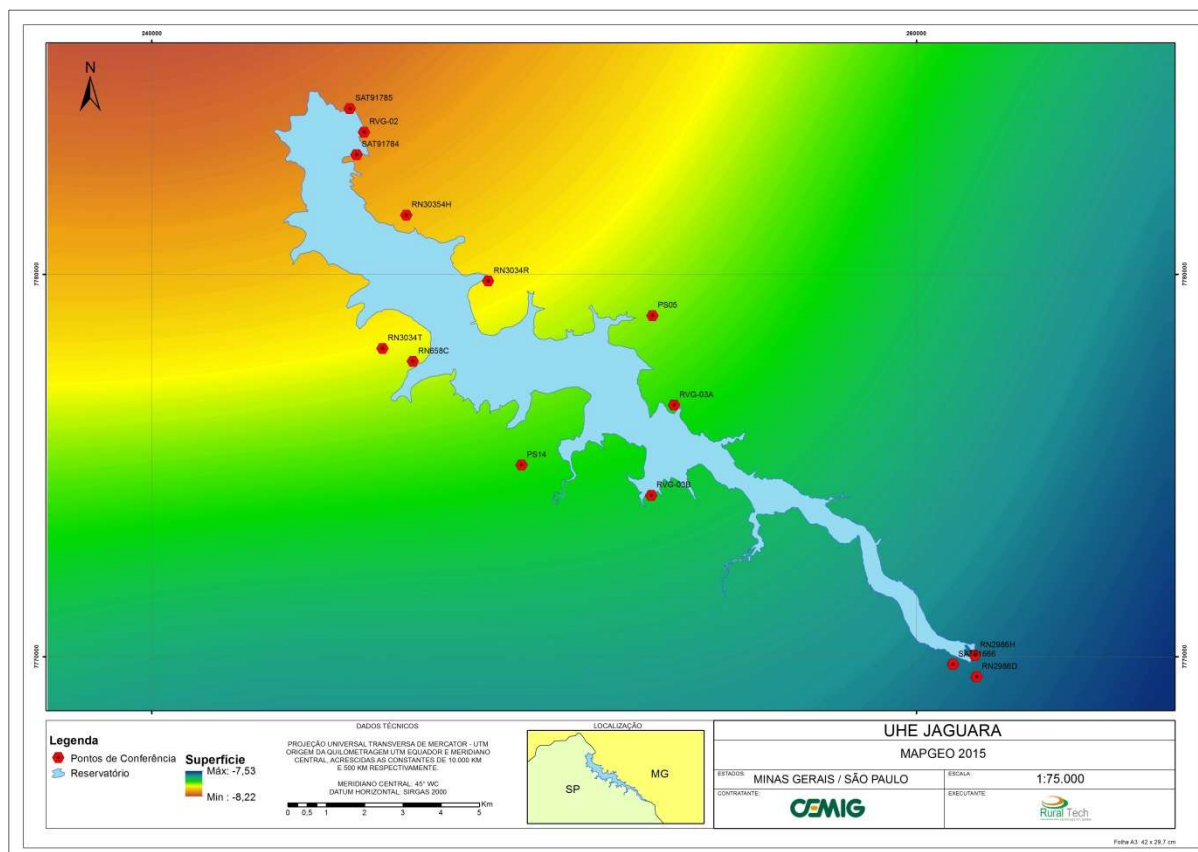
## 7.2 Elaboração do Modelo Geoidal Local - MGL

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.

Conforme especificado para o presente trabalho foram selecionados vinte por cento (20%) dos pontos totais rastreados e nivelados durante a implantação da RVG para avaliar o MapGeo2015. Após análise foi observado que o MapGeo, tanto o 2010 quanto o 2015, apresentaram na região do reservatório da UHE Jaguará, a qualidade exigida no documento orientativo da ANA, e não se fez necessária a elaboração um Modelo Geoidal Local – MGL. A superfície que representa o MapGeo2015 na região do reservatório é apresentada na Figura 7-2 a seguir, a escolha do modelo de 2015 se deu por este ter apresentado melhores resultados quando comparados com os dados coletados em campo do que o modelo mais antigo.







**Figura 7-2 – Modelo Gravitacional Brasileiro – MapGeo2015**

Ponto	Norte (m)	Este (m)	N - NG/GNSS (m)	N – MGL (m)	Diferença (m)
RN658C	7777715,484	246834,316	-8,036	-7,930	-0,106
RN2986D	7769467,495	261579,579	-7,638	-7,580	-0,058
RVG-03A	7777715,484	246834,316	-8,036	-7,930	-0,106
SAT91784	7769467,495	261579,579	-7,638	-7,580	-0,058

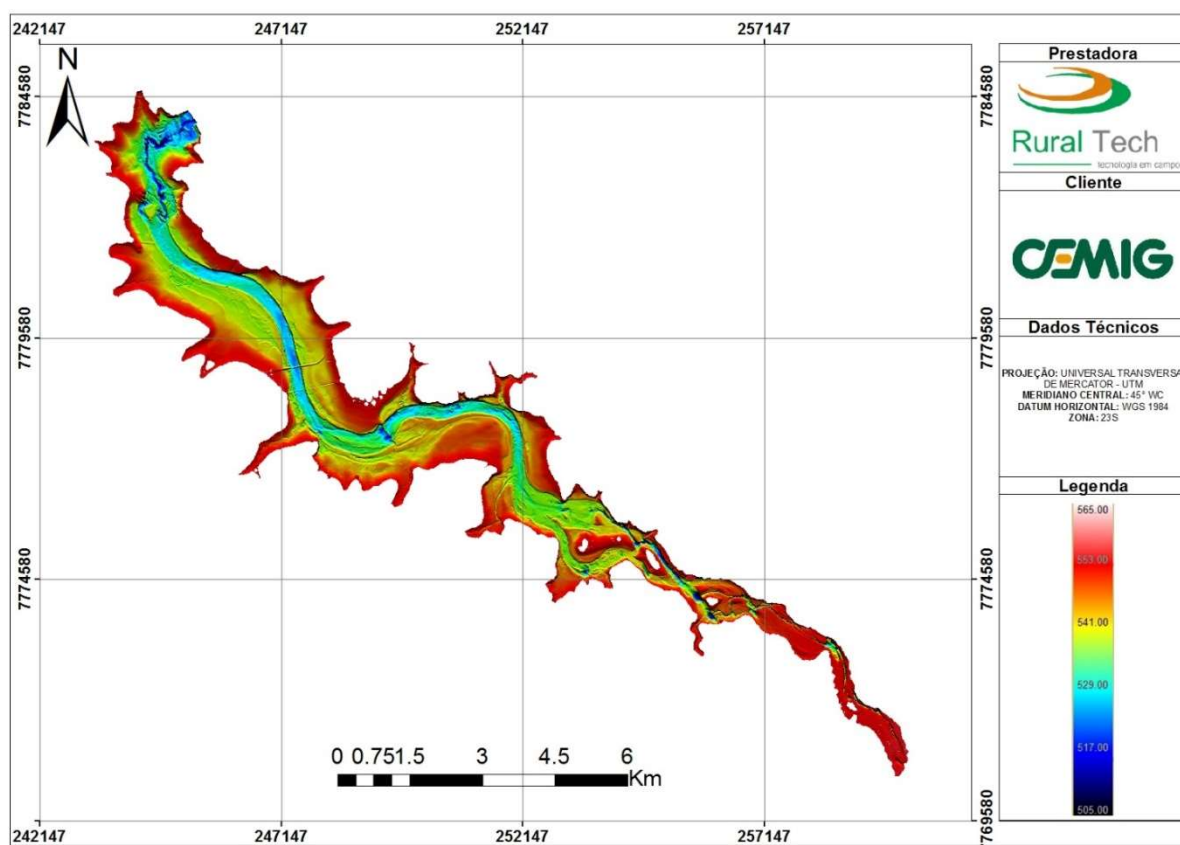
### 7.3 Mapeamento da Área Molhada

Para o mapeamento da área molhada do reservatório optou-se pela utilização da tecnologia de ensonificação do leito com sonar multifeixe, com complemento do monofeixe no restante do espelho d'água do reservatório, realizando o mapeamento

mais de 80% do reservatório com ecobatímetro multifeixe e das áreas rasas, localizadas à montante do reservatório e nas margens com ecobatímetro monofeixe.

A amarração altimétrica foi realizada pelos dados de monitoramento do nível d'água da régua a montante do barramento da UHE Jaguará, fornecido pela Cemig, além de duas réguas instaladas ao longo do reservatório. Estas últimas amarradas ao Modelo Gravitacional Brasileiro – MapGeo2015 validado a partir dos levantamentos geodésicos realizados nesta fase dos trabalhos e apresentados no Anexo 01.

O produto final do levantamento batimétrico é um Grid de pontos processados e reduzidos já para a cota ortométrica. Foram levantados 30 km<sup>2</sup> de batimetria ao longo do reservatório. A Figura 7-3 ilustra o grid gerado com os pontos em um dos softwares utilizados no processamento de dados batimétricos.



**Figura 7-3 - Grid final da batimetria Jaguará**

## 7.4 Mapeamento da Área Seca

Por se tratar de um reservatório que opera a fio d'água, ou seja, a nível constante na elevação equivalente ao nível máximo normal, o reservatório de

Jaguara não apresenta área seca a ser mapeada, mas apenas o contorno do reservatório, que representa o limite superior das curvas Cota x Área x Volume.

Para determinação desse contorno foi fornecido pela CEMIG, o limite externo do reservatório, em formato *ShapeFile* na cota máxima normal que para o caso de Jaguara é igual ao máximo maximorum.

Dados fornecidos pela CEMIG:

- ShapeFile do limite da linha d'água com a informação de cota e Datum WGS84;

Para o ajuste do contorno do reservatório, e sua área nas curvas Cota x Área x Volume, foram considerados os níveis d'água registrados no reservatório de Jaguara nas datas dos levantamentos batimétricos. Esses níveis são apresentados no Quadro 7-2 a seguir.

**Quadro 7-2 – Variação de NA durante o levantamento batimétrico**

Usina	Data	Cota – SGB (m)	Cota Max Normal – SGB (m)	Diferença (m)
<b>RVG01</b>	29/03/2016	558,49	558,84	- 0,35
<b>RVG02</b>	05/03/2016	558,68	558,84	- 0,16
<b>RVG03</b>	07/03/2016	558,68	558,84	- 0,16

Verifica-se que a diferença entre os níveis d'água nos dias dos levantamentos batimétricos e o nível normal do reservatório foi de aproximadamente 22 cm, valor inferior à precisão de qualquer levantamento com curvas de nível com 1 m de equidistância. Assim, adotou-se que o limite do reservatório fornecido pela CEMIG, referente à cota máxima normal de operação, corresponde ao mesmo nível d'água do momento do levantamento batimétrico.

O contorno do reservatório fornecido pela Cemig seguiu como produto para atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 501/2012. Conforme informado no Roteiro de Trabalho PO/PE – 00178/2016, foi contratado em 2006 o levantamento aerofotogramétrico do entorno do reservatório visando o atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 501/2012. A precisão do produto final é de escala 1:5.000 e

com resolução espacial (GSD – Ground Size Distance) de 40 centímetros. Foram geradas curvas de nível de 1 em 1 metro. Ressalta-se que toda a base cartográfica produzida está enquadrada em PEC A, com recolhimento de ART. Deste modo, considerou-se que não é necessário realizar nova classificação ou validação de campo do material.

O Quadro 7-3 apresentam os dados compilados nos arquivos de metadados dos vetores georreferenciados enviados à ANEEL.

**Quadro 7-3 - Metadados dos arquivos digitais produzidos em atendimento à RN nº 501/2012**

<b>Imageamento</b>	
<b>Sensores Aerotransportados ou Orbitais</b>	Aerotransportado
<b>Tipo de Sensor</b>	Óptico
<b>Histórico / Contextualização / Motivação da Escolha</b>	A aquisição das Ortofotocartas, visou subsidiar as demandas internas da CEMIG e foram aproveitadas na elaboração das camadas da RN 501, já que atendem as exigências da mesma.
<b>Descrição</b>	Ortofotocartas (Restituição Aerofotogramétrica)
<b>Especificações Técnicas</b>	As fotografias aéreas foram digitalizadas em scanners aerofotogramétricos diretamente dos filmes, com formato de saída "TIF". A resolução geométrica de digitalização foi de 20 micra (1270 dpi) e a radiométrica de 24 bits.
<b>Resolução</b>	0,50m Multiespectral
<b>Compatibilidade de Escala</b>	1:5.000 - PEC A
<b>Data, e demais informações pertinentes</b>	A restituição foi elaborada através de ortofotocartas na escala 1:5.000 realizada através de cobertura aerofotogramétrica pela empresa Base Aerofotogrametria
<b>Sistema de Projeção e Datum Originais</b>	Universal Transversa de Mercator - UTM, Fuso 23 S e Datum SAD - 69
<b>Data do levantamento de campo</b>	Aerotransportado
<b>Fotogrametria e Perfilamento a Laser</b>	
<b>Histórico / Contextualização / Disponibilidade</b>	A partir da aerotriangulação foram obtidos os parâmetros de orientação das fotografias aéreas (modelos). Esses dados possibilitaram a leitura de malha regular de pontos de 5 por 5 metros, no formato ASCII e a restituição de breaklines (hidrografia e viário), para a execução da modelagem do terreno (MDT) que possibilitou a geração das curvas operativas do reservatório.
<b>Restituição Digital</b>	Sim
<b>Ortorretificação</b>	Sim
<b>Trabalhos realizados</b>	Restituição Aerofotogramétrica

## 7.5 Implantação das Seções de Controle

Sendo o reservatório da UHE Jaguará sendo classificado com um **Nível de criticidade baixo**, foi instalado um **conjunto com três seções de controle topobatimétrico**, posicionando-as no seu quartil superior (trecho de montante), incluindo a zona de remanso, e em dois locais distintos no reservatório. O espaçamento entre as seções deve ser da ordem de cinco vezes a largura do Rio Grande.

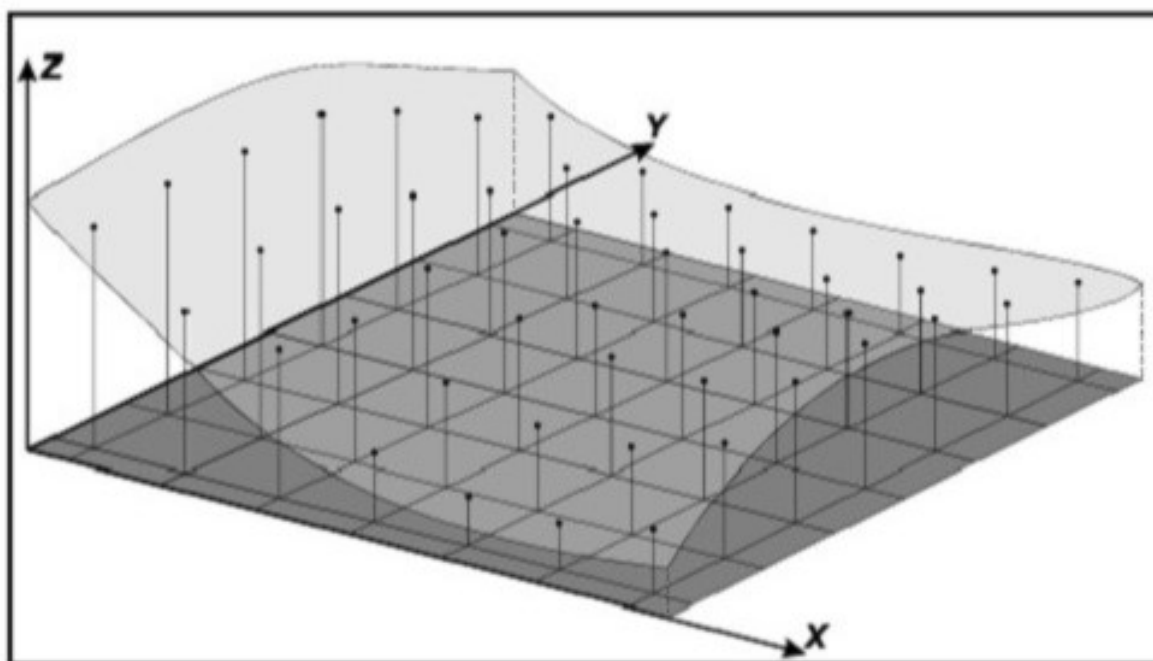
Essas seções foram materializadas, nas duas margens, por marcos de concreto que estão georreferenciados e documentados, por meio de relação de coordenadas obtidas a partir do processamento dos pontos, de acordo com a seguinte metodologia:

- 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

O produto dos levantamentos da área seca, fornecido pela CEMIG, é um shape do nível d'água na cota máximo normal de operação e o produto 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 Jaguará esse espaçamento foi de 4 x 4. Tal modelo digital aproxima superfícies por meio de um poliedro de 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**

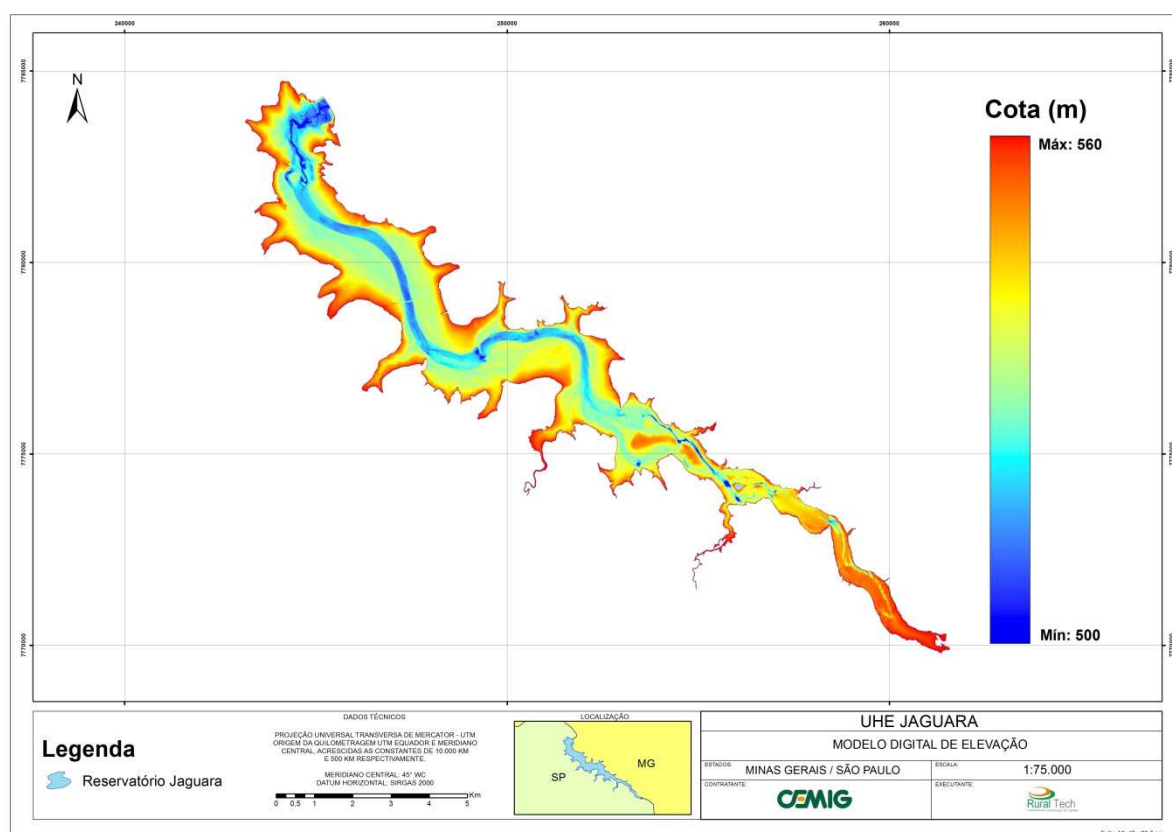
A interpolação dos dados oriundos da batimetria com o limite do reservatório na cota máximo normal, fornecido pela CEMIG em formato *ShapeFile*, foi realizada no software ArcGIS Pro, por meio da ferramenta *Topo to Raster*, que é um método desenvolvido para a criação de Modelos Digitais de Elevação (MDE), 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 2 insumos, o grid da batimetria e o contorno do reservatório como limite do reservatório e do MDT a ser elaborado.



**Figura 8-2 – Modelo Digital do Terreno**

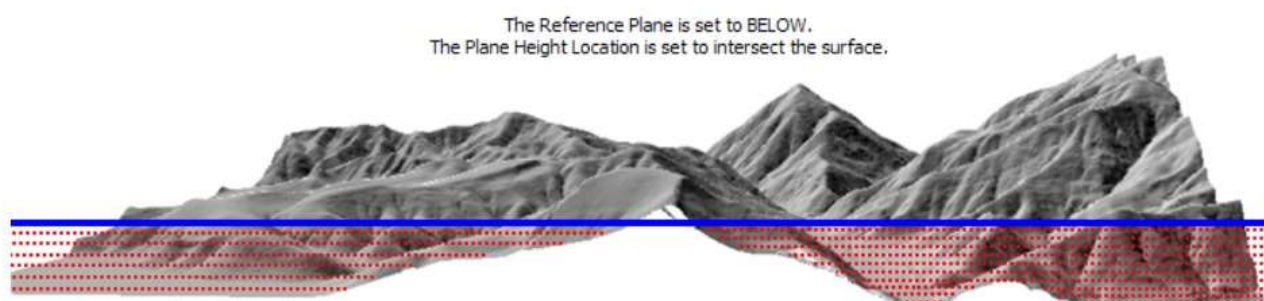
## 8.2 Curvas Cota x Área x Volume

### 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.



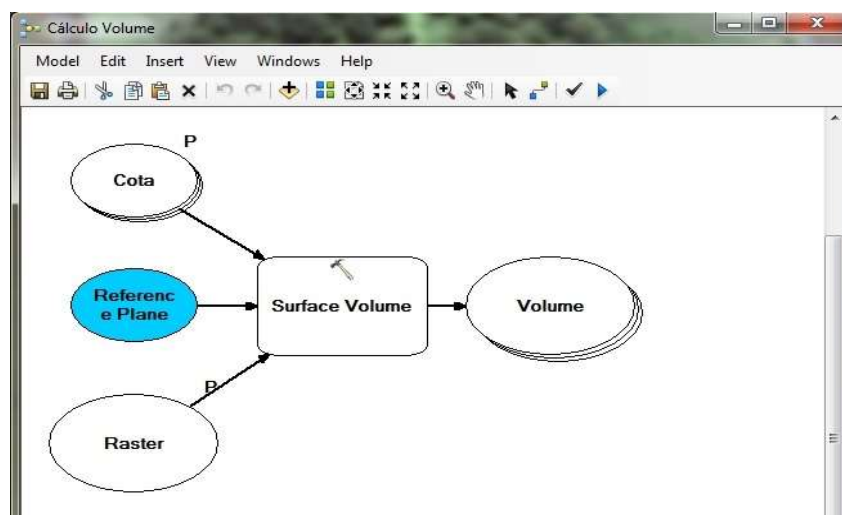
**Figura 8-3 - Exemplo de área e volume calculados abaixo do plano de referência**

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 de Jaguará.

### **8.2.2 Correlação das Cotas – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) x Cota de Operação (Régua da UHE Jaguará)**

Deve-se destacar que há uma diferença de 34 cm entre as elevações no Sistema Geodésico Brasileiro, obtidas no levantamento atual, e o nível local atualmente utilizado como referência na operação da UHE Jaguará.

Dessa forma, os documentos baseados na referência de nível local apresentam o nível máximo normal do reservatório na elevação 558,50, enquanto na referência do Sistema Geodésico Brasileiro, referência do atual trabalho esse nível corresponde à elevação 558,84m.

### **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 no Quadro 8-1 e representados graficamente na Figura 8 -7.

**Quadro 8-1 – Curvas Cota x Área x Volume**

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
558,50	558,84	33,70	494,32
558,49	558,83	33,69	493,99
558,48	558,82	33,67	493,65
558,47	558,81	33,66	493,31
558,46	558,80	33,65	492,98
558,45	558,79	33,64	492,64
558,44	558,78	33,62	492,30
558,43	558,77	33,61	491,97
558,42	558,76	33,60	491,63
558,41	558,75	33,59	491,30
558,40	558,74	33,58	490,96
558,39	558,73	33,56	490,62
558,38	558,72	33,55	490,29
558,37	558,71	33,54	489,95
558,36	558,70	33,53	489,62
558,35	558,69	33,52	489,28
558,34	558,68	33,51	488,95
558,33	558,67	33,50	488,61
558,32	558,66	33,48	488,28
558,31	558,65	33,47	487,94
558,30	558,64	33,46	487,61
558,29	558,63	33,45	487,27
558,28	558,62	33,44	486,94
558,27	558,61	33,43	486,60
558,26	558,60	33,42	486,27
558,25	558,59	33,41	485,94
558,24	558,58	33,39	485,60
558,23	558,57	33,38	485,27
558,22	558,56	33,37	484,93
558,21	558,55	33,36	484,60
558,20	558,54	33,35	484,27
558,19	558,53	33,34	483,93
558,18	558,52	33,33	483,60
558,17	558,51	33,32	483,27
558,16	558,50	33,31	482,93
558,15	558,49	33,30	482,60
558,14	558,48	33,29	482,27
558,13	558,47	33,28	481,94
558,12	558,46	33,27	481,60
558,11	558,45	33,26	481,27
558,10	558,44	33,25	480,94
558,09	558,43	33,24	480,60
558,08	558,42	33,23	480,27

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
558,07	558,41	33,22	479,94
558,06	558,40	33,21	479,61
558,05	558,39	33,20	479,28
558,04	558,38	33,19	478,94
558,03	558,37	33,18	478,61
558,02	558,36	33,17	478,28
558,01	558,35	33,16	477,95
558,00	558,34	33,15	477,62
557,99	558,33	33,14	477,29
557,98	558,32	33,13	476,96
557,97	558,31	33,12	476,62
557,96	558,30	33,11	476,29
557,95	558,29	33,10	475,96
557,94	558,28	33,09	475,63
557,93	558,27	33,08	475,30
557,92	558,26	33,07	474,97
557,91	558,25	33,06	474,64
557,90	558,24	33,05	474,31
557,89	558,23	33,04	473,98
557,88	558,22	33,03	473,65
557,87	558,21	33,02	473,32
557,86	558,20	33,01	472,99
557,85	558,19	33,00	472,66
557,84	558,18	32,99	472,33
557,83	558,17	32,98	472,00
557,82	558,16	32,97	471,67
557,81	558,15	32,96	471,34
557,80	558,14	32,95	471,01
557,79	558,13	32,94	470,68
557,78	558,12	32,93	470,35
557,77	558,11	32,92	470,02
557,76	558,10	32,91	469,69
557,75	558,09	32,90	469,36
557,74	558,08	32,89	469,03
557,73	558,07	32,88	468,70
557,72	558,06	32,88	468,37
557,71	558,05	32,87	468,05
557,70	558,04	32,86	467,72
557,69	558,03	32,85	467,39
557,68	558,02	32,84	467,06
557,67	558,01	32,83	466,73
557,66	558,00	32,82	466,40
557,65	557,99	32,81	466,08
557,64	557,98	32,80	465,75

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
557,63	557,97	32,79	465,42
557,62	557,96	32,78	465,09
557,61	557,95	32,77	464,76
557,60	557,94	32,76	464,44
557,59	557,93	32,76	464,11
557,58	557,92	32,75	463,78
557,57	557,91	32,74	463,45
557,56	557,90	32,73	463,13
557,55	557,89	32,72	462,80
557,54	557,88	32,71	462,47
557,53	557,87	32,70	462,15
557,52	557,86	32,69	461,82
557,51	557,85	32,68	461,49
557,50	557,84	32,67	461,16
557,49	557,83	32,66	460,84
557,48	557,82	32,66	460,51
557,47	557,81	32,65	460,19
557,46	557,80	32,64	459,86
557,45	557,79	32,63	459,53
557,44	557,78	32,62	459,21
557,43	557,77	32,61	458,88
557,42	557,76	32,60	458,55
557,41	557,75	32,59	458,23
557,40	557,74	32,58	457,90
557,39	557,73	32,58	457,58
557,38	557,72	32,57	457,25
557,37	557,71	32,56	456,92
557,36	557,70	32,55	456,60
557,35	557,69	32,54	456,27
557,34	557,68	32,53	455,95
557,33	557,67	32,52	455,62
557,32	557,66	32,51	455,30
557,31	557,65	32,51	454,97
557,30	557,64	32,50	454,65
557,29	557,63	32,49	454,32
557,28	557,62	32,48	454,00
557,27	557,61	32,47	453,67
557,26	557,60	32,46	453,35
557,25	557,59	32,45	453,02
557,24	557,58	32,45	452,70
557,23	557,57	32,44	452,38
557,22	557,56	32,43	452,05
557,21	557,55	32,42	451,73
557,20	557,54	32,41	451,40

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
557,19	557,53	32,40	451,08
557,18	557,52	32,39	450,75
557,17	557,51	32,39	450,43
557,16	557,50	32,38	450,11
557,15	557,49	32,37	449,78
557,14	557,48	32,36	449,46
557,13	557,47	32,35	449,14
557,12	557,46	32,34	448,81
557,11	557,45	32,33	448,49
557,10	557,44	32,33	448,17
557,09	557,43	32,32	447,84
557,08	557,42	32,31	447,52
557,07	557,41	32,30	447,20
557,06	557,40	32,29	446,87
557,05	557,39	32,28	446,55
557,04	557,38	32,27	446,23
557,03	557,37	32,27	445,91
557,02	557,36	32,26	445,58
557,01	557,35	32,25	445,26
557,00	557,34	32,24	444,94
556,99	557,33	32,23	444,62
556,98	557,32	32,22	444,29
556,97	557,31	32,22	443,97
556,96	557,30	32,21	443,65
556,95	557,29	32,20	443,33
556,94	557,28	32,19	443,00
556,93	557,27	32,18	442,68
556,92	557,26	32,17	442,36
556,91	557,25	32,16	442,04
556,90	557,24	32,16	441,72
556,89	557,23	32,15	441,40
556,88	557,22	32,14	441,07
556,87	557,21	32,13	440,75
556,86	557,20	32,12	440,43
556,85	557,19	32,11	440,11
556,84	557,18	32,10	439,79
556,83	557,17	32,10	439,47
556,82	557,16	32,09	439,15
556,81	557,15	32,08	438,83
556,80	557,14	32,07	438,51
556,79	557,13	32,06	438,19
556,78	557,12	32,05	437,87
556,77	557,11	32,05	437,54
556,76	557,10	32,04	437,22

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
556,75	557,09	32,03	436,90
556,74	557,08	32,02	436,58
556,73	557,07	32,01	436,26
556,72	557,06	32,00	435,94
556,71	557,05	31,99	435,62
556,70	557,04	31,99	435,30
556,69	557,03	31,98	434,98
556,68	557,02	31,97	434,66
556,67	557,01	31,96	434,34
556,66	557,00	31,95	434,02
556,65	556,99	31,94	433,71
556,64	556,98	31,94	433,39
556,63	556,97	31,93	433,07
556,62	556,96	31,92	432,75
556,61	556,95	31,91	432,43
556,60	556,94	31,90	432,11
556,59	556,93	31,89	431,79
556,58	556,92	31,88	431,47
556,57	556,91	31,88	431,15
556,56	556,90	31,87	430,83
556,55	556,89	31,86	430,52
556,54	556,88	31,85	430,20
556,53	556,87	31,84	429,88
556,52	556,86	31,83	429,56
556,51	556,85	31,82	429,24
556,50	556,84	31,82	428,92
556,49	556,83	31,81	428,61
556,48	556,82	31,80	428,29
556,47	556,81	31,79	427,97
556,46	556,80	31,78	427,65
556,45	556,79	31,77	427,33
556,44	556,78	31,76	427,02
556,43	556,77	31,76	426,70
556,42	556,76	31,75	426,38
556,41	556,75	31,74	426,06
556,40	556,74	31,73	425,75
556,39	556,73	31,72	425,43
556,38	556,72	31,71	425,11
556,37	556,71	31,70	424,80
556,36	556,70	31,69	424,48
556,35	556,69	31,68	424,16
556,34	556,68	31,68	423,84
556,33	556,67	31,67	423,53
556,32	556,66	31,66	423,21

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
556,31	556,65	31,65	422,89
556,30	556,64	31,64	422,58
556,29	556,63	31,63	422,26
556,28	556,62	31,62	421,95
556,27	556,61	31,61	421,63
556,26	556,60	31,60	421,31
556,25	556,59	31,60	421,00
556,24	556,58	31,59	420,68
556,23	556,57	31,58	420,37
556,22	556,56	31,57	420,05
556,21	556,55	31,56	419,73
556,20	556,54	31,55	419,42
556,19	556,53	31,54	419,10
556,18	556,52	31,53	418,79
556,17	556,51	31,52	418,47
556,16	556,50	31,52	418,16
556,15	556,49	31,51	417,84
556,14	556,48	31,50	417,53
556,13	556,47	31,49	417,21
556,12	556,46	31,48	416,90
556,11	556,45	31,47	416,58
556,10	556,44	31,46	416,27
556,09	556,43	31,45	415,95
556,08	556,42	31,44	415,64
556,07	556,41	31,43	415,33
556,06	556,40	31,43	415,01
556,05	556,39	31,42	414,70
556,04	556,38	31,41	414,38
556,03	556,37	31,40	414,07
556,02	556,36	31,39	413,75
556,01	556,35	31,38	413,44
556,00	556,34	31,37	413,13
555,99	556,33	31,36	412,81
555,98	556,32	31,35	412,50
555,97	556,31	31,34	412,19
555,96	556,30	31,33	411,87
555,95	556,29	31,33	411,56
555,94	556,28	31,32	411,25
555,93	556,27	31,31	410,93
555,92	556,26	31,30	410,62
555,91	556,25	31,29	410,31
555,90	556,24	31,28	409,99
555,89	556,23	31,27	409,68
555,88	556,22	31,26	409,37

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
555,87	556,21	31,25	409,06
555,86	556,20	31,24	408,74
555,85	556,19	31,23	408,43
555,84	556,18	31,22	408,12
555,83	556,17	31,21	407,81
555,82	556,16	31,21	407,50
555,81	556,15	31,20	407,18
555,80	556,14	31,19	406,87
555,79	556,13	31,18	406,56
555,78	556,12	31,17	406,25
555,77	556,11	31,16	405,94
555,76	556,10	31,15	405,62
555,75	556,09	31,14	405,31
555,74	556,08	31,13	405,00
555,73	556,07	31,12	404,69
555,72	556,06	31,11	404,38
555,71	556,05	31,10	404,07
555,70	556,04	31,09	403,76
555,69	556,03	31,08	403,45
555,68	556,02	31,07	403,14
555,67	556,01	31,06	402,83
555,66	556,00	31,05	402,51
555,65	555,99	31,04	402,20
555,64	555,98	31,03	401,89
555,63	555,97	31,02	401,58
555,62	555,96	31,01	401,27
555,61	555,95	31,00	400,96
555,60	555,94	30,99	400,65
555,59	555,93	30,98	400,34
555,58	555,92	30,98	400,03
555,57	555,91	30,97	399,72
555,56	555,90	30,96	399,41
555,55	555,89	30,95	399,10
555,54	555,88	30,94	398,80
555,53	555,87	30,93	398,49
555,52	555,86	30,92	398,18
555,51	555,85	30,91	397,87
555,50	555,84	30,90	397,56
555,16	555,50	30,57	387,11
554,66	555,00	30,07	371,95
554,16	554,50	29,54	357,05
553,66	554,00	28,94	342,43
553,16	553,50	28,37	328,10
552,66	553,00	27,81	314,06



Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
552,16	552,50	27,24	300,29
551,66	552,00	26,63	286,83
551,16	551,50	26,02	273,66
550,66	551,00	25,44	260,80
550,16	550,50	24,87	248,22
549,66	550,00	24,32	235,93
549,16	549,50	23,80	223,90
548,66	549,00	23,28	212,13
548,16	548,50	22,75	200,62
547,66	548,00	22,18	189,38
547,16	547,50	21,63	178,43
546,66	547,00	21,08	167,75
546,16	546,50	20,51	157,36
545,66	546,00	19,93	147,25
545,16	545,50	19,32	137,43
544,66	545,00	18,56	127,95
544,16	544,50	17,84	118,86
543,66	544,00	17,14	110,11
543,16	543,50	16,46	101,71
542,66	543,00	15,76	93,65
542,16	542,50	14,99	85,96
541,66	542,00	14,16	78,67
541,16	541,50	13,21	71,82
540,66	541,00	12,08	65,49
540,16	540,50	10,86	59,75
539,66	540,00	9,80	54,59
539,16	539,50	8,89	49,93
538,66	539,00	8,01	45,70
538,16	538,50	7,26	41,89
537,66	538,00	6,60	38,43
537,16	537,50	6,01	35,29
536,66	537,00	5,55	32,40
536,16	536,50	5,22	29,72
535,66	536,00	4,93	27,18
535,16	535,50	4,70	24,78
534,66	535,00	4,50	22,48
534,16	534,50	4,28	20,28
533,66	534,00	4,07	18,20
533,16	533,50	3,86	16,21
532,66	533,00	3,65	14,33
532,16	532,50	3,41	12,57
531,66	532,00	3,13	10,93
531,16	531,50	2,81	9,45
530,66	531,00	2,45	8,13

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
530,16	530,50	2,09	7,00
529,66	530,00	1,79	6,03
529,16	529,50	1,56	5,20
528,66	529,00	1,34	4,48
528,16	528,50	1,15	3,86
527,66	528,00	0,97	3,33
527,16	527,50	0,80	2,89
526,66	527,00	0,67	2,52
526,16	526,50	0,57	2,22
525,66	526,00	0,48	1,96
525,16	525,50	0,41	1,73
524,66	525,00	0,36	1,54
524,16	524,50	0,31	1,38
523,66	524,00	0,27	1,24
523,16	523,50	0,24	1,11
522,66	523,00	0,22	0,99
522,16	522,50	0,20	0,89
521,66	522,00	0,18	0,80
521,16	521,50	0,16	0,71
520,66	521,00	0,14	0,64
520,16	520,50	0,13	0,57
519,66	520,00	0,12	0,51
519,16	519,50	0,10	0,46
518,66	519,00	0,09	0,41
518,16	518,50	0,09	0,36
517,66	518,00	0,08	0,32
517,16	517,50	0,07	0,29
516,66	517,00	0,06	0,25
516,16	516,50	0,06	0,22
515,66	516,00	0,05	0,20
515,16	515,50	0,05	0,17
514,66	515,00	0,04	0,15
514,16	514,50	0,04	0,13
513,66	514,00	0,04	0,11
513,16	513,50	0,03	0,09
512,66	513,00	0,03	0,08
512,16	512,50	0,02	0,07
511,66	512,00	0,02	0,05
511,16	511,50	0,02	0,04
510,66	511,00	0,02	0,04
510,16	510,50	0,01	0,03
509,66	510,00	0,01	0,02
509,16	509,50	0,01	0,02
508,66	509,00	0,01	0,01

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Area (km2)	Volume (hm3)
<b>508,16</b>	508,50	0,01	0,01
<b>507,66</b>	508,00	0,00	0,01
<b>507,16</b>	507,50	0,00	0,01
<b>506,66</b>	507,00	0,00	0,00
<b>506,16</b>	506,50	0,00	0,00
<b>505,66</b>	506,00	0,00	0,00
<b>505,16</b>	505,50	0,00	0,00
<b>504,66</b>	505,00	0,00	0,00
<b>504,16</b>	504,50	0,00	0,00
<b>503,66</b>	504,00	0,00	0,00
<b>503,16</b>	503,50	0,00	0,00
<b>502,66</b>	503,00	0,00	0,00
<b>502,16</b>	502,50	0,00	0,00
<b>501,66</b>	502,00	0,00	0,00



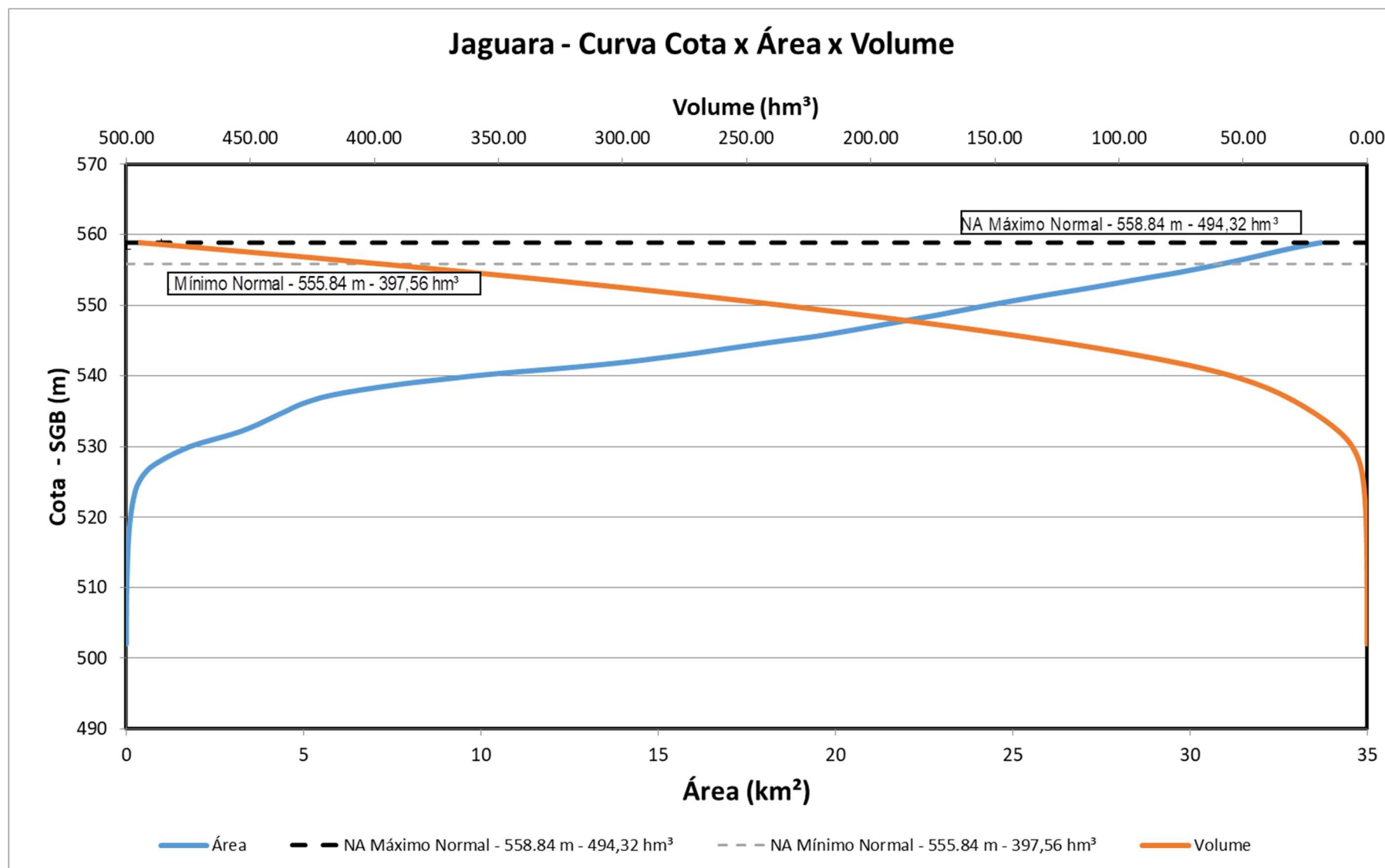


Figura 8-5 – Curvas CxAxV

#### 8.2.4 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 nas regiões muito próximas a margem, principalmente no quartil superior do reservatório, onde na região mais a montante foi necessária a utilização de embarcação de menor porte com equipamento monofeixe para complementar o levantamento.

Assim, foi realizado o levantamento integral de 30,01km<sup>2</sup> do reservatório, de um total de 33,70 km<sup>2</sup>, correspondente a cota máxima normal igual a 558,84 (SGB), ou seja, 3,02km<sup>2</sup> ou 10.9% do reservatório não puderam ser mapeados devido a essas interferências e, essas áreas tiveram que ser interpoladas para a geração do MDT.

Essa interpolação foi realizada em parcela reduzida, de 9% do reservatório. Os resultados utilizando a metodologia com ecobatímetros multifeixes apresentam uma incerteza menor que quando se utiliza a metodologia com monofeixes de levantamento de seções batimétrica, ou linhas de sondagens espaçadas a 239 m uma da outra, requisito mínimo especificado na Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010, para o reservatório da UHE Jaguará.

O presente item faz uma avaliação dos limites de incerteza que essa interpolação pode trazer aos valores das curvas Cota x Área x Volume.

- Características das áreas não levantadas:

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

- Volume contido sob essa área:

Considerando, a favor da segurança que toda essa área não levantada tenha 4m de profundidade (seria razoável considerar uma profundidade média de 1,5m), o volume contido nessa área seria de 14.76 hm<sup>3</sup>, ou seja, 3% 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 555,84m e 558,84m) são apresentadas no Quadro 8 - 2.

**Quadro 8-2 - - Incertezas da Curva Cota x Área x Volume**

Diferenças na área interpolada	Variação de volume (hm³)	Porcentagem do Volume Total	Porcentagem do Volume de regulação da operação
0%	0,00	0,00%	0,00%
5%	0,60	0,12%	0,62%
10%	1,21	0,24%	1,25%
15%	1,81	0,37%	1,87%
20%	2,42	0,49%	2,50%
25%	3,02	0,61%	3,12%

Esses valores mostram que mesmo para situação em que a interpolação das profundidades represente uma diferença de 25% em relação às profundidades reais, isso representaria apenas 0,61% do volume total ou 3,12% do volume na faixa de operação da usina.

### 8.2.5 Comparação da Curva Nova com a Curva Antiga

Para comparar a nova curva Cota x Área x Volume com curva atualmente em uso, foi elaborado o Quadro 8-3. Os volumes indicados nesse quadro foram obtidos a partir da curva CAV atualmente em utilização pela CEMIG, com a correção de 18 cm para referenciar ao SGB.

**Quadro 8-3 - Comparação da Curva Cota x Área x Volume**

Cota SGB (m)	Cota referência local (m)	Volume (hm³)		Diferença (%) (b - a)
		Curva antiga (a)	Curva nova (b)	
555,84	555,50	380,0	397,56	4,6%
558,84	558,50	470,0	494,32	5,2%
558,84	558,50	470,0	494,32	5,2%

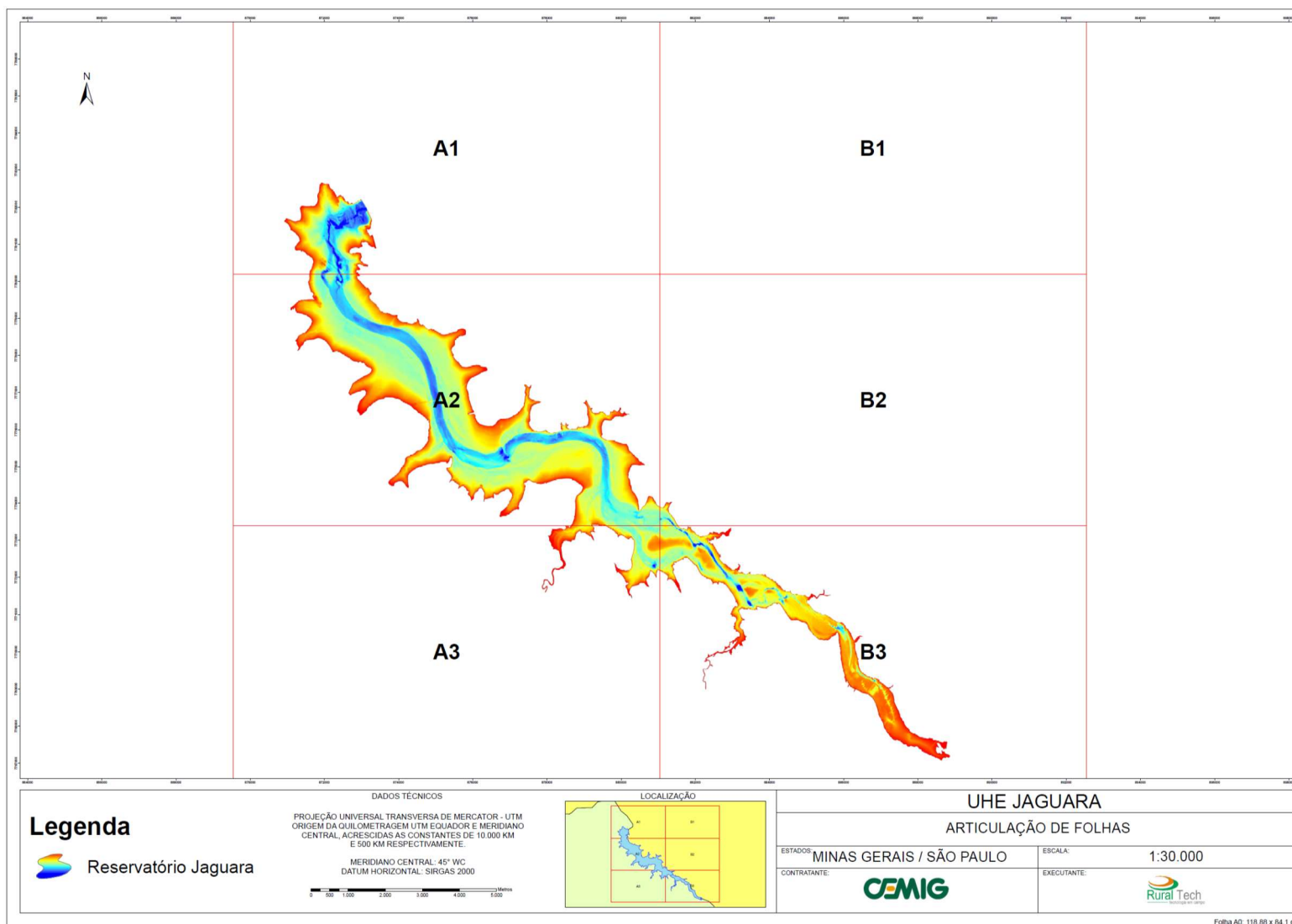
Essa comparação mostra que o volume do reservatório da UHE Jaguará no seu nível máximo normal, medido atualmente, é maior do que aquele indicado pela curva existente, sendo da ordem de menos de 6%.

### 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 conforme a Figura 8-6 a seguir.

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





**Figura 8-6 – Articulação das Cartas Topobatemétricas**



#### 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 Jaguará, o monitoramento do aporte e sedimentação de sólidos no reservatório será feito por meio de medição sistemática de profundidades do leito do rio Grande em 1 conjunto de 3 seções topobatimétricas, levantadas perpendicularmente ao fluxo. Dada a classificação do nível de criticidade do reservatório segundo o documento orientativo, as seções serão revisitadas em uma frequência mínima de 3 anos.

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.

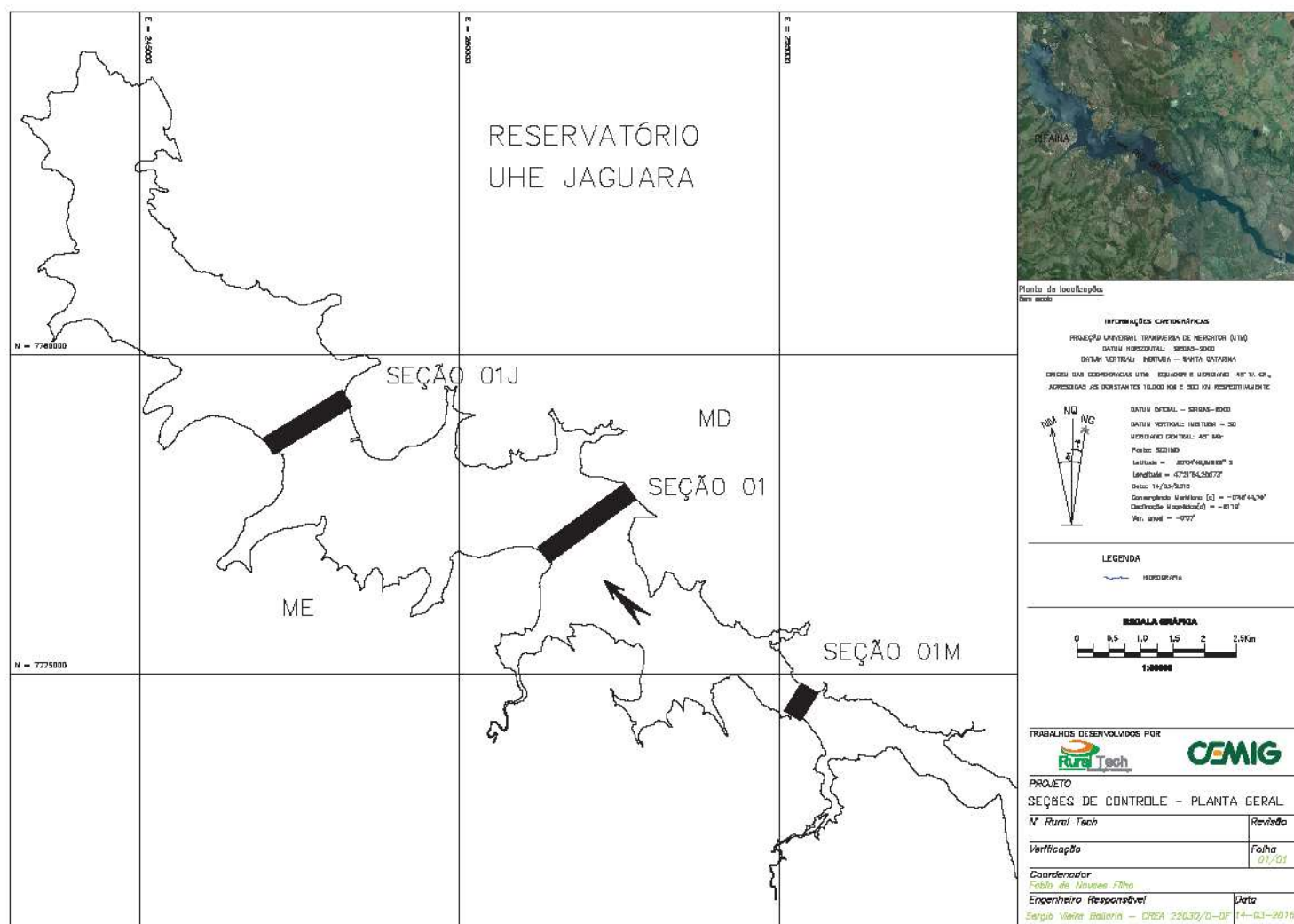
Os conjuntos de seções de controle de sedimentos implantados respeitam o limite mínimo de espaçamento entre elas de cinco vezes a largura do rio em condições naturais, e foram posicionadas onde se espera uma probabilidade maior de deposição de sedimentos no fundo, conforme descrito no *Item 7.5*.

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 azimuth entre os marcos implantados e medidos.

O Quadro 8-3 apresenta as coordenadas em SIRGAS2000 dos marcos das seções de controle e a Figura 8-7 apresenta a localização de todas as seções.

**Quadro 8-3 – Marcos das Seções de Controle**

Nome	Norte (m)	Este (m)	Latitude	Longitude	Cota Elipsoidal (m)	Cota Ortométrica (m)
<b>SC1-J MD</b>	20°04'00,32943"S	47°24'25,90572"W	7779315,868	248244,021	554,137	562,097
<b>SC1-MD</b>	20°04'49,81629"S	47°21'54,20073"W	7777856,728	252674,774	553,377	545,497
<b>SC1-ME</b>	20°05'21,40707"S	47°22'41,27418"W	7776865,556	251320,614	551,152	559,042
<b>SC1-J ME</b>	20°04'24,20820"S	47°25'08,49706"W	7778563,452	247016,77	553,449	561,399
<b>SC1-M MD</b>	20°06'31,20748"S	47°20'19,29803"W	7774776,935	255476,506	551,792	559,582
<b>SC1-M ME</b>	20°06'44,95781"S	47°20'28,66109"W	7774350,166	255210,402	551,233	559,023



**Figura 8-7 – 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 pela Cemig, ANA, ANEEL, ONS, ou outras entidades.

Os levantamentos de campo executados, notadamente o levantamento batimétrico através da tecnologia multifeixe, excederam os requisitos mínimos da resolução conjunta, uma vez que, ao invés da metodologia de levantamento de seções topobatimétricas espaçadas, foi realizado um levantamento contínuo do fundo do reservatório com tecnologia multifeixe, sem a necessidade de realizar interpolações entre estas linhas de sondagem. 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, o Modelo Geoidal Local (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.