

**ORIENTAÇÕES
PARA
ATUALIZAÇÃO
DAS CURVAS
COTA X ÁREA X
VOLUME**

DEZEMBRO DE 2013

República Federativa do Brasil

Dilma Vana Rousseff

Presidente

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Ministra

Agência Nacional de Águas (ANA)

Diretoria Colegiada

Vicente Andreu Guillo (Diretor-Presidente)

Paulo Lopes Varella Neto

João Gilberto Lotufo Conejo

Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica – SGH

Valdemar Santos Guimarães

Agência Nacional de Águas
Ministério do Meio do Meio Ambiente

ORIENTAÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DAS CURVAS COTA X ÁREA X VOLUME

SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA (SGH)

BRÁSÍLIA-DF, 2013

VERSÃO DEZEMBRO/2013

© 2013 Agência Nacional de Águas (ANA).

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos “B”, “L”, “M” e “T”.

CEP: 70610-200, Brasília — DF

PABX: (61) 2109-5400 / (61) 2109-5252

Endereço eletrônico: www.ana.gov.br

Equipe editorial

Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica - SGH

Valdemar Santos Guimarães – Superintendente

Elaboração

Alexandre do Prado, Eurides de Oliveira, Leny Simone Tavares Mendonça, Fabrício Vieira Alves, Henryette Patrice Cruz, Walszon Terllizzie Araújo Lopes

Revisão Final

Leny Simone Tavares Mendonça

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e informações contidos nesta publicação, desde que citada à fonte.

A265o Agência Nacional de Águas (Brasil).
Orientações para atualização das curvas cota x área x volume / Agência Nacional de Águas (ANA); Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. - Brasília: ANA, SGH, 2013. 40p.: il.

1. Curvas 2. Topobatimetria 3. Reservatório 4. Assoreamento

I. Agência Nacional de Águas (ANA) II. Título

CDU 556.08 (81)

Sumário

1 Apresentação	4
2 Introdução	4
2.1 Como entrar em contato com a ANA.....	5
3 Orientações Técnicas para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume	6
3.1 Classificação dos Reservatórios quanto ao Potencial de Assoreamento	6
3.1.1 Potencial de Produção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Empreendimento Hidrelétrico	6
3.1.2 Posição do Reservatório na Cascata (Prc)	7
3.1.3 Regime de Operação do Reservatório (Ror).....	7
3.1.4 Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)	8
3.1.5 Determinação do Nível de Criticidade	9
3.2 Implantação das Seções de Controle: Localização e Quantidade	10
3.3 Considerações Cartográficas e Batimétricas Preliminares.....	11
3.4 Execução do Serviço	12
3.4.1 Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG)	12
3.4.2 Elaboração do Modelo Geoidal Local (MGL)	13
3.4.3 Controle de Qualidade da Base Cartográfica de Projeto.....	14
3.4.4 Controle de Qualidade da RVG Pré-Existente.....	15
3.4.5 Vetorização e Georreferenciamento da Cartografia de Projeto.....	16
3.4.6 Levantamento do Contorno do Reservatório	16
3.4.7 Mapeamento da Área Molhada do Reservatório.....	16
3.4.8 Mapeamento da Área Seca do Reservatório	18
3.4.9 Modelo Digital do Reservatório e Curva Cota x Área x Volume.....	20
3.5 Considerações Gerais sobre os Produtos Finais	21
3.5.1 Aplicando-se Topografia Convencional ou GPS	21
3.5.2 Aplicando-se Aerofotogrametria, Imageamento por Satélite, Interferometria Radar ou Perfilamento Laser	22
3.6 Classificação dos Reservatórios Quanto à Disponibilidade de Documentação Cartográfica	22
3.7 Enquadramento do Empreendimento na Matriz Potencial de Sedimentos x Disponibilidade de Documentação Cartográfica	23
3.7.1 Reservatório Tipo A.....	24

3.7.2	Reservatório Tipo B.....	26
3.7.3	- Reservatório Tipo B1.....	28
3.7.4	- Reservatório Tipo B2.....	30
3.7.5	- Reservatório Tipo C.....	32
3.8	Do Modelo Construtivo dos Marcos.....	34
4	Apresentação e Conteúdo Mínimo do Relatório Inicial	36
4.1	Capa.....	36
4.2	Contracapa.....	36
4.3	Conteúdo.....	36

1 Apresentação

A Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 03, de 10 de agosto de 2010, publicada em 20 de outubro de 2010, estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a **aproveitamentos hidrelétricos**.

A ANA, com tal Resolução, assume a função de orientar os agentes do setor elétrico sobre os procedimentos de coleta, tratamento e armazenamento dos dados hidrométricos objetos do normativo, bem como sobre a forma de envio dessas informações em formato compatível com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), o que permitirá a difusão dos dados, em “tempo real”, oriundos do monitoramento hidrológico realizado pelos agentes do setor elétrico, bem como à atualizações das curvas Cota Área Volume dos reservatórios associados aos empreendimentos hidrelétricos, despachados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico.

2 Introdução

Considerando os preceitos estabelecidos na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03, de 10 de agosto de 2010, em especial o seu artigo 8º que versa sobre a obrigatoriedade de avaliação do processo de assoreamento dos reservatórios, com base na atualização das curvas Cota x Área x Volume, das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, essas Agências Reguladoras decidem estabelecer especificações técnicas mínimas e de atendimento obrigatório, sobre os trabalhos cartográficos que subsidiarão os trabalhos supracitados.

Art. 8º *Para as usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, o processo de assoreamento do reservatório deverá ser avaliado com base na atualização das curvas cota-área-volume realizada 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 novos empreendimentos, a atualização deverá ser realizada cada 10 anos, contados a partir do início da operação comercial.

§ 1º A proposta do método e dos procedimentos a serem utilizados na atualização das curvas cota x área x volume deverá ser encaminhada previamente, pelo concessionário ou autorizado à ANA para avaliação.

§ 2º O concessionário ou autorizado deverá encaminhar à ANA, para avaliação, um Relatório técnico detalhado contendo o método e os procedimentos utilizados, bem como as Tabelas cota x área e cota x volume, e os respectivos dados eletrônicos e polinômios.

§ 3º Em casos excepcionais, a ANEEL, mediante fundamentação, poderá determinar que a avaliação do processo de assoreamento do reservatório seja realizada com periodicidade inferior a 10 anos.

Informa-se que o Relatório contendo a proposta de método e dos procedimentos a serem utilizados na atualização das curvas cota x área x volume, pelos concessionários e autorizados, conforme preconizado no parágrafo 1º, inciso II, do Art. 8º da Resolução Conjunta, deverá ser encaminhado previamente à ANA, **no prazo mínimo de 4 meses antes da data prevista para o levantamento topobatimétrico.** O conteúdo do Relatório supracitado está explicitado no item 4 deste documento.

Este documento trata da revisão do documento original publicado pela ANA em novembro de 2011 e que foi objeto de discussão da ANA, ANEEL e a ABRAGE.

2.1 Como entrar em contato com a ANA

Os contatos e informações referentes à Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010 podem ser obtidos nos Endereços que se seguem:

Endereço:

Agência Nacional de Águas (ANA)
Valdemar Santos Guimarães
Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH)
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco L
Brasília – DF, Brasil.
CEP 70610-200

Na Internet:

Para o correio eletrônico resolucaoconjunta3@ana.gov.br (casos específicos das estações hidrológicas objeto da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010) e para sgh@ana.gov.br quando se tratar dos demais assuntos sobre a Rede Hidrometeorológica da ANA.

3 Orientações Técnicas para Atualização das Curvas Cota x Área x Volume

Neste documento são apresentadas as orientações técnicas para a atualização das Curvas Cota X Área X Volume (CAV), conforme estabelece o Art. 8º da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010.

3.1 Classificação dos Reservatórios quanto ao Potencial de Assoreamento

Os reservatórios serão classificados, quanto ao seu potencial de assoreamento, tomando-se como referência os seguintes parâmetros: **Potencial de Produção de Sedimentos, Posição Relativa na Cascata, Regime de Operação do Empreendimento e Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento.**

Cada um dos parâmetros supracitados foi subdividido, em três níveis, de acordo com o seu potencial: **Baixo (1), Médio (2) e Alto (3).**

3.1.1 Potencial de Produção de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Empreendimento Hidrelétrico

O enquadramento do reservatório neste parâmetro se dará pelo conhecimento do histórico de medições de descarga sólida disponível na bacia ou imediações. Na ausência de registros de descarga sólida, sugere-se o emprego de publicações referenciais, tais como o “*Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros*” (Eletrobrás/IPH, Agosto de 1992) ou “*Produção de Sedimentos na América do Sul (Revista Brasileira de Geomorfologia – Ano 7, nº 1, 2006)*”, onde podem ser encontrados, entre outras informações, mapeamentos sedimentológicos do Brasil, classificando o potencial de produção de sedimentos em função da “degradação específica” (perda de solo - Pss) expressa em ton/km²/ano.

A classificação proposta com base em Eletrobrás/IPH (1992) é a seguinte:

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

3.1.2 Posição do Reservatório na Cascata (Prc)

Em bacias hidrográficas que possuem reservatórios em cascata, a posição relativa do aproveitamento é um parâmetro muito importante para a caracterização de sua suscetibilidade ao assoreamento.

Os reservatórios de cabeceira recebem grande parte do sedimento produzido pela bacia hidrográfica a montante, sendo mais vulneráveis ao assoreamento. Em contrapartida, como estes reservatórios retêm parte do sedimento afluente, acabam por proteger os reservatórios de jusante que passam a ficar menos vulneráveis, a exceção se aplica aos casos em que a bacia hidrográfica incremental seja grande e possua potencial de produção de sedimentos elevado.

Assim, é apresentada a seguinte classificação quanto à suscetibilidade associada à posição relativa na cascata:

- Reservatórios de Jusante com Pequena Bacia Incremental → **Baixa Suscetibilidade (1)**
- Reservatórios de Jusante com Grande Bacia Incremental → **Média Suscetibilidade (2)**
- Reservatórios de Cabeceira → **Alta Suscetibilidade ao Assoreamento (3)**

Caso a bacia incremental de um reservatório de jusante apresente potencial especialmente elevado de produção de sedimentos (Pss de nível 3), o mesmo deverá ser classificado como de alta suscetibilidade.

3.1.3 Regime de Operação do Reservatório (Ror)

Os reservatórios de regularização proporcionam benefícios à geração de energia local e de outros aproveitamentos situados à jusante, além de beneficiar também outros usos potenciais da água.

O assoreamento de seu volume útil acarreta perda de capacidade de regularização, com perda de energia local e na cascata. Já os reservatórios operados ao fio d'água, mesmo que não utilizem diretamente o seu volume armazenado, podem ser afetados pelo assoreamento por meio da elevação de níveis de remanso a montante, por exemplo.

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

$$IR = \frac{\text{Volume Útil}}{\text{Vazão Turbinada Média}}$$

Aplica-se o seguinte critério:

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

3.1.4 Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento (MI)

Este parâmetro refere-se às possíveis consequências associadas ao processo de assoreamento do reservatório e é importante para caracterização adequada dos casos especiais de reservatórios que não apresentam sensibilidade aos três parâmetros anteriores, mas cujo assoreamento pode provocar danos ao aproveitamento ou a terceiros.

Caso o reservatório não apresente sensibilidade aos parâmetros de produção de sedimentos, posição na cascata e regime de operação, não se vislumbra prejuízos em relação a assoreamento na região do remanso, e nem a outros usos associados ao reservatório. Portanto este parâmetro não é relevante em virtude de não ser determinante com relação à definição da criticidade, haja vista que a sua importância depende da intensidade dos três parâmetros anteriores. Se o reservatório não apresenta sensibilidade aos três parâmetros anteriores, não há que se falar em magnitude e importância dos efeitos do assoreamento.

Os casos mais comuns são os reservatórios que recebem ocupação em suas margens, principalmente no quartil superior e na zona de remanso. O assoreamento desses reservatórios provoca a elevação dos níveis de remanso podendo trazer prejuízos importantes às ocupações mencionadas anterior.

Outro caso importante são os reservatórios operados a fio d'água, mas que apresentam múltiplos usos, onde o assoreamento, mesmo não afetando sua operação, traz prejuízos a outros setores da sociedade que se beneficiam do mesmo.

As estruturas hidráulicas e de geração dos aproveitamentos dotados de pequenos reservatórios podem também ser impactadas pelo assoreamento, principalmente em rios que apresentam transporte de sedimento de fundo significativo.

Estes são exemplos de reservatórios com sensibilidade alta em relação à magnitude dos prejuízos causados pelo assoreamento.

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

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

3.1.5 Determinação do Nível de Criticidade

Como visto anteriormente, o nível de criticidade de um reservatório, quanto ao seu processo de assoreamento, foi estabelecido em função dos seguintes parâmetros ponderados, a saber: **Potencial de Produção de Sedimentos, Posição Relativa na Cascata, Regime de Operação do Empreendimento e, Magnitude e Importância dos Efeitos do Assoreamento**. Além disso, verifica-se que os parâmetros supracitados foram subdivididos em três níveis: **Baixo (1), Médio (2) e Alto (3)**.

Por fim, o *nível de criticidade* deverá ser calculado empregando-se a fórmula a seguir:

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

O agente do setor elétrico, em função dos resultados obtidos pela fórmula anterior, deverá enquadrá-lo em uma das seguintes classes:

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

3.2 Implantação das Seções de Controle: Localização e Quantidade

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

Para os reservatórios de **baixa criticidade** ao assoreamento, deve ser instalado **um conjunto** com três seções de controle topobatimétrico, posicionando-as no seu quartil superior (trecho de montante), incluindo a zona de remanso. Essa é a área onde normalmente ocorrem os primeiros depósitos de sedimento, caso venham de fato a ocorrer. O espaçamento entre as três seções que compõem o conjunto de controle deve ser da ordem de no mínimo cinco vezes a largura do rio em condições naturais.

Para os reservatórios com **média criticidade** ao assoreamento, devem ser instalados **dois conjuntos** (com três seções de controle topobatimétrico cada) em dois locais distintos do reservatório. O posicionamento destas seções de controle deve ser o mesmo dos reservatórios de baixa criticidade.

Para os reservatórios com **alta criticidade** ao assoreamento, devem ser instalados **três conjuntos** (com três seções de controle topobatimétrico cada) em três locais distintos do reservatório mais propícios ao assoreamento. O posicionamento destas seções de controle deve ser o mesmo dos reservatórios de baixa criticidade.

No caso dos reservatórios que possuam mais de um braço ativo, com tributários importantes, deve-se prever a instalação de pelo menos um conjunto de seções de controle topobatimétrico em cada um deles.

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

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

Em termos construtivos, os marcos de concreto serão no formato tronco-piramidal, com base inferior de 0,20m por 0,20m, base superior de 0,12m por 0,12m e altura de 0,30m, aflorando cerca de 0,10m do solo. Cada marco de concreto deve ser encabeçado por uma chapa de metal não ferroso com 0,06m de diâmetro e pino de 0,07m de altura, devendo ter como inscrições: **a) Nome do Empreendimento; b) Nome do Marco (vértice); e c) Expressão “Protegido por Lei”**. Esses detalhes construtivos são apresentados no item 3.8.

3.3 Considerações Cartográficas e Batimétricas Preliminares

O material cartográfico que representa os reservatórios será obtido a partir de *levantamentos batimétricos ou da recuperação da cartografia de Projeto na sua área molhada*, e por *levantamentos geodésicos, aerofotogramétricos ou da recuperação da cartografia de Projeto na sua área seca* (até o nível operacional normal do empreendimento), observando os aspectos metodológicos estabelecidos nesta Orientação.

Os levantamentos batimétricos serão realizados necessariamente por ecobatímetros, sendo que o controle posicional deverá ser georeferenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) devendo ser efetivado por meio da implantação de uma Rede de Vértices Geodésicos (RVG) com a utilização de posicionamento em tempo real (RTK). Destaca-se que para o levantamento da área seca deve-se empregar o mesmo referencial altimétrico usado no levantamento batimétrico.

Entende-se para esse trabalho o Levantamento Topobatimétrico como a representação planialtimétrica de um reservatório desde a sua parte mais profunda até o nível normal operacional.

O Modelo Geoidal a ser utilizado deverá apresentar uma qualidade posicional melhor que 20cm, devendo ser elaborado um Modelo Geoidal Local – MGL para aquelas regiões onde o MapGeo 2010, elaborado pelo IBGE, não possuir aquela precisão.

As bases cartográficas preexistentes, oriundas de recobrimento aerofotogramétrico restituídas em escala 1:10.000 poderão ser utilizadas na representação da área alagada e seca desde que sua qualidade posicional seja comprovada conforme metodologia estabelecida nesta orientação, sendo utilizado o Sistema de Referência Brasileiro atualmente em vigor, o SIRGAS 2000 (época 2000,4).

Com respeito à comparação entre os levantamentos cartográficos preexistentes com os executados para essa atividade esclarece-se que os referenciais planialtimétricos dos primeiros deverão ser compatibilizados com os levantamentos atuais, sendo utilizados para essa transformação os parâmetros oficiais estabelecidos pelo IBGE.

As metodologias propostas têm por objetivo principal proporcionar ao agente regulador um material cartográfico que represente o relevo do reservatório por meio de um Modelo Digital de Terreno – MDT devendo a base cartográfica ser entregue em ambiente de geoprocessamento na escala 1:10.000 e Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Planialtimétrico Classe B (no mínimo).

Uma vez constituída a base cartográfica e confeccionado o respectivo MDT, serão implantadas seções topobatimétricas de monitoramento do aporte de sedimentos no reservatório, assim como seções para o monitoramento do volume útil. A depender dos resultados obtidos nas seções de controle supracitadas as Agências Reguladoras poderão determinar a realização de um levantamento topobatimétrico de todo o reservatório conforme metodologia apresentada nessas orientações técnicas.

3.4 Execução do Serviço

3.4.1 Implantação da Rede de Vértices Geodésicos (RVG)

A RVG se caracteriza na Rede de Apoio Básico, a qual servirá de base para o georreferenciamento das seções batimétricas, bem como o seu adensamento, caso necessário. Cabe à empresa entregar um Relatório detalhado sobre a implantação da RVG, que por sua vez, será constituída observando a seguinte metodologia:

- a) Identificar as RRNN do IBGE mais próximas à área de concessão ou autorização;
- b) Levantar os valores antigos e os atuais das altitudes ortométricas depois dos últimos ajustes da Rede Altimétrica Nacional efetuados pelo IBGE;
- c) Pesquisar e identificar marcos que remanesçam de trabalhos anteriores e/ou da época de implantação do empreendimento hidrelétrico, analisando sua posição no reservatório e suas condições de ocupação GNSS e/ou nivelamento;
- d) Planejar a distribuição de pelo menos 10 marcos de concreto na área de abrangência da concessão ou autorização. Este número de marcos é um número de referência que deverá ser ampliado a depender da área de abrangência do reservatório (dimensão, localização, divisa entre Estados) e a depender das condições cartográficas (áreas de transposição de fuso do sistema de projeção da cartografia oficial). Este planejamento deverá levar em conta os pontos identificados no item c, assim como as RRNN do IBGE (item a) e o posicionamento das seções topobatimétricas de monitoramento;
- e) Efetuar linhas de nivelamento e contra nivelamento partindo das RRNN até os marcos que constituem a RVG. Este nivelamento deverá ser efetuado com nível digital que registre automaticamente as leituras de modo a evitar erros grosseiros relacionados às anotações indevidas. Também deverá ser observada a precisão destas linhas, as quais deverão ter um fechamento de 3 mm por km em seu duplonivelamento, correspondendo a um levantamento de primeira ordem;
- f) Rastrear com receptores GNSS de dupla frequência os marcos implantados e nivelados, sendo que tais rastreios deverão ser em duas seções de pelo menos duas horas cada uma com variação da altura da antena. Além disso, os levantamentos GNSS deverão ser executados com observação mínima e simultânea de 6 satélites naqueles períodos de rastreamento, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm.
- g) Processar os dados oriundos do nivelamento e das ocupações GNSS em softwares específicos utilizando os módulos de ajustamento pertinentes, de modo a se obter os melhores resultados no contexto do empreendimento e da área de concessão ou autorização.

- h) Elaborar as monografias dos vértices seguindo padrões estabelecidos, assim como o Relatório de Implantação da RVG, onde deverão constar a descrição dos procedimentos de campo, documentação por reportagem fotográfica.
- i) Relatório de pós-processamento, exportados diretamente dos softwares que processam tanto o nivelamento quanto as ocupações GNSS, não sendo admitidas planilhas em Excel ou Word, ou de outro software cujo conteúdo possa ser editado.
- j) Todos os resultados deverão ser obtidos em SIRGAS 2000 (Época 2000,4) com as coordenadas no sistema UTM e Geográfico, com os respectivos indicadores de precisão.

O nivelamento geométrico é a operação que visa à determinação do desnível entre dois pontos a partir de leitura de estádias ou código de barras efetuadas com níveis ópticos ou digitais, respectivamente. Operacionalmente, para essa especificação técnica, ele deve ser conduzido:

- a) de forma dupla (nivelamento e contranivelamento), na qual a diferença dos resultados de ambos não podem ser superiores a $3 \text{ mm} \sqrt{K}$ e a variável K corresponde a distância média nivelada em quilômetros;
- b) por visadas iguais e inferior a 40 metros, com erro na equidistância de ré e de vante inferior a 5% do comprimento total do lance;
- c) com miras verticalizadas sobre as RRNN ou sobre os pontos de passagem, sendo empregado para tal um nível de cantoneira;
- d) com leituras praticadas anterior de 50 centímetros do solo para evitar turbulências decorrentes da reverberação;
- e) com leituras praticadas a seguir de 3,5 metros na mira para evitar a falta de verticalidade da mesma decorrente o efeito do vento;
- f) com leituras do fio nivelador (médio) e dos estadimétricos (superior e inferior), sendo que a diferença tolerável entre a média desses últimos com a leitura do fio nivelador é de 2 milímetros.

Os vértices da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro que poderão ser empregados nas atividades de apoio terrestre são os do tipo SAT-GPS ou os perenentes a RBMC/RIBAC. Destaca-se que não serão aceitos trabalhos que utilizarem vértices do tipo SAT-Doppler, EP (Estação de poligonação) ou VT (Vértice de Triangulação).

3.4.2 Elaboração do Modelo Geoidal Local (MGL)

O Modelo Geoidal Local – MGL deverá ser elaborado para as regiões do país onde o MapGeo 2010 (elaborado pelo IBGE) não apresente uma qualidade melhor que 20 cm. Deverão ser utilizados os pontos da RVG para verificação da qualidade do MapGeo 2010.

Do total de marcos planejados e implantados para a constituição da RVG, pelo menos 20% destes não devem participar da definição do Modelo Geoidal Local, pois estes serão utilizados para sua checagem da sua qualidade. Destaca-se que a quantidade de marcos não deve ser ímpar, devendo ser arredondado para o próximo número par.

O MGL deve ser produzido utilizando os pontos nivelados e rastreados pelos receptores GNSS, observando os pontos de verificação estabelecidos. Deverá ser entregue um Relatório técnico detalhado de Construção do MGL e/ou utilização do MapGeo 2010, bem como a superfície que o representa, em formato raster.

3.4.3 Controle de Qualidade da Base Cartográfica de Projeto

A metodologia descrita a seguir será utilizada para a validação da cartografia de Projeto ou dos levantamentos de área seca, em escala 1:10.000, visando o aproveitamento do material preexistente.

O Controle de Qualidade (CQ) da base cartográfica preexistente deverá ser realizada da seguinte forma:

- a) Selecionar pelo menos 20 pontos, bem definidos, no mapa vetorial e nas ortofotos, que sejam inequívocos na sua identificação no terreno.
- b) Estes pontos devem estar bem distribuídos na área de abrangência do voo/restituição, conformando uma boa geometria espacial.
- c) Proceder à ocupação com receptores GNSS de dupla frequência dos pontos selecionados, sendo que tais rastreios devem ter pelo menos duas horas de ocupação. Além disso, os levantamentos GNSS deverão ser executados com observação mínima e simultânea de 6 satélites naqueles períodos de rastreo, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm.
- d) Para o levantamento dos vértices para controle de qualidade deve-se utilizar como referência os marcos implantados na RVG. O marco a ser utilizado como referência deve ser o mais próximo do vértice a ser rastreado.
- e) Analisar as coordenadas obtidas considerando os indicadores de precisão associados.
- f) Em caso de ortofotos, efetuar sobre a cartografia preexistente, uma série de 3 leituras das coordenadas dos pontos levantados em campo, calculando média e desvio padrão. Em se tratando de uma base vetorial, basta a confirmação das coordenadas do vértice de comparação.
- g) Efetuar a análise estatística de tendência e precisão alinhada conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica Digital da Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE).
- h) A partir dos resultados obtidos, efetuar o enquadramento do PEC para a cartografia analisada.

Caso este estudo revele que a Base Cartográfica Preexistente não atende ao PEC estabelecido (ver item 3.3, p.10/11), será realizado um novo levantamento tanto da parte seca como da área molhada, observando a metodologia aqui apresentada.

3.4.4 Controle de Qualidade da RVG Pré-Existente

Este procedimento visa ratificar a qualidade posicional da Rede de Vértices Geodésicos preexistente no entorno do empreendimento hidrelétrico para que os mesmos sirvam como ponto de referência para os demais levantamentos cartográficos a serem realizados. Para a execução deste controle de qualidade deverão ser observadas as seguintes etapas:

- a) Identificar na região do reservatório RRNN oficiais contidas no sítio eletrônico do IBGE;
- b) Acessar o material cartográfico disponível do empreendimento hidrelétrico, de modo a identificar espacialmente os marcos que constituem a Rede de Referência e sua proximidade com as RRNN do IBGE;
- c) Em seguida, será realizada uma vistoria em campo a fim de verificar as condições de ocupação das RRNN selecionadas e as possibilidades de caminhamento para o nivelamento que será efetuado;
- d) Selecionar RRNN oficiais do IBGE existentes na região e planejar linhas de nivelamento e contra nivelamento geométrico partindo das RRNN selecionadas para, no mínimo, 10 marcos da RVG existente na região do reservatório;
- e) Tendo por base os pontos selecionados e vistoriados na etapa anterior, os mesmos devem ser ocupados com receptores GNSS de dupla frequência em duas seções de duas horas cada uma, com variação na altura da antena. Além disso, os levantamentos GNSS deverão ser executados com observação mínima e simultânea de 6 satélites naqueles períodos de rastreamento, PDOP inferior a 4, posicionamento relativo estático, e precisão nominal superior ou igual a 5mm+1ppm;
- f) Efetuar o nivelamento tendo como referência de partida a RN do IBGE selecionada com chegada nos vértices Rede de Vértices Geodésicos Preexistente. Deverá ser utilizado nível eletrônico, com registro automático das leituras de mira, dentro das normas técnicas vigentes de modo a se obter precisão de primeira ordem igual ou superior a 3mm por km;
- g) A diferença planialtimétrica aceita, nas duas componentes analisadas isoladamente, entre as coordenadas determinadas nesta atividade e a preexistente deverá ser inferior a 3 cm. Caso essa diferença for superior ao preconizado, deverá ser efetuado um novo rastreamento GNSS nos vértices desta Rede para a determinação das coordenadas planimétricas, bem como o contra nivelamento para a determinação altimétrica.

3.4.5 Vetorização e Georreferenciamento da Cartografia de Projeto

De posse do material cartográfico validado pelo Controle de Qualidade (imagens) deverá ser adotada a sua conversão das feições geográficas por meio do processo de vetorização, sendo estas informações organizadas em *layers*. Os arquivos vetorizados deverão passar por um processo de edição gráfica, de forma que os mesmos sejam produzidos em padrão apto a compor um Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo os textos atribuídos à feição pertinente.

Será gerado o mapa contínuo da área do empreendimento com as curvas de nível até a cota operacional normal.

O georreferenciamento será efetuado sobre o mapa contínuo, por meio da aplicação de transformações geométricas onde os pontos de controle serão obtidos da RVG ou de pontos presentes das bases cartográficas de Projeto.

Considerando as condições e informações disponíveis no material a ser trabalhado, deverá ser elaborado um modelo de dados contemplando informações como: *cor, tipo da linha, espessura, tipo do texto, dimensão de texto, entre outros*. Deverá ser considerado o contexto de cada empreendimento hidrelétrico, tendo por base as normatizações para a cartografia oficial do Brasil, estabelecidas pelo IBGE.

Para a construção do mapa contínuo é fundamental reprojeter a informação que consta do mapa no sistema de projeção oficialmente utilizado pela Cartografia Nacional, que é o Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM).

3.4.6 Levantamento do Contorno do Reservatório

O levantamento do contorno do reservatório deverá ser executado empregando-se como dado primário as informações obtidas de levantamentos topográficos, laser ou aerofotogramétricos.

O mapa de traço ou ortofoto final decorrente daquele serviço deverá estar de acordo as preconizações técnicas para a escala 1:10.000 ou superior, sendo obrigatório o uso do Sistema de Referência SIRGAS2000 (época 2000,4) e Imbituba como os referenciais planimétricos e altimétricos, respectivamente.

3.4.7 Mapeamento da Área Molhada do Reservatório

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

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

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

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

Para os trabalhos com ecobatímetros de feixe único, em Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH, a equidistância entre as linhas de sondagem (ou seções topobatimétricas), no corpo principal do reservatório, deverá ser obtida pela seguinte fórmula:

$$E_{ST} = \frac{0,1A^{0,25}}{D}$$

nas quais:

E_{ST} = equidistância das seções topobatimétricas transversais, em quilômetros;

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

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

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

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

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

Caso o levantamento batimétrico seja efetuado por meio de ecobatímetros de feixes múltiplos a equidistância das linhas de sondagem será variável em função do tipo de equipamento e da sua respectiva cobertura lateral. Destaca-se que as linhas de sondagem deverão ser necessariamente longitudinais às curvas isobatimétricas da área. Além disso, salienta-se que a observação do leito do reservatório deverá ser plena (100% da área), não sendo aceitos levantamentos com “buracos”.

Com respeito ao levantamento propriamente dito, esse compreende duas componentes: **o posicionamento planimétrico da embarcação e a mensuração da profundidade**. O posicionamento supracitado deverá ser executado, em tempo real, com GPS de dupla frequência, empregando-se correções diferenciais provenientes de uma base da RVG (RTK).

Com respeito à mensuração das profundidades, a mesma deverá ser executada com um equipamento de registro contínuo digital, com registro de ecogramas analógico ou digital, com precisão da medição isolada superior ou igual a 20 centímetros, devidamente instalado na lateral ou no fundo da embarcação, a qual deverá se deslocar numa velocidade condizente com o fluxo d' água e que garanta a coleta mínima de 1 ponto a cada 2 metros ao longo da linha de sondagem percorrida. Além disso, deve-se determinar, de forma acurada, a profundidade de imersão do transdutor e efetuar a aferição do ecobatímetro durante os dias de sondagem, usando a placa de aferição ou perfilador de velocidade do som lançados na profundidade média da área em estudo.

O valor final das isóbatas do reservatório será fruto da profundidade mensurada em campo devidamente corrigida devido às flutuações operacionais daqueles. Para tal, deve-se instalar no mínimo uma seção de réguas limnimétricas, com pelo menos uma Referência de Nível (RN) associada, cuja cota deverá obrigatoriamente estar atrelada ao mesmo referencial altimétrico que definiu o nível operacional normal, sendo realizadas leituras conforme necessidades observadas em campo.

A quantidade de réguas utilizadas para a correção altimétrica a partir do nível local dependerá da inclinação da linha d' água do reservatório. Para evitar a necessidade de número excessivo de réguas sugere-se a utilização do sistema GPS/RTK, capaz de estimar a posição altimétrica do barco com acurácia.

Por fim, é aconselhável que a antena da GPS e o transdutor do ecobatímetro sejam posicionados sobre o mesmo eixo, de modo a evitar a aplicação de correções de "offset". Caso contrário, deve-se usar um sistema inercial para o controle da atitude da embarcação durante a execução do levantamento batimétrico.

3.4.8 Mapeamento da Área Seca do Reservatório

A área seca do reservatório pode ser mensurada por meio de várias técnicas de levantamento, a saber: **topografia convencional, GPS, restituição aerofotogramétrica, imageamento por satélite, interferometria radar ou perfilamento laser.**

Aplicando-se para essa atividade uma das duas primeiras opções será exigido apenas o levantamento de detalhes planialtimétricos sobre o traço de prolongamento da linha de sondagem batimétrica sobre a área seca até a cota que materializa o nível operacional normal, sendo o modelo digital de elevação obtido da interpolação desses dados observados em campo.

Para as demais técnicas de levantamento, os dados devem ser obtidos de forma contínua em toda a área do reservatório.

3.4.8.1 Topografia Convencional

Quando a determinação das coordenadas planialtimétricas da malha de pontos da área seca for realizada por Topografia Convencional deve-se empregar estações totais ou teodolitos associados com distânciômetros eletrônicos. Contudo, recomenda-se o uso das primeiras por possibilitarem a coleta de um grande número de informações e a eliminação de erros

grosseiros provenientes do uso de cadernetas de campo preenchidas à mão. O equipamento de mensuração a ser empregado nesse trabalho deverá permitir leitura angular direta, com precisão nominal igual ou superior a $10''$, tanto no plano horizontal quanto no vertical. Para a mensuração de distâncias, esse equipamento deve permitir observações com a precisão mínima de $5\text{mm}+5\text{ppm}$.

Operacionalmente, a cada 10 metros ou com uma distância inferior conforme a variação da declividade local deve-se coletar informações planialtimétricas de pontos desde o nível d'água (NA) no qual foi efetuado o levantamento da área molhada e o nível operacional normal. Caso a declividade seja inferior a 3%, a distância entre aqueles pontos na parte seca poderá ser superior ao preconizado anterior. Tal procedimento deverá ser executada nas duas margens. Caso exista necessidade da inserção de pontos intermediários para facilitar a definição da seção topobatimétrica, esses devem constituir marcos de uma poligonal enquadrada aos vértices da RVG, com fechamento angular de $15''\sqrt{N}$, no qual N corresponde ao número de vértices da poligonal.

3.4.8.2 GPS

Empregando-se equipamentos GPS na execução dessa atividade, as técnicas de levantamento a serem utilizadas são o *Stop and Go* (pós-processado) ou RTK (tempo real). Para ambas as técnicas é necessário que as ambiguidades inteiras estejam resolvidas antes do levantamento propriamente dito.

No caso da técnica *Stop and Go* o técnico deverá coletar no mínimo 6 épocas por ponto coletado, enquanto para a técnica RTK o deslocamento poderá ser contínuo. Em situações, onde perdas de ciclo são observadas, um novo processo de resolução das ambiguidades deverá ser procedido. Essa tarefa deverá ser efetuada com GPS de mono ou dupla frequência, em linhas de base inferiores a 10 Km, empregando-se necessariamente como vértices de referência aqueles pertencentes a RVG, com taxa de gravação de 5 segundos, com PDOP inferior a 5 e rastreamento simultâneo de no mínimo 6 satélites naquele período.

Os equipamentos a serem empregados nesse processo deverão garantir a precisão nominal de $5\text{mm}+1\text{ppm}$ e $10\text{mm}+2\text{ppm}$ para a definição planimétrica e altimétrica, respectivamente.

3.4.8.3 Aerofotogrametria, Imageamento por Satélite, Laser e Interferometria Radar.

A cobertura aerofotogramétrica para o levantamento da parte seca do reservatório considerar toda a sua extensão, produzindo um mapa de traço convencional, escala 1:10.000, com curvas de nível com equidistância de 5 metros ou um Modelo Digital de Elevação compatível com a precisão do mapa de traço.

A cobertura aerofotogramétrica deverá ser em altitude tal que permita a obtenção das fotos na escala 1:30.000 ou superior, sendo aceitas variações de $\pm 5\%$, em relação ao plano médio do terreno. As faixas de vôo deverão ser retilíneas e paralelas (com deriva máxima de 3° graus), sendo que as duas primeiras e as duas últimas fotos (exposições) situem-se fora do limite da área a ser fotografada, sendo que a superposição longitudinal deverá ser de 60% (sessenta por cento) e a superposição lateral deverá ser de 30% (trinta por cento). Caso sejam empregados

câmaras completamente digitais na aquisição das imagens, o levantamento deverá ser contínuo e o recobrimento lateral o mesmo praticado para a aquisição convencional. Com respeito à tomada das fotos, elas devem ser obtidas em horário no qual a altura do sol esteja a 30° ou mais em relação ao plano do horizonte, a cobertura de nuvens não poderá exceder a 10% da área da foto, o tempo de exposição deverá ser compatível com a velocidade praticada pela aeronave e o valor do ângulo formado pelo eixo óptico da câmara e a vertical do lugar deverá ser inferior a 3°.

Deverá ser utilizada aeronave especialmente adaptada para esse tipo de levantamento, equipada com câmara aerofotogramétrica com quadro de exposição no formato 23 x 23 cm, possuindo 8 marcas fiduciais e com objetiva grande angular de distância focal nominal próximas de 152/153 mm, montada em berço compensador, dotado de giroscópios e servomotores, de tal forma a garantir a eliminação de inclinações, espúrias e vibrações do corpo da aeronave. Deverá ainda possuir Certificado de Calibração não superior a 2 anos. O filme deverá ser colorido, possuir base estável, sensibilidade mínima à faixa visível de espectro eletromagnético e com poder resolutivo de no mínimo 70 linhas/mm. Poderá ser realizado imageamento com câmaras digitais, desde que essas atendam as preconizações supracitadas.

A restituição deverá ser realizada em estações fotogramétricas digitais, as quais usarão como dado primário as imagens coloridas obtidas na recobertura aérea, devidamente scannerizadas (caso não sejam digitais em sua origem) em aparelhos que permitam a geração das mesmas com pixel em tamanho adequado as especificações desse trabalho. Lembra-se que as únicas feições que devem ser restituídas são as curvas de nível com equidistância de 5 metros, bem como pontos cotados em talvegues e cumes.

Os arquivos gráficos oriundos de restituição fotogramétrica deverão ser editados e preparados para a impressão, bem como para a integração com banco de dados geográficos, ou seja, devem estar topologicamente consistentes. A etapa de consistência deve verificar a conectividade de elementos gráficos contínuos, a continuidade de elementos gráficos, o fechamento de polígonos e a eliminação de duplicidade de elementos.

Os arquivos gráficos finais servirão de base para a confecção do MDT da área seca do reservatório.

Outras técnicas que podem ser empregadas nesse trabalho são o Imageamento por Satélite, Laser Aerotransportado e a Interferometria Radar desde que sejam praticadas no mínimo as mesmas condições explicitadas para o levantamento aerofotogramétrico convencional e/ou digital.

3.4.9 Modelo Digital do Reservatório e Curva Cota x Área x Volume

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

Os pontos que vão compor as curvas “Cota x Área” e “Cota x Volume” deverão ser obtidos pela variação da posição de um plano de corte, a cada 50 cm, desde a cota mínima até o nível operacional normal do reservatório.

3.5 Considerações Gerais sobre os Produtos Finais

Os produtos a serem entregues variam em função da metodologia aplicada no levantamento da área seca do reservatório, a saber:

3.5.1 Aplicando-se Topografia Convencional ou GPS

- a) Memoriais descritivos dos marcos da poligonal enquadrada contendo necessariamente a logomarca da empresa, a identificação dos mesmos, as coordenadas planialtimétricas no sistema de referência SIRGAS, altitude ortométrica referenciada ao datum Imbituba, os respectivos erros de execução ao longo das 3 componentes de posicionamento, croqui e itinerário de localização, fotografia e responsável pela execução do levantamento;
- b) Arquivos no formato RINEX de todos os levantamentos GPS, contendo necessariamente o receptor utilizado, a identificação do marco, a altura e o modelo da antena aplicada no campo;
- c) Relatório, **em formato DOC**, contendo a metodologia adotada na construção da poligonal enquadrada e do transporte altimétrico, os resultados finais dos processamentos GPS e dos produtos gerados;
- d) Cadernetas de campo utilizadas durante a coleta de informações da parte seca de cada seção topobatimétrica, formato ASCII;
- e) Arquivo digital, em formato DWG – versão 2002 ou inferior, de todos os elementos que compõem o reservatório, em especial as suas isóbatas (em 3D) e o corpo do barramento. Esses elementos deverão ser separados em layers;
- f) Arquivo digital, em formato *geodatabase* ou *shp*, de todos os elementos que compõem o reservatório, em especial as suas isóbatas e o corpo do barramento. Esses elementos deverão ser separados em layers e possuir, no mínimo, o campo “cota” como atributo e completamente preenchido;
- g) Modelo Digital de Elevação elaborado a partir dos levantamentos das áreas molhada e seca do reservatório, em formato GEOTIFF;
- h) Arquivo único, em formato ASCII, contendo necessariamente a latitude, a longitude e a altitude ortométrica de cada ponto determinados no levantamento topobatimétrico do reservatório;
- i) Ecogramas e arquivos digitais, oriundos da coleta de informações da parte molhada de cada linha de sondagem;
- j) Caderneta de campo das observações de flutuação do nível do reservatório, em formato ASCII.

3.5.2 Aplicando-se Aerofotogrametria, Imageamento por Satélite, Interferometria Radar ou Perfilamento Laser

- a) Relatório, **em formato DOC**, de todo processo aerofotogramétrico, explicitando as metodologias e equipamentos empregados na cobertura aérea, na tomada das fotos, apoio terrestre, aerotriangulação, restituição e geração do MDT;
- b) Arquivos no formato RINEX de todos os levantamentos GPS, contendo necessariamente o receptor utilizado, a identificação do marco, a altura e o modelo da antena aplicada no campo;
- c) Modelo Digital de Elevação elaborado a partir dos levantamentos das áreas molhada e seca do reservatório, em formato GEOTIFF;
- d) Arquivos no formato GEOTIFF de todas as imagens empregadas na construção do Modelo Digital de Elevação (parte seca);
- e) Arquivo digital, em formato DWG – versão 2002 ou inferior, de todos os elementos que compõem o reservatório, em especial as suas isóbatas (em 3D) e o corpo do barramento. Esses elementos deverão ser separados em layers;
- f) Arquivo digital, em formato *geodatabase ou shp*, de todos os elementos que compõem o reservatório, em especial as suas isóbatas e o corpo do barramento. Esses elementos deverão ser separados em layers e possuir, no mínimo, o campo “cota” como atributo e completamente preenchido;
- g) Arquivo único, em formato ASCII, contendo necessariamente a latitude, a longitude e a altitude ortométrica de cada ponto determinados no levantamento topobatimétrico do reservatório;
- h) Ecogramas e arquivos digitais, em formato ASCII, oriundos da coleta de informações da parte molhada de cada linha de sondagem;
- i) Caderneta de campo das observações de flutuação do nível do reservatório, em formato ASCII.

3.6 Classificação dos Reservatórios Quanto à Disponibilidade de Documentação Cartográfica

No que concerne aos aspectos cartográficos e tendo em vista o escopo geral destas orientações, foram estabelecidos três cenários cartográficos nos quais os empreendimentos deverão ser classificados:

Cenário 01:

Não possui nenhum material cartográfico de Projeto, mapeamento da área seca e batimétrica da área do reservatório.

Cenário 02:

Possui material cartográfico de Projeto e/ou levantamentos batimétricos, e possui mapeamento da área seca em escala 1:10.000 ou superior oriundo de recobrimento aerofotogramétrico aprovado no controle de qualidade definido neste documento.

Cenário 03:

Não possui material cartográfico de Projeto, mas possui mapeamento da área seca em escala 1:10.000 ou superior oriundo de recobrimento aerofotogramétrico aprovado no controle de qualidade definido neste documento. (Acho que a descrição do cenário 2 e 3 estão trocados).

3.7 Enquadramento do Empreendimento na Matriz Potencial de Sedimentos x Disponibilidade de Documentação Cartográfica

Os trabalhos a serem executados pelas empresas do setor elétrico decorrerão do cruzamento da classificação dos reservatórios **quanto à sua disponibilidade de documentação cartográfica (item 3.6) e quanto ao seu potencial de assoreamento (nível de criticidade)**. A tipologia a ser adotada encontra-se compilada na matriz a seguir:

Tipologia dos Reservatorios			
	Cenario Cartográfico		
Classes de Criticidade	1	2	3
Classe 01	A	B	C
Classe 02	A	B1	C
Classe 03	A	B2	C

Assim sendo, apresenta-se a seguir a metodologia a ser observada considerando os diferentes tipos de reservatório.

3.7.1 Reservatório Tipo A

O reservatório tipo A é aquele que **não possui nenhuma informação cartográfica ou batimétrica**. Assim sendo, independente dos aspectos relacionados aos sedimentos, deverá ser realizado um levantamento das áreas molhada e seca observando a seguinte tabela.

Reservatório Tipo A

Reservatório Tipo	Situação	Ações a Serem Realizadas
A	<p>Não possui nenhuma informação cartográfica ou batimétrica (Cenário 01).</p> <p>No que se refere ao aporte de sedimentos aos reservatórios é classificado como Classe 1, 2 ou 3.</p>	1. Implantar RVG.
		2. Construir MGL ou validar MapGeo 2010.
		3. Realizar Voo ou Scan Laser Fotogramétrico (ou outra metodologia equivalente) gerando uma nuvem de pontos que suporte a interpolação de curvas de nível.
		4. Executar a Restituição na escala 1:10.000, com curvas de nível de 5 em 5 metros, PECD Classe A, sendo possível a interpolação das curvas de nível, de metro em metro, com PECD Classe B.
		5. Executar o levantamento batimétrico, utilizando o número de seções dados pela fórmula presente no item 3.4.7.
		6. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas anualmente quanto o reservatório ter um nível de criticidade alta, a cada 2 anos quando possuir nível de criticidade média e a cada 3 anos quando aquele nível for baixo.
		7. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.
		8. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.

Considerando as ações a serem realizadas, os seguintes produtos deverão ser entregues, além dos previstos no item 3.5 deste Documento:

Produtos Referentes aos Reservatórios Tipo A

Ações a Serem Realizadas	Produtos
1. Implantar RVG.	Relatório Técnico Detalhado de Implantação da RGV.
2. Construir MGL ou validar MapGeo 2010.	Relatório Técnico detalhado de Construção do MGL e/ou da utilização do MapGeo 2010.
3. Realizar Voo ou Scan Laser Fotogramétrico (ou outra metodologia equivalente) gerando uma nuvem de pontos que suporte a interpolação de curvas de nível.	Relatório Técnico da Realização do Voo, com plano de voo aprovado pelo Ministério da Defesa, Mapa georreferenciado das linhas de voo, mosaico semicontrolado, arquivo <i>geodatabase</i> ou <i>shp</i> com a distribuição dos pontos de apoio a serem utilizados na aerotriangulação.
4. Executar a Restituição na escala 1:10.000, com curvas de nível de 5 em 5 metros, PECD Classe A, sendo possível a interpolação das curvas de nível, de metro em metro, com PECD Classe B.	Relatório da aerotriangulação contendo os procedimentos e os valores ajustados dos blocos triangulados, assim como os procedimentos referentes a restituição e o controle de qualidade adotados, além dos valores estatísticos que comprovem a PEC Classe A do material primário. Mapa contínuo georreferenciado no sistema SIRGAS 2000 em ambiente de geoprocessamento, banco de dados com os respectivos atributos e Modelo Digital do Terreno - MDT.
5. Executar o levantamento batimétrico, quando necessário, utilizando o número de seções dados pela fórmula presente no item 3.4.7.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e as isóbatas geradas.
6. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas anualmente quanto o reservatório ter um nível de criticidade alta, a cada 2 anos quando possuir nível de criticidade média e a cada 3 anos quanto aquele nível for baixo.	Plano de monitoramento de sedimento no reservatório.
7. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.

3.7.2 Reservatório Tipo B

O reservatório tipo B é aquele que **possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos preexistentes**.

No caso do material cartográfico, o mesmo deverá ser aprovado no Controle de Qualidade (CQ), conforme estabelecido nesta orientação. No que se refere a aporte de sedimentos aos reservatórios estes se encontram classificados como Classe 1.

Reservatório Tipo B

Reservatório Tipo	Situação	Ações a Serem Realizadas
B	Possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos Preexistentes aprovados no CQ. (Cenário 02). No que se refere ao aporte de sedimentos aos reservatórios é classificado como Classe 1.	1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.
		2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar no mínimo PECD Classe B.
		3. Executar o levantamento batimétrico considerando 60% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.
		4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas anualmente.
		5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.
		6. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.
		7. Quando forem apresentados levantamentos batimétricos preexistentes: o agente elétrico deverá fazer a comparação destes com novos levantamentos batimétricos, por meio de seções de controle, com 10% linhas de sondagem previstas no item 3.4.7.

Considerando as ações a serem realizadas, devem ser entregues os seguintes produtos, além dos previstos no item 3.5 deste documento:

Produtos Referentes aos Reservatórios Tipo B

Ações a Serem Realizadas	Produtos
1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.	Relatório Técnico da Realização do Controle de Qualidade (mapeamento, RVG e MGL) descrevendo os procedimentos utilizados, equipamentos, cálculos e processamento, bem como a análise de tendência e precisão do material demonstrando nos termos da legislação em vigor seu enquadramento ao PEC Classe B. Mapa contínuo georreferenciado no sistema SIRGAS 2000 em ambiente de geoprocessamento, banco de dados com os respectivos atributos, arquivos <i>geodatabase</i> ou <i>shp</i> , e Modelo Digital do Terreno (MDT).
2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar PEC Classe B.	
3. Executar o levantamento batimétrico considerando 60% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e as isóbatas geradas.
4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios conforme especificado. Estas deverão ser monitoradas anualmente.	Plano de monitoramento de sedimento do reservatório.
5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.

3.7.3- Reservatório Tipo B1

O reservatório tipo B1 é aquele que **possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos preexistentes**.

No caso do material cartográfico, o mesmo deverá ser aprovado no Controle de Qualidade (CQ), conforme estabelecido nesta orientação. No que se refere a aporte de sedimentos aos reservatórios estes se encontram classificados como Classe 2.

Reservatório Tipo B1

Reservatório Tipo	Situação	Ações a Serem Realizadas
B1	Possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos Preexistentes aprovados no CQ. (Cenário 02). No que se refere ao aporte de sedimentos aos reservatórios é classificado como Classe 2.	1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.
		2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar no mínimo PECD Classe B.
		3. Executar o levantamento batimétrico considerando 50% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.
		4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas a cada 2 anos.
		5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.
		6. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.
		7. Quando forem apresentados levantamentos batimétricos preexistentes: o agente elétrico deverá fazer a comparação destes com novos levantamentos batimétricos, por meio de seções de controle, com 10% linhas de sondagem previstas no item 3.4.7.

Considerando as ações a serem realizadas, devem ser entregues os seguintes produtos, além dos previstos no item 3.5 deste documento:

Produtos Referentes aos Reservatórios Tipo B1

Ações a Serem Realizadas	Produtos
1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.	Relatório Técnico da Realização do Controle de Qualidade (mapeamento, RVG e MGL) descrevendo os procedimentos utilizados, equipamentos, cálculos e processamento, bem como a análise de tendência e precisão do material demonstrando nos termos da legislação em vigor seu enquadramento ao PEC Classe B. Mapa contínuo georreferenciado no sistema SIRGAS 2000 em ambiente de geoprocessamento, banco de dados com os respectivos atributos, arquivos <i>geodatabase</i> ou <i>shp</i> , e Modelo Digital do Terreno (MDT).
2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar PEC Classe B.	
3. Executar o levantamento batimétrico considerando 50% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e as isóbatas geradas.
4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios conforme especificado. Estas deverão ser monitoradas anualmente.	Plano de monitoramento de sedimento do reservatório.
5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.

3.7.4 - Reservatório Tipo B2

O reservatório tipo B2 é aquele que possui **Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos preexistentes**.

No caso do material cartográfico, o mesmo deverá ser aprovado no Controle de Qualidade (CQ), conforme estabelecido nesta orientação. No que se refere a aporte de sedimentos aos reservatórios estes se encontram classificados como Classe 3.

Reservatório Tipo B2

Reservatório Tipo	Situação	Ações a Serem Realizadas
B2	Possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos Preexistentes aprovados no CQ. (Cenário 02). No que se refere ao aporte de sedimentos aos reservatórios é classificado como Classe 3.	1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.
		2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar no mínimo PECD Classe B.
		3. Executar o levantamento batimétrico considerando 40% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.
		4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas a cada 2 anos.
		5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.
		6. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.
		7. Quando forem apresentados levantamentos batimétricos preexistentes: o agente elétrico deverá fazer a comparação destes com novos levantamentos batimétricos, por meio de seções de controle, com 10% linhas de sondagem previstas no item 3.4.7.

Considerando as ações a serem realizadas, devem ser entregues os seguintes produtos, além dos previstos no item 3.5 deste documento:

Produtos Referentes aos Reservatórios Tipo B2

Ações a Serem Realizadas	Produtos
1. Realizar o controle de Qualidade da RVG e MGL.	Relatório Técnico da Realização do Controle de Qualidade (mapeamento, RVG e MGL) descrevendo os procedimentos utilizados, equipamentos, cálculos e processamento, bem como a análise de tendência e precisão do material demonstrando nos termos da legislação em vigor seu enquadramento ao PECD Classe B. Mapa contínuo georreferenciado no sistema SIRGAS 2000 em ambiente de geoprocessamento, banco de dados com os respectivos atributos, arquivos <i>geodatabase</i> ou <i>shp</i> , e Modelo Digital do Terreno (MDT).
2. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar PEC Classe B.	
3. Executar o levantamento batimétrico considerando 40% do número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e as isóbatas geradas.
4. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios conforme especificado. Estas deverão ser monitoradas anualmente.	Plano de monitoramento de sedimento do reservatório.
5. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.

3.7.5 - Reservatório Tipo C

O reservatório tipo C é aquele que **não possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos preexistentes, mas possui mapeamento da área seca do reservatório, em escala 1:10.000 ou superior, oriundo de recobrimento aeroespacial, devidamente aprovado no CQ, estabelecido nesta orientação.**

No que se refere a aporte de sedimentos aos reservatórios estes se encontram classificados como Classe 1, 2 ou 3.

Reservatório Tipo C

Reservatório Tipo	Situação	Ações a Serem Realizadas
C	<p>Não possui Base Cartográfica de Projeto e/ou Levantamentos Batimétricos Preexistentes. Possui Mapeamento da área seca do reservatório, em escala 1:10.000 ou superior, oriundo de recobrimento aeroespacial aprovado no CQ. (Cenário 03).</p> <p>No que se refere ao aporte de sedimentos aos reservatórios é classificado como Classe 1, 2 ou 3.</p>	1. Implantar RVG.
		2. Elaborar um MGL/MapGeo 2010.
		3. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar no mínimo PECD Classe B.
		4. Executar o levantamento batimétrico considerando o número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.
		5. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carregamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas a cada três anos.
		6. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.
		7. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.

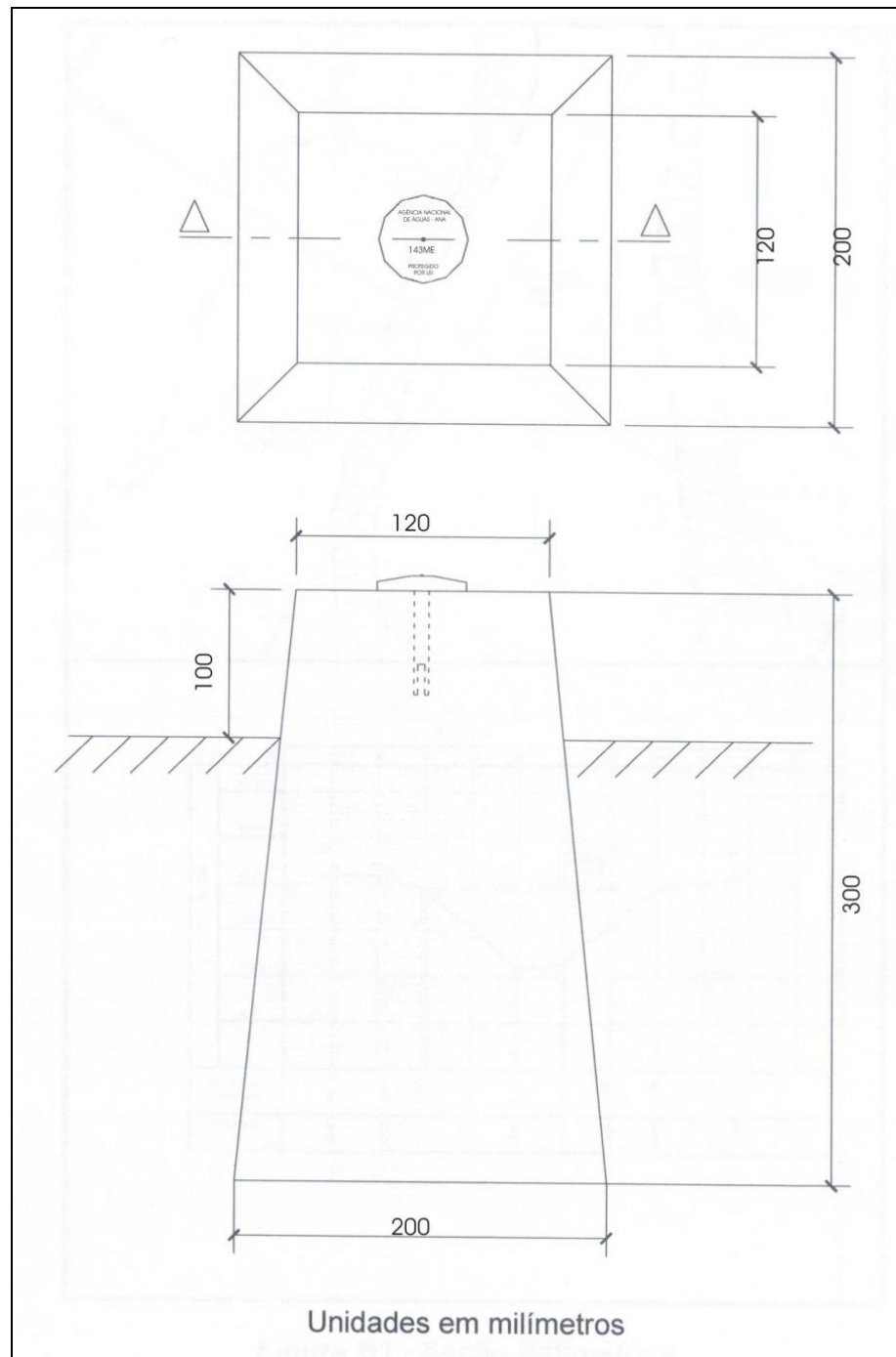
Considerando as ações a serem realizadas devem ser entregues os seguintes produtos, além dos previstos no item 3.5 deste documento:

Produtos Referentes aos Reservatórios Tipo C

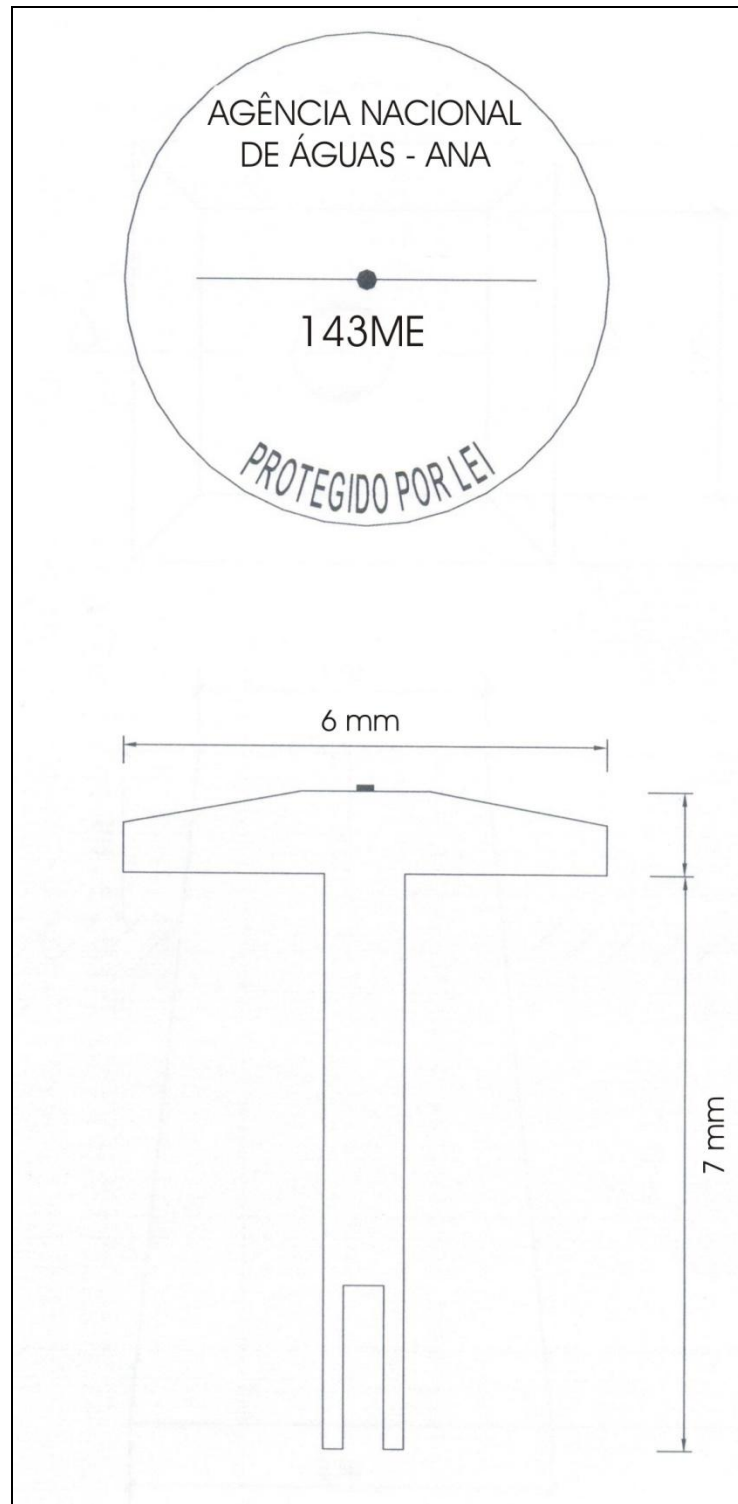
Ações a Serem Realizadas	Produtos
1. Implantar RVG.	Relatório Técnico Detalhado de Implantação da RGV.
2. Elaborar um MGL/MapGeo 2010.	Relatório Técnico detalhado de Construção do MGL e/ou da utilização do MapGeo 2010.
3. Realizar o CQ planialtimétrico da restituição, dos mapas vetores e/ou das ortofotos devendo o material apresentar no mínimo PECD Classe B.	Relatório Técnico da Realização do Controle de Qualidade (mapeamento, RVG e MGL) descrevendo os procedimentos utilizados, equipamentos, cálculos e processamento, bem como a análise de tendência e precisão do material demonstrando nos termos da legislação em vigor seu enquadramento ao PECD Classe B. Mapa contínuo georreferenciado no sistema SIRGAS 2000 em ambiente de geoprocessamento, banco de dados com os respectivos atributos, arquivos <i>geodatabase</i> ou <i>shp</i> , e Modelo Digital do Terreno (MDT).
4. Executar o levantamento batimétrico considerando o número total de linhas de sondagem indicadas pela fórmula presente no item 3.4.7, sendo posicionadas preferencialmente na parte superior do corpo do reservatório.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e as isóbatas geradas.
5. Implantar, conforme especificado no item 3.2, as seções topobatimétricas de controle para o monitoramento do carreamento de sedimentos para os reservatórios. Estas deverão ser monitoradas a cada 3 anos.	Plano de monitoramento de sedimento do reservatório.
6. Efetuar análise das campanhas de monitoramento.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.
7. A partir da análise do histórico de sedimentação, será definida a necessidade de realização de uma batimetria completa do reservatório.	Relatório de realização dos serviços contendo o planejamento das linhas, os vértices de referência e a técnica de posicionamento utilizada, bem como o resultado do georreferenciamento das seções. Apresentar os perfis e a análise comparativa.

3.8 Do Modelo Construtivo dos Marcos

Marco de Concreto



Detalhe do Marco de Concreto e do Pino Metálico



4 Apresentação e Conteúdo Mínimo do Relatório Inicial

O Relatório contendo a proposta de método e dos procedimentos a serem utilizados na atualização das curvas cota x área x volume, pelos concessionários e autorizados, conforme preconizado no parágrafo 1º, inciso II, do Art. 8º da Resolução Conjunta, deverá ser encaminhado previamente a ANA num prazo superior a 3 meses antes da data prevista para o levantamento topobatimétrico.

O Relatório, apenas em formato digital, a ser apresentado à ANA deverá conter, no mínimo as informações descritas neste tópico:

4.1 Capa

- Nome do agente autorizado ou concessionário, na parte superior da pagina;
- Título “**Atualização da Curva Cota x Área x Volume em Atendimento à Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 03/2010**” da UHE XXX, centralizado na página
- Nome da empresa ou do técnico competente pela elaboração do Relatório;
- Local e data, em linhas consecutivas, no extremo inferior da capa.

4.2 Contracapa

Contendo sumário e a lista de anexos (mapas, croquis, Tabelas).

4.3 Conteúdo

O conteúdo do Relatório a ser apresentado deve seguir a seguinte itemização:

- a) Introdução
- b) Materiais e Métodos empregados nos Levantamentos Topobatimétricos
- c) Curva Cota x Área x Volume de Referência
- d) Cronograma de Atividades
- e) Conclusões
- f) Anexos.



Ministério do
Meio Ambiente

