

Orientações para a elaboração e apresentação de projeto de barragem



Ministério da Integração Nacional
Secretaria de Infraestrutura Hídrica

Brasília - 2009

*MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA*

*ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE PROJETO DE BARRAGEM*



BRASÍLIA - 2009

*Orientações para a elaboração e apresentação de projeto de barragem
Ministério da Integração Nacional / Secretaria de Infraestrutura Hídrica.
Brasília: MI-SIH, 2009.
64 páginas*

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

GEDDEL QUADROS VIEIRA LIMA
Ministro da Integração Nacional

JOÃO REIS SANTANA FILHO
Secretário Executivo

MARCELO PEREIRA BORGES
Secretário de Infraestrutura Hídrica

SEBASTIÃO JANDER DE SIQUEIRA
Diretor de Obras Hídricas

ELUZA CAVALCANTI BARRA
Coordenadora Geral de Análise de Projetos

STANLEY RODRIGUES BASTOS
Coordenador Geral de Supervisão de Obras

JOÃO PEDRO PEROTTI
Coordenador Geral de Acompanhamento de Acordos e Convênios

Equipe Técnica

Cristina Saboya Gouveia Santos - Administradora

Douglas Ferraz Cesário - Engenheiro Civil

Paulo Roberto Soares Júnior - Engenheiro Civil

Autoria

Antonio Nunes de Miranda

Engenheiro Civil - PhD em Geotecnia

Consultor em Geotecnia e Segurança de Barragens

Participação

Ernesto da Silva Pitombeira

Engenheiro Civil - PhD em Recursos Hídricos

Professor da Universidade Federal do Ceará

José Nilson Bezerra Campos

Engenheiro Civil - PhD em Recursos Hídricos

Professor da Universidade Federal do Ceará

© Ministério da Integração Nacional

Secretaria de Infraestrutura Hídrica

Esplanada dos Ministérios, bloco E, 9º andar, sala 900

CEP: 70062-900 - Brasília - DF

Conteúdo disponível em <http://www.mi.gov.br>

É permitida a reprodução desta publicação, em parte ou no todo, sem alteração do conteúdo, desde que citada a fonte e sem fins comerciais

*Catálogo na Fonte
Biblioteca da SIH*

M665 *Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infraestrutura Hídrica
Orientações para a elaboração e apresentação de projeto de barragem
Ministério da Integração Nacional
Secretaria de Infraestrutura Hídrica
Brasília: MI-SIH, 2009. 64 páginas*

*1. Projeto de barragem - elaboração. Ministério da Integração
Nacional. Secretaria de Infraestrutura Hídrica.*

CDU: 627.82

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

2 - FASES DE ELABORAÇÃO E RELATÓRIOS DO PROJETO

2.1 - FASE A - DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

2.2 - FASE B - DETALHAMENTO DO PROJETO

2.3 - APRESENTAÇÃO DOS DESENHOS

3 - ESTUDOS PRELIMINARES

3.1 - FOTOINTERPRETAÇÃO E CARTOGRAFIA

3.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

3.3 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS

4 - ESTUDOS BÁSICOS

4.1 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.1.1 - Introdução

4.1.2 - Caracterização da Bacia Hidrográfica

4.1.3 - Dimensionamento do Reservatório

4.1.4 - Dimensionamento do Vertedouro

4.1.5 - Estudos Adicionais

4.2 - ESTUDOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO E CARTOGRAFIA

4.3 - TOPOGRAFIA

4.3.1 - Transporte de Coordenadas

4.3.2 - Transporte de Cotas

4.3.3 - Levantamento do Eixo Barrável e Vertedouro

4.3.4 - Levantamento Planialtimétrico da Área da Bacia Hidráulica

4.3.5 - Levantamento de Jazidas

4.4 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

4.5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

4.5.1 - Investigação no Local do Barramento e Tomada d'Água

4.5.2 - Investigação no Local do Vertedouro

4.5.3 - Estudo de Materiais

4.6 - ESTUDOS DE AGREGADOS

4.7 - ANÁLISE DE SISMICIDADE

5 - CONCEPÇÃO GERAL

5.1 - ANÁLISE DOS ESTUDOS BÁSICOS

5.2 - ALTERNATIVAS EXAMINADAS

5.3 - OTIMIZAÇÃO

5.4 - ANTEPROJETO

6 - PROJETO

6.1 - MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO

6.2 - DESENHOS

6.3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

6.4 - ESPECIFICAÇÕES

6.5 - QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO

6.6 - RELATÓRIO SÍNTESE

7 - PLANO DE SEGURANÇA

ANEXO 1 - ORGANIZAÇÃO DOS RELATÓRIOS

ANEXO 2 - FICHA TÉCNICA

ANEXO 3 - BIBLIOGRAFIA

ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE BARRAGEM

1 - INTRODUÇÃO

Estas **ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE BARRAGEM** foram preparadas com objetivo de dotar o Departamento de Obras Hídricas, da Secretaria de Infraestrutura Hídrica do Ministério da Integração Nacional (DOH/ SIH/MI), de um texto de referência para a realização dos estudos e a apresentação dos relatórios de projeto de barragens a serem submetidos ao exame dos técnicos do MI. Ressalta-se que se trata apenas de um documento orientativo que não retira do projetista a responsabilidade de prever e realizar todos os estudos e cálculos necessários à segurança e à otimização do empreendimento, inclusive aqueles que as condições peculiares do sítio e as características particulares da barragem exijam, mesmo que aqui não estejam previstos.

Assim, a responsabilidade pela segurança e otimização do projeto, bem como a obediência às normas vigentes, é de exclusiva responsabilidade do proprietário da barragem, dos projetistas e dos consultores por ele contratados. No entanto, ao examinar um projeto, os técnicos do MI podem solicitar que seja demonstrado o cumprimento dessas orientações ou apresentadas justificativas daquilo que se julgar necessário. Ainda, na elaboração dos projetos, deverão ser obedecidos, no que for pertinente à barragem, os seguintes documentos:

- Instrução Normativa STN nº 01, de 15 de Janeiro de 1997.
- Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios - 2005 - Proágua.
- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens - 2002 - Proágua.
- Manual Operativo para Reassentamento em Decorrência de Processos de Desapropriação para Construção de Reservatórios Públicos - 2006 - SIH/MI.

Barragens com altura do maciço inferior a 15 metros, contada do nível do terreno natural até a crista e volume de acumulação inferior a cinco milhões de metros cúbicos, poderão ser projetadas com base em outras publicações e normas de uso corrente pelo proprietário ou na região de implantação da obra, as quais deverão estar referenciadas no projeto. Como tal, pode ser citado o Roteiro para Projeto de Pequenos Açudes, publicado pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, que resume a prática de projeto de pequenas barragens na Região Nordeste, desenvolvida pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs). Outra referência é o Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas, publicado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

A seguir, as fases de realização do projeto, os estudos a serem desenvolvidos e a forma de apresentação dos relatórios são descritos nos itens:

- 2 - FASES DE ELABORAÇÃO E RELATÓRIOS DO PROJETO
- 3 - ESTUDOS PRELIMINARES
- 4 - ESTUDOS BÁSICOS
- 5 - CONCEPÇÃO GERAL
- 6 - PROJETO
- 7 - PLANO DE SEGURANÇA

Cabe esclarecer que, ao longo das discussões ocorridas no desenvolvimento deste documento, tornou-se comum surgirem dúvidas sobre dois aspectos. O primeiro diz respeito aos itens citados ao longo do texto. Verificou-se que, em uma primeira leitura, surgiam sempre dúvidas se os itens citados eram os do próprio documento ou se a referência era relativa aos itens da estrutura proposta para os relatórios de apresentação dos estudos e projetos. Para tentar facilitar o entendimento do leitor, adotou-se a seguinte convenção: a citação de títulos de volumes e de itens da estrutura proposta para os relatórios de apresentação dos estudos e projetos é sempre feita em negrito, como por exemplo: **Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos** ou **3.3 Levantamento Geológico de Superfície**.

A outra questão levantada é sobre a diferença entre Projeto Executivo e Projeto Básico. Nas obras de barragem, em razão das exigências legais, estes dois níveis de detalhamento do projeto são praticamente iguais. Ou seja, a apresentação de um orçamento detalhado (exigência da legislação) requer um projeto executivo, não havendo como se fazer um projeto menos completo que permita o cálculo dos custos. Por exemplo, a maneira de se executar um enrocamento pode dobrar o custo de sua execução. Assim, para que se tenha a definição dos custos deste serviço, é preciso que se tenha a sua completa especificação. Deste modo, nestas **ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE BARRAGEM**, adotou-se a palavra projeto (sem adjetivação) como o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar o conjunto de obras e serviços de uma barragem, que assegurem a viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental, definindo materiais, métodos e prazo de execução, bem como, possibilitando a avaliação do custo da obra por meio de um orçamento detalhado.

2 - FASES DE ELABORAÇÃO E RELATÓRIOS DO PROJETO

O projeto da barragem deverá ser executado em duas fases. Na primeira fase, a qual denominou-se Fase A, serão definidas as alternativas para o projeto, com base nas informações dos estudos, sendo concluída com a apresentação do anteprojeto ao proprietário da obra. A Fase B compreende o período de detalhamento, em nível executivo, do anteprojeto, tendo-se em conta as recomendações do proprietário da obra, ou de consultores por ele contratados para acompanhamento do projeto, e a complementação dos estudos básicos, caso seja necessário. Esta fase é concluída com a aprovação definitiva do projeto de engenharia. As atividades a serem desenvolvidas nestas duas fases e os relatórios a serem apresentados em cada uma são descritos nos itens seguintes. Para facilitar a visualização do conjunto de tomos e volumes que deverão compor os relatórios de estudos e projetos, apresenta-se no ANEXO 1: ORGANIZAÇÃO DOS RELATÓRIOS a estrutura completa destes documentos.

Na elaboração deste texto de referência adotou-se como premissa que estudos em nível de plano diretor e de viabilidade econômica já tenham sido realizados, ou seja: a inserção da barragem na bacia hidrográfica, a escolha do boqueirão a ser barrado, o porte da obra e do reservatório, a viabilidade do empreendimento perante outros barramentos e mesmo a comparação com outras fontes alternativas de água já foram analisadas, sendo tomada a decisão de construir-se a barragem. Portanto, as análises descritas neste documento se limitam a orientar a otimização do posicionamento do eixo no boqueirão, à escolha do tipo de barragem mais apropriado e à seleção dos materiais a serem empregados. Também, prevê-se o exame do tipo de vertedouro e comparações, em termos de custos, de variações relativas de suas dimensões, para refinamento do projeto.

2.1 - FASE A - DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

Esta fase compreende as atividades listadas a seguir que, para fins de organização dos serviços e apresentação dos relatórios, serão agrupadas em: Estudos Preliminares, Estudos Básicos e Concepção Geral.

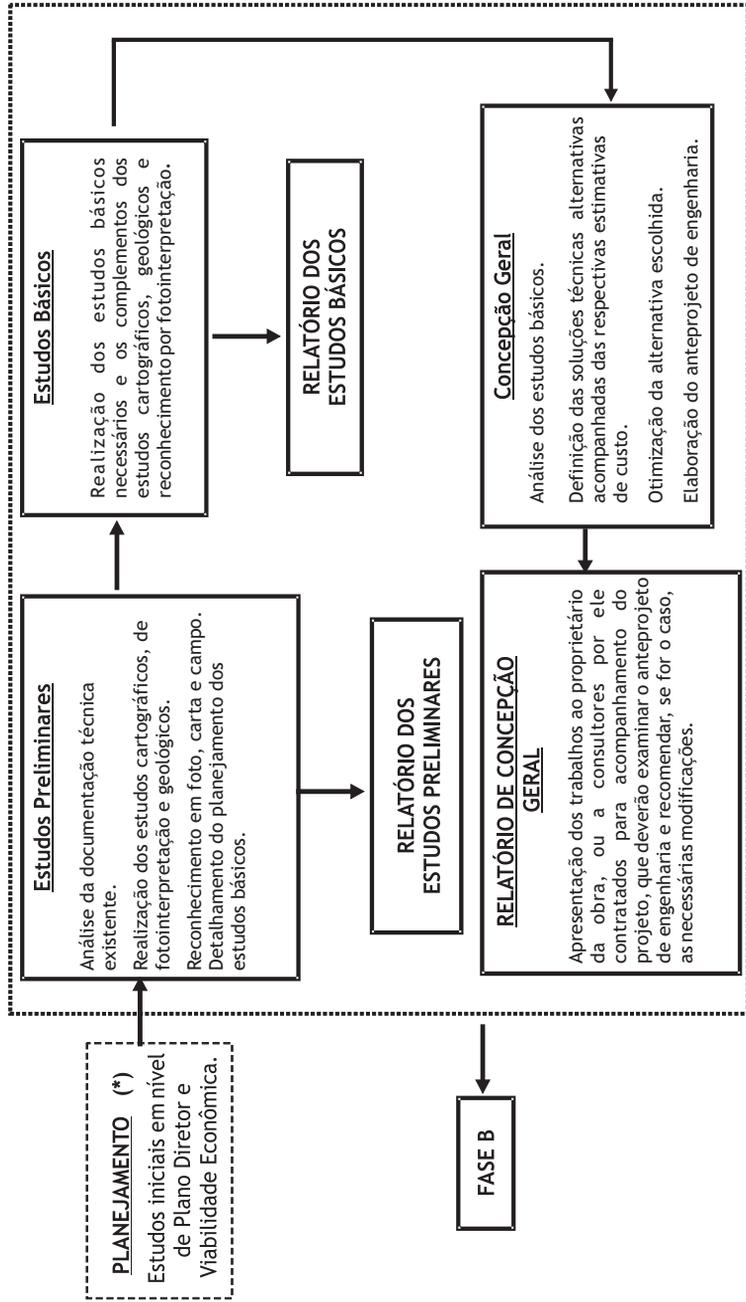
Estudos Preliminares

- Análise da documentação técnica existente.
- Realização dos estudos cartográficos, de fotointerpretação e geológicos.
- Reconhecimento em foto, carta e campo.
- Detalhamento do planejamento dos estudos básicos.

Estudos Básicos

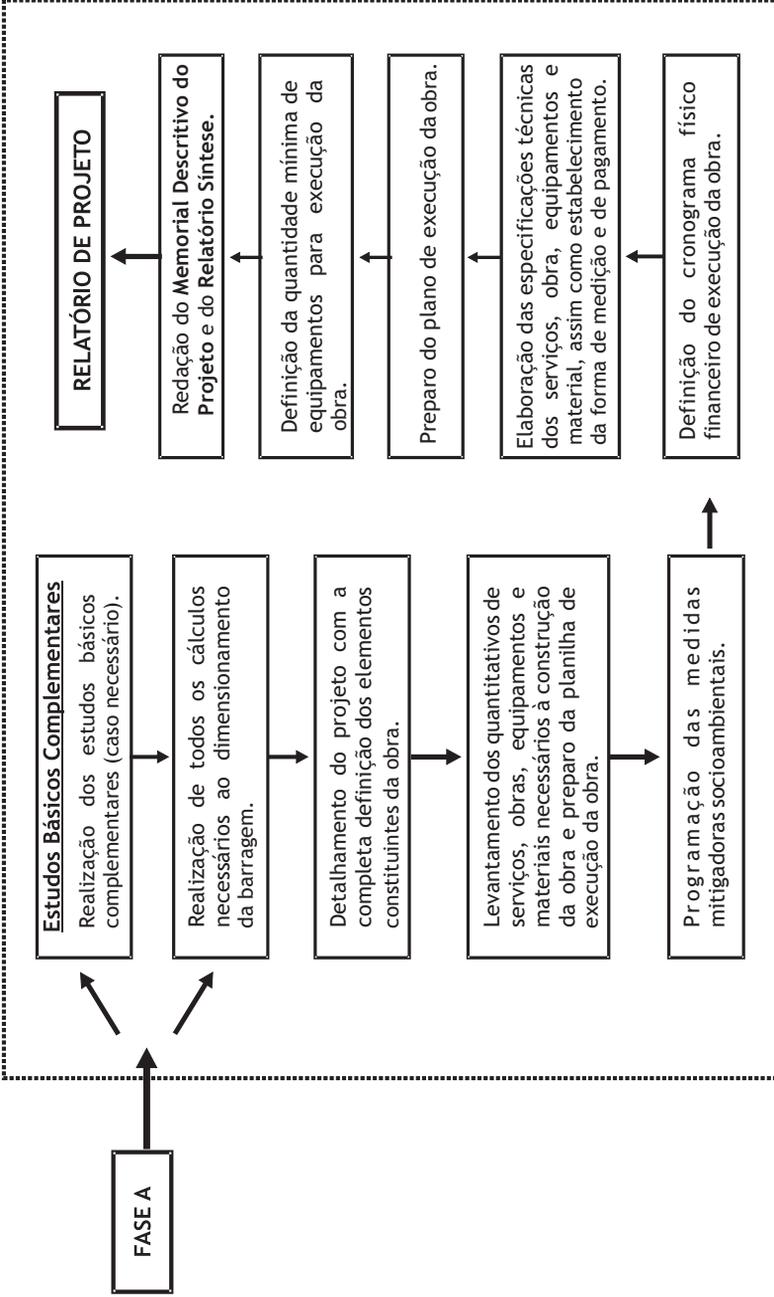
- Realização dos estudos básicos necessários e os complementos dos estudos cartográficos, geológicos e reconhecimento por fotointerpretação.

FASE A: DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO



Nota: (*) Na elaboração deste texto de referência adotou-se como premissa que estudos em nível de plano diretor e de viabilidade econômica já tenham sido realizados.

FASE B: DETALHAMENTO DO PROJETO



Concepção Geral

- Análise dos estudos básicos.
- Definição das soluções técnicas alternativas acompanhadas das respectivas estimativas de custo.
- Otimização da alternativa escolhida.
- Elaboração do anteprojeto de engenharia.
- Apresentação dos trabalhos ao proprietário da obra, ou aos consultores por ele contratados para acompanhamento do projeto, que deverão examinar o anteprojeto de engenharia e recomendar, se for o caso, as necessárias modificações.

Os relatórios a serem apresentados nesta Fase A serão reunidos em três tomos, contendo o seguinte:

- **TOMO I - Relatório dos Estudos Preliminares**

Análise da documentação existente, estudos cartográficos, geológicos, reconhecimento em carta, foto e no campo, bem como, o planejamento dos estudos básicos, incluindo plano de sondagens.

- **TOMO II - Relatório dos Estudos Básicos**

Estudos topográficos, geotécnicos e hidrológicos e complementação dos estudos cartográficos, geológicos e reconhecimento por fotointerpretação.

- **TOMO III - Relatório de Concepção Geral**

Análise dos resultados dos estudos básicos, estudo de alternativas de projeto, otimização da solução escolhida e apresentação do anteprojeto.

Estes tomos serão divididos nos seguintes volumes:

Tomo I - Relatório dos Estudos Preliminares (um volume)

Tomo II - Relatório dos Estudos Básicos (dez volumes)

Volume 1 - Hidrologia

Volume 1A - Hidrologia - Memória de Cálculo

Volume 2 - Topografia

Volume 2A - Topografia - Desenhos

Volume 2B - Topografia - Memória de Cálculo

Volume 2C - Topografia - Cadernetas de Campo

Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos

Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos

Volume 4 - Estudos de Agregados

Volume 5 - Estudos Sísmicos

Tomo III - Relatório de Concepção Geral (três volumes)

Volume 1 - Texto

Volume 2 - Desenhos

Volume 3 - Memória de Cálculo

Os relatórios a serem apresentados na FASE A, relativos aos estudos preliminares, básicos e concepção do projeto, serão entregues em duas vias, dispondo de todos os elementos necessários à compreensão dos estudos, em linguagem clara e concisa. Os relatórios dos serviços topográficos, hidrológicos e geotécnicos deverão apresentar em volumes anexos as cadernetas de campo, fichas de ensaios, gráficos, tabelas, memórias de cálculo etc.

Para otimização do desenvolvimento dos trabalhos, os estudos cartográficos, o reconhecimento em foto e os estudos geológicos, previstos nos Estudos Preliminares, serão complementados durante os Estudos Básicos e incluídos em suas formas definitivas no **Volume 2 - Topografia** e no **Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos**, respectivamente.

2.2 - FASE B - DETALHAMENTO DO PROJETO

Nesta fase serão desenvolvidas as seguintes atividades:

- Realização dos estudos básicos complementares (caso necessário).
- Detalhamento do projeto com a completa definição dos elementos constituintes da obra.
- Realização de todos os cálculos necessários ao dimensionamento dos elementos da barragem.
- Levantamento dos quantitativos de serviços, obras, equipamentos e materiais necessários à construção da obra e preparo da planilha de execução da obra.
- Planejamento das medidas mitigadoras socioambientais.
- Definição do cronograma físico financeiro de execução da obra.
- Elaboração das especificações técnicas dos serviços, obra, equipamentos e material, assim como, estabelecimento da forma de medição e de pagamento.
- Preparo do plano de execução da obra.
- Definição da quantidade mínima de equipamentos para execução da obra.
- Redação do **Memorial Descritivo do Projeto** e do **Relatório Síntese**.

Os relatórios do projeto constituirão um único tomo (**TOMO IV - Relatório de Projeto**) contendo:

- **Relatório Geral do Projeto**

Resumo dos estudos básicos, descrição geral do projeto, memória de cálculo, orçamento, especificações técnicas e desenhos.

- **Relatório Síntese**

Síntese dos estudos básicos, descrição sumária da obra, ficha técnica e resumo dos custos da barragem.

Os relatórios a serem apresentados nesta fase serão divididos em sete volumes, sendo que os seis primeiros compõem o **Relatório Geral do Projeto** e o sétimo o **Relatório Síntese**, conforme indicado a seguir:

Tomo IV - Relatório de Projeto (sete volumes)

Volume 1 - Memorial Descritivo do Projeto

Volume 2 - Desenhos

Volume 3 - Composição de Concretos e Argamassas

Volume 4 - Memória de cálculo

Volume 5 - Especificações

Volume 6 - Quantitativos e Orçamento

Volume 7 - Relatório Síntese

Os relatórios desta fase serão apresentados da seguinte maneira:

- A minuta do **Relatório Geral do Projeto** para exame, em duas vias.
- O **Relatório Geral do Projeto** e o **Relatório Síntese** na forma definitiva, quatro vias em brochura, acompanhados por CD contendo os arquivos digitais dos textos e desenhos apresentados, ordenados e catalogados, utilizando de preferência processadores de textos e de planilhas no padrão Windows.

2.3 - APRESENTAÇÃO DOS DESENHOS

Sugere-se que seja seguida, em todos os relatórios, a seguinte padronização para os desenhos:

- O número e o título do desenho deverão aparecer em destaque, este último de forma concisa indicará o seu conteúdo.
- Os desenhos deverão ser numerados conforme a regra apresentada abaixo:
- Deverão constar nos desenhos a identificação dos símbolos, escalas, coordenadas e outras indicações importantes à sua compreensão.
- Os desenhos, mapas, plantas e gráficos deverão ser apresentados de tal forma que permitam identificar claramente os seus elementos.
- O carimbo, cujo modelo deverá ser indicado pelo proprietário, deverá ser posicionado no canto inferior direito da planta e a faixa inferior da planta, de maneira contínua com mesma espessura do carimbo será reservada para legendas, notações importantes e indicação dos desenhos de referência.
- Deverão ser preenchidos os locais reservados para notas, legendas e desenhos de referência.
- A formatação das plantas, assim como as capas dos relatórios, deverá obedecer aos padrões indicados pelo proprietário.
- Em todos os desenhos deverão constar o nome e o registro no CREA do responsável técnico.

No número dos desenhos, exceto nos casos em que o proprietário tenha sua própria convenção, serão indicados o número do tomo em algarismos romanos, o número do volume em algarismos arábicos e o número da revisão, obedecendo à seguinte ordem:

Número do Tomo - Número do Volume - Número do Desenho / Total de Desenhos do Volume - Número da revisão (de 000 a 030)

O número da revisão obedecerá à seguinte regra:

Desenho inicial:	000
Revisão durante a elaboração do projeto:	de 001 a 009
Desenho aprovado para licitação:	010
Revisões durante a obra:	de 011 a 019
Desenho inicial do <i>as built</i> :	020
Revisão durante a elaboração do <i>as built</i> :	de 021 a 029
Desenho final do <i>as built</i> :	030

Exemplo: IV-3-05/25-010

Tomo: IV

Volume: 3

Desenho: 5

Total de Desenhos do Volume: 25

Revisão: 010 (Desenho aprovado para licitação)

3 - ESTUDOS PRELIMINARES

O Relatório dos Estudos Preliminares deve ser organizado conforme indicado a seguir:

1. INTRODUÇÃO
2. ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE
 - 2.1. Cartografia
 - 2.2. Geologia
 - 2.3. Hidrologia
 - 2.4. Socioeconomia
 - 2.5. Planejamento Regional
3. RECONHECIMENTO
 - 3.1. Fotointerpretação
 - 3.2. Visita ao Local da Barragem
 - 3.3. Levantamento Geológico de Superfície
4. PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS
 - 4.1. Levantamentos Topográficos
 - 4.2. Estudos Hidrológicos
 - 4.3. Estudos Geotécnicos
 - 4.4. Estudos de Agregados
 - 4.5 Estudo de Sismicidade

A itemização acima proposta baseia-se em que a Análise da Documentação Existente, incluindo a referente à Geologia, anteceda, oriente e se componha com o Reconhecimento, o qual, obrigatoriamente, deverá incluir visitas ao local da obra. O Planejamento dos Estudos Básicos deverá ser elaborado tendo em vista a Análise da Documentação Existente e o Reconhecimento.

Como pode ser visto na organização acima proposta, a revisão das informações disponíveis de cartografia, geologia, hidrologia, socioeconômicas e de planejamento regional deverá ser realizada no início dos trabalhos e apresentada no Relatório de Estudos Preliminares, dividida em itens correspondentes a estes aspectos. Em relação ao item **2.2 Geologia**, sugere-se que ele seja dividido em dois subitens: **Geologia Regional** e **Geologia Local**; que serão posteriormente complementados por um levantamento geológico de superfície, realizado no campo durante o Reconhecimento e apresentado no item **3.3 Levantamento Geológico de Superfície**. Inicialmente, a partir de dados bibliográficos e análise fotointerpretativa, deverá ser elaborada uma descrição da geologia de toda a área de interesse, visando à determinação das características geológicas que possam interessar ao projeto da barragem. O subitem **Geologia Regional** conterá uma breve descrição das principais feições geológicas da região. Já o subitem **Geologia Local** deverá detalhar, tanto quanto possível, todos os aspectos geológicos do local da barragem, da bacia hidráulica e do vertedouro, com base em mapas e textos disponíveis. O item **2.2 Geologia** consiste basicamente de material compilado, sendo recomendável a citação de suas fontes de referência.

Esta observação é válida para os demais itens. Assim, seria recomendável que ao ser citado um documento técnico, dele fossem indicados autores, títulos, data e órgão contratante, se for o caso. Estas informações podem ser reunidas em uma referência bibliográfica, incluída ao final do capítulo.

A seguir são comentados os estudos de cartografia, fotointerpretação e geologia que deverão ser realizados nos Estudos Preliminares e prosseguidos, caso necessário, durante os Estudos Básicos. No decorrer dos Estudos Preliminares, estes serão voltados para a localização do boqueirão, escolha das opções de eixo para o barramento, identificação preliminar dos tipos possíveis de barragem e orientação do planejamento dos estudos básicos. Em seguida, descreve-se o planejamento dos estudos básicos.

3.1 - FOTOINTERPRETAÇÃO E CARTOGRAFIA

Fotointerpretação básica para exame do relevo quanto à forma, topografia e declividade, análise da geologia, determinando os tipos de formação geológica, traçado da rede de drenagem e pré-locção dos pontos de afloramentos rochosos, dolinas, fraturas, depósitos aluvionares, manchas de cascalhos e solos residuais. Devem ser indicados no relatório todos os dados necessários à localização e identificação das fotos utilizadas, por exemplo: fonte, data, escala etc.

O estudo cartográfico se baseará em cartas na escala 1:100.000 ou em outras cartas de maior escala que estejam disponíveis. Tais estudos servirão de apoio à análise da geologia regional e local, da cobertura vegetal e da situação geográfica da barragem. Sobre a base cartográfica serão definidos o local do barramento, sua bacia hidrográfica e as características físicas da mesma.

3.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Complementando os estudos geológicos da Análise da Documentação Existente, será executado o levantamento de superfície de toda área de interesse, apresentado no item **3.3 - Levantamento Geológico de Superfície** - onde será descrita a superfície da área examinada, apontando afloramentos rochosos, dolinas, falhas, fraturas, fendas ou outras descontinuidades de origem tectônica, capeamentos de solos de alteração e depósitos aluvionares, procurando sempre relacionar estes elementos com a obra a ser construída. No caso de uma barragem, os aspectos mais importantes a serem discutidos seriam a resistência e a permeabilidade da fundação do maciço, a erodibilidade da rocha no local do vertedouro e a disponibilidade em geral de materiais de construção. Estas informações deverão orientar a elaboração do plano de investigação geotécnica e ajudar a interpretação de seus resultados, contribuindo no desenvolvimento do projeto da barragem.

3.3 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS

O planejamento dos estudos básicos deve conter o detalhamento das especificações contratuais e ser complementado com quadros comparativos, em termos de quantidades, dos estudos, levantamentos, sondagens e ensaios a serem realizados e os inicialmente previstos no Contrato. Além disso, é interessante que o cronograma de execução dos serviços, apresentado por ocasião da contratação, seja atualizado e detalhado.

4 - ESTUDOS BÁSICOS

O relatório dos Estudos Básicos será apresentado em um único tomo, dividido nos seguintes volumes:

Tomo II - Relatório dos Estudos Básicos

- Volume 1 - Hidrologia
- Volume 1A - Hidrologia - Memória de Cálculo
- Volume 2 - Topografia
- Volume 2A - Topografia - Desenhos
- Volume 2B - Topografia - Memórias de Cálculo
- Volume 2C - Topografia - Cadernetas de Campo
- Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos
- Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos
- Volume 4 - Estudos de Agregados
- Volume 5 - Estudo de Sismicidade

4.1 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O emprego de metodologias apropriadas ao conhecimento dos fenômenos hidroclimatológicos permite projetar o comportamento da bacia frente às variações do ciclo hidrológico e fornece os elementos necessários à tomada de decisão sobre o porte da barragem e suas obras constituintes. As metodologias citadas ou indicadas a seguir devem ser vistas como simples sugestão, cabendo ao projetista a escolha, entre estas e outras, daquelas que forem mais apropriadas. Os trabalhos, que deverão abranger os itens descritos a seguir, deverão ter seus resultados apresentados nos volumes: **Volume 1 - Hidrologia** e **Volume 1A - Hidrologia - Memória de Cálculo**. Para estes volumes sugere-se que seja adotada a seguinte organização:

Volume 1 - Hidrologia

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
3. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO
4. DIMENSIONAMENTO DO VERTEDOURO
5. ESTUDOS ADICIONAIS

Volume 1A - Hidrologia - Memória de Cálculo

1. DADOS HIDROLÓGICOS
2. MEMÓRIA DE CÁLCULO

4.1.1 - Introdução

No início do **Volume 1**, deverão ser apresentadas as linhas básicas sobre as quais se desenvolverão os estudos hidrológicos, bem como, indicados os estudos anteriormente realizados sobre a bacia. Podem ser incluídos alguns dados relevantes da bacia hidrográfica, tais como: área, o relevo da bacia, a importância do rio barrado, os principais objetivos do barramento, que permitam, já de início, oferecer uma idéia da complexidade dos estudos.

4.1.2 - Caracterização da bacia hidrográfica

A bacia será caracterizada pela determinação das seguintes informações:

Climatologia

- Ventos: direção predominante, que poderá ser apresentada também de forma gráfica e velocidade.
- Temperaturas.
- Evaporação e evapotranspiração.
- Regime pluviométrico: distribuição temporal e espacial, além de dados estatísticos. Deverão ser procedidos estudos de homogeneidade e consistência com aplicação de métodos estatísticos de identificação de tendências.
- Elementos de meteorologia.
- Análise de homogeneidade climática da área.
- Classificação de *Thornthwaite*.

Vegetação

- Tipos de vegetação.
- Áreas de abrangência.

Fatores pedológicos e uso da terra

- Caracterização pedológica da bacia em nível de reconhecimento.
- Principais usos da terra especificando-se, de uma maneira geral, o tipo de cultura desenvolvida na área, se existente.

Fatores geomorfológicos

- Área e forma da bacia. Determinação dos diversos fatores e coeficientes.
- Aspectos do relevo e da drenagem. Determinação dos índices que definem tais aspectos.

4.1.3 - Dimensionamento do reservatório

Neste item serão desenvolvidos os estudos visando definir o tamanho do reservatório, sua capacidade de regularização e dimensões da obra de tomada d'água, a partir de critérios de eficiência hidráulica e otimização de custos globais.

Estudos do regime médio

Deverão ser iniciados com os trabalhos de coleta de dados, sistematização dos mesmos e, a partir daí, proceder ao desenvolvimento de alternativas para a capacidade total de armazenamento do reservatório.

A geração de alternativas, nesse sentido, deverá exigir a formação de subsídios técnicos e econômicos derivados dos condicionantes físicos e climáticos da região, cujas influências poderão ser melhor avaliadas a partir da apresentação de gráficos e tabelas mostrando as seguintes relações:

- Volume anual regularizado com 90% de garantia *versus* capacidade do reservatório.
- Análise da taxa de variação da vazão regularizada *versus* variação da capacidade de acumulação do reservatório.
- Custo do volume regularizado anual (R\$/1000 m³) *versus* capacidade do reservatório para várias capacidades.

Emprego de Metodologias

Das metodologias existentes, podem ser citadas:

1. O método da curva-de-massa sequencial, conhecido como Diagrama de *Rippl*.
2. O método da curva de massa não sequencial.
3. O Diagrama Triangular de Regularização (principalmente para região semiárida) a partir da caracterização do regime hidrológico, por meio:
 - Da média e do coeficiente de variação dos deflúvios médios anuais.
 - Dos valores médios mensais da evaporação.
 - Dos valores mensais da precipitação pluviométrica.
 - Das tabelas Cota x Área x Volume.
4. Simulação do reservatório por meio do método do balanço hídrico, a partir da obtenção de séries fluviométricas afluentes, dos dados de evaporação e precipitação, e das precipitações mensais sobre a bacia hidráulica e da Curva Cota x Área x Volume do mesmo.

A obtenção de séries fluviométricas poderá se dar por meio de:

- Série observada no local onde será implantada a barragem.
- Outros pontos do mesmo rio ou bacias hidrográficas vizinhas de características hidrológicas semelhantes.
- Da transformação de chuvas em deflúvios por meio de modelagem hidrológica.

O emprego das referidas metodologias deverá observar, caso necessário, as seguintes exigências:

- Seleção correta dos postos hidrometeorológicos, escolhidos a partir da sua representatividade, com relação à área dos resultados da análise de consistência dos dados, com preferência para os postos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA).
- No caso da utilização de modelos chuva/deflúvio, para os dados de evapotranspiração, recomenda-se o uso de valores já considerados em regiões climaticamente semelhantes.
- A evaporação do lago deverá ser estimada por meio de coeficientes do tanque classe “A” devidamente justificados.
- Deverá, ainda, ser considerada a influência das barragens de montante no processo de simulação, por meio da incorporação dos volumes vertidos às séries de entrada, considerando-se que as vazões regularizadas destas seriam consumidas no percurso.

4.1.4 - Dimensionamento do vertedouro

Estudo das cheias

Os eventos extremos na bacia deverão ser estudados para os períodos de retorno de 1.000 anos e 10.000 anos. A cheia milenar deverá ser utilizada no dimensionamento do vertedouro que deverá dar passagem à vazão correspondente, respeitando a folga normal calculada. Enquanto que a cheia decamilenar deverá ser vertida no limite da capacidade do vertedouro, sem folga ou com a folga mínima estipulada pelo proprietário.

Caso haja grandes riscos, principalmente em vidas humanas, esses critérios devem ser reavaliados.

Estudo das chuvas intensas

O estudo será feito seguindo as seguintes etapas de trabalho:

- Seleção de posto pluviométrico representativo da área da bacia. Processar o tratamento dos dados. Análise de consistência, preenchimento de falha e homogeneização.
- Procedimentos estatísticos para o ajuste a uma distribuição de probabilidade de valores extremos como por exemplo: LOG-NORMAL, GAMA, GUMBEL; deve ser aplicado o teste de aderência de qui-quadrado para nível de confiabilidade de 95%.
- Transformar a chuva diária pontual em chuva de duração menor (1H, 2H, 24H) por meio do método das ISOZONAS.

Determinação do tempo de concentração da bacia

O tempo de concentração da bacia hidrográfica será, preferencialmente, determinado por meio de estimativas do tempo de viagem de uma gota de chuva que precipite no ponto mais distante (medido em tempo) da bacia. O trajeto pode ser dividido em duas partes: o escoamento superficial difuso (*overland flow*), que se dá antes da gotícula atingir o primeiro talvegue; e o escoamento em canais que se dá nos talvegues, rios e riachos.

O escoamento superficial difuso pode ser assimilado ao escoamento em canal retangular muito largo. Pode-se aplicar a fórmula de *Manning* com um coeficiente *curve number* - *CN* (*US Army Corps of Engineers, HEC1 Flood Hydrograph Package, 1990*) em substituição ao tradicional *N*.

O uso de fórmulas empíricas, como a *Califórnia Highways and Public Roads*, também é admitido, desde que as fórmulas tenham sido desenvolvidas para condições similares as do estudo.

Nesses casos alguns cuidados devem ser tomados, tais como:

- Correta seleção de declividade média, que deve refletir mais uma média hidráulica, no sentido de preservar a velocidade média de escoamento.
- Uma verificação do valor da velocidade média de escoamento, admitido o tempo de escoamento igual ao tempo de concentração da fórmula.

Determinação da chuva efetiva

A transformação da chuva total, precipitada em chuva efetiva (parte que esco superficialmente), deverá ser feita por meio do método da curva/número do *Soil Conservation Service* (SCS).

Determinação do hidrograma unitário (HU)

Recomenda-se a utilização do hidrograma unitário curvilíneo do SCS. O hidrograma unitário triangular do SCS também poderá ser aceito.

Determinação dos hidrogramas totais de projeto (HTP)

O HTP será determinado por meio da convolução do HU, aplicando-se a este a chuva de projeto com duração igual ao tempo de retorno. A maneira como a chuva é distribuída ao longo de sua duração tem grande influência no valor da cheia de pico HTP. Para efeito de padronização, recomenda-se a aplicação do hietograma dos blocos alternados, com uma chuva de duração, pelo menos, quatro vezes maior do que o tempo de concentração da bacia. Para determinação da distribuição temporal da chuva efetiva, recomenda-se adotar a seguinte sequência de cálculo:

- Distribuir a chuva total em episódios de duração próximos a uma hora (para barragens de porte médio, espera-se bacias com tempo de concentração inferior a 24H e superior a 1H).

- Calcular para cada episódio, com a fórmula do SCS, a chuva efetiva para o total precipitado até o final do período.
- Fazer a chuva efetiva escoada no período igual à diferença entre o total de chuva efetiva acumulado até o final do período presente e o acumulado até o final do período anterior.

Determinação do amortecimento da cheia pela barragem

Para fins de dimensionamento do extravasor da barragem, o hidrograma total de projeto deve ser propagado através do reservatório. Para tanto, existem diversas técnicas consagradas que podem ser aceitas (por exemplo: *PULLS*, *PULLS MODIFICADO*, *GOODRICH* etc). No geral, qualquer método baseado na conservação de massas pode ser aplicado. O maior cuidado nesse caso é a correta determinação da curva de vazão ou equação do vertedouro.

Determinação da curva de vazão do vertedouro

Quando se tratar de vertedouros convencionais tipo perfil *Creager*, labirintos, etc. com equações conhecidas, essas serão utilizadas. Porém, em algumas barragens, os vertedouros são construídos em cortes de rochas formando uma estrutura intermediária entre um canal e um vertedouro de soleira espessa. Nesse caso, recomenda-se a obtenção da curva do vertedouro por meio do seguinte procedimento hidráulico:

- Determinar o comprimento do vertedouro desde o início do canal até o ponto onde se dá o regime crítico.
- Assumir valor para a vazão e determinar a altura crítica.
- Traçar a curva de remanso desde o ponto de regime crítico até o ponto, na superfície no lago, de velocidade nula, determinando a altura deste ponto em relação à crista do vertedouro.
- Repetir os cálculos para diversos valores de vazão, obtendo pares de valores (vazão, altura) e determinando, assim, a curva chave do vertedouro.

Caso se deseje utilizar, para vertedouros em corte de rocha, a clássica equação $Q = CLH^{3/2}$, o valor adotado para “C” deve ser fundamentado em estudos para a obtenção de um valor médio para “C”, em função do comprimento longitudinal, da rugosidade e da declividade do leito do canal vertedouro.

Dimensões dos vertedouros

Dos estudos hidrológicos e hidráulicos deverão resultar vários pares de valores: lâmina máxima escoada para a cheia de projeto *versus* largura do vertedouro. Esses pares de valores irão, junto com as avaliações de custos, permitir o dimensionamento econômico para o vertedouro.

O uso de pacotes computacionais

Pacotes computacionais reconhecidos pela prática da engenharia que atendem aos aspectos metodológicos descritos são aceitos. Um exemplo desses é o programa HEC-1 do *U.S. Army Corps of Engineers* que pode ser aplicado para determinação dos hidrogramas das cheias, antes e depois da simulação. Nesses casos, o projetista deverá apresentar, em anexo, os arquivos de entradas de dados completos e os relatórios de saída de forma resumida.

O programa HEC-2 poderá ser, também, empregado na determinação das curvas de vertedouros construídos em cortes de rocha.

4.1.5 - Estudos adicionais

Estudos complementares, objetivando análises indicativas da intensidade de problemas inerentes à construção da barragem, deverão concluir o referido item. São eles:

- Estudos das probabilidades de enchimento. Esses estudos devem ser procedidos usando teoria estatística dos reservatórios ou simulação Monte Carlo.
- Análise das possibilidades de assoreamento.
- Análise da influência da barragem sobre os reservatórios à jusante.
- Análise da salinidade da água.

4.2 - ESTUDOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO E CARTOGRAFIA

Os estudos de reconhecimento por fotointerpretação e cartografia realizados nos Estudos Preliminares, caso seja necessário, serão complementados durante os Estudos Básicos e incluídos em sua forma definitiva no **Volume 2 - Topografia**.

4.3 - TOPOGRAFIA

Os resultados dos estudos topográficos deverão ser apresentados nos volumes: **Volume 2 - Topografia**, **Volume 2A - Topografia - Desenhos**, **Volume 2B - Topografia - Memória de Cálculo** e **Volume 2C - Topografia - Cadernetas de Campo**.

Para o volume de textos sugere-se que seja adotada a seguinte organização:

Volume 2 - Topografia

1. INTRODUÇÃO
2. CARTOGRAFIA E FOTOINTERPRETAÇÃO
3. TRANSPORTE DE COORDENADAS
4. TRANSPORTE DE COTAS
5. LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E VERTEDOIRO
6. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DA BACIA HIDRÁULICA
7. LEVANTAMENTO DE JAZIDAS

Os serviços topográficos compreendem levantamentos no eixo barrável, vertedouro e faixas de domínio, na bacia hidráulica, nas áreas do canal de restituição, no trecho da calha do rio imediatamente à jusante da barragem e nas áreas de jazidas de materiais para construção. Todos esses levantamentos serão realizados com base em coordenadas e cotas do IBGE. As coordenadas deverão ser transportadas por meio de instrumentos eletrônicos, a partir de um ponto situado em uma das ombreiras, a fim de traçar malhas de coordenadas para apresentação das plantas.

Algumas recomendações gerais para estes serviços, que serão descritos individualmente adiante, são apresentadas a seguir:

Generalidades

- Será procedida a elaboração da minuta do levantamento topográfico, mediante o lançamento em planta, dos piquetes implantados, por coordenadas. Todos os pontos lançados na minuta terão suas cotas escritas em milímetros. A partir do plano cotado, serão interpoladas as curvas de nível de metro em metro.
- Será procedido o desenho final, por cópia da minuta do levantamento topográfico, abstraindo-se os pontos cotados e demais elementos que sejam desnecessários na carta final. Serão ainda fornecidas ao proprietário todas as cadernetas usadas no campo para anotações, os desenhos a lápis, em papel Canson opaco, e em papel vegetal 110/115g por m² de toda a área levantada, em escalas compatíveis com a utilização dos mesmos, ou conforme indicada no presente termo de referência.
- Os procedimentos acima deixam de ser exigidos quando forem usados programas computacionais gráficos, neste caso os processos de elaboração e apresentação dos desenhos deverão ser adaptados ao uso de computadores.
- Caso não seja indicado na descrição individual do serviço, os erros admissíveis são:
 - » O erro no nivelamento geométrico não poderá ultrapassar $12,5 \times \sqrt{k}$ (em milímetros), onde “k” é o comprimento do caminhamento expresso em km, sendo determinado por meio de poligonal de contranivelamento que será levantada após a execução da poligonal de nivelamento. Em nenhuma hipótese será aceita a execução simultânea das duas poligonais.

- » A tolerância angular será $1' \times \sqrt{n}$ sendo “n” o número de lados da poligonal.
- » A planimetria também não poderá ter erro maior que $D/500$, onde “D” é o comprimento do caminhamento em metros.
- A apresentação de cada um dos serviços topográficos deverá conter os seguintes itens:
 - » Descrição do serviço.
 - » Desenhos.
 - » Cadernetas de Campo.
 - » Memória de Cálculo.

Descrição do serviço

Os serviços devem ser descritos de modo a permitir o conhecimento dos equipamentos usados e dos procedimentos adotados na execução e no controle da qualidade. Em geral, devem ser fornecidas, no mínimo, as seguintes informações:

- Descrição, ainda que resumida, dos procedimentos de execução, cálculo e controle do serviço.
- Características do equipamento: fabricante, modelo, número de série e precisão de operação.
- Descrição das cadernetas de campo.
- Descrição da memória de cálculo, de modo a permitir o acompanhamento dos cálculos.
- Apresentação dos resultados obtidos nos cálculos do controle de qualidade do serviço, indicando erros encontrados no levantamento e a comparação com a tolerância especificada no Termo de Referência.
- Indicação dos desenhos onde são apresentados os levantamentos e as escalas adotadas.

Desenhos

Os desenhos deverão ser apresentados em tamanho A3, conforme indicado no item **2.3 - APRESENTAÇÃO DOS DESENHOS** - com preenchimento das áreas reservadas a Legendas, Notas e Desenhos de Referência. Neles deverão constar todos os elementos físicos relevantes (por exemplo: marcos topográficos, construções, cercas, linhas de transmissão, estradas de ferro ou rodagem, talwegues, barragens, orientações do Norte Magnético) com a legenda, articulação e carimbo padrão.

Cadernetas de Campo

As cadernetas de campo devem ser apresentadas manuscritas, no original do campo, preenchidas à tinta, não se admitindo que sejam passadas a limpo os dados constantes nas mesmas. Elas deverão apresentar croquis, com os principais acidentes, observações, caminhamento, além de anotações normais.

Memória de Cálculo

Apresentadas em anexo, isoladas do texto, as memórias de cálculo deverão conter todas as informações necessárias ao entendimento e à verificação dos cálculos. Os programas computacionais utilizados deverão ser descritos com indicação da empresa responsável pelo seu desenvolvimento, da versão do programa que está sendo usada, da apresentação da linguagem, dos dados de entrada e dos resultados calculados, bem como, de um resumo da teoria e dos procedimentos de cálculo.

4.3.1 - Transporte de Coordenadas

Para que se faça o levantamento das obras em coordenadas UTM, deve-se tomar os marcos geodésicos do IBGE mais próximos da barragem e transportar as coordenadas. Para isto, serão executados levantamentos com caminhamento duplo, adotando-se a forma de uma poligonal fechada de área zero. Ou fazer o levantamento com GPS (*Global Positioning System*) de precisão compatível com o tipo de levantamento.

4.3.2 - Transporte de Cotas

O transporte de cotas será feito a partir do marco do IBGE mais próximo por meio de poligonais de nivelamento e de contranivelamento, levantadas com equipamentos topográficos que tenham precisão compatível com o serviço. A poligonal de contranivelamento será levantada após a execução da poligonal de nivelamento. Em nenhuma hipótese será aceita a execução simultânea das duas poligonais. As poligonais serão cuidadosamente descritas com indicação dos comprimentos totais, número de estações e distância entre elas, bem como, a comparação dos erros encontrados nas estações intermediárias e finais.

4.3.3 - Levantamento do Eixo Barrável e Vertedouro

Inicialmente, o levantamento do eixo barrável deverá abranger uma faixa de domínio de, no mínimo, 150 metros à montante e à jusante do referido eixo. Deverão ser levantadas seções transversais ao eixo e cotados os pontos a cada 20 metros, até os limites da faixa de domínio. Os pontos no eixo barrável deverão ser estaqueados, numerados e cotados a cada 20 metros, podendo ser implantadas estacas intermediárias indicando elementos importantes como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno etc. Deverão ser instalados no mínimo dois marcos para facilitar uma futura relocação.

O levantamento dos eixos longitudinal e transversal do vertedouro obedecerá à sistemática descrita acima, sendo que as seções serão prolongadas à montante até a cota fixada para o fundo do canal de acesso e à jusante até encontrarem o leito do rio. Para distâncias maiores, o levantamento até o leito do rio será feito acompanhando o canal de restituição, por meio de poligonais seccionadas a cada 50 metros, com 100 metros de largura, no mínimo, para cada lado, com pontos cotados a cada 20 metros.

Será realizado o levantamento da calha do rio à jusante, desde o eixo barrável, até o ponto onde o canal de restituição encontrará o rio. As seções serão a cada 50 metros, com 100 metros de largura, no mínimo, para cada lado do eixo. Os pontos deverão ser cotados a cada 20 metros, podendo-se diminuir este espaçamento em caso de acidentes que exijam maior nível de detalhamento.

A escala padrão para a planta baixa é 1:1.000 e para os perfis é 1:1.000 (horizontal) e 1:100 (vertical). Escalas diferentes destas poderão ser adotadas quando existirem condições peculiares de comprimentos das linhas levantadas ou de relevo.

4.3.4 - Levantamento Planialtimétrico da Área da Bacia Hidráulica

Será implantada uma linha de base estaqueada a cada 50 metros e seccionada a cada 100 metros, com nivelamento de piquetes intermediários a cada acidente de importância como talvegues de riachos, estradas, mudanças de declividade etc. A seção transversal será piqueteada e levantada a cada 50 metros, estabelecendo-se assim uma malha planialtimétrica de 100 x 50 metros, que permitirá a intercalação de curvas de níveis a cada metro. A escala padrão para o desenho é 1:5.000. Deverá ser apresentado um desenho para visualização geral da bacia hidráulica, contendo a planta baixa da bacia em uma escala reduzida, de forma que esta caiba em uma única prancha. A seguir, são apresentadas algumas recomendações a este serviço:

- As seções deverão ter direção perpendicular à linha de base, exceto nos casos em que a forma da área recomende outra direção. A fronteira do levantamento deverá ser relacionada à curva de nível correspondente à cota estimada do coroamento ou conforme indicado no contrato.
- A linha de base e as seções transversais serão niveladas e contraniveladas geometricamente, por meio de piquetes implantados a cada 50 metros.
- O contranivelamento será realizado após o levantamento da linha de base e das seções transversais, nunca simultaneamente.
- A linha de base deverá ter, em cada uma das extremidades da poligonal, um marco de concreto, cujas dimensões e características deverão ser definidas nas especificações do contrato.
- Os desenhos devem ser enriquecidos com:
 - » Indicação do eixo da barragem.
 - » Indicação, caso existam, de riachos, estradas etc.
 - » Preenchimento das áreas reservadas a legendas, notas e desenhos de referência.
 - » Detalhamento das curvas de nível ao cruzarem a calha do rio.

4.3.5 - Levantamento de Jazidas

Deverão ser realizadas as locações e os levantamentos planialtimétricos das áreas das ocorrências de materiais, que serão amarradas à poligonal do eixo barrável por meio de uma linha de base auxiliar (que poderá se constituir no eixo do acesso ao local da obra). Todos os poços escavados na investigação da jazida serão locados, numerados e amarrados à linha de base auxiliar, por meio de eixos de locação. Serão realizados desenhos individuais, em escala apropriada, com a planta baixa das áreas de jazida e um desenho geral mostrando a localização de todas as ocorrências de materiais, de forma a possibilitar a definição das distâncias de transporte. Este procedimento de locação poderá ser modificado, no caso de grandes distâncias entre as jazidas e o eixo barrável.

4.4 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos realizados nos Estudos Preliminares, caso seja necessário, serão complementados durante os Estudos Básicos e incluídos em sua forma definitiva no **Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos**.

4.5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos consistirão, basicamente, na caracterização do subsolo nos locais da barragem, do vertedouro e tomada d'água, na localização e investigação detalhada das ocorrências dos materiais naturais a serem empregados na construção da barragem e das obras complementares, bem como, na coleta de amostras e realização dos ensaios de laboratório. Estas atividades serão desenvolvidas de acordo com o plano previamente submetido à aprovação pela equipe técnica do proprietário da obra, ou por consultores contratados por ele para o acompanhamento do projeto.

Os resultados destes estudos deverão ser apresentados nos volumes: **Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos** e **Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos**, para os quais, sugere-se que seja adotada a seguinte organização:

Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos

1. INTRODUÇÃO
2. GEOLOGIA
3. INVESTIGAÇÃO DO BARRAMENTO
4. INVESTIGAÇÃO DO VERTEDOURO
5. ESTUDO DE MATERIAIS
6. DESENHOS

Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos

1. SONDAgens DO BARRAMENTO
2. ENSAIOS DE CAMPO DO BARRAMENTO
3. ENSAIOS DE LABORATÓRIO DO BARRAMENTO
4. SONDAgens DO VERTEDOURO

5. ENSAIOS DE CAMPO DO VERTEDOURO
6. ENSAIOS DE LABORATÓRIO DO VERTEDOURO
7. SONDAGENS DAS JAZIDAS
8. ENSAIOS DE CAMPO DAS JAZIDAS
9. ENSAIOS DE LABORATÓRIO DAS JAZIDAS

A seguir, são apresentadas algumas observações de ordem geral, sobre os serviços geotécnicos:

- As sondagens geotécnicas deverão fornecer os elementos para a elaboração dos perfis geológicos e geotécnicos representativos, contendo a descrição dos materiais das diferentes camadas, as resistências à penetração e outras informações que possam interessar na interpretação das sondagens, bem como, quaisquer anomalias observadas no decorrer das perfurações, tais como: perda d'água de circulação, desmoronamento de paredes etc.
- As sondagens à percussão serão efetuadas com circulação d'água e cravação de tubo de revestimento de 2^{1/2}" de diâmetro interno, determinando-se, a cada metro de profundidade, a resistência à penetração das camadas de solos perfurados. Durante os serviços, a cada 2 ou 3 metros de penetração, de acordo com o plano, deverão ser realizados ensaios de infiltração *LE FRANC*, cujos resultados serão apresentados em planilha, com os coeficientes de permeabilidade encontrados para os materiais acumulados no boqueirão. A sondagem deverá prosseguir até ser atingido o impenetrável. No decorrer dos serviços, esses critérios poderão ser modificados de acordo com a resistência à penetração do amostrador nas camadas perfuradas.
- As sondagens rotativas serão executadas, no mínimo, com diâmetro NX, e terão como objetivo a obtenção de testemunhos, que permitam a identificação das características e descontinuidades do maciço rochoso e a realização, no interior, da perfuração de ensaios de perdas d'água *LUGEON* para localização das eventuais fendas e falhas.
- Na execução das sondagens (à percussão e rotativa) e dos poços (à pá e picareta), serão colhidas amostras para realização de ensaios geotécnicos de acordo com o plano de investigação.
- As planilhas e os gráficos para apresentação dos resultados de sondagens e ensaios deverão ser previamente submetidos à aprovação da equipe técnica do proprietário da obra, ou de consultores por ele contratados para acompanhamento do projeto.
- Durante o transcorrer dos trabalhos, alterações no plano tais como inclusão ou supressão de sondagens e ensaios, ou mudanças nos procedimentos deverão ser previamente autorizadas pela equipe técnica do proprietário da obra, ou pelos consultores por ele contratados para acompanhamento do projeto.
- As seções do subsolo serão desenhadas, usando-se a seguinte convenção:
 - » Ao lado direito da vertical das sondagens à percussão indicar os resultados dos ensaios de absorção e as profundidades de mudança de camadas e do nível d'água.
 - » Ao lado esquerdo da vertical das sondagens à percussão indicar os resultados dos ensaios de penetração dinâmica (*SPT - Standard Penetration Test*).

- » Ao lado direito da vertical das sondagens rotativas indicar os resultados dos ensaios de perda d'água e as profundidades de mudança de camadas, dos limites dos trechos perfurados em cada operação e do nível d'água.
- » Ao lado esquerdo da vertical das sondagens rotativas indicar, numérica e graficamente, a recuperação e o número de peças de cada operação.
- » Os perfis individuais das sondagens e todas as fichas de ensaios deverão ser apresentados individualmente no **Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos**.

Antes de passar à descrição de cada um dos serviços, individualmente, cabe salientar que comumente são levantadas dúvidas quanto às qualidades das informações obtidas nas investigações geológicas e geotécnicas, que costumam ficar aquém do necessário para a correta interpretação das condições da fundação; por exemplo: baixa recuperação de testemunhos em sondagens rotativas, ensaios de infiltração pouco conclusivos e classificação precária dos testemunhos de sondagens. Em consequência, recomenda-se cuidados redobrados na execução destes serviços.

4.5.1 - Investigação no Local do Barramento e Tomada d'Água

Visando definir as características do subsolo no local onde será erguida a barragem, serão executadas sondagens à percussão, rotativas, mistas (à percussão e rotativa), poços à pá e picareta, ensaios de campo, coleta de amostras e ensaios de laboratório. Complementarmente, ao longo do eixo da tomada d'água, que normalmente se situa na área do barramento, deverão ser realizadas as investigações necessárias ao projeto de escavação para implantação da obra e à definição da sua fundação. A descrição deste serviço deverá ser feita em um texto com apresentação dos procedimentos adotados, citação das normas técnicas obedecidas e descrição das investigações de campo e laboratório realizadas, complementado com informações referentes a:

- Indicação dos números dos desenhos onde são apresentados as sondagens e os ensaios de campo.
- Quadro resumo com os comprimentos obtidos por sondagem, por tipo de sondagem e comprimentos totais.
- Quadro resumo dos quantitativos de ensaios de campo.
- Quadro resumo dos resultados dos ensaios de campo.

Os resultados dessa investigação serão apresentados em perfis do subsolo estimados a partir das sondagens, fichas com gráficos e tabelas; resumos mostrando os resultados dos ensaios de campo e dos ensaios especiais de laboratório; tabelas com o resumo dos ensaios de caracterização e desenhos com as curvas granulométricas. Estas últimas deverão ser agrupadas de forma a permitir comparações e redução do número de desenhos. Outros elementos gráficos importantes são os desenhos contendo as seções do subsolo, que deverão ser preparados de acordo com as recomendações do item anterior.

4.5.2 - Investigação no Local do Vertedouro

Em relação à apresentação deste serviço, são válidas todas as observações constantes no item 4.5.1 - Investigação no Local do Barramento e Tomada d'Água. Recomenda-se especial cuidado em relação à definição da profundidade em que a rocha apresenta capacidade de resistir ao fluxo turbulento à jusante do vertedouro. Essa informação tem grande repercussão econômica na obra, por orientar a decisão de revestir, ou não, o vertedouro.

4.5.3 - Estudo de Materiais

O estudo de ocorrências de materiais deverá ser iniciado com um reconhecimento de toda área em volta do barramento, procurando localizar jazidas disponíveis, de preferência na futura bacia hidráulica. Uma vez identificadas, estas possíveis fontes de materiais serão preliminarmente selecionadas para investigação, tendo em conta a qualidade e o volume do material, a dificuldade de exploração e a distância de transporte. A investigação, propriamente dita, se fará por meio de sondagens à trado ou à pá e picareta, formando uma malha quadrada de no máximo 100 metros de lado. Caso necessário, serão usadas sondagens rotativas na cubação e caracterização das pedreiras. As jazidas deverão ter capacidade para fornecer material adequado à construção num volume 50% acima do previsto para utilização.

A apresentação deste serviço deve conter uma descrição completa do reconhecimento, localização e investigação de campo das jazidas, bem como, dos procedimentos dos ensaios de laboratório ou citação da norma técnica obedecida. Para cada ocorrência devem ser preparados quadros resumos com quantitativos e resultados dos ensaios, bem como, comentários sobre a previsão de comportamento dos materiais. Devem ser indicados, ainda, os números dos desenhos onde estão apresentadas as plantas de localização e as tabelas com resultado das sondagens e dos ensaios. Em todo caso, no mínimo, deverão ser apresentadas:

- A planta geral das ocorrências com poligonal de locação das jazidas de solo em relação ao eixo da barragem.
- Plantas individuais das ocorrências.
- Espessuras de expurgo e de material aproveitável de cada poço, individualmente, nas jazidas de solo.
- Espessuras de expurgo de cada poço, individualmente, nas pedreiras.
- Informações sobre o atual uso da área a ser explorada, vegetação ou cultura e o nome do proprietário.
- Tabelas com resultado das sondagens e dos ensaios.

Ensaio Laboratoriais

Os ensaios de laboratório a serem executados são:

Solos Argilosos e Siltosos

- Limites de *Atterberg*.
- Umidade Natural.
- Peso Específico Natural.
- Granulometria (com ou sem sedimentação).
- Compactação *Proctor Normal*.
- Permeabilidade de Carga Variável.
- Ensaio de Cisalhamento Direto Saturado Lento ou Ensaio Triaxiais.
- Ensaio de Adensamento.
- Avaliação da Dispersibilidade de Solos Argilosos (NBR13602 05/1996).

Areias

- Umidade Natural.
- Peso Específico Natural.
- Granulometria.
- Permeabilidade de Carga Constante.
- Peso Específico Máximo e Mínimo.

Material Pétreo

- Ensaio de Abrasão *Los Angeles*.
- Ensaio de Lâmina.

4.6 - ESTUDO DE AGREGADOS

Estudo dos agregados disponíveis para concretos e argamassas determinando suas características e composições mineralógicas, complementando os estudos de materiais e ensaios de laboratório realizados nos estudos geotécnicos. Esses estudos devem disponibilizar todas as informações necessárias à definição dos traços e composições de concretos e argamassas a serem realizados no desenvolvimento do projeto executivo. Especial atenção deve ser dada à verificação da presença de minerais que possam provocar reação álcaliagregados.

4.7 - ANÁLISE DE SISMICIDADE

Os níveis de aprofundamento dos estudos de sismicidade vão depender do risco de ocorrência de sismo na região, do tipo da barragem, do seu porte e das consequências de sua ruptura. Assim, barragens em zonas de baixa sismicidade geralmente não exigem uma extensa investigação sísmica, a não ser quando as suas rupturas possam resultar em danos inaceitáveis em termos de perdas de vidas, propriedades e agressão ao meio ambiente.

Nesta etapa do projeto não estará definido, ainda, o tipo de barragem e, em consequência, sua sensibilidade a tremores de terra. No entanto, o nível de atividade sísmica da região deverá ser identificado para, juntamente com as outras variáveis, orientar o nível de aprofundamento dos estudos. Destes estudos devem resultar todos os parâmetros e orientações necessários ao desenvolvimento das análises de estabilidade da barragem na etapa de concepção geral e na fase de detalhamento do projeto, no que diz respeito a abalos sísmicos.

5 - CONCEPÇÃO GERAL

Em relação ao **Relatório de Concepção Geral**, sugere-se que seja adotada a seguinte organização:

1. INTRODUÇÃO
2. ANÁLISE DOS ESTUDOS BÁSICOS
 - Cartografia
 - Topografia
 - Geotecnia
 - Hidrologia
 - Agregados
 - Sismicidade
3. ALTERNATIVAS EXAMINADAS
4. OTIMIZAÇÃO
5. ANTEPROJETO

A itemização acima proposta baseia-se na possibilidade de que o estudo das possíveis alternativas seja feito a partir de uma cuidadosa análise dos estudos básicos, apresentados anteriormente, extraindo-se de cada um deles as condições que irão orientar o projeto.

Acompanhando o relatório será apresentada, em anexo, a memória de cálculo dos critérios quantitativos que orientaram a escolha da alternativa e do processo de otimização. Será apresentada, também, a memória dos cálculos hidrológicos e hidráulicos que definiram a cota da soleira, a largura do vertedouro e a altura da lâmina de vertência, bem como, a seção tipo da barragem. O dimensionamento da seção tipo nesta fase deverá ser feito, tanto quanto possível, por meio de ábacos, tabelas e valores típicos de projetos encontrados na literatura técnica, deixando os cálculos definitivos para a fase seguinte de detalhamento do projeto.

5.1 - ANÁLISE DOS ESTUDOS BÁSICOS

Uma descrição resumida dos estudos realizados e de seus resultados deve ser acompanhada por uma análise de sua influência na concepção da obra, discutindo-se:

- Como a modelagem da superfície do terreno influencia e condiciona o projeto da barragem no caso dos Estudos Topográficos.
- A previsão do comportamento dos materiais estudados.
- As demais características geológicas e geotécnicas como condicionantes na definição do tipo de barragem a ser construída e no projeto do vertedouro.
- Os dados e os resultados dos estudos hidrológicos como elementos de definição do porte da obra e de suas obras complementares.
- Os agregados disponíveis e suas propriedades.
- A importância da sismicidade na definição da obra.

5.2 - ALTERNATIVAS EXAMINADAS

Será escolhida por meio de critérios qualitativos e quantitativos, dentre as alternativas possíveis, a que melhor atenda aos objetivos da obra tendo em vista: custo, topografia local, condições geológicas e geotécnicas, rendimento hidrológico, aspectos sociais e ecológicos. É interessante que o relatório seja complementado com as justificativas das opções adotadas, para que não fique a falsa impressão de que essas decisões foram tomadas sem um cuidadoso exame das possíveis alternativas.

Na definição da seção tipo, do sistema de drenagem interna, das proteções dos taludes e da fundação da barragem, bem como do tipo de vertedouro, devem ser examinadas todas as condicionantes geológicas e geotécnicas, tendo-se em vista principalmente:

- A influência do subsolo no local da barragem e da disponibilidade de materiais na escolha da seção tipo da barragem (terra, enrocamento ou concreto e seção homogênea ou zoneada) e no projeto da tomada d'água (localização e profundidade da fundação).
- A profundidade de ocorrência de rocha no local do vertedouro, juntamente com suas características no que diz respeito à erosão, como elementos de definição do projeto desta obra complementar.

5.3 - OTIMIZAÇÃO

A alternativa adotada passará, então, por um processo de otimização. Este processo consistirá no exame do modo como o custo, o rendimento hidrológico e os efeitos sociais e ecológicos são afetados pela variação da altura e seção/tipo da barragem, cota da soleira, largura e tipo de vertedouro. Estes estudos de otimização econômica da obra, por meio da análise da variação do custo global frente às variações dimensionais da altura da barragem *versus* largura do vertedouro, deverão considerar também os custos implicados na ampliação e redução dos espelhos d'água relativamente às desapropriações ou aquisição das áreas inundadas, bem como, os custos de reassentamento das populações atingidas e outros aspectos socioambientais porventura existentes. Dessas análises resultará uma seção ótima para a qual será desenvolvido o anteprojeto da barragem.

5.4 - ANTEPROJETO

O anteprojeto será apresentado em desenhos tamanho A3, seguindo as recomendações do item 2.3 - **APRESENTAÇÃO DOS DESENHOS**, mostrando o arranjo geral da obra, seções/tipo, perfil longitudinal e planta da barragem, seção transversal e longitudinal do vertedouro, planta e perfil longitudinal da tomada d'água, planta da bacia hidráulica, planta da bacia hidrográfica, locação das jazidas e gráfico com as curvas cota/volume e cota/área inundada do reservatório. No arranjo geral da obra será mostrada a localização de estradas, casas e outros elementos que possam interferir na construção da barragem. Caso a barragem possua trechos com seções tipo diferentes, deverá ser indicado no desenho do perfil longitudinal onde elas serão adotadas. Nessas seções serão indicadas as características e origens dos materiais de construção.

Deverá ser incluída no relatório uma memória de cálculo, em anexo, isolada do texto, ainda que simplificada e baseada em ábacos, tabelas e valores típicos de projeto encontrados na literatura técnica.

Se no planejamento da obra, em uma etapa anterior, foram desenvolvidos estudos em nível de plano diretor e de viabilidade econômica, os resultados agora disponíveis devem ser confrontados com as informações obtidas nesses estudos. Esta comparação possibilitará ao proprietário se certificar do acerto da decisão de se construir a barragem, ou, caso os resultados sejam conflitantes, refazer a análise de viabilidade. No entanto, se a análise de viabilidade ainda não tiver ocorrido, ela deverá agora ser realizada para orientar a decisão do proprietário de prosseguir com o projeto e autorizar a passagem para a **Fase B: Detalhamento do Projeto**.

6 - PROJETO

O projeto do barramento constitui-se na consolidação dos estudos e investigações desenvolvidas, na concepção geral da obra e descrição detalhada de seus componentes, bem como, na apresentação dos critérios utilizados e dos cálculos realizados no seu desenvolvimento, compreendendo o que se denominou de **Fase B - Detalhamento do Projeto**, englobando as seguintes atividades:

- Realização dos estudos básicos complementares, caso sejam necessários, incluindo-se neles os estudos para definição das composições de concretos e argamassas.
- Detalhamento do projeto com a completa definição dos elementos constituintes da obra.
- Realização de todos os cálculos necessários à análise de estabilidade e ao dimensionamento dos elementos da barragem.
- Definição das áreas de canteiro, acessos e áreas de bota fora.
- Levantamento dos quantitativos de serviços, obras, equipamentos e materiais necessários à construção da obra; estudos de origem e destino dos materiais e preparação da planilha de orçamento.
- Planejamento das medidas mitigadoras socioambientais.
- Definição do cronograma físico e financeiro de execução da obra.
- Elaboração das especificações técnicas dos serviços, obras, equipamentos e materiais, assim como, o estabelecimento da forma de medição e de pagamento.
- Preparação do plano de execução da obra.
- Definição da quantidade mínima de equipamentos para execução da obra.
- Redação do Memorial Descritivo do Projeto e do Relatório Síntese.

O projeto deverá conter todos os elementos necessários à sua compreensão e informações suficientes para a adequada execução das obras, sendo apresentado um único tomo (**Tomo IV - Relatório de Projeto**) contendo:

- Relatório Geral do Projeto: resumo dos estudos básicos, descrição geral do projeto, memória de cálculo, orçamento, especificações técnicas e desenhos.
- Relatório Síntese: síntese dos estudos básicos, descrição sumária da obra, ficha técnica do reservatório e resumo dos custos da barragem.

Estes relatórios deverão estar contidos nos seguintes volumes:

- Volume 1 - Memorial Descritivo do Projeto
- Volume 2 - Desenhos
- Volume 3 - Composição de Concretos e Argamassas
- Volume 4 - Memória de Cálculo
- Volume 5 - Especificações
- Volume 6 - Quantitativos e Orçamento
- Volume 7 - Relatório Síntese

Os principais elementos que deverão constar do projeto são:

- Ficha técnica da barragem - conforme proposta de modelo no Anexo 2 - e resumo de todas as informações hidrológicas e hidráulicas pertinentes à sua operação.
- Resumo dos estudos e conclusões resultantes dos estudos básicos, inclusive, os estudos complementares.
- Resumo dos estudos de alternativas e otimização da obra.
- Demonstrativo dos cálculos e apresentação de tabelas relativas aos estudos econômicos do empreendimento, incluindo custos de investimento, manutenção, desapropriação, operação, amortização e juros, considerando uma taxa de 8% a.a., para definição do custo do volume d'água regularizado (R\$/1000 m³). Deverão ser inseridos nos custos as despesas de reassentamento e os custos correspondentes ao atendimento das medidas mitigadoras dos impactos ambientais.
- Análise da estabilidade do maciço e encostas, na região de influência do reservatório, face às poropressões nas fundações e no corpo das barragens de terra; às subpressões nas fundações das barragens rígidas; aos eventuais carregamentos externos, incluindo-se, se for o caso, as resultantes de abalos sísmicos e as variações no nível d'água.
 - » No caso de maciço terroso ou de enrocamento, o cálculo da estabilidade dos taludes deve ser efetuado para as seguintes situações críticas: final de construção, reservatório cheio, rebaixamento rápido do nível da água no reservatório e eventual abalo sísmico com o reservatório cheio.
 - » Na determinação dos coeficientes de segurança mínimos, deverão ser verificados variados arranjos de superfícies potenciais de deslizamento. Os coeficientes de segurança e todos os casos de cálculo de estabilidade acima referidos deverão obedecer às recomendações usuais da literatura técnica.
 - » No caso de barragens rígidas, deve ser examinada a estabilidade, de acordo com a técnica vigente, em relação ao deslizamento, tombamento e tensões desenvolvidas no maciço para as diversas condições críticas a serem enfrentadas pela obra durante a construção e no decorrer de sua operação, incluídos os abalos sísmicos e a resistência ao desgaste das superfícies submetidas ao fluxo de água.
- No caso de maciço terroso, ainda deverão ser realizados:
 - » Verificação da percolação d'água no maciço e fundação, com cálculo da linha freática, traçado da rede de fluxo e detalhamento dos elementos de drenagem interna do maciço.
 - » Detalhamento dos estudos e projeto dos elementos de proteção dos taludes contra erosão.
 - » Detalhamento dos estudos e projeto do sistema de drenagem pluvial do coroamento e do talude de jusante.

- Projeto das obras e serviços para garantir a necessária estabilidade, estanqueidade e homogeneidade à fundação, incluindo-se o plano de injeção.
- Determinação dos traços e composição dos diversos tipos de concreto e argamassas previstas na obra, com especial cuidado ao se tratar de barragens rígidas ou, mesmo no caso das barragens de terra e enrocamento, quando existirem grandes obras complementares de concreto (vertedouros, comportas, tomadas d'água, eclusas etc.).
- Cálculos estruturais, incluindo-se memória, desenhos de formas, ferragens e detalhes de todas as estruturas de concreto.
- Dimensionamento detalhado da galeria e demais elementos da tomada d'água e das obras do vertedouro e de dissipação de energia à jusante dos mesmos, ou a demonstração de outra solução que atenda de maneira adequada aos objetivos de controle e medição das descargas liberadas.
- Em função do porte da obra e da complexidade do projeto da barragem, devem ser elaborados projetos de instrumentação para o monitoramento do maciço e da fundação e para o controle da operação, incluindo-se equipamentos de monitoramento do reservatório, medidores de vazão da tomada d'água e detalhamento das estruturas para instalação destes equipamentos.
- Desenhos, diagramas e tabelas que possibilitem a definição precisa da geometria da barragem e de todas as obras complementares.
- Quantitativos de serviços, obras, equipamentos e materiais necessários à construção da obra e preparo da planilha de orçamento que deve basear-se em tabela de preços aceita pela Secretaria de Infraestrutura Hídrica do MI.
- Especificação da qualidade e dos procedimentos de controle e medição de todos os materiais e serviços necessários à execução da obra e dos equipamentos a serem instalados.
- Projeto geométrico de terraplanagem e pavimentação do acesso ao reservatório que permita a garantia do tráfego porventura interrompido pela construção da barragem.
- Planejamento das medidas mitigadoras socioambientais de acordo com o previsto na publicação Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios - 2005 - Proágua.
- Dimensionamento dos equipamentos e detalhamento das instalações mínimas para a execução das obras.
- Diagrama de PERT detalhado para as diversas etapas de execução das obras e o correspondente cronograma físico e financeiro.

Os elementos acima listados deverão ser distribuídos nos volumes correspondentes, para os quais serão apresentadas algumas considerações com o objetivo de orientar a elaboração e apresentação do projeto.

6.1 - MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO

O memorial descritivo, apresentado no **Volume 1 - Memorial Descritivo do Projeto** deve funcionar como elemento de ligação entre os estudos e cálculos realizados e o projeto propriamente dito, composto por desenhos, especificações, quantitativos e custos. Deve, ainda, permitir uma clara compreensão do encadeamento das atividades realizadas, mostrando como os estudos e resultados de cada etapa orientaram e foram complementados pelos trabalhos das etapas seguintes. A seguir, são apresentadas algumas observações sobre a elaboração desse texto:

- Para facilitar a sua leitura, não deverá conter nenhum cálculo que, obrigatoriamente, será incluído na Memória de Cálculo.
- Um pequeno número de desenhos e tabelas individuais, em formato A4 ou múltiplo de A4, poderá ser distribuído ao longo do texto quando isso facilitar sua compreensão. No entanto, sequências de tabelas e desenhos em tamanho maior deverão ser apresentadas nos demais volumes.
- Os dados resultantes dos estudos básicos serão reapresentados em forma resumida, explicando-se como foram usados nos cálculos ou diretamente no projeto.
- Para cada cálculo, incluído na Memória de Cálculo, será feita uma breve apresentação dos dados de entrada, dos procedimentos de cálculo, dos resultados obtidos e de como esses resultados foram introduzidos em outros cálculos ou no projeto.
- Os programas computacionais utilizados deverão ser descritos com indicação da empresa responsável pelo seu desenvolvimento, versão do programa que está sendo usada, apresentação da listagem dos dados de entrada e resultados calculados, bem como, resumo da teoria e dos procedimentos de cálculo adotados.
- Ao longo do texto, deverão ser citados e comentados todos os elementos que compõem o projeto executivo; em especial, cada desenho que deverá ser apresentado com indicação do número, título e origem das informações que possibilitaram a sua elaboração.
- A instalação de instrumentos, se for o caso, para monitoramento do maciço, das fundações e da operação da barragem deve ser criteriosamente justificada, apresentando-se as razões que levaram à decisão de instrumentação da barragem, a correspondência entre as leituras dos instrumentos e os valores esperáveis ou previstos no projeto e as providências a serem tomadas em caso de discrepância.

Sugere-se, para o **Memorial Descritivo do Projeto**, a seguinte itemização:

1. INTRODUÇÃO
 - Ficha Técnica (ver modelo proposto)
 - Localização e Acesso
 - Lista de Desenhos
2. SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS
 - Topografia
 - Geotecnia
 - Hidrologia
 - Sismicidade
 - Composição dos Concretos e Argamassas
3. DESCRIÇÃO DO PROJETO
 - Barragem
 - Vertedouro
 - Tomada d'Água
 - Medidas Mitigadoras Socioambientais
4. ESPECIFICAÇÕES
5. ORÇAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS
6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO
7. EQUIPAMENTO MÍNIMO
8. CANTEIRO DE OBRA

6.2 - DESENHOS

Os desenhos devem ser apresentados de acordo com o indicado no item **2.3 - APRESENTAÇÃO DOS DESENHOS**, no original em tamanho A1 e em tamanho A3 no **Volume 2 - Desenhos**. Eles deverão ser preparados de modo que seu uso se faça, tanto quanto possível, independente da consulta a outros elementos do projeto. Para isso serão enriquecidos com legendas e detalhes explicativos que facilitem o entendimento sem a necessidade de se recorrer aos textos dos relatórios e especificações. Abaixo, informa-se uma listagem dos desenhos a serem apresentados, que deverá ser vista como uma simples sugestão que não deve inibir a liberdade do projetista em seu esforço de bem apresentar e detalhar o projeto. Esses desenhos são:

Visão Geral
Arranjo Geral das Obras
Etapas de Desvio e Detalhamento das Ensecadeiras
Etapas Construtivas
Bacia Hidráulica (vários)
Bacia Hidráulica - Visão Geral
Localização das Jazidas
Barragem - Planta e Perfil
Drenagem Superficial

Seções - Tipo da Barragem
Seções de Projeto da Barragem (vários)
Tratamento das Fundações
Vertedouro - Planta e Perfil
Escavações no Vertedouro
Vertedouro - Detalhamento (vários)
Tomada d'Água - Planta e Perfil
Tomada d'Água - Detalhamento (vários)
Instrumentação (vários)

A seguir, são apresentadas algumas observações sobre o conteúdo e a apresentação dos desenhos:

- O desenho **Visão Geral** deve conter a localização regional e municipal da barragem, uma planta da bacia de contribuição, um desenho em planta que permita uma visão esquemática da obra, as curvas cota/área e cota/volume do reservatório, a curva chave do vertedouro e uma tabela com as principais informações sobre a barragem.
- O **Arranjo Geral das Obras**, em uma planta reticulada com as coordenadas UTM, apresentará todas as obras, juntamente com os acidentes naturais, as edificações, rodovias, pontes, linhas de transmissão, adutoras, barragens e outros elementos que interfiram na construção e na operação da barragem.
- **Bacia Hidráulica - Visão Geral** apresentará em um único desenho, em escala conveniente, o levantamento planialtimétrico da bacia, com indicação do eixo da barragem e do vertedouro.
- O desenho **Localização das Jazidas** poderá não ser apresentado se a localização das ocorrências de materiais for indicada no **Arranjo Geral das Obras**. Em todo caso, uma indicação do possível acesso às jazidas deve ser apresentada.
- As seções e os detalhes que se referem às fundações das obras deverão indicar constituição do subsolo correspondente e deverão mostrar claramente quais os critérios adotados para definição da profundidade de assentamento da fundação, de modo a permitir adequações no campo em função de variações nas características do subsolo.
- No espaço reservado para Desenhos de Referência deverão ser indicados os desenhos que contenham quaisquer informações que auxiliem na compreensão do desenho em exame, como por exemplo: a localização de cortes, seções e detalhes apresentados.
- Em todos os desenhos deverão ser indicadas as origens dos materiais naturais (solo, areia, brita, cascalho e blocos de rocha) e a resistência ou o traço de concretos e argamassas. Quando os materiais naturais forem especificados em termos de granulometria ou dos tamanhos dos blocos, essas especificações deverão ser fornecidas sob a forma de notas ou curvas granulométricas, no desenho.

- Peças metálicas deverão ser suficientemente descritas com a indicação, no desenho, do tipo de material, resistência, dimensões das partes, espessuras dos cordões de solda (se existirem), tipo de eletrodo e tratamento anticorrosivo.
- Equipamentos industrializados devem ser perfeitamente identificados nos desenhos com indicação de fabricantes, modelos e características, independente de descrições mais cuidadosas que deverão ser apresentadas no texto para permitir a compra de similares.
- Os desenhos devem ser enriquecidos com notas e legendas facilitando o entendimento e reduzindo a necessidade de consulta aos outros elementos do projeto como texto, especificações etc.

6.3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

A memória descritiva, explicativa e justificativa de todos os cálculos realizados deverão ser apresentadas em um só volume (**Volume 4 - Memória de Cálculo**) de acordo com o que se recomenda a seguir:

- A memória poderá ser apresentada nas formas manuscrita (em cópia xérox), datilografada ou listagem de computador.
- Cada página da memória deverá conter um título indicando o objeto do cálculo, a data, o nome do técnico que realizou os cálculos e sua rubrica.
- Além da numeração geral do volume, cada conjunto de páginas relativas a uma dada parte do projeto e de responsabilidade de um mesmo técnico receberá uma numeração própria na forma n/N , onde n é o número da página e N a quantidade total de páginas do conjunto.
- Quando o procedimento de cálculo não for rotineiro, deverá ser indicada a fonte de consulta utilizada.
- A memória deve ser suficientemente explicada e detalhada para poder ter os seus cálculos entendidos e, se necessário, verificados por técnico especializado no assunto.

6.4 - ESPECIFICAÇÕES

As especificações contidas no **Volume 5 - Especificações** - deverão orientar a construção da barragem em todos os aspectos técnicos relativos aos procedimentos executivos; equipamentos usados e controle de qualidade dos serviços; características e controle de qualidade dos materiais; além da rigorosa definição das características dos equipamentos industrializados a serem adquiridos. Deverão conter, ainda, os procedimentos de medição e os critérios de pagamentos, com indicação dos itens correspondentes na planilha de orçamento. Algumas recomendações sobre as especificações são apresentadas a seguir:

- Cada item da especificação conterà:
 - » Introdução descrevendo o serviço ou equipamento a ser comprado, indicando onde será realizado ou instalado, finalidades, equipamentos usados, materiais e normas técnicas aplicáveis.

- » Descrição detalhada dos materiais empregados.
 - » Equipamentos utilizados.
 - » Controles de execução e critérios de aceitação.
 - » Procedimento de medição e forma de pagamento, fazendo referência ao item correspondente na planilha de orçamento.
- Os equipamentos industrializados a serem comprados serão objetos de cuidadosa e completa descrição de modo a possibilitar o cumprimento da legislação, que obriga a aceitação de similares sem que haja, no futuro, prejuízos na operação destes equipamentos
 - As especificações deverão conter todas informações necessárias, aos licitantes da construção da barragem, para os cálculos da composição dos preços.

6.5 - QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO

A planilha de orçamento deverá ser apresentada no **Volume 6 - Quantitativos e Orçamento**. Os itens do orçamento e as suas respectivas especificações deverão estar relacionados por meio de uma organização de códigos que permita ao leitor, a partir da identificação de um, associar a localização do correspondente. Assim, haverá uma rigorosa correspondência entre os itens do orçamento e os das especificações, não sendo orçado nenhum serviço, material ou equipamento que não esteja especificado e vice-versa.

Especial atenção deve ser dada na inclusão dos custos para atendimento às ações mitigadoras socioambientais descritas no **Memorial Descritivo do Projeto**.

6.6 - RELATÓRIO SÍNTESE

Este relatório, a ser apresentado no **Volume 7 - Relatório Síntese** - deverá possibilitar uma visualização geral do projeto e da obra, sem que seja necessária a leitura de todos os volumes do projeto. Para isso, sugere-se a seguinte organização:

1. INTRODUÇÃO
 - Localização e Acesso
 - Ficha Técnica
 - Volumes do Projeto Executivo
 - Lista de Desenhos
2. DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO
 - Visão Geral
 - Barragem
 - Vertedouro
 - Tomada d'Água
 - Medidas Mitigadoras Socioambientais
3. RESUMO DOS INVESTIMENTOS

7 - PLANO DE SEGURANÇA

Em complemento ao projeto, a critério do proprietário, poderá ser apresentado o **Plano de Segurança da Barragem** que deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Identificação do empreendedor.
- Dados técnicos da implantação do empreendimento e aqueles necessários à operação e à manutenção da barragem.
- Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe responsável pela segurança da barragem.
- Manuais de procedimentos que contemplarão os roteiros de inspeções de segurança, de monitoramento e dos relatórios de segurança de barragens.
- Planejamento das revisões periódicas de segurança.
- Regra operacional dos dispositivos de descarga.
- Indicação da área do entorno das instalações e respectivos acessos que deverão ser resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e operação da barragem.
- Plano de Ação Emergencial (PAE).
- Periodicidade de atualização do Plano de Segurança da Barragem.

ORGANIZAÇÃO DOS RELATÓRIOS

FASE A - DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

Estudos Preliminares

TOMO I - Relatório dos Estudos Preliminares

1. Introdução
2. Análise da Documentação Existente
 - 2.1. Cartografia
 - 2.2. Geologia
 - 2.2.1. Geologia Regional
 - 2.2.2. Geologia Local
 - 2.3. Hidrologia
 - 2.4. Socioeconômica
 - 2.5. Planejamento Regional
3. Reconhecimento
 - 3.1. Fotointerpretação
 - 3.2. Visita ao Local da Barragem
 - 3.3. Levantamento Geológico de Superfície
4. Planejamento dos estudos básicos
 - 4.1. Levantamentos Topográficos
 - 4.2. Estudos Hidrológicos
 - 4.3. Estudos Geotécnicos
 - 4.4. Estudos de Agregados
 - 4.5. Estudo de Sismicidade

Estudos Básicos

TOMO II - Relatório dos Estudos Básicos

Volume 1 - Hidrologia

1. Introdução
2. Caracterização da Bacia Hidrográfica
3. Dimensionamento do Reservatório
4. Dimensionamento do Vertedouro
5. Estudos Adicionais

Volume 1A - Hidrologia - Memória de Cálculo

1. Dados Hidrológicos
2. Memória de Cálculo

Volume 2 - Topografia

1. Introdução
2. Cartografia e Fotointerpretação
3. Transporte de Coordenadas
4. Transporte de Cotas
5. Levantamento do Eixo Barrável e Vertedouro
6. Levantamento da Bacia Hidráulica
7. Levantamento de Jazidas

Volume 2A - Topografia - Desenhos

Volume 2B - Topografia - Memória de Cálculo

Volume 2C - Topografia - Cadernetas de Campo

Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos

1. Introdução
2. Geologia
3. Investigação do Barramento
4. Investigação do Vertedouro
5. Estudo de Materiais
6. Desenhos

Volume 3A - Estudos Geotécnicos - Anexos

1. Sondagens do Barramento
2. Ensaio de Campo do Barramento
3. Ensaios de Laboratório do Barramento
4. Sondagem do Vertedouro
5. Ensaios de Campo do Vertedouro
6. Ensaios de Laboratório do Vertedouro
7. Sondagens das Jazidas
8. Ensaios de Campo das Jazidas
9. Ensaios de Laboratório das Jazidas

Volume 4 - Estudos de Agregados

Volume 5 - Estudos Sísmicos

Concepção Geral

TOMO III - Relatório de Concepção Geral

Volume 1 - Texto

1. Introdução
2. Análise dos Estudos Básicos
 - 2.1. Cartografia
 - 2.2. Topografia
 - 2.3. Geotecnia
 - 2.4. Hidrologia
 - 2.5. Agregados
 - 2.6. Sismicidade
3. Alternativas Examinadas
4. Otimização
5. Anteprojeto

Volume 2 - Desenhos

Volume 3 - Memória de Cálculo

FASE B - DETALHAMENTO DO PROJETO

Tomo IV - Relatório de Projeto

Volume 1 - Memorial Descritivo do Projeto

1. Introdução
 - 1.1. Ficha Técnica (ver modelo proposto no Anexo 1)
 - 1.2. Localização e Acesso
 - 1.3. Lista de Desenhos
2. Síntese dos Estudos Básicos
 - 2.1. Topografia
 - 2.2. Geotécnica
 - 2.3. Hidrologia
 - 2.4. Sismicidade
 - 2.5. Composição dos Concretos e Argamassas
3. Descrição do projeto
 - 3.1. Barragem
 - 3.2. Vertedouro
 - 3.3. Tomada d'Água
 - 3.4. Medidas Mitigadoras Socioambientais
4. Especificações
5. Orçamento e Análise de Custos
6. Cronograma de Execução
7. Equipamento Mínimo
8. Canteiro de Obra

Volume 2 - Desenhos

Visão Geral

1. Arranjo Geral das Obras
2. Etapas de Desvio e Detalhamento das Ensecadeiras
3. Etapas Construtivas
4. Bacia Hidráulica (vários)
5. Bacia Hidráulica - Visão Geral
6. Localização das Jazidas
7. Barragem - Planta e Perfil
8. Drenagem Superficial
9. Seções - Tipo da Barragem
10. Seções de Projeto da Barragem (vários)
11. Tratamento das Fundações
12. Vertedouro - Planta e Perfil
13. Escavações no Vertedouro
14. Vertedouro - Detalhamento (vários)
15. Tomada d'Água - Planta e Perfil
16. Tomada d'Água - Detalhamento (vários)
17. Instrumentação (vários)

Volume 3 - Composição de Concretos e Argamassas

Volume 4 - Memorial de Cálculo

Volume 5 - Especificações

Volume 6 - Quantitativos e Orçamento

Volume 7 - Relatório Síntese

1. Introdução
 - 1.1. Localização e Acesso
 - 1.2. Ficha Técnica
 - 1.3. Volumes do Projeto Executivo
 - 1.4. Lista de Desenhos
2. Descrição Geral do Projeto
 - 2.1. Visão Geral
 - 2.2. Barragem
 - 2.3. Vertedouro
 - 2.4. Tomada d'Água
 - 2.5. Medidas Mitigadoras Socioambientais
3. Resumo dos Investimentos

FICHA TÉCNICA

I - IDENTIFICAÇÃO	
I. 1 - DENOMINAÇÃO:	
I. 2 - ESTADO:	
I. 3 - MUNICÍPIO:	
I. 4 - BACIA:	
I. 5 - SUB BACIA:	
I. 6 - RIO BARRADO:	
I. 7 - COORDENADAS DO EIXO:	
II - PROJETO E CONSTRUÇÃO	
II. 1 - PROPRIETÁRIO:	
II. 2 - AUTOR DO PROJETO:	
II. 3 - DATA DO PROJETO:	
II. 4 - CUSTO DO PROJETO:	
II. 5 - CONSTRUTORA:	
II. 6 - CONTRATO:	
II. 7 - PRAZO DE CONSTRUÇÃO:	
II. 7.1 – INÍCIO PREVISTO:	
II. 7.2 – TÉRMINO PREVISTO:	
II. 8 - CUSTO DA CONSTRUÇÃO:	
III - OBJETIVO	
IV - DESAPROPRIAÇÃO	
IV. 1 - ÁREA DESAPROPRIADA:	ha
IV. 2 - DECRETO:	
IV. 3 - CUSTO:	
V - BENEFÍCIOS	
V. 1 - VOLUME DISPONÍVEL ANUAL:	X 10 ⁶ m ³
V. 2 - ÁREA IRRIGÁVEL ANUAL:	ha
V. 3 - POPULAÇÃO BENEFICIADA:	Hab. / Ano

VI - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
VI. 1 - BACIA HIDRÁULICA:		
VI. 1.1 - VOLUME ACUMULADO:		X 10 ⁶ m ³
VI. 1.2 - ÁREA:		ha
VI. 2 - VOLUME MORTO :		
VI. 2.1 - % do VOLUME ACUMULADO		%
VI. 3 - BACIA HIDROGRÁFICA:		
VI. 3.1 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL:		mm
VI. 3.2 - EVAPORAÇÃO MÉDIA ANUAL:		mm
VI. 3.3 - VOLUME AFLUENTE ANUAL:		X 10 ⁶ m ³
VI. 3.4 - COEFICIENTE DE RUN-OFF:		%
VI. 4 - VAZÃO REGULARIZADA :	(% de Garantia)	m ³ /s
VI. 5 - BARRAGEM PRINCIPAL:		
VI. 5.1 - TIPO:		
VI. 5.2 - COTA DO COROAMENTO:		m
VI. 5.3 - ALTURA ACIMA DA FUNDAÇÃO:		m
VI. 5.4 - ALTURA COM A FUNDAÇÃO:		m
VI. 5.5 - EXTENSÃO COROAMENTO:		m
VI. 5.6 - LARGURA DO COROAMENTO:		m
VI. 5.7 - VOLUME DE ESCAVAÇÃO PARA FUNDAÇÃO		m ³
VI. 5.8 - VOLUME DO MACIÇO:		m ³
VI. 5.8.1 - VOLUME DE ENROCAMENTO:		m ³
VI. 5.8.2 - VOLUME DE TRANSIÇÃO:		m ³
VI. 5.8.3 - VOLUME DO NÚCLEO IMPERMEÁVEL:		m ³
VI. 5.8.4 - VOLUME DE AREIA:		m ³
VI. 5.8.5 - VOLUME DE RANDOM:		m ³
VI. 5.8.6 - VOLUME DE CONCRETO:		m ³
VI. 5.8.7 - VOLUME DO ROCK-FILL:		m ³
VI. 5.8.8 - VOLUME DE RIP-RAP:		m ³
VI. 5.8.9 - VOLUME DE CASCALHO:		m ³
VI. 5.9 - LARGURA MÁXIMA DA BASE:		m
VI. 5.10 - TALUDE MONTANTE:	(H)	(V)
VI. 5.11 - TALUDE JUSANTE:	(H)	(V)
VI. 5.12 - CORTINA DE INJEÇÕES:		
VI.6 - BARRAGEM AUXILIAR I:		
VI. 6.1 - TIPO:		
VI. 6.2 - ALTURA MÁXIMA:		m
VI. 6.3 - EXTENSÃO PELO COROAMENTO:		m
VI. 6.4 - LARGURA DO COROAMENTO:		m
VI.6.5 - VOLUME DO MACIÇO:		m ³

VI. 7 - BARRAGEM AUXILIAR II:		
VI. 7.1 - TIPO:		
VI. 7.2 - ALTURA MÁXIMA:		m
VI. 7.3 - EXTENSÃO PELO COROAMENTO:		m
VI. 7.4 - LARGURA DO COROAMENTO:		m
VI. 7.5 - VOLUME DO MACIÇO:		m ³
VI. 8 - TOMADA D'ÁGUA:		
VI. 8.1 - TIPO:		
VI. 8.2 - DIÂMETRO:		mm
VI. 8.3 - COTA DO PORÃO:		m
VI. 8.4 - COTA BOCA DE MONTANTE:		m
VI. 8.5 - COTA BOCA DE JUSANTE:		m
VI. 8.6 - ALTURA DA TORRE:		m
VI. 8.7 - VOLUME ESCAVADO:		m ³
VI. 8.8 - VOLUME DE CONCRETO:		m ³
VI. 8.8.1 - ARMADO:		m ³
VI. 8.8.2 - CICLÓPICO:		m ³
VI. 8.9 - CONTROLE DE VAZÃO:		
VI. 8.10 - DESCARGA DE TRABALHO:		m ³ /s
VI. 8.11 - COMPRIMENTO:		m
VI. 8.12 - LOCALIZAÇÃO - ESTACA:		m
VI. 9 - VERTEDOURO:		
VI. 9.1 - TIPO:		
VI. 9.2 - LARGURA:	m (topo)	m (base)
VI. 9.3 - VAZÃO AFL. MAX. DE PROJ:		m ³ /s
VI. 9.4 - LÂMINA MÁXIMA PREVISTA:		m
VI. 9.5 - FOLGA:		m
VI. 9.6 - VOLUME DE CORTE:		m ³
VI. 9.7 - COTA DA SOLEIRA:		m
VI. 9.8 - VOLUME DA ESTRUTURA:		m ³
VI. 10 - MURO DE PROTEÇÃO:		
VI. 10.1 - ALTURA MÁXIMA:		m
VI. 10.2 - COMPRIMENTO NA OMBREIRA DIREITA:		m
VI. 10.3 - COMPRIMENTO NA OMBREIRA ESQUERDA:		m
VI. 10.4 - TIPO / MATERIAL:		
VI. 10.5 - VOLUME DA ESTRUTURA:		m ³
VI. 11 - INSTRUMENTAÇÃO:		

BIBLIOGRAFIA

- » 100 Barragens Brasileiras. FAPESP. Cruz, P. T.. São Paulo. SP. 1996.
- » Barragens de Enrocamento com Face de Concreto. Comitê Brasileiro de Barragens - Núcleo Regional de São Paulo. 2004.
- » Barragens e Peixes - Análise Crítica e Recomendações. Comitê Brasileiro de Barragens. 2003.
- » Contribuições para o Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado. Andriolo, F. R.. Barber Greene. 1989.
- » Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas. Eletrobrás. 2003.
- » Currents Trends in Design and Construction of Embankments Dams. Wilson, D. W., Marsal, R. J.. American Society of Civil Engineers. New York. USA . 1979.
- » Dam Safety: Na Owner's Guidance Manual. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C. USA .1987.
- » Design of Gravity Dams. US Bureau of Reclamation. Denver. USA. 1976.
- » Design of Small Dams. US Bureau of Reclamation. Denver. USA .1987.
- » Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios. Proágua. 2005.
- » Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas. Eletrobrás. 1999.
- » Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Eletrobrás. 1999.
- » Earth and Earth-Rock Dams. Sherard, J. L. e outros. John Wiley and Sons, Inc. New York. USA .1963.
- » Federal Guidelines for Dam Safety - Earthquake Analyses and Design of Dams. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C. USA. 2005.
- » Federal Guidelines for Dam Safety - Selecting and Accommodating Inflow Designs Floods for Dams. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C. USA .2004.
- » Federal Guidelines for Dam Safety. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C. USA .2004.
- » Indiana Dam Safety Inspection Manual. Department of Natural Resources. Indianapolis. USA . 2003.
- » Instrução Normativa STN Nº 01, de 15 de Janeiro de 1997.
- Instruções para Estudos de Viabilidade de Usinas Hidrelétricas. Eletrobrás.1997.

- » Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragens. Ministério da Integração Nacional. Brasília. 2005.
- » Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Ministério da Integração Nacional. Brasília. 2002.
- » Manual do pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro. Molle, F. e Cadier, E. Sudene. Recife, 1992.
- » Risk Assesment in Dam Safety Management. International Commission on Large Dams. New York. USA .2005.
- » Roteiro para Projeto de Pequenos Açudes. Vieira, V.P.P.B. e outros. Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 1996.
- » Safety Evaluation of Existing Dams. US Bureau of Reclamation. Denver. USA .1995.
- » Safety of Existing Dams - Evaluation and Improvement. National Academy Press. Washington, D.C. USA .1995.
- » Segurança de Barragens no Estado do Ceará. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza. 2001.
- » Sistema de Monitoramento Automático das Barragens - Recomendação e Exemplos. Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro. 2005.



Ministério da
Integração Nacional

