

UHE Sá Carvalho

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 03/2010.

UHE SÁ CARVALHO

SCA-CAV-08-RT-AC01-R02

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

DEZEMBRO - 2020

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA	4
2.1 CORPO TÉCNICO	5
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 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA (Pss)	7
6.2 POSIÇÃO DO RESERVATÓRIO NA CASCATA (PRC)	8
6.3 REGIME DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO (ROR)	9
6.4 MAGNITUDE E IMPORTÂNCIA DOS EFEITOS DO ASSOREAMENTO (MI)	10
6.5 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE (NC)	10
7. LEVANTAMENTOS REALIZADOS	10
7.1 IMPLANTAÇÃO DA REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS - RVG	10
7.2 VALIDAÇÃO MAPGEO E ELABORAÇÃO DO MODELO GEOIDAL LOCAL - MGL.....	13
7.3 MAPEAMENTO DA ÁREA MOLHADA	14
7.4 MAPEAMENTO DA ÁREA SECA	16
7.5 IMPLANTAÇÃO DAS SEÇÕES DE CONTROLE	18
8. PRODUTOS E RESULTADOS	19
8.1 MODELO DIGITAL DO TERRENO - MDT	19
8.2 CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	21
8.2.1 METODOLOGIA	21
8.2.2 CORRELAÇÃO DAS COTAS – SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) X COTA DE OPERAÇÃO (RÉGUAS DA UHE SÁ CARVALHO).....	22

8.2.3	CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME.....	23
8.2.4	AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME	45
8.2.5	COMPARAÇÃO DA CURVA NOVA COM A CURVA ANTIGA	45
8.3	CARTAS TOPOBATIMÉTRICAS	47
8.4	SEÇÕES DE MONITORAMENTO DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS.....	49
9.	CONCLUSÃO	53

RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS APRESENTADOS

Relatório Técnico - Atualização Das Curvas Cota X Área X Volume

ANEXO 01 - Levantamentos Geodésicos

ANEXO 02 - Levantamentos Batimétricos

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades técnicas de cartografia, batimetria e geodésia, executadas para a determinação das Curvas Cota x Área x Volume dos reservatórios da UHE Sá Carvalho localizados nos municípios de Antônio Dias, no estado de Minas Gerais. Os serviços de levantamentos geodésicos e batimétricos foram executados pela empresa Rural Tech, nos meses de abril e maio de 2016, conforme contrato da Cemig Geração e Transmissão S.A. nº 4570015626 - 510.

A Resolução Conjunta nº 03/2010 – 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 Sá Carvalho.

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 Sá Carvalho, em atendimento à Resolução Conjunta ANA/ANEEL n ° 03 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 rastreamento GNSS L1/L2, a partir das RN's oficiais do IBGE mais próximas, com leitura dos níveis sobre a régua de operação localizada na barragem.

- Avaliação do MapGeo e/ou determinação de um Modelo Geoidal Local (MGL) da região do reservatório.
- 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, 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 topo batimétricas, as seções de controle e as curvas Cota x Área x Volume dos reservatórios de Sá Carvalho.

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 Sá Carvalho.

Quadro 5-1 – Características do Empreendimento

Localização	Rio Piracicaba
Bacia Hidrográfica	Bacia do Rio Doce

Sub-bacia hidrográfica	Rio Piracicaba
Potência Declarada	78,00 MW
Unidades geradoras	4
Início de Operação	1951
Município margem direita	Antônio Dias – MG
Município margem esquerda	Antônio Dias – MG
Volume – Antes da Atualização (hm³)	1,73

5.1 Caracterização da Bacia

A bacia hidrográfica do Rio Doce tem uma grande extensão territorial, com cerca de 83.400 km², sendo 86% pertencente a Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo. São 228 municípios abrangidos, sendo 202 em Minas e 26 capixabas. A região tem uma população da ordem de 3,1 milhões de habitantes, sendo 68,7% na área urbana, com destaque para as cidades de Governador Valadares e Ipatinga.

O Rio Doce percorre uma extensão de 853 km, da nascente até o Oceano Atlântico. Seus rios formadores são o Piranga e o Carmo, cujas nascentes estão situadas nos municípios de Ressaquinha e Ouro Preto, respectivamente, nas serras do Espinhaço e da Mantiqueira, onde as altitudes chegam a 1.200 m.

Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, os rios Santo Antônio, Piracicaba e Suaçuí Grande, em Minas Gerais, Pancas e São José, no Espírito Santo, e, pela margem direita, os rios mineiros Manhuaçu, Casca, Caratinga-Cuieté e Matipó, e o capixaba Guandu.

6. CLASSIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO QUANTO O POTENCIAL DE ASSOREAMENTO

Os dados apresentados neste item 6 foram obtidos no documento PO/PE-00606/2014 – Revisão A, Plano de Trabalho da UHE Sá Carvalho entregue a ANA pela CEMIG, em fevereiro de 2014.

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

A UHE Sá Carvalho está instalada na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, na Sub-bacia do Rio Piracicaba. Para a classificação o potencial de produção de

sedimentos em função da “degradação específica” (perda de solo - Pss) expressa em ton/km²/ano, seguiu-se 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 Zona Mineira E6 com produção específica média de 250 ton/km²/ano. De acordo com o a classificação proposta, a UHE Sá Carvalho está na faixa de Alto Potencial (3), com Pss maior que 100 ton/km²/ano.

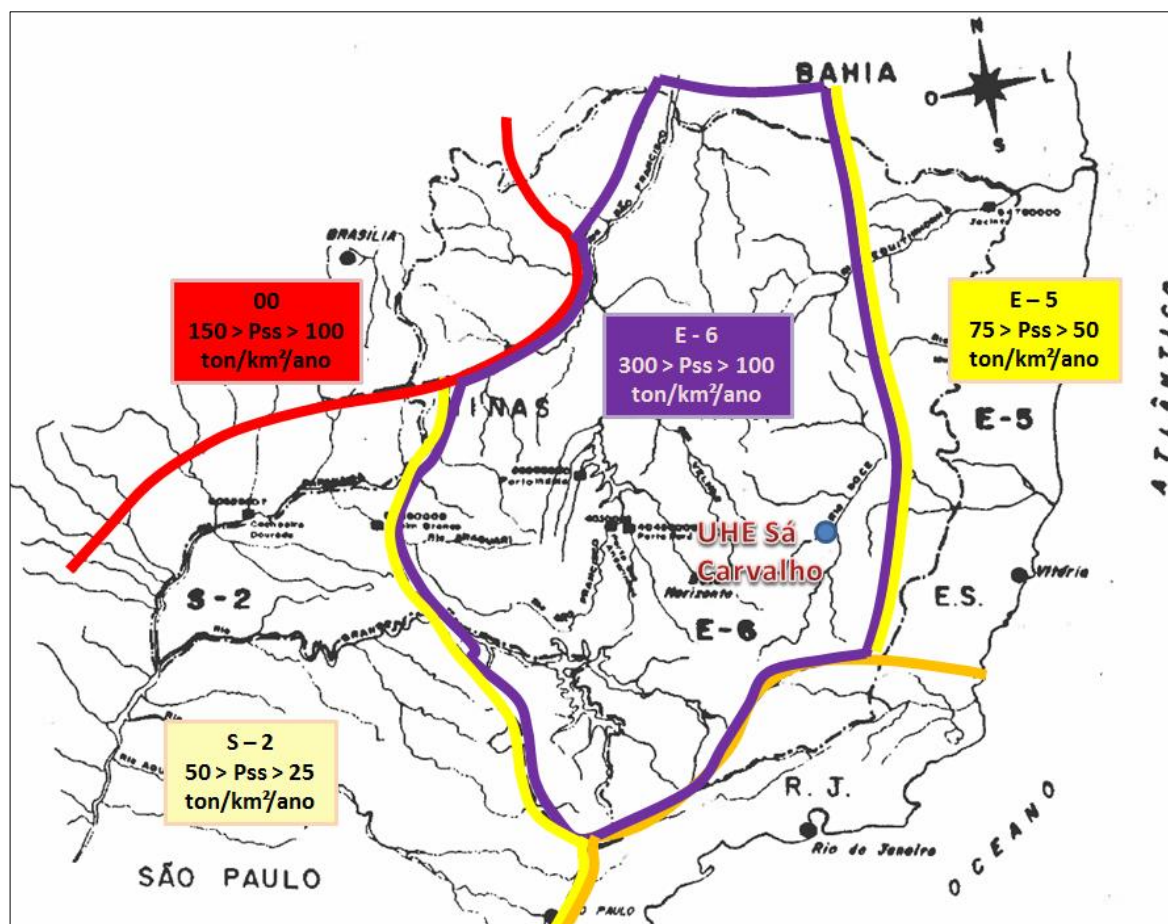


Figura 6-1 - Localização da UHE Sá Carvalho e seu zoneamento hidrossedimentológico (ELETROBRÁS, 1998 – modificado)

6.2 Posição do Reservatório na Cascata (Prc)

A Figura 6-2 indica que a UHE Sá Carvalho é segunda usina instalada na cascata do Rio Piracicaba. A primeira usina a montante é a UHE Guilman Amorim, operada pelo Consórcio Guilman Amorim (Arcelor Mittal e Samarco). A área de drenagem incremental não é significativa, totalizando 372,48 km² (8,4% da área de

drenagem total: 4.459,8 km²). Os reservatórios de Sá Carvalho recebem afluência do Rio Piracicaba e do ribeirão Severo. Dado sua posição na cascata, a **UHE Sá Carvalho** é classificada como um **Reservatório de Jusante com Pequena Bacia Incremental – Baixa suscetibilidade (1)**.

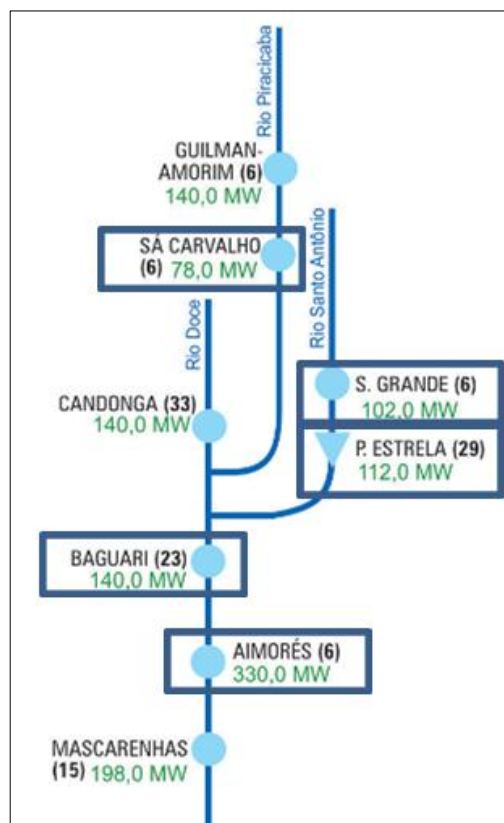


Figura 6-2 - Cascata do Rio Doce (ONS, 2013).

6.3 Regime de Operação do Reservatório (Ror)

O reservatório da UHE Sá Carvalho possui dois reservatórios. O reservatório composto pelo barramento no Rio Piracicaba possui volume útil que totaliza 0,95 hm³, operando a fio d'água. O reservatório no ribeirão Severo é pouco significativo, com apenas 0,05 hm³ de volume útil. 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 da Quadro 6-1, a **UHE Sá Carvalho** está classificada como **Baixa suscetibilidade (1)**, com o valor de IR em 0,23 dias.

Quadro 6-1 - Índice de regularização UHE Sá Carvalho

Volume útil:	0,95 hm ³
Turbinada média (série de 2001 a 2013):	47,46 m ³ /s

6.4 Magnitude e importância dos efeitos do assoreamento (MI)

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

- Maior sensibilidade aos parâmetros anteriores Alta potencial de produção de sedimentos.
- Não constitui hidrovias.

Dessa forma, classifica-se a **UHE Sá Carvalho** como **Alta Externalidade (3)**.

6.5 Determinação do Nível de Criticidade (NC)

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

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

$$NC = \frac{3 + 1 + 3 + 4 \times 1}{21} = 0,52$$

Dessa forma, classifica-se a **UHE Sá Carvalho** como **Classe 2 - Nível de criticidade médio (0,52)**.

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 Sá Carvalho, composta por um total de 02 vértices principais distribuídos

uniformemente ao longo do reservatório. Estes 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 dos reservatórios de Sá Carvalho e o Quadro 7-1 apresenta a coordenada dos vértices da RVG implantados.



Figura 7-1 – Implantação da Rede de Vértices Geodésicos – UHE Sá Carvalho

Quadro 7-1 – Rede de Vértices Geodésicos da UHE Sá Carvalho

Nome	Norte (m)	Este (m)	Latitude	Longitude	Cota Elipsoidal (m)	Cota Ortométrica (m)
RVG01	7.826.086,396	724.300,667	19°38'52,00329"S	42°51'39,04981"W	373,896	384,108
RVG02	7.822.330,712	720.226,536	19°40'55,75398"S	42°53'57,26595"W	418,120	428,137

7.2 Validação MapGeo e 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 do reservatório, 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.

Para o caso da UHE Sá Carvalho que contem dois reservatórios distintos o reservatório de Antônio Dias e o reservatório de Severo, a avaliação do MapGeo na região dos dois reservatórios foi realizada de maneira única. Conforme a especificação técnica desse 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 2010 e 2015, na região dos reservatórios da UHE Sá Carvalho, têm a qualidade exigida no documento orientativo da ANA, portanto, não foi necessária a elaboração um Modelo Geoidal Local – MGL.

Foi utilizado o modelo de 2015 por este ter apresentado melhores resultados quando comparados com os resultados obtidos com os levantamentos realizados em campo. A superfície que representa o MapGeo2015, na região do reservatório, está apresentada na Figura 7-2.



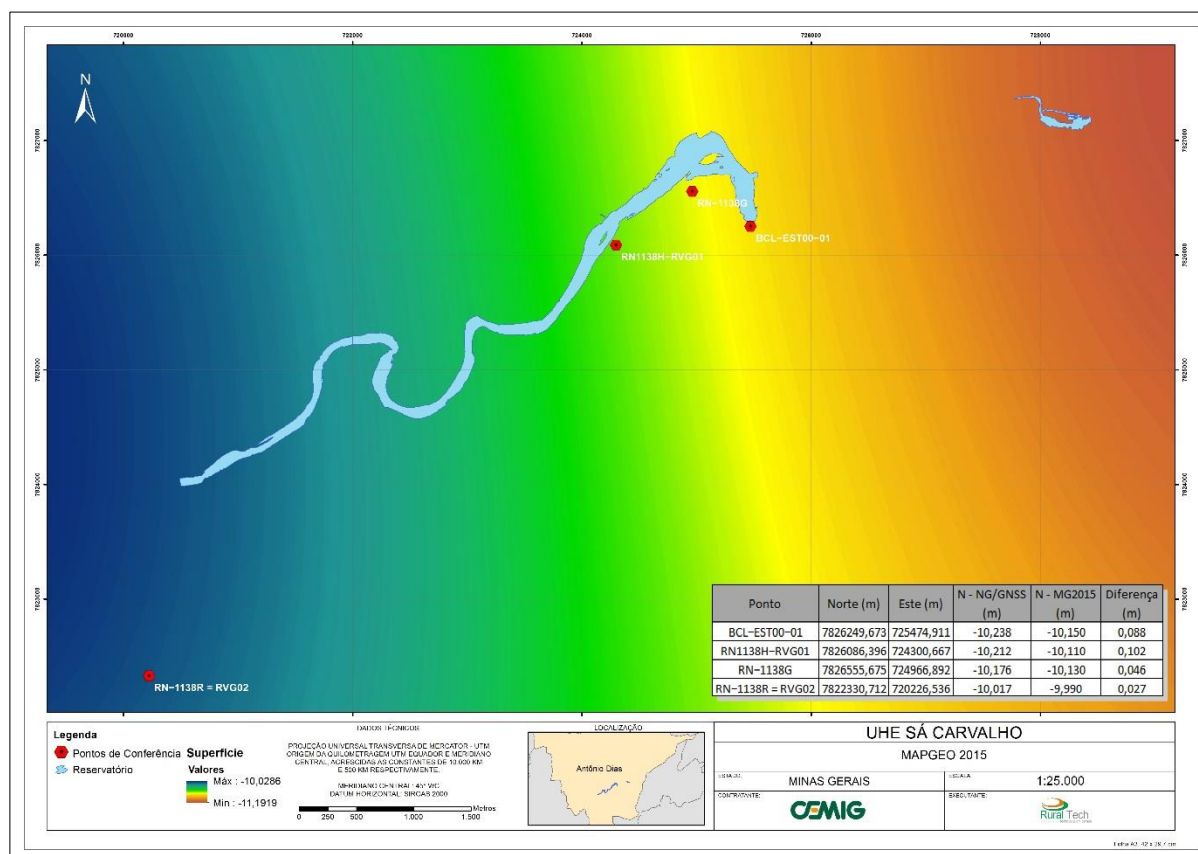


Figura 7-2 – Modelo Gravitacional Brasileiro – MapGeo2015 da Região da UHE Sá Carvalho

Ponto	Norte (m)	Este (m)	N - NG/GNSS (m)	N – MGL (m)	Diferença (m)
BCL-EST00-01	7.826.249,673	725.474,911	-10,238	-10,150	-0,088
RN1138H-RVG01	7.826.086,396	724.300,667	-10,212	-10,110	-0,102
RN-1138G	7.826.555,675	724.966,892	-10,176	-10,130	-0,046
RN-1138R =	7.822.330,712	720.226,536	-10,017	-9,990	-0,027

Quadro 7 2 – Pontos Utilizados para Validação do Modelo Gravitacional Brasileiro – MapGeo2015

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 monofeixe, realizando o mapeamento aproximadamente 80% dos reservatórios. O espaçamento médio utilizado entre as linhas de sondagem foi de 50 metros nas linhas transversais em todo o corpo principal e em cada um dos contribuintes. Esses levantamentos

batimétricos realizados no reservatório da UHE Sá Carvalho totalizaram aproximadamente 0,62 km².

A amarração no reservatório Antônio Dias ocorreu por meio de uma integração de dados de nível de montante da UHE Sá Carvalho, fornecidos pela CEMIG num intervalo de 15 em 15 minutos, e pelas leituras das réguas instaladas ao longo do reservatório, de acordo com a área sondada. No reservatório de Severo utilizou-se apenas as leituras da régua do barramento de montante da UHE Sá Carvalho (Severo) e um rastreo GNSS do Nível da Água no momento da execução dos serviços. Todos esses dados foram referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro através da Rede de Vértices Geodésicos implantada ao longo do reservatório e ao MAPGEO 2015. Também foi feita a correlação entre as leituras da régua de operação, obtidas da CEMIG, com o SGB, utilizando os levantamentos topográficos realizados na fase de implantação da RVG, apresentados no Anexo 01.

O monitoramento das réguas no reservatório de Severo, juntamente com o rastreo do nível da água, permitiram a identificação de uma descalibração no sensor de nível desse reservatório. Essa descalibração foi calculada em 12,29 cm tomando-se a diferença entre o nível médio registrado pelo sensor entre 09:00 h e 11:00 h (371,79 m) e o nível encontrado pelo rastreo (371,6371 no SGB, que equivale a 371,6671 m no sistema local). Assim, durante o processamento da CAV efetuou-se uma subtração de 12,29 cm em todos os valores registrados pelo sensor a fim de corrigir essa diferença. (Ver maiores detalhes na planilha *Monitoramento Níveis Severo.xlsx*, que se encontra junto com os demais arquivos desta revisão).

O levantamento batimétrico do reservatório da UHE Sá Carvalho foi realizado em duas campanhas sendo uma no dia 30 de Abril de 2016, para o levantamento do reservatório Antônio Dias e a outra no dia 18 de Maio de 2016 para o levantamento do reservatório de Severo. As principais adversidades foram encontradas nas áreas extremamente rasas (até 2 m), pois impuseram algumas dificuldades na navegação e na aquisição dos dados.

O software utilizado na coleta de dados em campo foi o mesmo empregado no processamento. Para o conjunto monofeixe foi utilizado o software Hypack versão 2015.

O produto final do levantamento batimétrico é um Grid de pontos processados e reduzidos para a cota ortométrica. A Figura 7-3 ilustra o grid, que foi gerado a partir dos pontos levantados. A apresentação completa dos serviços batimétricos está apresentada no volume denominado “Anexo 02”.

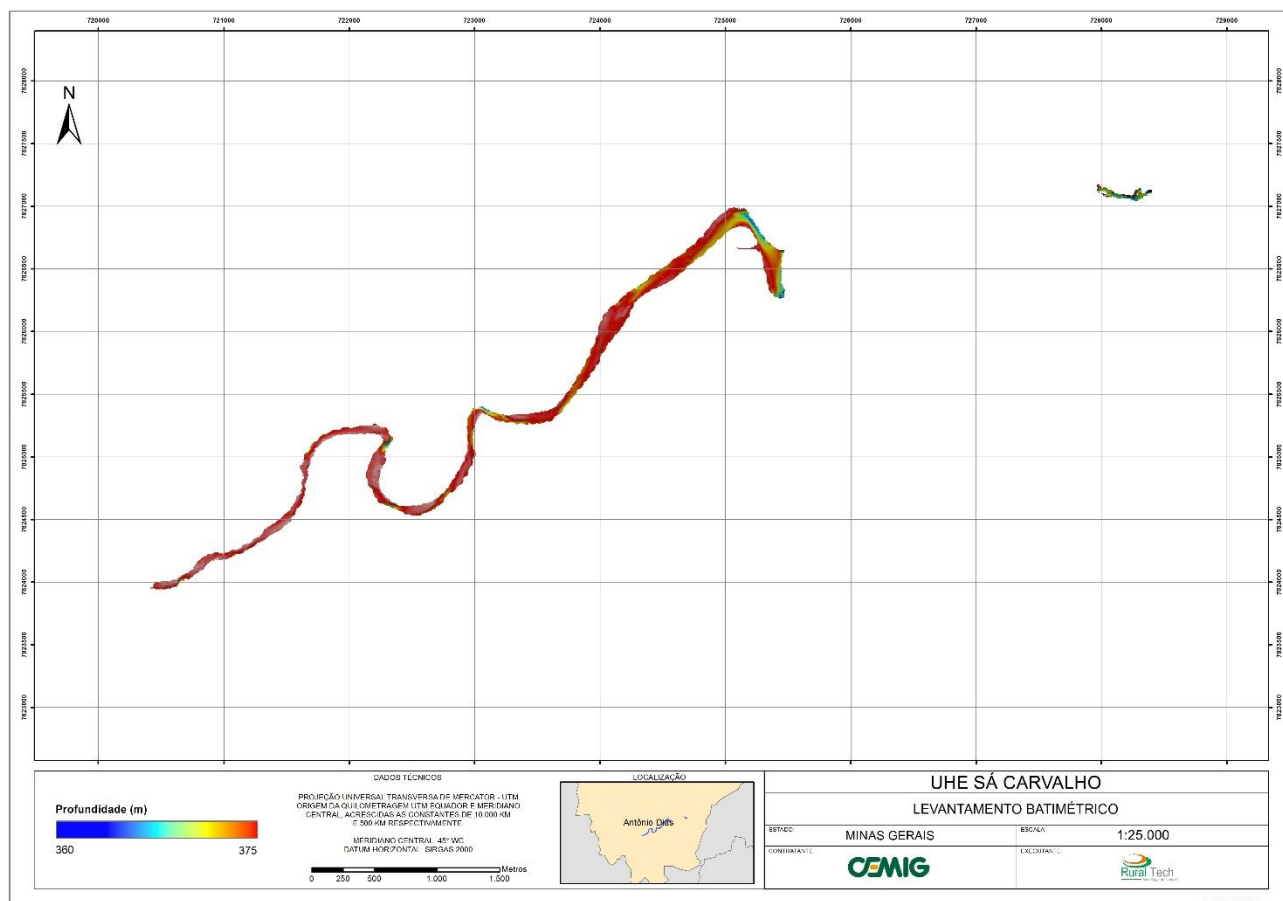


Figura 7-3 – Grid Final da Batimetria da UHE Sá Carvalho

7.4 Mapeamento da Área Seca

Conforme informado no Roteiro de Trabalho PO/PE – 00180/2016, 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.

O Quadro 7-2 apresenta os dados compilados nos arquivos de metadados dos vetores georreferenciados enviados à ANEEL.

Quadro 7-2 - Metadados dos arquivos digitais produzidos em atendimento à RN nº 501/2012

Imageamento	
Sensores Aerotransportados ou Orbitais	Aerotransportado
Tipo de Sensor	Óptico
Histórico / Contextualização / Motivação da Escolha	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.
Descrição	Ortofotocartas (Restituição Aerofotogramétrica)
Especificações Técnicas	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.
Resolução	0,50m Multiespectral
Compatibilidade de Escala	1:5.000 - PEC A
Data, e demais informações pertinentes	A restituição foi elaborada através de ortofotocartas na escala 1:5.000 realizada através de cobertura aerofotogramétrica pela empresa Base Aerofotogrametria
Sistema de Projeção e Datum Originais	Universal Transversa de Mercator - UTM, Fuso 23 S e Datum SAD - 69
Data do levantamento de campo	Aerotransportado
Fotogrametria e Perfilamento a Laser	
Histórico / Contextualização / Disponibilidade	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.
Restituição Digital	Sim
Ortorretificação	Sim
Trabalhos realizados	Restituição Aerofotogramétrica

Em decorrência da diferença nas referências de nível entre os SGB's de 2006 e o SGB da época da elaboração das CAV's, decidiu-se realizar um levantamento topográfico de campo como uma tentativa de correlacionar as altimetrias do SGB de 2006 com o sistema local da usina. Esse levantamento de campo está descrito no documento intitulado *Relatório Estudo Área Seca Sá Carvalho Rev01*, que também se encontra junto com os demais arquivos desta revisão.

Por meio desse levantamento, foi possível unir o Modelo Digital de Terreno proveniente do levantamento da área seca com o proveniente do levantamento batimétrico. Os offsets aplicados estão descritos no Quadro abaixo:

Quadro 7-3: Offsets de compatibilização entre SGB 2006 e sistema local

Reservatório	Máx Maximorum sistema local	Máx Maximorum levantamento Engefoto	Offset a aplicar no MDT da Engefoto para compatibilizar com sistema local
Antônio Dias	373,03 m	372,10 m	+0,93 m
Severo	371,70 m	371,94 m	-0,24 m

7.5 Implantação das Seções de Controle

Sendo o reservatório da UHE Sá Carvalho classificado com um **Nível de criticidade médio**, foram instalados **dois conjuntos com três seções de controle topobatimétrico** no reservatório de Antonio Dias, posicionadas no seu quartil superior (trecho de montante), incluindo a zona de remanso. O espaçamento entre as seções foi da ordem de cinco vezes a largura do Piracicaba.

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 contidas nas Orientações para atualização das curvas Cota Área Volume, da Agência Nacional de Águas - ANA, assim como as suas monografias;
- As coordenadas planimétricas dos marcos das seções de monitoramento foram determinadas utilizando receptores GNSS de dupla frequência de, sendo que, os marcos foram ocupados por pelo

menos duas horas. Esses levantamentos GNSS foram executados com observação mínima e simultânea de 6 satélites, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm;

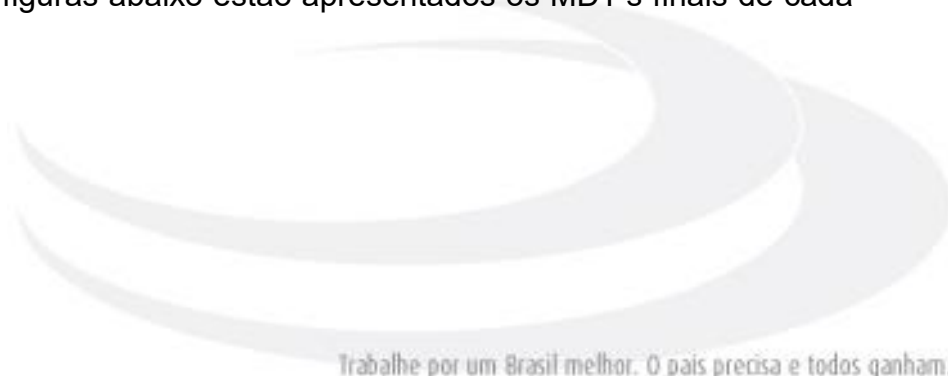
8. PRODUTOS E RESULTADOS

8.1 Modelo Digital do Terreno - MDT

Os produtos dos levantamentos da área seca e de área molhada são grids de pontos XYZ das linhas percorridas durante o mapeamento, os quais podem ser representados por uma tabela ou por um arquivo no formato texto com as informações XYZ de cada ponto.

A interpolação dos dados do levantamento batimétrico com o levantamento aerofotogramétrico, fornecido pela CEMIG, 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. Nas figuras abaixo estão apresentados os MDT's finais de cada reservatório.



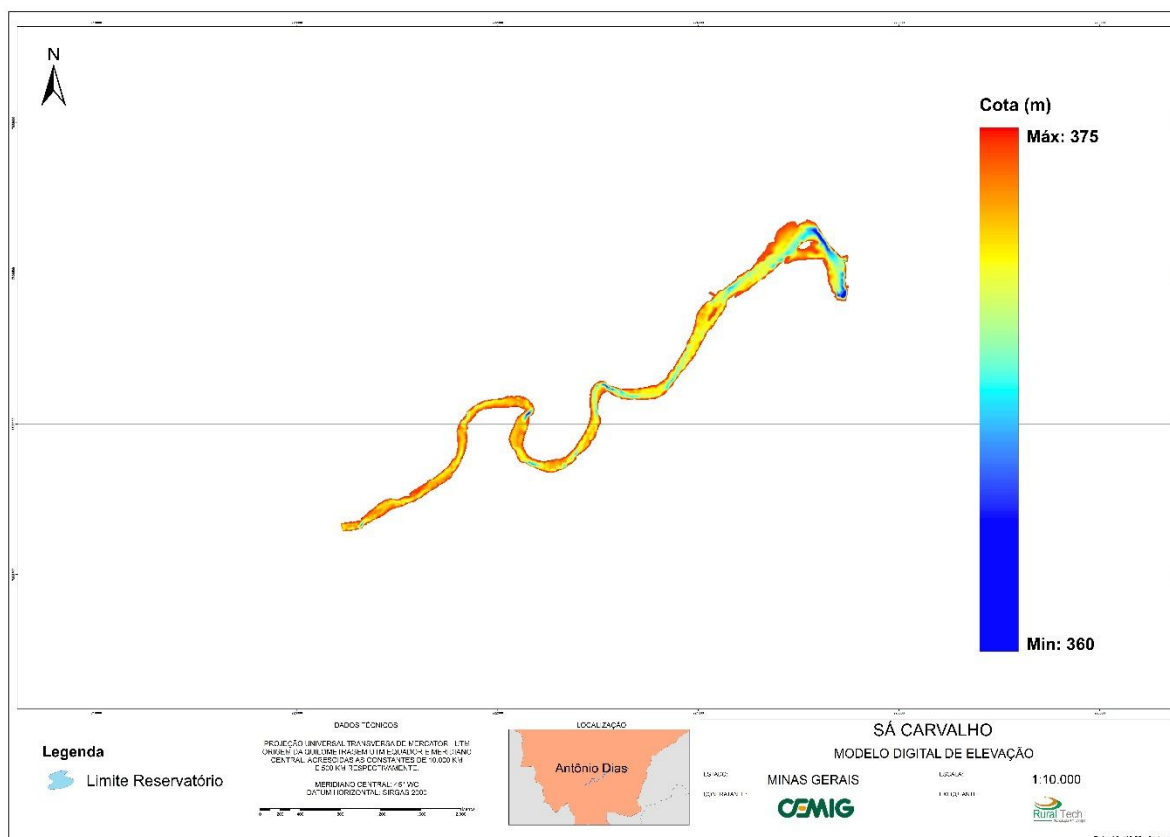


Figura 8-1 – Modelo Digital do Terreno do Reservatório da UHE Sá Carvalho – Antônio Dias

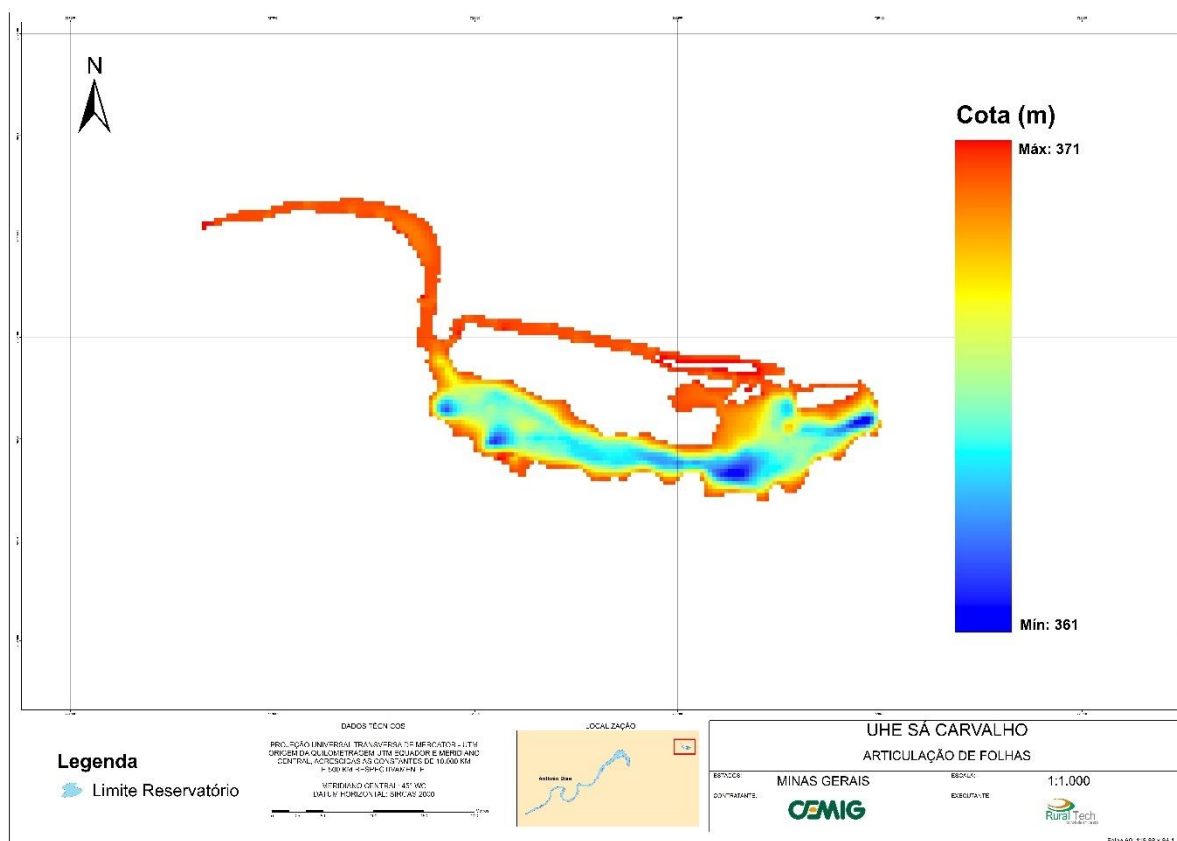


Figura 8-2 – Modelo Digital do Terreno do Reservatório da UHE Sá Carvalho – Severo

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.

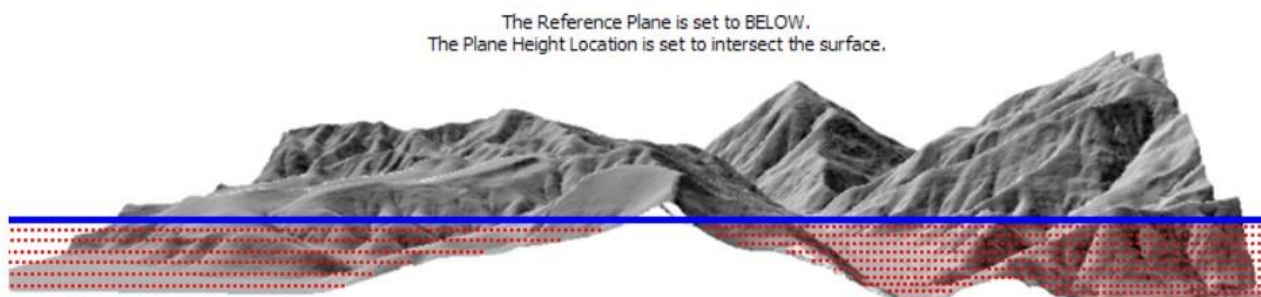


Figura 8-3 - Exemplo de área e volume calculados abaixo do plano de referência

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.

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.

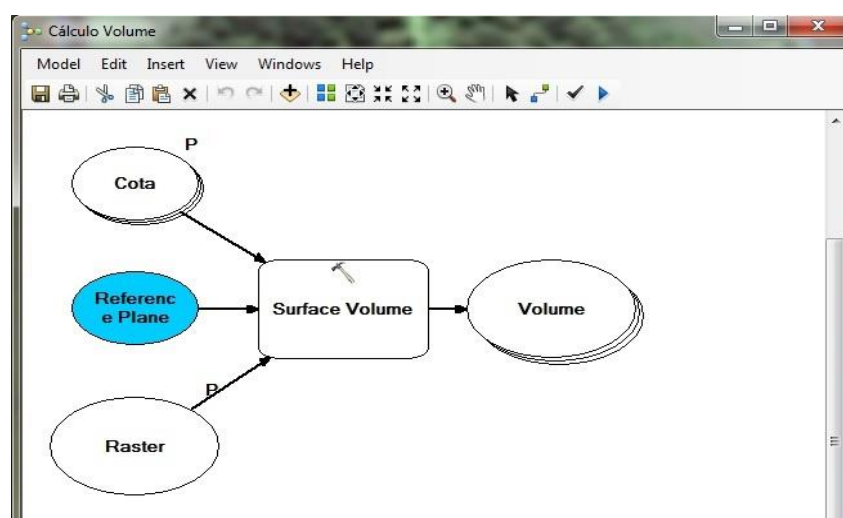


Figura 8-4 - Representação esquemática da ferramenta *Surface Volume* no *Model Builder*

Dessa forma foram obtidos os dados necessários para a elaboração das curvas Cota x Área x Volume dos reservatórios de Sá Carvalho.

8.2.2 Correlação das Cotas – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) x Cota de Operação (Réguas da UHE Sá Carvalho)

Deve-se destacar que há uma diferença de 16 cm entre as elevações no Sistema Geodésico Brasileiro, obtidas no levantamento atual e o nível local

atualmente utilizado como referência na operação do reservatório de Antônio Dias da UHE Sá Carvalho.

Atualmente na referência de nível local, utilizada para operação, o nível máximo normal do reservatório de Antônio Dias está na elevação 372,93m, enquanto na referência do Sistema Geodésico Brasileiro, com base no atual trabalho, esse nível corresponde à elevação 372,77m.

Destaca-se também que há uma diferença de 3 cm entre as elevações no Sistema Geodésico Brasileiro, obtidas no levantamento atual e o nível local atualmente utilizado como referência na operação do reservatório Severo da UHE Sá Carvalho. Para esse reservatório, o nível máximo normal está na elevação 371,00m, enquanto na referência do Sistema Geodésico Brasileiro, com base no atual trabalho, esse nível corresponde à elevação 370,97m.

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 Quadro 8-2 representados graficamente na Figura 8-5 e Figura 8-6.

Quadro 8-1 – Curvas Cota x Área x Volume – Antônio Dias

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
373,03	372,87	0,689	1,282
373,02	372,86	0,688	1,275
373,01	372,85	0,687	1,269
373,00	372,84	0,686	1,262
372,99	372,83	0,685	1,255
372,98	372,82	0,684	1,248
372,97	372,81	0,682	1,241
372,96	372,80	0,681	1,234
372,95	372,79	0,679	1,228
372,94	372,78	0,672	1,221
372,93	372,77	0,647	1,214
372,92	372,76	0,646	1,208
372,91	372,75	0,644	1,201
372,90	372,74	0,643	1,195
372,89	372,73	0,642	1,188
372,88	372,72	0,640	1,182
372,87	372,71	0,639	1,176
372,86	372,70	0,638	1,169
372,85	372,69	0,637	1,163
372,84	372,68	0,635	1,156
372,83	372,67	0,634	1,150
372,82	372,66	0,633	1,144
372,81	372,65	0,632	1,137
372,80	372,64	0,631	1,131
372,79	372,63	0,630	1,125
372,78	372,62	0,629	1,118
372,77	372,61	0,628	1,112
372,76	372,60	0,627	1,106
372,75	372,59	0,626	1,100
372,74	372,58	0,625	1,093
372,73	372,57	0,624	1,087
372,72	372,56	0,623	1,081
372,71	372,55	0,622	1,075
372,70	372,54	0,621	1,068
372,69	372,53	0,620	1,062
372,68	372,52	0,619	1,056
372,67	372,51	0,618	1,050
372,66	372,50	0,617	1,044
372,65	372,49	0,611	1,038
372,64	372,48	0,608	1,031
372,63	372,47	0,607	1,025
372,62	372,46	0,607	1,019

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
372,61	372,45	0,606	1,013
372,60	372,44	0,605	1,007
372,59	372,43	0,604	1,001
372,58	372,42	0,604	0,995
372,57	372,41	0,603	0,989
372,56	372,40	0,602	0,983
372,55	372,39	0,602	0,977
372,54	372,38	0,601	0,971
372,53	372,37	0,600	0,965
372,52	372,36	0,600	0,959
372,51	372,35	0,599	0,953
372,50	372,34	0,598	0,947
372,49	372,33	0,598	0,941
372,48	372,32	0,597	0,935
372,47	372,31	0,597	0,929
372,46	372,30	0,596	0,923
372,45	372,29	0,595	0,917
372,44	372,28	0,594	0,911
372,43	372,27	0,594	0,905
372,42	372,26	0,593	0,899
372,41	372,25	0,592	0,893
372,40	372,24	0,591	0,887
372,39	372,23	0,590	0,882
372,38	372,22	0,590	0,876
372,37	372,21	0,589	0,870
372,36	372,20	0,588	0,864
372,35	372,19	0,587	0,858
372,34	372,18	0,586	0,852
372,33	372,17	0,585	0,846
372,32	372,16	0,584	0,840
372,31	372,15	0,583	0,835
372,30	372,14	0,582	0,829
372,29	372,13	0,581	0,823
372,28	372,12	0,580	0,817
372,27	372,11	0,579	0,811
372,26	372,10	0,578	0,806
372,25	372,09	0,576	0,800
372,24	372,08	0,575	0,794
372,23	372,07	0,574	0,788
372,22	372,06	0,572	0,783
372,21	372,05	0,571	0,777
372,20	372,04	0,570	0,771

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
372,19	372,03	0,568	0,766
372,18	372,02	0,567	0,760
372,17	372,01	0,566	0,754
372,16	372,00	0,564	0,749
372,15	371,99	0,563	0,743
372,14	371,98	0,561	0,737
372,13	371,97	0,560	0,732
372,12	371,96	0,558	0,726
372,11	371,95	0,557	0,721
372,10	371,94	0,555	0,715
372,09	371,93	0,553	0,709
372,08	371,92	0,552	0,704
372,07	371,91	0,550	0,698
372,06	371,90	0,548	0,693
372,05	371,89	0,546	0,687
372,04	371,88	0,544	0,682
372,03	371,87	0,543	0,677
372,02	371,86	0,541	0,671
372,01	371,85	0,539	0,666
372,00	371,84	0,537	0,660
371,99	371,83	0,535	0,655
371,98	371,82	0,533	0,650
371,97	371,81	0,531	0,644
371,96	371,80	0,529	0,639
371,95	371,79	0,527	0,634
371,94	371,78	0,525	0,629
371,93	371,77	0,522	0,623
371,92	371,76	0,520	0,618
371,91	371,75	0,517	0,613
371,90	371,74	0,515	0,608
371,89	371,73	0,513	0,603
371,88	371,72	0,510	0,597
371,87	371,71	0,508	0,592
371,86	371,70	0,505	0,587
371,85	371,69	0,502	0,582
371,84	371,68	0,500	0,577
371,83	371,67	0,497	0,572
371,82	371,66	0,494	0,567
371,81	371,65	0,491	0,562
371,80	371,64	0,488	0,558
371,79	371,63	0,485	0,553
371,78	371,62	0,482	0,548

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
371,77	371,61	0,479	0,543
371,76	371,60	0,476	0,538
371,75	371,59	0,474	0,533
371,74	371,58	0,471	0,529
371,73	371,57	0,468	0,524
371,72	371,56	0,465	0,519
371,71	371,55	0,462	0,515
371,70	371,54	0,459	0,510
371,69	371,53	0,456	0,506
371,68	371,52	0,453	0,501
371,67	371,51	0,450	0,497
371,66	371,50	0,447	0,492
371,65	371,49	0,444	0,488
371,64	371,48	0,441	0,483
371,63	371,47	0,438	0,479
371,62	371,46	0,435	0,474
371,61	371,45	0,432	0,470
371,60	371,44	0,429	0,466
371,59	371,43	0,426	0,462
371,58	371,42	0,424	0,457
371,57	371,41	0,421	0,453
371,56	371,40	0,418	0,449
371,55	371,39	0,415	0,445
371,54	371,38	0,412	0,441
371,53	371,37	0,410	0,436
371,52	371,36	0,407	0,432
371,51	371,35	0,405	0,428
371,50	371,34	0,402	0,424
371,49	371,33	0,400	0,420
371,48	371,32	0,397	0,416
371,47	371,31	0,395	0,412
371,46	371,30	0,392	0,408
371,45	371,29	0,390	0,405
371,44	371,28	0,388	0,401
371,43	371,27	0,385	0,397
371,16	371,00	0,308	0,303
370,66	370,50	0,185	0,181
370,16	370,00	0,116	0,107
369,66	369,50	0,070	0,062
369,16	369,00	0,039	0,035
368,66	368,50	0,022	0,020
368,16	368,00	0,013	0,011

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
367,66	367,50	0,008	0,006
367,16	367,00	0,005	0,003
366,66	366,50	0,002	0,001
366,16	366,00	0,001	0,000
365,66	365,50	0,000	0,000
365,16	365,00	0,000	0,000
364,66	364,50	0,000	0,000
364,16	364,00	0,000	0,000
363,66	363,50	0,000	0,000
363,16	363,00	0,000	0,000
362,66	362,50	0,000	0,000

Quadro 8-2 - Curvas Cota x Área x Volume – Severo

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
371,70	371,67	0,030	0,101
371,69	371,66	0,030	0,101
371,68	371,65	0,030	0,100
371,67	371,64	0,030	0,100
371,66	371,63	0,030	0,100
371,65	371,62	0,030	0,099
371,64	371,61	0,030	0,099
371,63	371,60	0,030	0,099
371,62	371,59	0,030	0,099
371,61	371,58	0,029	0,098
371,60	371,57	0,029	0,098
371,59	371,56	0,029	0,098
371,58	371,55	0,029	0,097
371,57	371,54	0,029	0,097
371,56	371,53	0,029	0,097
371,55	371,52	0,029	0,096
371,54	371,51	0,029	0,096
371,53	371,50	0,029	0,096
371,52	371,49	0,029	0,096
371,51	371,48	0,029	0,095
371,50	371,47	0,029	0,095
371,49	371,46	0,029	0,095
371,48	371,45	0,028	0,094
371,47	371,44	0,028	0,094
371,46	371,43	0,028	0,094
371,45	371,42	0,028	0,094
371,44	371,41	0,028	0,093
371,43	371,40	0,028	0,093

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
371,42	371,39	0,028	0,093
371,41	371,38	0,028	0,093
371,40	371,37	0,028	0,092
371,39	371,36	0,028	0,092
371,38	371,35	0,027	0,092
371,37	371,34	0,027	0,091
371,36	371,33	0,027	0,091
371,35	371,32	0,027	0,091
371,34	371,31	0,027	0,091
371,33	371,30	0,026	0,090
371,32	371,29	0,024	0,090
371,31	371,28	0,022	0,090
371,30	371,27	0,022	0,090
371,29	371,26	0,022	0,089
371,28	371,25	0,022	0,089
371,27	371,24	0,021	0,089
371,26	371,23	0,021	0,089
371,25	371,22	0,021	0,089
371,24	371,21	0,021	0,088
371,23	371,20	0,021	0,088
371,22	371,19	0,021	0,088
371,21	371,18	0,021	0,088
371,20	371,17	0,021	0,087
371,19	371,16	0,021	0,087
371,18	371,15	0,021	0,087
371,17	371,14	0,021	0,087
371,16	371,13	0,021	0,087
371,15	371,12	0,021	0,086
371,14	371,11	0,021	0,086
371,13	371,10	0,021	0,086
371,12	371,09	0,021	0,086
371,11	371,08	0,021	0,086
371,10	371,07	0,021	0,085
371,09	371,06	0,020	0,085
371,08	371,05	0,020	0,085
371,07	371,04	0,020	0,085
371,06	371,03	0,020	0,085
371,05	371,02	0,020	0,084
371,04	371,01	0,020	0,084
371,03	371,00	0,020	0,084
371,02	370,99	0,020	0,084
371,01	370,98	0,020	0,084
371,00	370,97	0,020	0,083
370,99	370,96	0,020	0,083

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
370,98	370,95	0,020	0,083
370,97	370,94	0,020	0,083
370,96	370,93	0,020	0,083
370,95	370,92	0,020	0,082
370,94	370,91	0,020	0,082
370,93	370,90	0,020	0,082
370,92	370,89	0,020	0,082
370,91	370,88	0,020	0,082
370,90	370,87	0,020	0,081
370,89	370,86	0,020	0,081
370,88	370,85	0,020	0,081
370,87	370,84	0,020	0,081
370,86	370,83	0,020	0,081
370,85	370,82	0,020	0,080
370,84	370,81	0,019	0,080
370,83	370,80	0,019	0,080
370,82	370,79	0,019	0,080
370,81	370,78	0,019	0,080
370,80	370,77	0,019	0,079
370,79	370,76	0,019	0,079
370,78	370,75	0,019	0,079
370,77	370,74	0,019	0,079
370,76	370,73	0,019	0,079
370,75	370,72	0,019	0,078
370,74	370,71	0,019	0,078
370,73	370,70	0,019	0,078
370,72	370,69	0,019	0,078
370,71	370,68	0,019	0,078
370,70	370,67	0,019	0,078
370,69	370,66	0,019	0,077
370,68	370,65	0,019	0,077
370,67	370,64	0,019	0,077
370,66	370,63	0,019	0,077
370,65	370,62	0,019	0,077
370,64	370,61	0,019	0,076
370,63	370,60	0,019	0,076
370,62	370,59	0,019	0,076
370,61	370,58	0,019	0,076
370,60	370,57	0,019	0,076
370,59	370,56	0,019	0,075
370,58	370,55	0,019	0,075
370,57	370,54	0,019	0,075
370,56	370,53	0,018	0,075
370,55	370,52	0,018	0,075

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
370,54	370,51	0,018	0,075
370,53	370,50	0,018	0,074
370,52	370,49	0,018	0,074
370,51	370,48	0,018	0,074
370,50	370,47	0,018	0,074
370,49	370,46	0,018	0,074
370,48	370,45	0,018	0,073
370,47	370,44	0,018	0,073
370,46	370,43	0,018	0,073
370,45	370,42	0,018	0,073
370,44	370,41	0,018	0,073
370,43	370,40	0,018	0,073
370,42	370,39	0,018	0,072
370,41	370,38	0,018	0,072
370,40	370,37	0,018	0,072
370,39	370,36	0,018	0,072
370,38	370,35	0,018	0,072
370,37	370,34	0,018	0,071
370,36	370,33	0,018	0,071
370,35	370,32	0,018	0,071
370,34	370,31	0,018	0,071
370,33	370,30	0,018	0,071
370,32	370,29	0,018	0,071
370,31	370,28	0,018	0,070
370,30	370,27	0,018	0,070
370,29	370,26	0,018	0,070
370,28	370,25	0,018	0,070
370,27	370,24	0,018	0,070
370,26	370,23	0,018	0,069
370,25	370,22	0,018	0,069
370,24	370,21	0,018	0,069
370,23	370,20	0,018	0,069
370,22	370,19	0,018	0,069
370,21	370,18	0,018	0,069
370,20	370,17	0,018	0,068
370,19	370,16	0,017	0,068
370,18	370,15	0,017	0,068
370,17	370,14	0,017	0,068
370,16	370,13	0,017	0,068
370,15	370,12	0,017	0,068
370,14	370,11	0,017	0,067
370,13	370,10	0,017	0,067
370,12	370,09	0,017	0,067
370,11	370,08	0,017	0,067

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
370,10	370,07	0,017	0,067
370,09	370,06	0,017	0,067
370,08	370,05	0,017	0,066
370,07	370,04	0,017	0,066
370,06	370,03	0,017	0,066
370,05	370,02	0,017	0,066
370,04	370,01	0,017	0,066
370,03	370,00	0,017	0,065
370,02	369,99	0,017	0,065
370,01	369,98	0,017	0,065
370,00	369,97	0,017	0,065
369,99	369,96	0,017	0,065
369,98	369,95	0,017	0,065
369,97	369,94	0,017	0,064
369,96	369,93	0,017	0,064
369,95	369,92	0,017	0,064
369,94	369,91	0,017	0,064
369,93	369,90	0,017	0,064
369,92	369,89	0,017	0,064
369,91	369,88	0,017	0,063
369,90	369,87	0,017	0,063
369,89	369,86	0,017	0,063
369,88	369,85	0,017	0,063
369,87	369,84	0,017	0,063
369,86	369,83	0,017	0,063
369,85	369,82	0,017	0,062
369,84	369,81	0,017	0,062
369,83	369,80	0,017	0,062
369,82	369,79	0,017	0,062
369,81	369,78	0,017	0,062
369,80	369,77	0,017	0,062
369,79	369,76	0,017	0,061
369,78	369,75	0,017	0,061
369,77	369,74	0,017	0,061
369,76	369,73	0,017	0,061
369,75	369,72	0,017	0,061
369,74	369,71	0,017	0,061
369,73	369,70	0,017	0,060
369,72	369,69	0,017	0,060
369,71	369,68	0,017	0,060
369,70	369,67	0,017	0,060
369,69	369,66	0,016	0,060
369,68	369,65	0,016	0,060
369,67	369,64	0,016	0,059

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
369,66	369,63	0,016	0,059
369,65	369,62	0,016	0,059
369,64	369,61	0,016	0,059
369,63	369,60	0,016	0,059
369,62	369,59	0,016	0,059
369,61	369,58	0,016	0,058
369,60	369,57	0,016	0,058
369,59	369,56	0,016	0,058
369,58	369,55	0,016	0,058
369,57	369,54	0,016	0,058
369,56	369,53	0,016	0,058
369,55	369,52	0,016	0,057
369,54	369,51	0,016	0,057
369,53	369,50	0,016	0,057
369,52	369,49	0,016	0,057
369,51	369,48	0,016	0,057
369,50	369,47	0,016	0,057
369,49	369,46	0,016	0,056
369,48	369,45	0,016	0,056
369,47	369,44	0,016	0,056
369,46	369,43	0,016	0,056
369,45	369,42	0,016	0,056
369,44	369,41	0,016	0,056
369,43	369,40	0,016	0,056
369,42	369,39	0,016	0,055
369,41	369,38	0,016	0,055
369,40	369,37	0,016	0,055
369,39	369,36	0,016	0,055
369,38	369,35	0,016	0,055
369,37	369,34	0,016	0,055
369,36	369,33	0,016	0,054
369,35	369,32	0,016	0,054
369,34	369,31	0,016	0,054
369,33	369,30	0,016	0,054
369,32	369,29	0,016	0,054
369,31	369,28	0,016	0,054
369,30	369,27	0,016	0,053
369,29	369,26	0,016	0,053
369,28	369,25	0,016	0,053
369,27	369,24	0,016	0,053
369,26	369,23	0,016	0,053
369,25	369,22	0,016	0,053
369,24	369,21	0,016	0,053
369,23	369,20	0,016	0,052

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
369,22	369,19	0,016	0,052
369,21	369,18	0,016	0,052
369,20	369,17	0,016	0,052
369,19	369,16	0,016	0,052
369,18	369,15	0,016	0,052
369,17	369,14	0,016	0,051
369,16	369,13	0,016	0,051
369,15	369,12	0,016	0,051
369,14	369,11	0,016	0,051
369,13	369,10	0,016	0,051
369,12	369,09	0,016	0,051
369,11	369,08	0,016	0,050
369,10	369,07	0,016	0,050
369,09	369,06	0,016	0,050
369,08	369,05	0,016	0,050
369,07	369,04	0,016	0,050
369,06	369,03	0,016	0,050
369,05	369,02	0,016	0,050
369,04	369,01	0,016	0,049
369,03	369,00	0,016	0,049
369,02	368,99	0,016	0,049
369,01	368,98	0,016	0,049
369,00	368,97	0,016	0,049
368,99	368,96	0,015	0,049
368,98	368,95	0,015	0,048
368,97	368,94	0,015	0,048
368,96	368,93	0,015	0,048
368,95	368,92	0,015	0,048
368,94	368,91	0,015	0,048
368,93	368,90	0,015	0,048
368,92	368,89	0,015	0,048
368,91	368,88	0,015	0,047
368,90	368,87	0,015	0,047
368,89	368,86	0,015	0,047
368,88	368,85	0,015	0,047
368,87	368,84	0,015	0,047
368,86	368,83	0,015	0,047
368,85	368,82	0,015	0,046
368,84	368,81	0,015	0,046
368,83	368,80	0,015	0,046
368,82	368,79	0,015	0,046
368,81	368,78	0,015	0,046
368,80	368,77	0,015	0,046
368,79	368,76	0,015	0,046

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
368,78	368,75	0,015	0,045
368,77	368,74	0,015	0,045
368,76	368,73	0,015	0,045
368,75	368,72	0,015	0,045
368,74	368,71	0,015	0,045
368,73	368,70	0,015	0,045
368,72	368,69	0,015	0,044
368,71	368,68	0,015	0,044
368,70	368,67	0,015	0,044
368,69	368,66	0,015	0,044
368,68	368,65	0,015	0,044
368,67	368,64	0,015	0,044
368,66	368,63	0,015	0,044
368,65	368,62	0,015	0,043
368,64	368,61	0,015	0,043
368,63	368,60	0,015	0,043
368,62	368,59	0,015	0,043
368,61	368,58	0,015	0,043
368,60	368,57	0,015	0,043
368,59	368,56	0,015	0,043
368,58	368,55	0,015	0,042
368,57	368,54	0,015	0,042
368,56	368,53	0,015	0,042
368,55	368,52	0,015	0,042
368,54	368,51	0,015	0,042
368,53	368,50	0,015	0,042
368,52	368,49	0,015	0,041
368,51	368,48	0,015	0,041
368,50	368,47	0,015	0,041
368,49	368,46	0,015	0,041
368,48	368,45	0,015	0,041
368,47	368,44	0,015	0,041
368,46	368,43	0,015	0,041
368,45	368,42	0,015	0,040
368,44	368,41	0,015	0,040
368,43	368,40	0,015	0,040
368,42	368,39	0,015	0,040
368,41	368,38	0,015	0,040
368,40	368,37	0,015	0,040
368,39	368,36	0,015	0,040
368,38	368,35	0,015	0,039
368,37	368,34	0,015	0,039
368,36	368,33	0,015	0,039
368,35	368,32	0,014	0,039

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
368,34	368,31	0,014	0,039
368,33	368,30	0,014	0,039
368,32	368,29	0,014	0,039
368,31	368,28	0,014	0,038
368,30	368,27	0,014	0,038
368,29	368,26	0,014	0,038
368,28	368,25	0,014	0,038
368,27	368,24	0,014	0,038
368,26	368,23	0,014	0,038
368,25	368,22	0,014	0,038
368,24	368,21	0,014	0,037
368,23	368,20	0,014	0,037
368,22	368,19	0,014	0,037
368,21	368,18	0,014	0,037
368,20	368,17	0,014	0,037
368,19	368,16	0,014	0,037
368,18	368,15	0,014	0,037
368,17	368,14	0,014	0,036
368,16	368,13	0,014	0,036
368,15	368,12	0,014	0,036
368,14	368,11	0,014	0,036
368,13	368,10	0,014	0,036
368,12	368,09	0,014	0,036
368,11	368,08	0,014	0,036
368,10	368,07	0,014	0,035
368,09	368,06	0,014	0,035
368,08	368,05	0,014	0,035
368,07	368,04	0,014	0,035
368,06	368,03	0,014	0,035
368,05	368,02	0,014	0,035
368,04	368,01	0,014	0,035
368,03	368,00	0,014	0,034
368,02	367,99	0,014	0,034
368,01	367,98	0,014	0,034
368,00	367,97	0,014	0,034
367,99	367,96	0,014	0,034
367,98	367,95	0,014	0,034
367,97	367,94	0,014	0,034
367,96	367,93	0,014	0,033
367,95	367,92	0,014	0,033
367,94	367,91	0,014	0,033
367,93	367,90	0,014	0,033
367,92	367,89	0,014	0,033
367,91	367,88	0,014	0,033

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
367,90	367,87	0,014	0,033
367,89	367,86	0,014	0,033
367,88	367,85	0,014	0,032
367,87	367,84	0,014	0,032
367,86	367,83	0,014	0,032
367,85	367,82	0,014	0,032
367,84	367,81	0,014	0,032
367,83	367,80	0,014	0,032
367,82	367,79	0,014	0,032
367,81	367,78	0,014	0,031
367,80	367,77	0,014	0,031
367,79	367,76	0,014	0,031
367,78	367,75	0,013	0,031
367,77	367,74	0,013	0,031
367,76	367,73	0,013	0,031
367,75	367,72	0,013	0,031
367,74	367,71	0,013	0,030
367,73	367,70	0,013	0,030
367,72	367,69	0,013	0,030
367,71	367,68	0,013	0,030
367,70	367,67	0,013	0,030
367,69	367,66	0,013	0,030
367,68	367,65	0,013	0,030
367,67	367,64	0,013	0,030
367,66	367,63	0,013	0,029
367,65	367,62	0,013	0,029
367,64	367,61	0,013	0,029
367,63	367,60	0,013	0,029
367,62	367,59	0,013	0,029
367,61	367,58	0,013	0,029
367,60	367,57	0,013	0,029
367,59	367,56	0,013	0,028
367,58	367,55	0,013	0,028
367,57	367,54	0,013	0,028
367,56	367,53	0,013	0,028
367,55	367,52	0,013	0,028
367,54	367,51	0,013	0,028
367,53	367,50	0,013	0,028
367,52	367,49	0,013	0,028
367,51	367,48	0,013	0,027
367,50	367,47	0,013	0,027
367,49	367,46	0,013	0,027
367,48	367,45	0,013	0,027
367,47	367,44	0,013	0,027

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
367,46	367,43	0,013	0,027
367,45	367,42	0,013	0,027
367,44	367,41	0,013	0,027
367,43	367,40	0,013	0,026
367,42	367,39	0,013	0,026
367,41	367,38	0,013	0,026
367,40	367,37	0,013	0,026
367,39	367,36	0,013	0,026
367,38	367,35	0,013	0,026
367,37	367,34	0,013	0,026
367,36	367,33	0,013	0,026
367,35	367,32	0,013	0,025
367,34	367,31	0,013	0,025
367,33	367,30	0,013	0,025
367,32	367,29	0,013	0,025
367,31	367,28	0,013	0,025
367,30	367,27	0,013	0,025
367,29	367,26	0,013	0,025
367,28	367,25	0,013	0,025
367,27	367,24	0,012	0,024
367,26	367,23	0,012	0,024
367,25	367,22	0,012	0,024
367,24	367,21	0,012	0,024
367,23	367,20	0,012	0,024
367,22	367,19	0,012	0,024
367,21	367,18	0,012	0,024
367,20	367,17	0,012	0,024
367,19	367,16	0,012	0,023
367,18	367,15	0,012	0,023
367,17	367,14	0,012	0,023
367,16	367,13	0,012	0,023
367,15	367,12	0,012	0,023
367,14	367,11	0,012	0,023
367,13	367,10	0,012	0,023
367,12	367,09	0,012	0,023
367,11	367,08	0,012	0,022
367,10	367,07	0,012	0,022
367,09	367,06	0,012	0,022
367,08	367,05	0,012	0,022
367,07	367,04	0,012	0,022
367,06	367,03	0,012	0,022
367,05	367,02	0,012	0,022
367,04	367,01	0,012	0,022
367,03	367,00	0,012	0,021

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
367,02	366,99	0,012	0,021
367,01	366,98	0,012	0,021
367,00	366,97	0,012	0,021
366,99	366,96	0,012	0,021
366,98	366,95	0,012	0,021
366,97	366,94	0,012	0,021
366,96	366,93	0,012	0,021
366,95	366,92	0,012	0,021
366,94	366,91	0,012	0,020
366,93	366,90	0,012	0,020
366,92	366,89	0,012	0,020
366,91	366,88	0,012	0,020
366,90	366,87	0,012	0,020
366,89	366,86	0,012	0,020
366,88	366,85	0,012	0,020
366,87	366,84	0,012	0,020
366,86	366,83	0,012	0,019
366,85	366,82	0,012	0,019
366,84	366,81	0,012	0,019
366,83	366,80	0,012	0,019
366,82	366,79	0,012	0,019
366,81	366,78	0,012	0,019
366,80	366,77	0,011	0,019
366,79	366,76	0,011	0,019
366,78	366,75	0,011	0,019
366,77	366,74	0,011	0,018
366,76	366,73	0,011	0,018
366,75	366,72	0,011	0,018
366,74	366,71	0,011	0,018
366,73	366,70	0,011	0,018
366,72	366,69	0,011	0,018
366,71	366,68	0,011	0,018
366,70	366,67	0,011	0,018
366,69	366,66	0,011	0,018
366,68	366,65	0,011	0,017
366,67	366,64	0,011	0,017
366,66	366,63	0,011	0,017
366,65	366,62	0,011	0,017
366,64	366,61	0,011	0,017
366,63	366,60	0,011	0,017
366,62	366,59	0,011	0,017
366,61	366,58	0,011	0,017
366,60	366,57	0,011	0,017
366,59	366,56	0,011	0,016

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
366,58	366,55	0,011	0,016
366,57	366,54	0,011	0,016
366,56	366,53	0,011	0,016
366,55	366,52	0,011	0,016
366,54	366,51	0,011	0,016
366,53	366,50	0,011	0,016
366,52	366,49	0,011	0,016
366,51	366,48	0,011	0,016
366,50	366,47	0,011	0,015
366,49	366,46	0,011	0,015
366,48	366,45	0,011	0,015
366,47	366,44	0,011	0,015
366,46	366,43	0,010	0,015
366,45	366,42	0,010	0,015
366,44	366,41	0,010	0,015
366,43	366,40	0,010	0,015
366,42	366,39	0,010	0,015
366,41	366,38	0,010	0,015
366,40	366,37	0,010	0,014
366,39	366,36	0,010	0,014
366,38	366,35	0,010	0,014
366,37	366,34	0,010	0,014
366,36	366,33	0,010	0,014
366,35	366,32	0,010	0,014
366,34	366,31	0,010	0,014
366,33	366,30	0,010	0,014
366,32	366,29	0,010	0,014
366,31	366,28	0,010	0,013
366,30	366,27	0,010	0,013
366,29	366,26	0,010	0,013
366,28	366,25	0,010	0,013
366,27	366,24	0,010	0,013
366,26	366,23	0,010	0,013
366,25	366,22	0,010	0,013
366,24	366,21	0,010	0,013
366,23	366,20	0,010	0,013
366,22	366,19	0,010	0,013
366,21	366,18	0,010	0,012
366,20	366,17	0,010	0,012
366,19	366,16	0,010	0,012
366,18	366,15	0,010	0,012
366,17	366,14	0,010	0,012
366,16	366,13	0,009	0,012
366,15	366,12	0,009	0,012

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
366,14	366,11	0,009	0,012
366,13	366,10	0,009	0,012
366,12	366,09	0,009	0,012
366,11	366,08	0,009	0,012
366,10	366,07	0,009	0,011
366,09	366,06	0,009	0,011
366,08	366,05	0,009	0,011
366,07	366,04	0,009	0,011
366,06	366,03	0,009	0,011
366,05	366,02	0,009	0,011
366,04	366,01	0,009	0,011
366,03	366,00	0,009	0,011
366,02	365,99	0,009	0,011
366,01	365,98	0,009	0,011
366,00	365,97	0,009	0,011
365,99	365,96	0,009	0,010
365,98	365,95	0,009	0,010
365,97	365,94	0,008	0,010
365,96	365,93	0,008	0,010
365,95	365,92	0,008	0,010
365,94	365,91	0,008	0,010
365,93	365,90	0,008	0,010
365,92	365,89	0,008	0,010
365,91	365,88	0,008	0,010
365,90	365,87	0,008	0,010
365,89	365,86	0,008	0,010
365,88	365,85	0,008	0,010
365,87	365,84	0,008	0,009
365,86	365,83	0,008	0,009
365,85	365,82	0,008	0,009
365,84	365,81	0,008	0,009
365,83	365,80	0,008	0,009
365,82	365,79	0,008	0,009
365,81	365,78	0,008	0,009
365,80	365,77	0,008	0,009
365,79	365,76	0,008	0,009
365,78	365,75	0,008	0,009
365,77	365,74	0,007	0,009
365,76	365,73	0,007	0,009
365,75	365,72	0,007	0,009
365,74	365,71	0,007	0,009
365,73	365,70	0,007	0,008
365,72	365,69	0,007	0,008
365,71	365,68	0,007	0,008

Cota de Operação (m)	Cota - SGB (m)	Área (km2)	Volume (hm3)
365,70	365,67	0,007	0,008
365,69	365,66	0,007	0,008
365,68	365,65	0,007	0,008
365,67	365,64	0,007	0,008
365,66	365,63	0,007	0,008
365,65	365,62	0,007	0,008
365,64	365,61	0,007	0,008
365,63	365,60	0,007	0,008
365,62	365,59	0,007	0,008
365,61	365,58	0,007	0,008
365,60	365,57	0,007	0,008
365,59	365,56	0,007	0,007
365,58	365,55	0,007	0,007
365,57	365,54	0,006	0,007
365,56	365,53	0,006	0,007
365,55	365,52	0,006	0,007
365,54	365,51	0,006	0,007
365,53	365,50	0,006	0,007
365,03	365,00	0,004	0,005
364,53	364,50	0,003	0,003
364,03	364,00	0,002	0,002
363,53	363,50	0,001	0,001
363,03	363,00	0,001	0,001
362,53	362,50	0,001	0,000
362,03	362,00	0,000	0,000
361,53	361,50	0,000	0,000
361,03	361,00	0,000	0,000
360,53	360,50	0,000	0,000
360,03	360,00	0,000	0,000

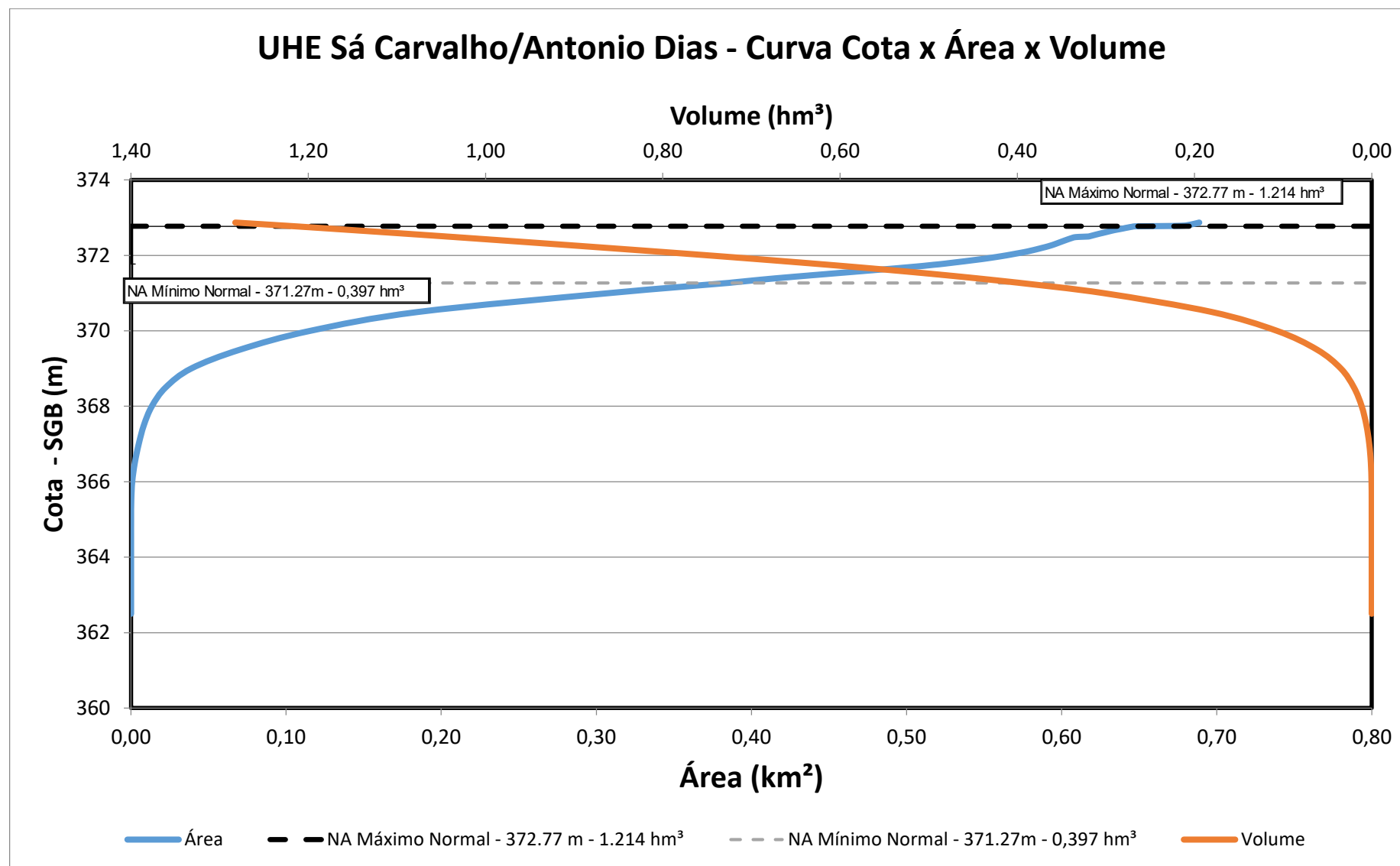


Figura 8-5 – Curvas Cota x Área x Volume do Reservatório de Antônio Dias da UHE Sá Carvalho

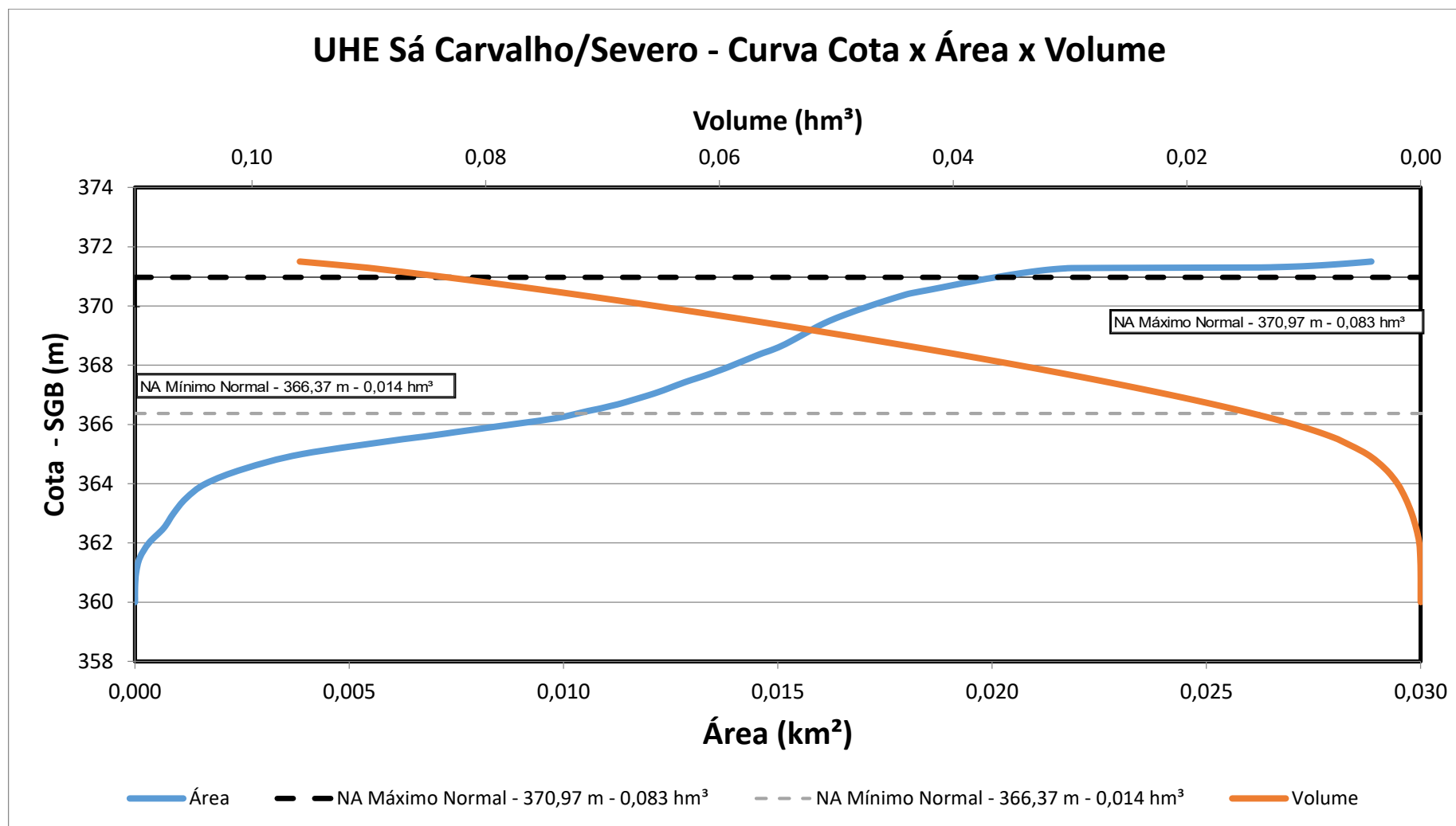


Figura 8-6- Curvas Cota x Área x Volume do Reservatório de Severo da UHE Sá Carvalho

8.2.4 Avaliação de Incertezas das Curvas Cota x Área x Volume

Considerando que os trabalhos de batimetria foram realizados com ecobatímetros de feixe único, a equidistância entre as linhas de sondagem transversais (seções batimétricas) medidas no corpo principal do reservatório, de acordo com as exigências da ANA, deveria seguir a formulação proposta:

$$E_{ST} = \frac{0,35 \times A^{0,35}}{D} = \frac{0,35 \times 83^{0,35}}{11,18} = 0,147 \text{ km}$$

Tabela 1 – Valores para cálculo de seções topobatimétricas UHE Sá Carvalho

Parâmetros	Valores
Área do reservatório no nível operacional normal (A)	0,83 Km² = 83 ha
Extensão do reservatório (corpo principal), em nível operacional normal (D)	11,18 km

Porém, para o levantamento batimétrico do reservatório da UHE Sá Carvalho foi utilizado o método de seções transversais considerando espaçamento entre as seções de 40 a 60 metros, além da execução de linhas longitudinais centrais e linhas margeando o reservatório. Assim, os levantamentos para a determinação das curvas CAV atingiram resultados com grau de incertezas bem menores que os especificados na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010.

8.2.5 Comparação da Curva Nova com a Curva Antiga

Para comparar as novas curvas Cota x Área x Volume com as curvas atualmente em uso para o reservatório de Antônio Dias, 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 16 cm para referenciar ao SGB.

Quadro 8-3 - Comparação da Curva Cota x Área x Volume – Antonio Dias

Nível do Reservatório	Cota SGB (m)	Cota referência local (m)	Volume (hm³)		Diferença (%) (b - a)
			Curva antiga (a)	Curva nova (b)	
Mínima Normal	371,27	371,43	1,54	0,40	-74,2%
Máxima Normal	372,77	372,93	2,50	1,21	-51,4%
Máxima Maximorum	372,87	373,03	2,57	1,28	-50,1%
Volume útil			0,96	0,82	-14,9%

Essa comparação mostra que o volume do reservatório de Antonio Dias da UHE Sá Carvalho no seu nível máximo normal, medido atualmente, é menor do que aquele indicado pela curva CAV existente, em uma magnitude da ordem de -51,4%. No que diz respeito ao volume útil, o decréscimo é menor, da ordem de -14,9%.

Já para comparar as novas curvas Cota x Área x Volume com as curvas originais de Severo, faz-se necessário realizar os seguintes apontamentos:

- No período compreendido entre os dois levantamentos de CAV existentes para o reservatório de Severo, houve uma modificação na referência de nível local que, em 2012, sofreu acréscimo de 46 cm.
- O reservatório também teve seus limites operativos alterados, devido à instalação de nova unidade geradora. Para efeitos de exemplificação, o máximo normal atual fica 1 metro acima do anterior, e o mínimo normal atual, 6 cm abaixo do antigo.
- Os atuais máximo normal e máximo maximorum não são apresentados na CAV original, por serem superiores ao antigo máximo maximorum.

Na tabela a seguir, está um sumário dessas informações, que facilitará a compreensão.

Tabela 2 - Esquema de comparação entre CAV's - Severo

Limites Operativos	Mínimo Normal		Máximo Normal		Máximo Maximorum	
	RN Original	RN Atual	RN Original	RN Atual	RN Original	RN Atual
Originais (m)	366,00	366,46	369,50	369,96	370,50	370,96
Atuais (m)	365,94	366,40	370,54	371,00	371,24	371,70

Legenda: x,xx são os campos efetivamente utilizados nas comparações.

Diante do apresentado, nota-se a impossibilidade de utilizar os Limites Operativos Atuais como base de comparação, haja vista que não são contemplados na planilha da CAV Original. Portanto, foi necessário transferir as duas CAV's para uma única Referência de Nível e utilizar os Limites Operativos Originais como base de comparação. Esses valores estão demarcados em cinza na tabela. Nesse caso, a Referência de Nível escolhida foi a Atual.

O Quadro 8-4 apresenta os resultados da comparação. Os volumes indicados na coluna **curva antiga (a)** desse quadro foram obtidos a partir da curva CAV Original, transferida para o RN Atual (+46 cm), mas com a correção de 3 cm para referenciar o SGB.

Quadro 8-4 - Comparação da Curva Cota x Área x Volume – Severo

Nível do Reservatório	Cota SGB (m)	Cota referência local (m)	Volume (hm ³)		Diferença (%) (b - a)
			Curva antiga (a)	Curva nova (b)	
Mín. Normal (U. Geradora 01, 02 e 03)	366,43	366,46	0,03	0,02	-53,5%
Máxima Normal	369,93	369,96	0,08	0,06	-18,8%
Máxima Maximorum	370,93	370,96	0,10	0,08	-16,0%
Volume (hm³)			0,047	0,065	+5,2%

Essa comparação mostra que o volume do reservatório de Severo da UHE Sá Carvalho no seu nível máximo normal antigo (com base na IO de 2012), medido na presente data, é menor do que aquele indicado pela curva CAV existente, em uma magnitude da ordem de -18,8%. Por outro lado, nota-se que o antigo volume útil (com base na IO de 2012) do reservatório sofreu um acréscimo de 5,2%, o que indica que os efeitos do assoreamento estiveram concentrados no volume morto do reservatório.

8.3 Cartas Topobatimétricas

Após a elaboração do MDT final, foram geradas as curvas de nível e as cartas topobatimétricas em escala 1:1.000, que foram articuladas em folhas de tamanho A0 conforme a Figura 8-8 a seguir.

Os desenhos elaborados possuem coordenadas no Datum SIRGAS 2000, Sistema de Projeção UTM – Universal Transversa Mercator, M.C. 45º Wgr.

Os desenhos estão apresentados no formato MPK e PDF, 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.

Nos reservatórios da UHE Sá Carvalho o monitoramento do aporte e sedimentação de sólidos será feito por meio de medição sistemática de profundidades do leito do Rio Piracicaba em 2 conjuntos 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 2 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 8-5 apresenta as coordenadas em SIRGAS2000 dos marcos das seções de controle e a Figura 8-9 apresenta a localização de todas as seções.

Quadro 8-5 – Marcos Implantados nas Seções de Controle de Sedimentação – UHE Sá Carvalho

Nome	Norte (m)	Este (m)	Latitude	Longitude	Cota Elipsoidal (m)	Cota Ortométrica (m)
SC01-JMD	19°38'29,50648"S	42°51'15,22580"W	7.826.769,542	725.003,542	364,086	374,226
SC01-JME	19°38'23,89196"S	42°51'21,61834"W	7.826.944,558	724.819,448	364,593	374,723
SC01-MMD	19°38'38,84160"S	42°51'25,94777"W	7.826.241,116	724.291,050	364,259	374,117
SC01-MME	19°38'35,11259"S	42°51'30,20788"W	7.826.326,383	724.218,008	365,822	374,328
SC01-MD	19°38'46,97719"S	42°51'39,44650"W	7.826.486,377	724.687,513	364,007	374,379
SC01-ME	19°38'44,23489"S	42°51'41,98966"W	7.826.602,622	724.564,825	364,218	375,942
SC02-JMD	19°39'48,03330"S	42°53'16,73626"W	7.824.398,771	721.433,031	365,121	375,151
SC02-JME	19°39'45,73981"S	42°53'18,67442"W	7.824.470,005	721.377,440	365,102	375,132
SC02-MMD	19°39'55,29548"S	42°53'30,40352"W	7.823.939,821	720.560,492	365,073	375,712
SC02-MME	19°39'53,37108"S	42°53'31,32555"W	7.824.016,826	720.538,950	366,213	375,522
SC02-MD	19°40'03,30564"S	42°53'46,48650"W	7.824.180,366	721.032,086	365,702	375,093

Nome	Norte (m)	Este (m)	Latitude	Longitude	Cota Elipsoidal (m)	Cota Ortométrica (m)
SC02-ME	19°40'00,81077"S	42°53'47,25849"W	7.824.239,882	721.005,958	365,512	376,233

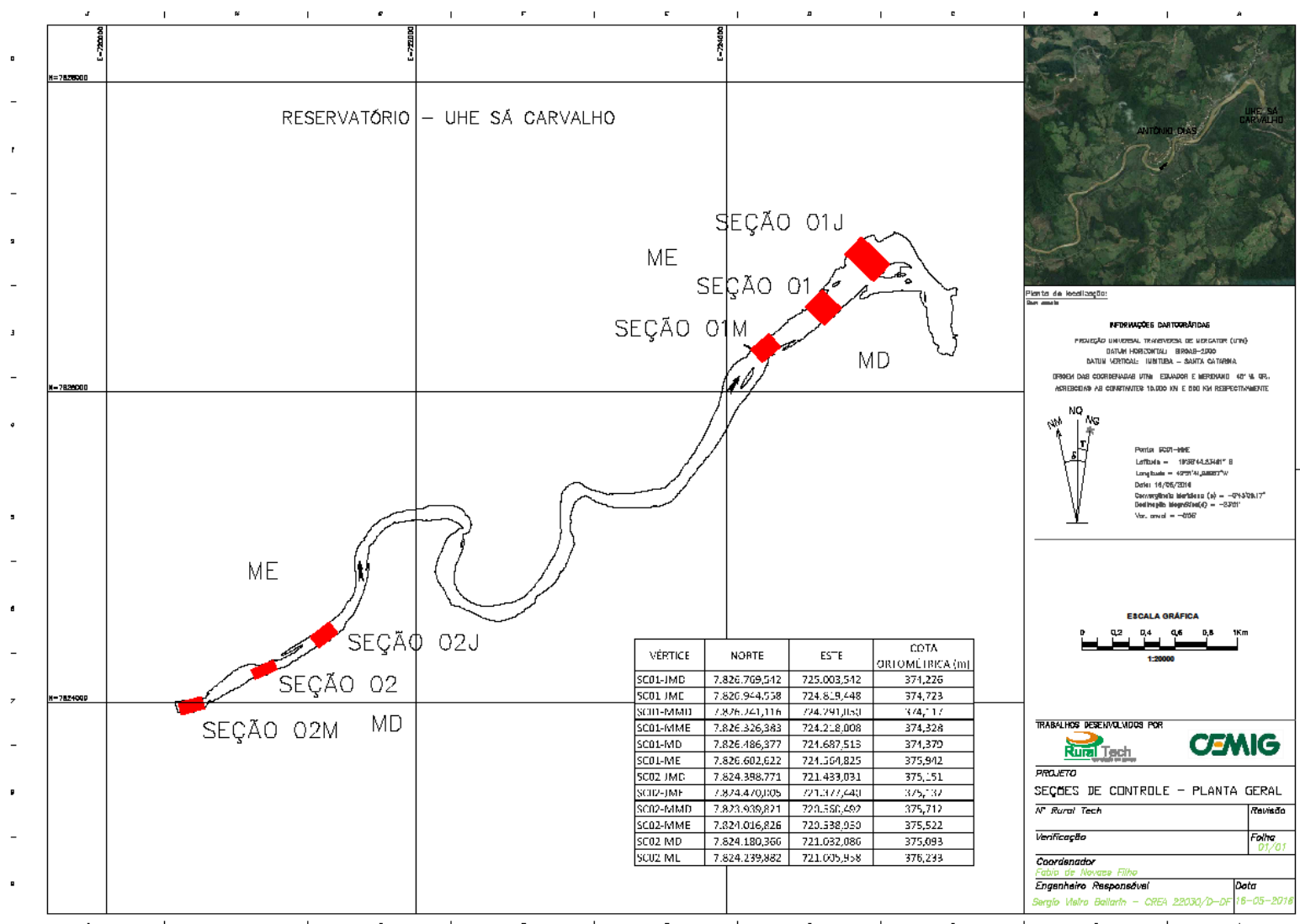


Figura 8-9 – Planta de Localização das Seções de Controle Implantadas no Reservatório da UHE Sá Carvalho

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 batimétricos realizados com a tecnologia monofeixe, pelo método de seções com equidistância inferior a 70 metros, excederam os requisitos mínimos da Resolução Conjunta ANA/ANEEL, uma vez que, o intervalo entre as seções medidas é ao menos 2 vezes menor do que foi proposto. Isso permitiu minimizar o grau de incerteza do levantamento batimétrico, nesse reservatório.

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

A avaliação e validação do MapGeo 2015, nessa região, além de servir como referência aos levantamentos geodésicos realizados na região do reservatório, também poderá ser utilizado por outras entidades ligadas ao uso dos recursos hídricos e energéticos, assim como, de outros setores da sociedade brasileira.