

Manual do Empreendedor sobre **Segurança** **de Barragens**

Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem

Volume



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Manual do Empreendedor sobre **Segurança de Barragens**

Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem

Volume



República Federativa do Brasil

Michel Miguel Elias Temer Lulia
Vice-Presidente da República no Exercício do Cargo de Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente

José Sarney Filho
Ministro

Agência Nacional de Águas**Diretoria Colegiada**

Vicente Andreu Guillo (Diretor-Presidente)
Paulo Lopes Varella Neto
João Gilberto Lotufo Conejo
Gisela Damm Forattini
Ney Maranhão

Secretaria-Geral (SGE)

Mayui Vieira Guimarães Scafura

Procuradoria-Federal (PF/ANA)

Emiliano Ribeiro de Souza

Corregedoria (COR)

Elmar Luis Kichel

Auditoria Interna (AUD)

Edmar da Costa Barros

Chefia de Gabinete (GAB)

Horácio da Silva Figueiredo Júnior

Gerência Geral de Articulação e Comunicação (GGAC)

Antônio Félix Domingues

Gerência Geral de Estratégia (GGES)

Bruno Pagnoccheschi

Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR)

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica Nacional (SGH)

Valdemar Santos Guimarães

Superintendência de Tecnologia da Informação (STI)

Sérgio Augusto Barbosa

Superintendência de Apoio ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SAS)

Humberto Cardoso Gonçalves

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos (SIP)

Ricardo Medeiros de Andrade

Superintendência de Regulação (SRE)

Rodrigo Flecha Ferreira Alves

Superintendência de Operações e Eventos Críticos (SOE)

Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho

Superintendência de Fiscalização (SFI)

Flávia Gomes de Barros

Superintendência de Administração, Finanças e Gestão de Pessoas (SAF)

Luís André Muniz

Agência Nacional de Águas

Ministério do Meio Ambiente

Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem

Manual do Empreendedor sobre
Segurança de Barragens
Volume III

Superintendência de Regulação (SRE)

Brasília – DF
ANA
2016

© 2016, Agência Nacional de Águas (ANA).

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T.
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: (61) 2109 5400 / (61) 2109-5252
www.ana.gov.br

Comitê de Editoração

João Gilberto Lotufo Conejo
Diretor

Reginaldo Pereira Miguel
Representante da Procuradoria Federal

Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Ricardo Medeiros de Andrade
Joaquim Guedes Correa Gondim Filho
Superintendentes

Mayui Vieira Guimarães Scafura
Secretária Executiva

Supervisão editorial

Ligia Maria Nascimento de Araújo –
Coordenadora
Carlos Motta Nunes

Elaboração

Ricardo Oliveira – COBA, S.A
Lúcia Almeida – COBA, S.A
José Oliveira Pedro – COBA, S.A
António Pereira da Silva – COBA, S.A
António Alves – COBA, S.A
José Rocha Afonso – COBA, S.A
Flávio Miguez – COBA, S.A
Maria Teresa Viseu – LNEC, Portugal

Foto de capa:

UHE Barra Grande / Anita Garibaldi (SC) e
Pinhal da Serra (RS)
Crédito: Baesa / Banco de Imagens da ANA

Revisão dos originais

Alexandre Anderáos
André César Moura Onzi
André Torres Petry
Fernanda Laus de Aquino
Helber Nazareno de Lima Viana
Josimar Alves de Oliveira
Marcus Vinícius Araújo Mello de Oliveira
Nádia Eleutério Vilela Menegaz
Sérgio Ricardo Toledo Salgado
Erwin De Nys – Banco Mundial
Paula Freitas – Banco Mundial
Maria Inês Muanis Persechini – Banco
Mundial
José Hernandez – Banco Mundial
Orlando Vignoli Filho – Banco Mundial
Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB
– auxílio na análise das contribuições da
Audiência Pública

Todos os direitos reservados.

**É permitida a reprodução de dados e
informações contidos nesta publicação,
desde que citada a fonte.**

Catálogo na fonte: CEDOC / BIBLIOTECA

A265d	Agência Nacional do Aguas (Brasil). Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barra- gem. -- Brasília: ANA, 2016. 66 p. il. – (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, 3) ISBN 978-85-8210-039-4 ISBN 978-85-8210-036-3 (Coleção) 1. Recursos Hídricos – Gestão 2. Barragem – Segurança. I. Título. CDU 627.82
-------	--

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Exemplo de Hidrogramas de cheias afluentes a um local de barragem, para vários períodos de recorrência	21
Figura 2.	Exemplo de um Hidrograma de vazões afluente e efluente de uma barragem (T=1000 anos)	21
Figura 3.	Seção geológica do maciço de fundação da barragem em CCR de Ribeiradio, Portugal	22
Figura 4.	Zoneamento geotécnico e tratamento da fundação da barragem de Ribeiradio (Portugal)	23
Figura 5.	Mapa de risco sísmico na América do Sul. Aceleração máxima na rocha com a probabilidade de 90% de não ser excedido, para um período de 50 anos	25
Figura 6.	Distribuição dos módulos de deformabilidade da fundação da barragem de Cambambe (Angola)	26
Figura 7.	Barragem de Gargar (Argélia)	29
Figura 8.	Barragem do Funcho (Portugal). Tratamento de fundação.	34
Figura 9.	Barragem de Iraí, Paraná	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tempos de recorrência mínimos (anos) recomendados para as cheias de projeto.	21
Quadro 2. Estudos hidrológicos a desenvolver em função do porte da barragem.	21
Quadro 3. Critérios Mínimos Usuais para Sismos de Projeto. (Fonte: MI, 2002)	25
Quadro 4. Estudos geológicos e geotécnicos e sismológicos a desenvolver em função do porte da barragem.	25
Quadro 5. Estudos do comportamento da fundação e do reservatório a desenvolver em função do porte da barragem.	27
Quadro 6. Avaliação dos elementos disponíveis relativos às estruturas extravasoras e de operação a desenvolver em função do porte da barragem.	30
Quadro 7. Avaliação de aspectos específicos de barragens de terra e de enrocamento a desenvolver em função do porte da barragem.	32
Quadro 8. Avaliação de aspectos específicos de barragens de concreto a desenvolver em função do porte da barragem.	35
Quadro 9. Revisão dos procedimentos de operação e manutenção a desenvolver em função do porte da barragem.	36
Quadro 10. Dimensionamento da equipe técnica em função do porte e do tipo da barragem.	41

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CAP – Cheia afluyente de projeto

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CMP – Cheia máxima de projeto

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

FEMA – Federal Emergency Management Agency

GSHAP – Global Seismic Hazard Assessment Program

ICOLD – International Commission on Large Dams

MI – Ministério da Integração Nacional

PAE – Plano de Ação de Emergência

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB – Plano de Segurança da Barragem

SMP – Sismo máximo de projeto

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

SUMÁRIO

MANUAL DO EMPREENDEDOR SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS	12
ESCLARECIMENTOS AO LEITOR	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 COLETA DE DOCUMENTAÇÃO DA BARRAGEM E DE DADOS BÁSICOS	18
3 INSPEÇÃO DETALHADA	19
4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	20
5 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS E SISMOLÓGICOS	22
6 ESTUDOS DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO E DO RESERVATÓRIO	26
7 AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS E DE OPERAÇÃO	28
7.1 VERTEDOURO	28
7.2 DESCARREGADOR DE FUNDO	29
7.3 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, SUA COLOCAÇÃO EM OBRA E ENSAIOS DE CONTROLE	29
7.4 CONDIÇÕES E TRATAMENTOS DE FUNDAÇÃO	29
8 ASPECTOS ESPECÍFICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS DE TERRA E DE ENROCAMENTO	31
8.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DO ATERRO, SUA COLOCAÇÃO EM OBRA E ENSAIOS DE CONTROLE	31
8.2 CONDIÇÕES E TRATAMENTOS DE FUNDAÇÃO	31
8.3 ANÁLISES ADICIONAIS DE VERIFICAÇÃO DO PROJETO	32
9 ASPECTOS ESPECÍFICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS DE CONCRETO	33
9.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, SUA COLOCAÇÃO EM OBRA E ENSAIOS DE CONTROLE	33
9.2 CONDIÇÕES E TRATAMENTOS DE FUNDAÇÃO	33
9.3 ANÁLISES ADICIONAIS DE VERIFICAÇÃO DO PROJETO	34
10 REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM	36
11 REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS, EQUIPAMENTOS E REGISTROS DE INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO	37
12 REAVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO E DO DANO POTENCIAL ASSOCIADO	39
13 DOCUMENTOS RESULTANTES DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM	40
14 EQUIPE	41
15 PERIODICIDADE	42
16 DATAS-LIMITE	42
17 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXO - ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DE TERMO DE REFERÊNCIA DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM	44

MANUAL DO EMPREENDEDOR SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS

INTRODUÇÃO GERAL

As barragens, compreendendo o barramento, as estruturas associadas e o reservatório, são obras necessárias para uma adequada gestão dos recursos hídricos e contenção de rejeitos de mineração ou de resíduos industriais. Sua construção e operação podem, no entanto, envolver danos potenciais para as populações e os bens materiais e ambientais existentes no entorno.

A segurança de barragens é um aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, como as autoridades legais e os empreendedores, bem como os agentes que lhes dão apoio técnico nas atividades, relativas à concepção, ao projeto, à construção, ao comissionamento, à operação e, por fim, ao descomissionamento (desativação), as quais devem ser proporcionais ao tipo, dimensão e risco envolvido.

Para garantir as necessárias condições de segurança das barragens ao longo da sua vida útil, devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Essas medidas, se devidamente implementadas, asseguram uma probabilidade de ocorrência de acidente reduzida ou praticamente nula, mas devem, apesar disso, ser complementadas com medidas de defesa civil para minorar as consequências de uma possível ocorrência de acidente, especialmente em casos em que se associam danos potenciais mais altos.

As condições de segurança das barragens devem ser periodicamente revisadas, levando em consideração eventuais alterações resultantes do envelhecimento e deterioração das estruturas ou de outros fatores, como o aumento da ocupação nos vales a jusante.

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, conhecida como Lei de Segurança de Barragens, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), considerando os aspectos referidos, além de outros, e definiu atribuições e

formas de controle necessárias para assegurar as condições de segurança das barragens.

A Lei de Segurança de Barragens atribui aos empreendedores e aos responsáveis técnicos por eles escolhidos a responsabilidade por desenvolver e implementar o Plano de Segurança da Barragem, de acordo com metodologias e procedimentos adequados para garantir as condições de segurança necessárias. No Brasil, os empreendedores são de diversas naturezas: públicos (federais, estaduais ou municipais) e privados, sendo sua capacidade técnica e financeira também muito diferenciadas.

No presente **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens**, pretende-se estabelecer orientações gerais quanto às metodologias e procedimentos a ser adotados pelos empreendedores, visando a assegurar adequadas condições de segurança para as barragens pelas quais são responsáveis, ao longo das diversas fases da vida das obras, designadamente, as fases de planejamento e projeto, de construção e primeiro enchimento, de operação e de descomissionamento (desativação).

O manual aplica-se às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos. Para o caso dos empreendimentos que têm uso preponderante de geração hidrelétrica, devem ser observadas as recomendações da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras), constantes de seus normativos e manuais.

Os procedimentos, estudos e medidas com vista à obtenção ou concessão de licenças ambientais, necessárias para a implantação dos empreendimentos, não são considerados no presente manual, bem como os procedimentos para a gerência das obras ou das empreitadas que regem a construção.

O presente manual compreende oito guias, constituintes dos seguintes volumes:



Volume I – Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem, no qual se apresenta um modelo padrão e respectivas instruções para elaboração do Plano de Segurança da Barragem.



Volume II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem procedimentos, conteúdo e nível de detalhamento e análise dos produtos finais das inspeções de segurança.



Volume III – Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem orientações para a realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.



Volume IV – Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência (PAEs), no qual se apresentam o conteúdo e organização de um PAE.



Volume V – Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser contemplados nos projetos, do ponto de vista da segurança.



Volume VI – Diretrizes para a Construção de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser respeitados, de forma a garantir a segurança das obras durante e após a construção.



Volume VII – Diretrizes para a Elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais para a elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação, que devem orientar a execução dessas atividades, de modo a assegurar um adequado aproveitamento das estruturas construídas, respeitando as necessárias condições de segurança.



Volume VIII – Guia Prático de Pequenas Barragens, no qual se descrevem procedimentos práticos de operação, manutenção, inspeção e emergência para pequenas barragens de terra.

Observa-se que o volume destacado se refere ao assunto desenvolvido no presente documento.

Os guias devem ser entendidos como documentos evolutivos, devendo ser revisados, complementados, adaptados ou pormenorizados, de acordo com a experiência adquirida com sua aplicação, bem como com a evolução da tecnologia disponível e a legislação vigente.

ESCLARECIMENTOS AO LEITOR

O que é uma Revisão Periódica de Segurança de Barragem?

De acordo com o art. 10 da Lei nº 12.334 de 20 de Setembro de 2010, “Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem”.

Portanto, a revisão periódica é um amplo procedimento de segurança de barragem exigido pela Lei que deve ter uma periodicidade e conteúdo estabelecidos pelas entidades fiscalizadoras. A revisão periódica é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem.

Para que Serve?

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem serve para verificar o estado geral da barragem e recomendar medidas necessárias para assegurar condições adequadas de operação e segurança da barragem e seus demais componentes associados.

A quem se destina?

Destina-se a empreendedores públicos e privados, a quem compete a realização da revisão periódica de segurança de suas barragens com uma periodicidade em função da categoria de risco e do dano potencial.

O que é o Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem?

Este Guia é um documento destinado a orientar os empreendedores de barragens na realização de Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Qual o conteúdo do Guia?

O presente Guia contém orientações para os empreendedores conduzirem a Revisão Periódica de Segurança de Barragem em fases importantes da sua vida e elaborarem o respectivo relatório.

O Guia aborda a atualização dos estudos hidrológicos, geológicos e geotécnicos, sistmológicos, os estudos de comportamento estrutural, executados à época do projeto, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto das barragens de terra e de enrocamento, barragens de concreto e estruturas auxiliares. A revisão periódica inclui relatório conclusivo sobre o estado geral da barragem e de suas condições de segurança, bem como recomendações para atualização dos critérios de projeto adotados e a correção de eventuais anomalias encontradas.

Ademais, o Guia contém anexo com uma orientação ao empreendedor para a elaboração do termo de referência para a contratação da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

O que é um termo de referência?

Conforme o Decreto Federal nº 3.555/00 (art. 8º, inciso II),

O termo de referência é o documento que deverá conter elementos capazes de propiciar a avaliação do custo pela Administração, diante de orçamento detalhado, considerando os preços praticados no mercado, a definição dos métodos, a estratégia de suprimento e o prazo de execução do contrato.

As orientações contidas neste guia, referentes ao termo de referência, servirão para auxiliar não somente a administração pública, mas também empreendedores privados na contratação dos serviços requeridos para realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Porte da barragem:

As atividades a serem desenvolvidas na Revisão Periódica são uma função do porte da barragem. Esse conhecimento é importante e necessário para a definição das atividades que compõem a revisão periódica, bem como para o dimensionamento da equipe técnica.

Para tanto, este Guia utiliza o Fator X proposto pelas Normas Francesas e pelo Boletim da ICOLD nº 157:

$$X = H^2 \sqrt{V}$$

em que H é a altura da barragem em metros e V a capacidade do reservatório em hm³, de acordo com o quadro seguinte. Porte da barragem em função do Fator X.

Porte da barragem	Fator x
Pequeno	X < 400
Médio	400 < X < 1000
Grande	X > 1000

1 INTRODUÇÃO

Conforme a Lei 12.334/2010, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem tem o objetivo de verificar o estado geral da barragem considerando o estado atual da arte para critérios de projeto. Assim, aborda-se neste Guia a atualização dos estudos hidrológicos e analisam-se os estudos geológicos e geotécnicos, os estudos sismológicos e os estudos de comportamento estrutural e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

O conteúdo mínimo, o nível de detalhamento e a equipe técnica da Revisão Periódica de Segurança da Barragem referidos neste Guia estão definidos em diversos documentos e normas, designadamente na Resolução nº 91 de 02 de Abril de 2012 da ANA. Neste Guia foram ainda consideradas as recomendações sobre a Revisão Periódica de Segurança dispostas nas Normas Espanholas (Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, 1996) que estão em fase de revisão e serão brevemente publicadas, nas Normas Francesas (Ministère de l'Écologie, 2007) nas normas do USACE (2011), no Manual do MI (2002) e no Manual do SEED (1980).

O Guia inicia-se referindo à coleta de informações da barragem e de dados básicos e à inspeção detalhada de campo (aos moldes da inspeção especial prevista na Lei 12.334/2010 e abordada no Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, seguindo-se de um conjunto de aspectos gerais, comuns a todos os tipos de barragens e órgãos auxiliares, com destaque para considerações de natureza hidrológica, geológica, geotécnica e sismológica, bem como abordagem do

comportamento das fundações da barragem e do reservatório e da avaliação das estruturas extravasoras e de operação.

Em seguida, aborda aspectos específicos referentes à Revisão Periódica de Barragens de Terra e de Enrocamento e de Barragens de Concreto.

Em relação a cada uma dessas estruturas figura um roteiro com as principais atividades a desenvolver, considerando que existem elementos de projeto (memória, especificações, desenhos do projeto e como construído) e outra documentação relativa ao projeto e construção das obras.

Além disso, ao final de cada capítulo, onde cabíveis, são estabelecidas as avaliações que devem ser realizadas em função do porte das barragens, de forma a não onerar os empreendedores em atividades desnecessárias para suas barragens.

O Guia aborda ainda aspectos referentes à revisão de procedimentos de operação e manutenção da barragem e de instrumentação e monitoramento.

Após essa descrição, aborda-se a questão da Reavaliação da Categoria de Risco e do Dano Potencial Associado, nos termos da Resolução nº 143 do CNRH, de 2012, fazem-se recomendações sobre o Relatório Final e seu conteúdo, sobre a composição da Equipe responsável pela Revisão, sobre a periodicidade da Revisão Periódica e sobre os prazos para a realização das revisões em função do número de barragens do empreendedor.

Ocorrem situações de barragens de qualquer tipo em que não é possível dispor do respectivo projeto, ou de elementos de projeto

e de outras informações relevantes para a barragem. Nesses casos, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem será baseada essencialmente em estudos a realizar de natureza geológica, geotécnica, sísmológica e hidrológica, e na inspeção de segurança detalhada. Com base nos resultados desses estudos, será elaborado um relatório onde realizar-se-á o dimensionamento hidráulico dos órgãos extravasores existentes e far-se-ão recomendações para estudos adicionais e eventuais melhorias.

Nas situações em que se dispõe do projeto da barragem e demais elementos (construção, operação, manutenção e monitoramento), a Revisão Periódica contemplará, como anteriormente referido, a análise dessas informações, a eventual atualização dos estudos, a

inspeção detalhada, aos moldes da inspeção especial, e recomendações para melhorias, se forem consideradas necessárias.

Quando se tratar de Revisões Periódicas de Segurança, na sequência de outras anteriormente realizadas, as atividades a executar poderão ser simplificadas, em especial se já abordadas em relatórios dessas anteriores revisões, como seja a análise do projeto da barragem.

No anexo deste guia há uma série de orientações para a elaboração de um termo de referência para a contratação da revisão periódica de segurança de barragem, com o objetivo de orientar o empreendedor nessa tarefa.

2 COLETA DE DOCUMENTAÇÃO DA BARRAGEM E DE DADOS BÁSICOS

Como primeiro procedimento em uma Revisão Periódica de Segurança de Barragem, o empreendedor deve colocar à disposição da equipe de técnicos que realizará a revisão a documentação disponível referente ao projeto, à construção e à operação/manutenção da barragem.

Lista de documentos a serem disponibilizados pelo empreendedor, caso existam:

Projeto Executivo da Barragem e/ou "as built";

Documentação relativa à barragem, em particular, plano de monitoramento e instrumentação e registros da instrumentação e relatórios de inspeção de segurança;

Relatórios de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, anteriormente elaborados;

Planos de operação e de manutenção da barragem;

Descrição de intervenções de reabilitação anteriormente realizadas;

Plano de Ação de Emergência (PAE).

Várias das análises realizadas no âmbito da Revisão Periódica, tais como estudos hidrológicos, geológicos, geotécnicos e sismológicos, fazem uso de dados e informações fornecidas por instituições públicas ou privadas. Como referência para consulta, apresenta-se a seguir as instituições que disponibilizam essas informações em âmbito nacional:

Dados hidrológicos

Agência Nacional de Águas – ANA
(www.ana.gov.br);

Dados meteorológicos

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – INPE,
(<http://www.cptec.inpe.br/>);

Dados geológicos, geomorfológicos e hidrológicos

Serviço Geológico do Brasil,
(<http://www.cprm.gov.br/>);

Dados de mineração

Departamento Nacional de Produção Mineral, (<http://www.dnpm.gov.br/>);

Dados de mineração

Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo, (<http://www.moho.iag.usp.br/portal/>); Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, (<http://www.obsis.unb.br/>)

Instituições de atuação regional podem e devem também ser consultadas, mas devido à grande diversidade e abrangência, não são apresentadas neste guia.

3 INSPEÇÃO DETALHADA

Após a análise da documentação existente, deve ser feita uma inspeção de segurança detalhada, abrangendo a barragem e seus órgãos extravasores e de operação, o reservatório e área a jusante.

Essa inspeção detalhada, aos moldes da inspeção especial prevista na Lei 12.334/2010 e abordada no Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, a ser realizada por equipe de especialistas, tem como objetivo verificar se a operação do reservatório se faz em condições de segurança. A inspeção deve ser particularmente cuidadosa, visando a identificação de eventuais anomalias que poderão interferir na segurança da barragem e proceder à leitura da instrumentação instalada, se for o caso.

A inspeção detalhada, integrando as suas diversas etapas, desde o seu planejamento, execução no campo e avaliação e apresentação dos resultados, poderá seguir os procedimentos

constantes do Guia de Orientação e Formulários para Inspeção de Segurança de Barragens.

No caso de não existir documentação técnica sobre a barragem, a inspeção detalhada revestir-se-á de importância essencial no julgamento da segurança de barragem. No decorrer da inspeção pode considerar-se conveniente a realização de trabalhos expeditos de campo, tais como poços, trincheiras, trados manuais, leituras de escalas limnimétricas e de medidores de vazão.

Se a inspeção detalhada evidenciar anomalias aparentemente graves, a exemplo de fissuras, zonas de tensões elevadas, deslizamentos, etc., elas deverão ser avaliadas, e o Relatório Final deverá propor investigações e estudos específicos visando o esclarecimento da sua gravidade e a implementação de medidas para reforço da segurança da barragem, se for o caso.

4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os documentos do projeto e construção de uma barragem deverão conter, em princípio, os estudos hidrológicos e de simulação da operação do reservatório, que permitiram proceder ao dimensionamento hidráulico dos órgãos extravasores e de operação, assim como definir determinados parâmetros relativos ao dimensionamento da barragem.

Os estudos hidrológicos originais devem ser objeto de revisão, incorporando novos dados básicos obtidos no período compreendido entre o projeto da barragem e a revisão periódica de segurança, assim como as possíveis variações das características hidrológicas ao longo do tempo (alterações de usos de água a montante, alterações climáticas, entre outros).

Em tal revisão, devem ser obtidos e atualizados os seguintes dados básicos:

Características fisiográficas, climáticas, de cobertura vegetal e de ocupação da bacia hidrográfica da barragem, se existirem alterações significativas desde a data de elaboração do estudo hidrológico anterior (desmatamento, urbanização, entre outros);

Distribuição estatística da precipitação anual e das precipitações mensais na área da bacia hidrográfica da barragem, utilizando os registos disponíveis (na ausência de estudo hidrológico original e/ou anterior);

Distribuição estatística das precipitações extremas sobre a área da bacia hidrográfica da barragem, com duração associada ao tempo de concentração (na ausência de estudo hidrológico original e/ou anterior);

Deflúvios anuais e mensais afluentes à seção da barragem;

Vazões máximas instantâneas ou, na falta desses dados, vazões médias diárias máximas anuais;

Registros adicionais sobre vazões de cheia (informação histórica), incluindo marcas de cheia, testemunhos verbais e registos escritos;

Registros das leituras de níveis de água no reservatório da barragem;

Registros de vazões dos órgãos extravasores;

Registros das vazões fornecidas para irrigação e para abastecimento de água;

Atualização do inventário da ocupação do vale a jusante sujeito à inundação provocada pelo rompimento da barragem.

Face à dinâmica das ocupações, deve ser avaliada na Revisão periódica de Segurança de Barragem a necessidade de atualização de estudos de inundações em função das cheias de projeto e de ruptura.

No caso de barragens com dano potencial associado alto e/ou médio, os estudos de rompimento de barragem e o Plano de Ação de Emergência (PAE), quando existentes, devem ser revistos, incluindo a definição de sistemas de aviso e previsão de cheias (ver Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência).

A revisão dos estudos hidrológicos permitirá obter fundamentalmente os seguintes elementos:

- Hidrogramas das cheias naturais para vários períodos de recorrência (exemplo: **Figura 1**);
- Hidrograma da cheia natural e modificada (exemplo: **Figura 2**), para verificação da adequação dos órgãos extravasores existentes e/ou das suas regras de operação, considerando os tempos de recorrência mínimos recomendados no **Quadro 1**, de acordo com a informação atual sobre o tipo, altura e classificação da barragem;
- Atualização das regras de operação do reservatório.

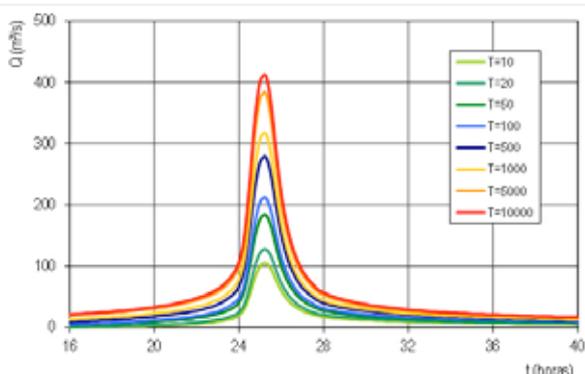


Figura 1. Exemplo de Hidrogramas de cheias afluentes a um local de barragem, para vários períodos de recorrência. (Fonte: COBA, S.A.)

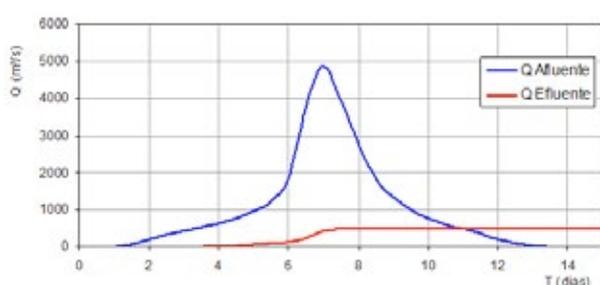


Figura 2. Exemplo de um Hidrograma de vazões afluente e efluente de uma barragem (T=1000 anos). (Fonte: COBA, S.A.)

Quadro 1. Tempos de recorrência mínimos (anos) recomendados para as cheias de projeto.

Altura, h (m)	Volume, V (hm³)	Tempo de recorrência (anos)
$h \geq 30$	$V \geq 50$	CMP
$15 \leq h < 30$	$03 \leq V < 50$	1000
$h < 15$	$V < 03$	500

*CMP: Cheia máxima provável

No caso da não existência de documentação anterior relativa a estudos hidrológicos, os mesmos deverão ser efetuados na íntegra, baseados nos dados básicos atuais, abrangendo todos os estudos e avaliações referidos anteriormente.

As conclusões dos estudos hidrológicos devem incluir recomendações de natureza hidráulica visando a adequação dos aspectos relevantes da barragem, tais como capacidade de descarga do vertedouro, borda livre (diferença entre a cota da crista e o nível de máxima bem covertedouro e repercussões sobre as estruturas a jusante do vertedouro.

O **Quadro 2** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver nos estudos hidrológicos.

Quadro 2. Estudos hidrológicos a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Obtenção e atualização de dados básicos	X	X	X
2. Obtenção e atualização dos seguintes elementos:			
a) Hidrogramas das cheias naturais para vários períodos de recorrência	X	X	X
b) Hidrograma das cheias naturais e modificadas para vários períodos de recorrência para verificação da adequação dos órgãos extravasores existentes e/ou das suas regras de operação	X	X	X
c) Atualização das regras de operação do reservatório	X(*)	X	X
3. Atualização do estudo de inundação das cheias de projeto e de ruptura	X(*)	X	X

P – pequeno	NA – Não aplicável
M – médio	X(*) – Estudos simplificados
G – grande	X – Estudos detalhados

5 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS E SISMOLÓGICOS

Em relação aos estudos geológicos e geotécnicos realizados, deve ser feita uma avaliação de caráter geral sobre eventual evolução das condições geológicas que possa afetar, em especial, o maciço de fundação da barragem. O especialista em geotécnica deverá julgar a necessidade de novos estudos, bem como a abrangência e a profundidade das eventuais investigações.

Os estudos geológicos devem:

- Revisar os mapas geológicos, desenhos, seções tipo, programa de investigações realizado, classificação dos testemunhos das sondagens, interpretações geológicas que

incluem os locais da barragem, os órgãos auxiliares e o reservatório;

- Dar atenção particular aos aspectos que influenciam o projeto, designadamente, as zonas de cisalhamento, falhas, diaclases, cavernas, deslizamentos e os materiais de construção (ICOLD; 2005).

Na **Figura 3** apresenta-se a seção geológica do maciço de fundação da barragem em CCR de Ribeiradio (Portugal), evidenciando forte tectonismo em resultado de se tratar de um complexo de contato entre distintas formações geológicas.

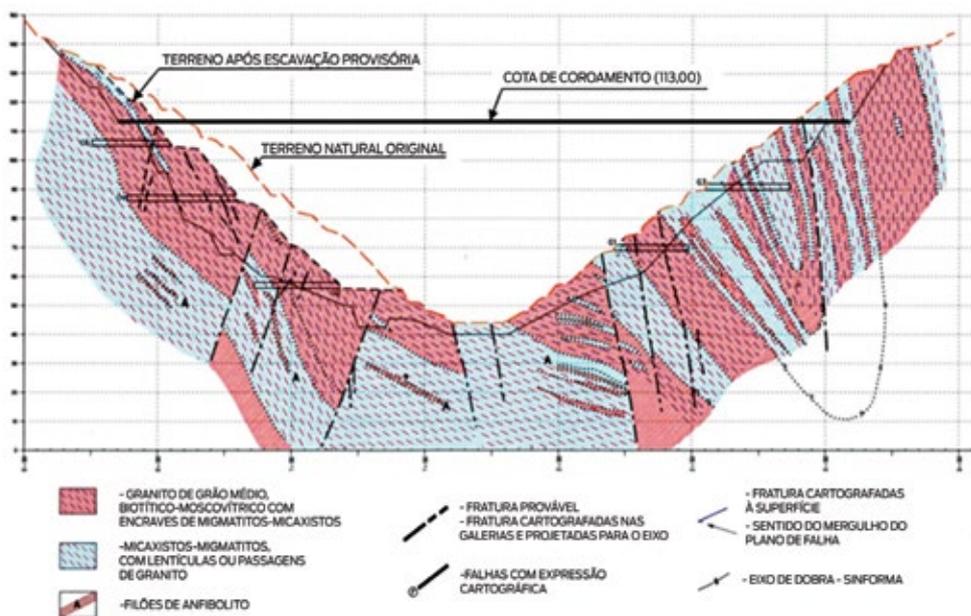


Figura 3. Seção geológica do maciço de fundação da barragem em CCR de Ribeiradio, Portugal.
(Fonte: COBA, S.A.)

Os estudos geotécnicos devem:

- Revisar os ensaios de laboratório e de campo executados no maciço de fundação e os relativos aos materiais de construção;
- Revisar os registros dos níveis de água, antes e depois do enchimento do reservatório;
- Revisar os relatórios geotécnicos desde os preliminares até os relatórios da construção;
- Correlacionar a atitude das discontinuidades com a estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação e cargas na barragem e reservatório;
- Analisar a compatibilidade da caracterização geotécnica definida no projeto com a situação encontrada durante a construção da barragem;

- Reavaliar os estudos de percolação, estabilidade e os valores de controle da instrumentação adotados no projeto com o atual comportamento da estrutura.

Na **Figura 4** apresenta-se o zoneamento geotécnico do maciço de fundação da barragem de concreto de Ribeiradio (Portugal), onde se identificou a superfície de fundação e os limites a atingir com os tratamentos de consolidação e de impermeabilização, em função dos parâmetros geotécnicos definidos nos estudos.

Em conclusão, os estudos geológicos e geotécnicos devem possibilitar a avaliação do maciço de fundação e dos materiais de construção e recomendar investigações complementares, se necessárias.

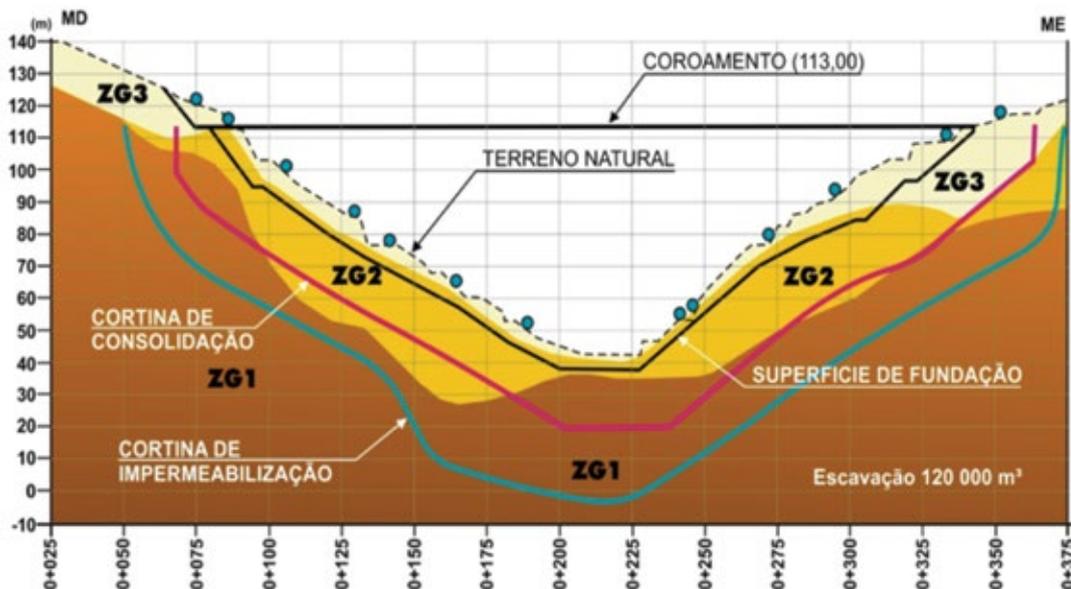


Figura 4. Zoneamento geotécnico e tratamento da fundação da barragem de Ribeiradio (Portugal).
(Fonte: COBA, S.A.)

Quanto aos estudos sismológicos, sendo o Brasil um país em geral de baixa sismicidade (magnitudes inferiores a 4.5), a maior parte dos projetos das barragens destinadas preferencialmente ao abastecimento de água e irrigação não contempla quaisquer estudos sismológicos.

Caso existam estudos sismológicos, os mesmos devem ser atualizados com base na informação disponível em centros especializados, (como por exemplo, o Observatório Sismológico da UnB, em Brasília, e o Centro de Sismologia da USP, em São Paulo) procurando abranger o local da obra, a região (algumas

dezenas de quilômetros em torno do local) e a província tectônica (algumas centenas de quilômetros em torno do local) e devem conter a história sísmica, designadamente, a relação dos sismos registrados com indicação de datas, profundidade dos focos, epicentros, magnitudes, sismogramas e durações.

A **Figura 5** evidencia as zonas onde há possibilidade de ocorrência de terremotos na América do Sul. No extremo leste e, sobretudo, no extremo oeste do Brasil, as possibilidades aumentam, devido à proximidade da zona de adução e subdução da placa americana (Teixeira, 2008).

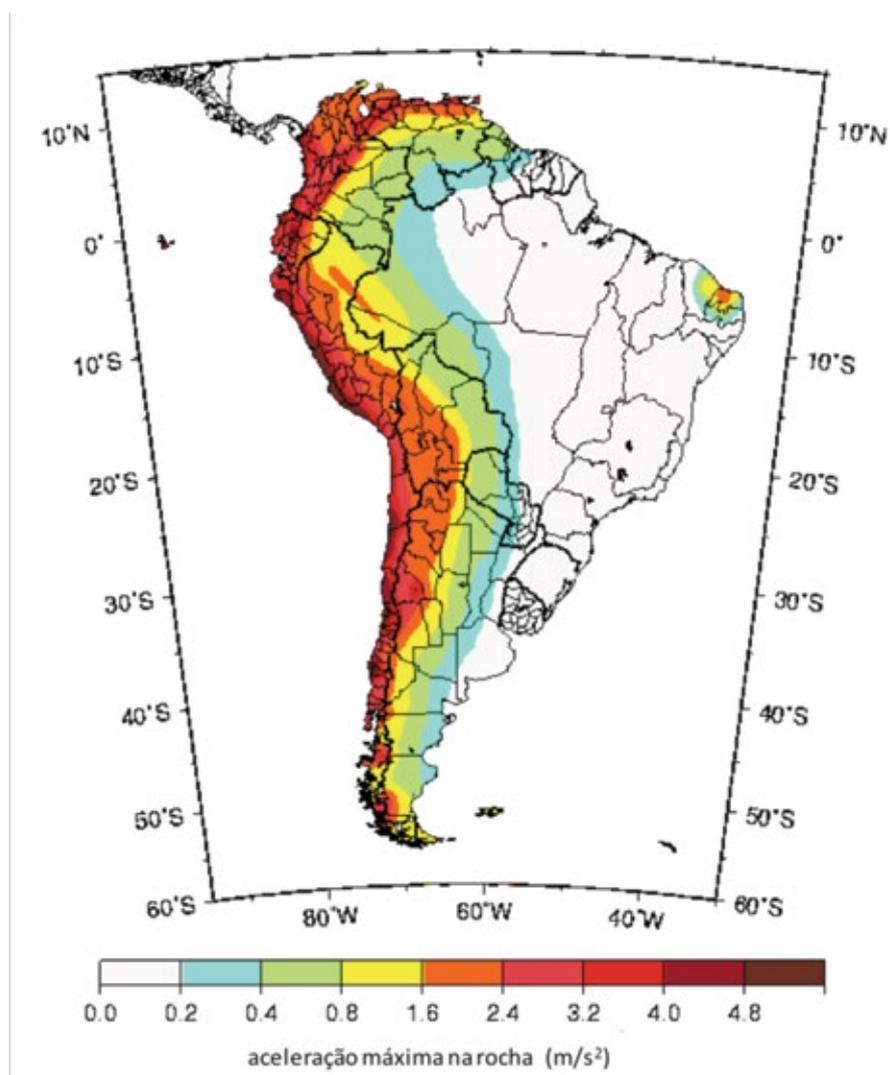


Figura 5. Mapa de risco sísmico na América do Sul. Aceleração máxima na rocha com a probabilidade de 90% de não ser excedido, para um período de 50 anos. (Fonte: GSHAP)

Os estudos sismológicos devem conduzir à definição das ações sísmicas, em particular da intensidade, forma e duração das vibrações sísmicas no local da obra, havendo a considerar (ICOLD; 1989) o sismo máximo de projeto (SMP), que corresponde ao sismo credível do qual podem resultar as consequências mais graves para a barragem, e que deve ser estimado por via determinística; se, porém, for estimado por via probabilística, deve ser considerado o período de retorno mínimo indicado no **Quadro 3**, avaliado em função da classe de risco sísmico da barragem atribuída em função das consequências de ruptura da barragem.

Quadro 3. Critérios Mínimos Usuais para Sismos de Projeto. (Fonte: MI, 2002)

Dano potencial associado	Sismo máximo de projeto (SMP)	
	Avaliação determinística	Avaliação probabilística (tempo de recorrência mínimo, anos)
Alto	SMC(*)	1/10.000
Médio	De 50% a 100% do SMC(*)	1/1.000 a 1/10.000
Baixo		1/100 a 1/1.000

(*) SMC – Sismo Máximo Credível

Na ausência de estudos de sismicidade, recomenda-se a utilização dos critérios estabelecidos em ELETROBRAS (2003), através da análise pseudo-estática a avaliação das condições da barragem em face de sismos naturais ou induzidos, adotando-se cargas sísmicas correspondentes a acelerações de 0,05g na direção horizontal e 0,03g na direção vertical.

Em conclusão, em face da fraca sismicidade do Brasil, os estudos sismológicos devem ser simplificados e apenas executados no caso de barragens de médio e grande porte.

O **Quadro 4** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em

função do fator X, as atividades a desenvolver nos estudos geológicos e geotécnicos, e sismológicos.

Quadro 4. Estudos geológicos e geotécnicos e sismológicos a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Estudos geológicos			
a) Revisar os mapas geológicos, desenhos, seções tipo, programa de investigações realizado, classificação dos testemunhos das sondagens, interpretações geológicas que incluem os locais da barragem, os órgãos auxiliares e o reservatório	x(*)	x	x
b) Dar atenção particular aos aspectos que influenciam o projeto, designadamente as zonas de cisalhamento, falhas, diaclases, cavernas, deslizamentos e os materiais de construção	NA	x(*)	x
c) Atualização das regras de operação do reservatório	x(*)	x	x
2. Estudos geotécnicos			
d) Revisar os ensaios de laboratório e de campo executados no maciço de fundação e os relativos aos materiais de construção	x(*)	x	x
e) Revisar os registros dos níveis de água, antes e depois do enchimento do reservatório	x(*)	x	x
f) Revisar os relatórios geotécnicos desde os preliminares até aos relatórios da construção	NA	x	x
g) Correlacionar a atitude das descontinuidades com a estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação e cargas na barragem e reservatório	NA	x(*)	x
h) Analisar a compatibilidade da caracterização geotécnica definida no projeto com a situação encontrada durante a construção da barragem	NA	x(*)	x
3. Estudos sismológicos			
	x(*)	x	x

P – pequeno NA – Não aplicável
M – médio X(*) – Estudos simplificados
G – grande X – Estudos detalhados

6 ESTUDOS DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO E DO RESERVATÓRIO

O comportamento das fundações das barragens é determinante na sua segurança. Na fase de projeto, com base nos estudos geológicos e geotécnicos, são feitas recomendações de caráter geral para a definição da superfície de contato (interface) da barragem com o

maciço de fundação e para os trabalhos de tratamento desses terrenos sempre que for necessário melhorar as suas condições de deformabilidade, resistência e permeabilidade de **(Figura 6)**. Em consequência devem ser seguidos os seguintes procedimentos.

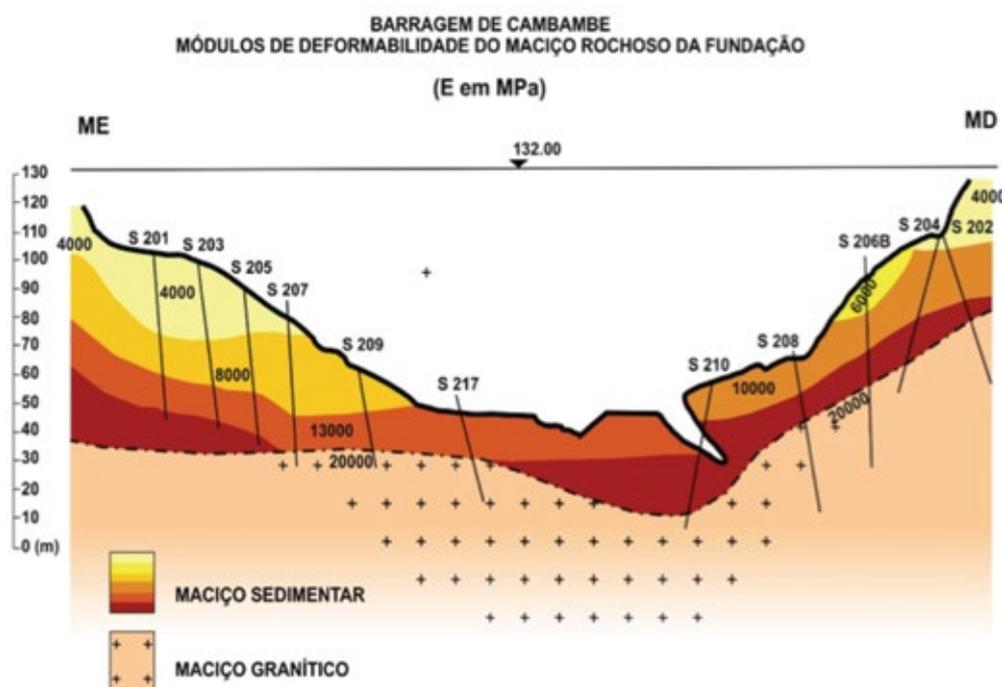


Figura 6. Distribuição dos módulos de deformabilidade da fundação da barragem de Cambambe (Angola).
(Fonte: COBA, S.A.)

O tratamento do maciço de fundação da barragem efetuado durante a construção deve ser analisado, procurando verificar a eficiência das cortinas de impermeabilização, dos sistemas de consolidação e de drenagem e das injeções de ligação, através de:

- Avaliação da ocorrência de erosão interna devida à percolação da água pelo maciço de fundação;
- Análise das vazões de percolação;
- Análise de subpressões em barragens de concreto;
- Análise da estabilidade da fundação.

No caso de se concluir pela necessidade de proceder ao reforço do tratamento da fundação, devem ser previstas as correspondentes intervenções, tais como injeções de consolidação e de impermeabilização e drenos adicionais, visando a melhoria da deformabilidade e resistência dos terrenos de fundação, bem como a redução de percolação e de subpressões excessivas.

A avaliação da estabilidade da fundação, com base na informação disponível, poderá mostrar ainda a necessidade de outras medidas suplementares, tais como aplicação de barras de ancoragem ou tirantes.

As conclusões dos estudos devem incluir recomendações no sentido de assegurar as adequadas condições mecânicas e hidráulicas da fundação da barragem e do reservatório.

O **Quadro 5** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver nos estudos do comportamento da fundação e do reservatório.

Quadro 5. Estudos do comportamento da fundação e do reservatório a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Estudos geológicos			
a) Avaliação da ocorrência da erosão interna devida à percolação da água pelo maciço de fundação	x ^(*)	x	x
b) Análise das vazões de percolação	NA	x ^(*)	x
c) Análise de subpressões em barragens de concreto	NA	x ^(*)	x
d) Análise da estabilidade da fundação	NA	x ^(*)	x
2. Estudo do comportamento do reservatório			
a) Abranger a área do reservatório, com especial atenção às formações mais permeáveis, solúveis ou erodíveis, o que permitirá fazer a previsão das vazões perdidas por infiltração, inclusive para vales colaterais, e propor medidas para evitar ou diminuir perdas de água	NA	x ^(*)	x
b) Analisar a estabilidade do reservatório com base nos estudos referidos no item anterior, adotando-se medidas para assegurar por meio de drenagem, ancoragens, tirantes e desmonte de blocos ou de zonas instáveis	NA	x ^(*)	x

P – pequeno NA – Não aplicável
M – médio X(*) – Estudos simplificados
G – grande X – Estudos detalhados

7 AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXTRAVASORAS E DE OPERAÇÃO

Apresenta-se a seguir um roteiro para a revisão periódica de segurança de estruturas extravasoras da barragem (vertedouro e descarga de fundo), com a descrição das características gerais, das propriedades dos materiais, condições de fundação e análises de verificação do projeto.

Para analisar a segurança dessas estruturas extravasoras deve-se comparar a situação original com o que resultaria da aplicação de dados básicos e critérios atualizados de dimensionamento hidráulico e estrutural; com base nessa comparação deve-se então concluir pela eventual necessidade de medidas corretivas.

7.1 Vertedouro

Devem assim ser efetuadas as seguintes análises baseadas na informação existente nos documentos de projeto:

- Características hidráulicas - Verificação da capacidade do vertedouro para escoar, por si só, as cheias do projeto, sem pôr em perigo a barragem. Se o vertedouro tiver comportas, analisar os dispositivos redundantes para atuarem no caso de falha de um dos meios de içamento das comportas. Análise dos procedimentos para manter a entrada do vertedouro sem obstruções;
- Análise dos fatores relevantes para a segurança da barragem:

- Dados geológicos e geotécnicos em relação à fundação do vertedouro;
- Critérios de dimensionamento hidráulico e estrutural em relação ao estado de arte atual. A avaliação deve incluir a revisão da combinação das cargas que vão atuar nas componentes do vertedouro, tais como:
 - Empuxos do terreno;
 - Cargas hidrostáticas;
 - Subpressões;
 - Forças dinâmicas de água;
 - Ações sísmicas, se for o caso;
- Critérios de dimensionamento dos dispositivos de drenagem;
- Critérios de dimensionamento das bacias de dissipação de energia para as descargas vertidas.

Na **Figura 7** apresenta-se uma foto da barragem de Gargar ilustrando escavação de 90 m de altura para instalação do vertedouro em maciço calcário.

O maciço calcário é cárstico, com estrutura sub-horizontal, tendo a rocha elevada resistência, o que permitiu excelentes condições de fundação e forte inclinação do talude de escavação sem recurso a contenções, tirantes ou outro tipo de tratamento de consolidação.

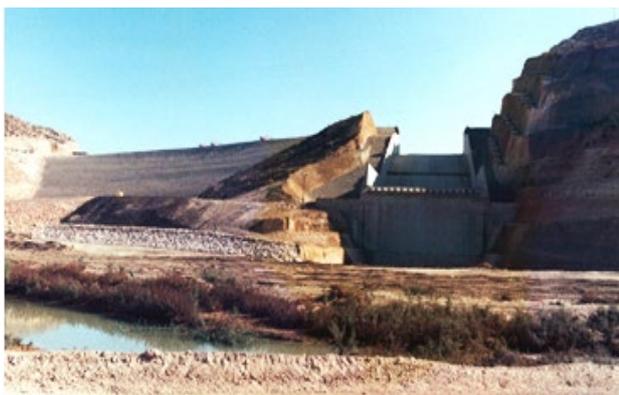


Figura 7. Barragem de Gargar (Argélia).
(Fonte: COBA, S.A.)

7.2 Descarregador de fundo

Devem ser efetuadas avaliações dos seguintes itens baseadas na informação existente nos documentos de projeto:

- Características hidráulicas – Verificação da sua capacidade de escoamento, do funcionamento das comportas, existência de sistemas redundantes de operação e análise dos procedimentos para manter a entrada sem obstruções;
- Dados geológicos e geotécnicos;
- Critérios de dimensionamento hidráulico e estrutural em relação ao estado da arte atual;
- Dissipadores de energia das descargas vertidas;
- Critérios operacionais incluindo capacidade de vazão, apoiando o esvaziamento do reservatório, em situação de emergência;
- Sistemas de funcionamento dos equipamentos hidro e eletromecânicos.

7.3 Propriedades dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle

No caso do projeto conter informações sobre as propriedades dos materiais e sua colocação em obra, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem;
- Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto;
- Propriedades do aço;
- Método de colocação do concreto; resistência do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação;
- Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto;
- Tratamento das juntas de construção.

7.4 Condições e tratamentos de fundação

No caso de o projeto conter informações sobre as condições de fundação das estruturas extravasoras e de operação, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Investigação dos terrenos de fundação; localização de sondagens e de métodos geofísicos;
- Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações;
- Injeções: profundidade da cortina de injeções, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade;
- Sistemas de drenagem e seu controle;
- Outros tratamentos da fundação.

O **Quadro 6** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos às estruturas extravasores e de operação.

Quadro 6. Avaliação dos elementos disponíveis relativos às estruturas extravasoras e de operação a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Vertedouro			
a) Características hidráulicas	x ^(*)	x	x
b) Análise dos fatores relevantes para a segurança da barragem	NA	x ^(*)	x
1) Dados geológicos e geotécnicos em relação à fundação do vertedouro	NA	x ^(*)	x
2) Critérios de dimensionamento hidráulicos e estruturais em relação ao estado de arte atual	NA	x ^(*)	x
3) Critérios de dimensionamento dos dispositivos de drenagem	NA	x ^(*)	
4) Critérios de dimensionamento das bacias de dissipação de energia para as descargas vertidas	NA	x ^(*)	
2. Descarregador de fundo			
a) Características hidráulicas	NA	x ^(*)	x
b) Dados geológicos e geotécnicos	x ^(*)	x ^(*)	x
c) Critérios de dimensionamento em relação ao estado da arte atual	NA	x ^(*)	x
d) Dissipadores de energia das descargas vertidas	NA	x ^(*)	x
e) Critérios operacionais incluindo capacidade de vazão, apoiando o esvaziamento do reservatório, em situação de emergência	NA	x ^(*)	x
f) Sistemas de funcionamento dos equipamentos hidro e eletromecânicos	NA	x ^(*)	x
3. Propriedade dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle			
a) Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem	x ^(*)	x ^(*)	x
b) Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto	NA	x ^(*)	x
c) Propriedades do aço	NA	x ^(*)	x
d) Método de colocação do concreto	NA	x ^(*)	x
e) Resistência do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação	x ^(*)	x	x
f) Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto	NA	x ^(*)	x
g) Tratamento das juntas de construção	NA	x ^(*)	x
4. Condições e tratamentos de fundação			
a) Investigação dos terrenos de fundação; localização de sondagens e de métodos geofísicos	NA	x ^(*)	x
b) Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações	NA	x ^(*)	x
c) Injeções: profundidade da cortina de injeções, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade	NA	x ^(*)	x
d) Sistemas de drenagem e seu controle	NA	x ^(*)	x
e) Outros tratamentos da fundação	NA	x ^(*)	x

P – pequeno NA – Não aplicável
M – médio X(*) – Estudos simplificados
G – grande X – Estudos detalhados

8 ASPECTOS ESPECÍFICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS DE TERRA E DE ENROCAMENTO

Na introdução e em seções anteriores deste Guia, foram já apresentadas considerações referentes a aspectos gerais, comuns, quer a qualquer tipo de barragem, quer às estruturas extravasoras e de operação.

Neste capítulo, completa-se a lista de atividades a executar numa Revisão Periódica de Barragens de Terra e de Enrocamento com aspectos específicos destas obras, designadamente, referentes aos materiais de construção, às fundações e a questões de projeto analisadas à luz do estado atual da arte.

8.1 Propriedades dos materiais do aterro, sua colocação em obra e ensaios de controle

No caso de existirem informações sobre as propriedades dos materiais de construção da barragem e sua colocação em obra, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Classificação, análise granulométrica, limites de Atterberg dos solos;
- Ensaios Proctor e densidade relativa, teor em água;
- Análise granulométrica e de permeabilidade dos filtros e drenos;
- Ensaios de adensamento;
- Ensaios de durabilidade dos enrocamentos;

- Ensaios de resistência mecânica (estática e dinâmica);
- Compatibilidade dos ensaios de campo e de laboratório;
- Métodos e equipamentos de compactação e definição de espessuras de camada;
- Ensaios de controle de qualidade dos materiais do aterro; comparação com os valores de projeto;
- Aterros experimentais.

8.2 Condições e tratamentos de fundação

No caso de existirem informações sobre as condições de fundação da barragem, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Investigação dos terrenos de fundação e localização de sondagens e de métodos geofísicos;
- Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações;
- Sistemas de redução de fluxo através da fundação, tais como tapetes de impermeabilização, trincheiras vedantes (cut-off); Injeções: profundidade da cortina de injeção, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade;
- Sistema de controle de drenagem e de percolação na fundação;
- Outros tratamentos da fundação, tais como utilização de concreto dental;
- Ligação do aterro às estruturas de concreto localizadas na fundação e às ombreiras.

8.3 Análises adicionais de verificação do projeto

Devem ainda ser efetuadas as seguintes avaliações das informações existentes nos documentos de projeto e à luz do estado atual da arte:

Análise dos parâmetros do projeto;

Tipos de ações consideradas no dimensionamento;

Análise de estabilidade da barragem;

Análise das deformações da fundação;

Distribuição das poro-pressões no aterro;

Análise do controle de percolação no aterro e na fundação;

Análise de estabilidade das ombreiras;

Intervenções corretivas, executadas durante a construção;

Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto;

Comparação entre as tensões e deslocamentos calculados e os valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada;

Situações de levantamento e fraturamento dos maciços provocados pelas injeções.

O **Quadro 7** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos aos aspectos específicos das barragens de terra e de enrocamento.

Quadro 7. Avaliação de aspectos específicos de barragens de terra e de enrocamento a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Propriedades dos materiais do aterro, sua colocação em obra e ensaios de controle			
a) Classificação, análise granulométrica, limites de Atterberg dos solos	x	x	x
b) Ensaios Proctor e densidade relativa, teor em água	x	x	x
c) Análise granulométrica e de permeabilidade dos filtros e drenos	NA	x(*)	x
d) Ensaios de adensamento	NA	x	x
e) Ensaios de durabilidade dos enrocamentos	NA	x(*)	x
f) Ensaios de resistência mecânica (estática e dinâmica)	NA	x(*)	x

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
g) Compatibilidade dos ensaios de campo e de laboratório	NA	x(*)	x
h) Métodos e equipamentos de compactação e definição de espessuras de camada	NA	x(*)	x
i) Ensaios de controle de qualidade dos materiais do aterro; comparação com os valores de projeto	NA	x(*)	x
j) Aterros experimentais	x	x	x
2. Condições e tratamentos de fundação			
a) Investigação dos terrenos de fundação e localização de sondagens e de métodos geofísicos;	NA	x(*)	x
b) Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações;	NA	x(*)	x
c) Sistemas de redução de fluxo através da fundação, tais como tapetes de impermeabilização, trincheiras vedantes (<i>cut-off</i>) e cortinas de impermeabilização	NA	x(*)	x
d) Injeções: profundidade da cortina de injeção, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade	NA	x(*)	x
e) Sistema de controle de drenagem e de percolação na fundação	NA	x(*)	x
f) Outros tratamentos da fundação, tais como utilização de concreto dental	NA	x	x
g) Ligação do aterro às estruturas de concreto localizadas na fundação e ombreiras	NA	x(*)	x
3. Análises adicionais de verificação do projeto			
a) Definição dos parâmetros do projeto	NA	x(*)	x
b) Tipos de ações consideradas no dimensionamento	x(*)	x(*)	x
c) Análise de estabilidade da barragem	x(*)	x(*)	x
d) Análise das deformações da fundação	NA	x(*)	x
e) Distribuição das poro-pressões no aterro	NA	x(*)	x
f) Análise do controle de percolação no aterro e na fundação	x(*)	x(*)	x
g) Análise de estabilidade das ombreiras	NA	x(*)	x
h) Intervenções corretivas, executadas durante a construção	x(*)	x(*)	x
i) Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto	NA	x(*)	x
h) Comparação entre as tensões e deslocamentos calculados e os valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada	NA	x(*)	x
i) Situações de levantamento e fraturamento dos maciços provocadas pelas injeções	NA	x(*)	x

P – pequeno NA – Não aplicável
M – médio X(*) – Estudos simplificados
G – grande X – Estudos detalhados

9 ASPECTOS ESPECÍFICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS DE CONCRETO

Neste capítulo completa-se a lista de atividades, referidas nos capítulos anteriores, para a execução da Revisão Periódica de Barragens de Concreto, com aspectos específicos destas obras, designadamente, os relativos aos materiais de construção, aos maciços de fundação e às questões de projeto analisadas à luz do estado atual da arte.

9.1 Propriedades dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle

No caso de existirem informações sobre as propriedades dos materiais de construção da barragem e sua colocação em obra, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem;
- Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto;
- Método de colocação do concreto;
- Resistência e durabilidade do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação;
- Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto;
- Métodos de refrigeração do concreto.
- Tratamento das juntas de construção;

9.2 Condições e tratamentos de fundação

No caso de existirem informações sobre as condições de fundação da barragem, devem ser analisados os elementos disponíveis, tais como:

- Investigação do terreno de fundação, localização de sondagens e de métodos geofísicos;
- Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações;
- Injeções de caldas de cimento: profundidade da cortina de injeções, composição de caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade;
- Ligação do concreto à fundação e às ombreiras;
- Metodologia de preenchimento das juntas, falhas e outras singularidades geológicas;
- Sistema de controle de drenagem e de percolação no maciço rochoso de fundação;
- Outros tratamentos da fundação, tais como tratamento dental e concreto de regularização.

Na **Figura 8** apresenta-se um exemplo da definição do tratamento de fundação de uma barragem de concreto, consistindo de injeções de consolidação e de impermeabilização e de uma cortina de furos de drenagem.

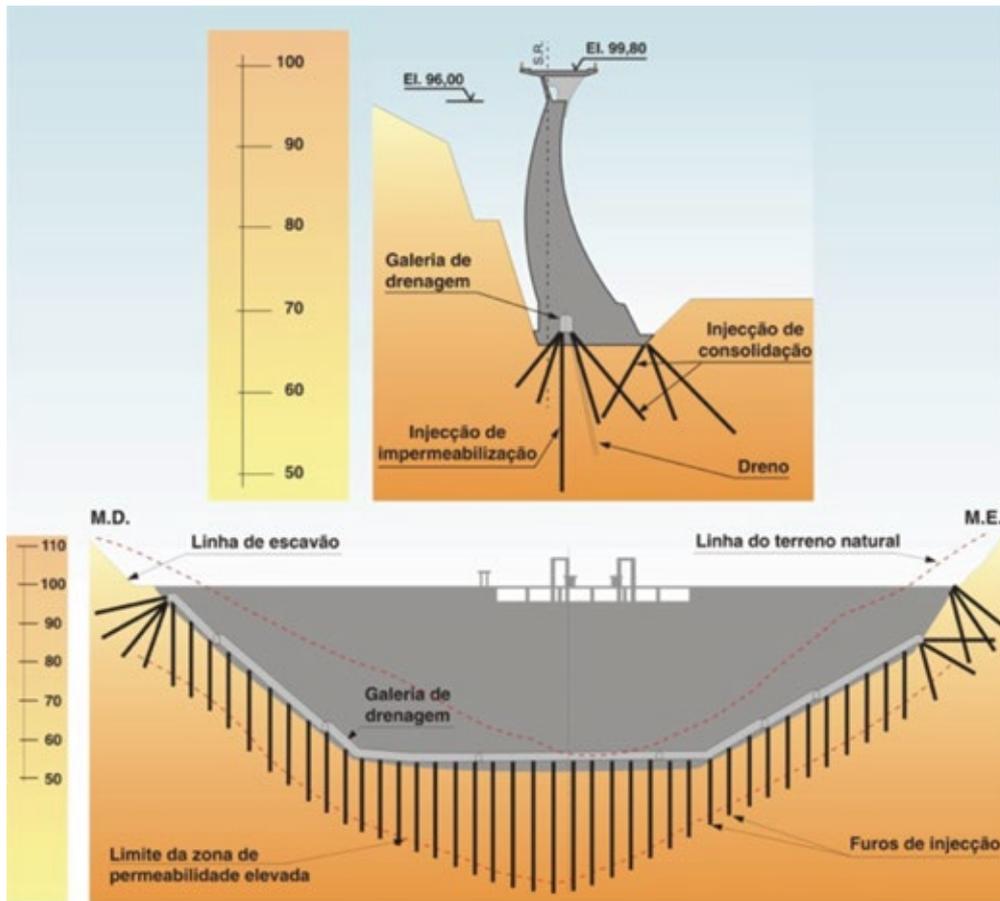


Figura 8. Barragem do Funcho (Portugal). Tratamento de fundação.

(Fonte: COBA, S.A.)

9.3 Análises adicionais de verificação do projeto

Devem ainda ser efetuadas as seguintes avaliações baseadas na informação existente nos documentos de projeto e à luz do estado atual da arte:

- Análise dos parâmetros do projeto;
- Tipos de ações consideradas no dimensionamento;
- Análise de estabilidade da barragem;
- Análise das deformações da fundação e da estrutura;
- Variações de temperatura do concreto;
- Análise do controle de percolação e da distribuição das subpressões na fundação;
- Análise de estabilidade das ombreiras;

- Intervenções corretivas, executadas durante a construção;
- Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto;
- Comparação entre tensões e deslocamentos calculados e valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada;
- Cisalhamento nas juntas de contração.

O **Quadro 8** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos aos aspectos específicos das barragens de concreto.

Quadro 8. Avaliação de aspectos específicos de barragens de concreto a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
1. Propriedades dos materiais do aterro, sua colocação em obra e ensaios de controle			
a) Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem	x	x	x
b) Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto	x	x	x
c) Método de colocação do concreto	NA	x(*)	x
d) Resistência e durabilidade do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação	NA	x	x
e) Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto	NA	x(*)	x
f) Tratamento das juntas de construção	NA	x(*)	x
g) Métodos de refrigeração do concreto	NA	x(*)	x
2. Condições e tratamentos de fundação			
a) Investigação do terreno de fundação, localização de sondagens e de métodos geofísicos	NA	x(*)	x
b) Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações	x	x	x
c) Injeções de caldas de cimento: profundidade da cortina de injeções, composição de caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade	NA	x(*)	x
d) Ligação do concreto à fundação e às ombreiras	NA	x(*)	x
e) Metodologia de preenchimento das juntas, falhas e outras singularidades geológicas	NA	x(*)	x
f) Sistema de controle de drenagem e de percolação no maciço rochoso de fundação	NA	x(*)	x
g) Outros tratamentos da fundação, tais como tratamento dental e concreto de regularização	NA	x(*)	x
3. Análises adicionais de verificação do projeto			
a) Análise dos parâmetros do projeto	NA	x(*)	x
b) Tipos de ações consideradas no dimensionamento	x(*)	x(*)	x

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
c) Análise de estabilidade da barragem	x(*)	x(*)	x
d) Análise das deformações da fundação	NA	x(*)	x
e) Variações de temperatura do concreto	NA	x(*)	x
f) Análise do controle de percolação e da distribuição das subpressões na fundação	x(*)	x(*)	x
g) Análise de estabilidade das ombreiras	NA	x(*)	x
h) Intervenções corretivas, executadas durante a construção	x(*)	x(*)	x
i) Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto	NA	x(*)	x
j) Comparação entre as tensões e deslocamentos calculados e os valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada	NA	x(*)	x
k) Cisalhamento nas juntas de contração	NA	x(*)	x

P – pequeno NA – Não aplicável
M – médio X(*) – Estudos simplificados
G – grande X – Estudos detalhados

10 REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM

Deve ser realizada uma avaliação dos seguintes itens baseada na informação dos documentos de projeto, da inspeção detalhada, nos documentos elaborados durante a construção e na experiência de operação ao longo da vida da obra:

<ul style="list-style-type: none"> Plano e registros de operação; 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de eventuais intervenções de reparação da estrutura da barragem;
<ul style="list-style-type: none"> Área do reservatório e potencial ocorrência de deslizamentos e de assoreamento; 	<ul style="list-style-type: none"> Planejamento de manutenção da barragem e dos órgãos extravasores;
<ul style="list-style-type: none"> Critérios de primeiro enchimento e procedimentos de operação associados; 	<ul style="list-style-type: none"> Plano e registros de manutenção das estruturas e dos equipamentos eletro e hidromecânicos;
<ul style="list-style-type: none"> Barragens existentes a montante e a jusante; 	
<ul style="list-style-type: none"> Análise da frequência dos testes dos equipamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de comunicação e sistemas de alarme.

Essa avaliação dos itens acima referidos deve ser feita à luz do estado atual da arte e deve permitir fazer recomendações de eventuais correções e melhorias com vista à segurança da barragem, bem como de otimização de procedimentos relativos à sua operação.

O **Quadro 9** apresenta para as barragens de pequeno, médio e grande porte, definidas em função do fator X, as atividades a desenvolver na avaliação dos elementos disponíveis relativos aos procedimentos de operação e manutenção.

Quadro 9. Revisão dos procedimentos de operação e manutenção a desenvolver em função do porte da barragem.

Atividade	Porte da barragem		
	P	M	G
a) Plano e registros de operação	x ^(*)	x ^(*)	x
b) Área do reservatório e potencial ocorrência de deslizamentos e de assoreamento	NA	x	x
c) Critérios de primeiro enchimento e procedimentos de operação associados	NA	x ^(*)	x
d) Barragens existentes a montante e a jusante	NA	x	x
e) Plano e registros de manutenção das estruturas e dos equipamentos eletro e hidromecânicos	x	x ^(*)	x
f) Análise da frequência dos testes do equipamento	x	x ^(*)	x
g) Análise de eventuais intervenções de reparação da estrutura da barragem	x	x ^(*)	x
h) Planejamento de manutenção da barragem e dos órgãos extravasores	NA	x ^(*)	x
i) Sistemas de comunicação e sistemas de alarme	NA	x	x

P – pequeno	NA – Não aplicável
M – médio	X(*) – Estudos simplificados
G – grande	X – Estudos detalhados

11 REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS, EQUIPAMENTOS E REGISTROS DE INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO

Nas barragens onde existem instalados equipamentos e instrumentos de medição, deve ser realizada uma avaliação dos seguintes itens baseada na informação existente nos documentos de projeto, nos documentos elaborados durante a construção e nos relatórios de inspeções de segurança:

- Plano de monitoramento e instrumentação;
- Análise do estado de conservação da instrumentação da barragem e da fundação;
- Análise dos registros dos instrumentos e sua interpretação.

Essa avaliação deverá permitir fazer um juízo sobre a qualidade do Plano de Monitoramento, sobre o tipo de instrumentos colocados na

barragem e, se for o caso, propor alterações a esse plano e substituição de alguns instrumentos, à luz do estado atual da arte. Um aspecto importante que deverá estar contemplado no Plano refere-se à frequência das leituras dos vários instrumentos e equipamentos, à exigência de rigor nessas operações por parte dos técnicos responsáveis pela segurança da barragem, que para tal deverão ser capacitados e, ainda, à realização de operações de manutenção desses instrumentos.

A **Figura 9** ilustra a instrumentação colocada no núcleo e na fundação da barragem de Iraí, no Paraná, em duas seções importantes para a definição do comportamento da obra.

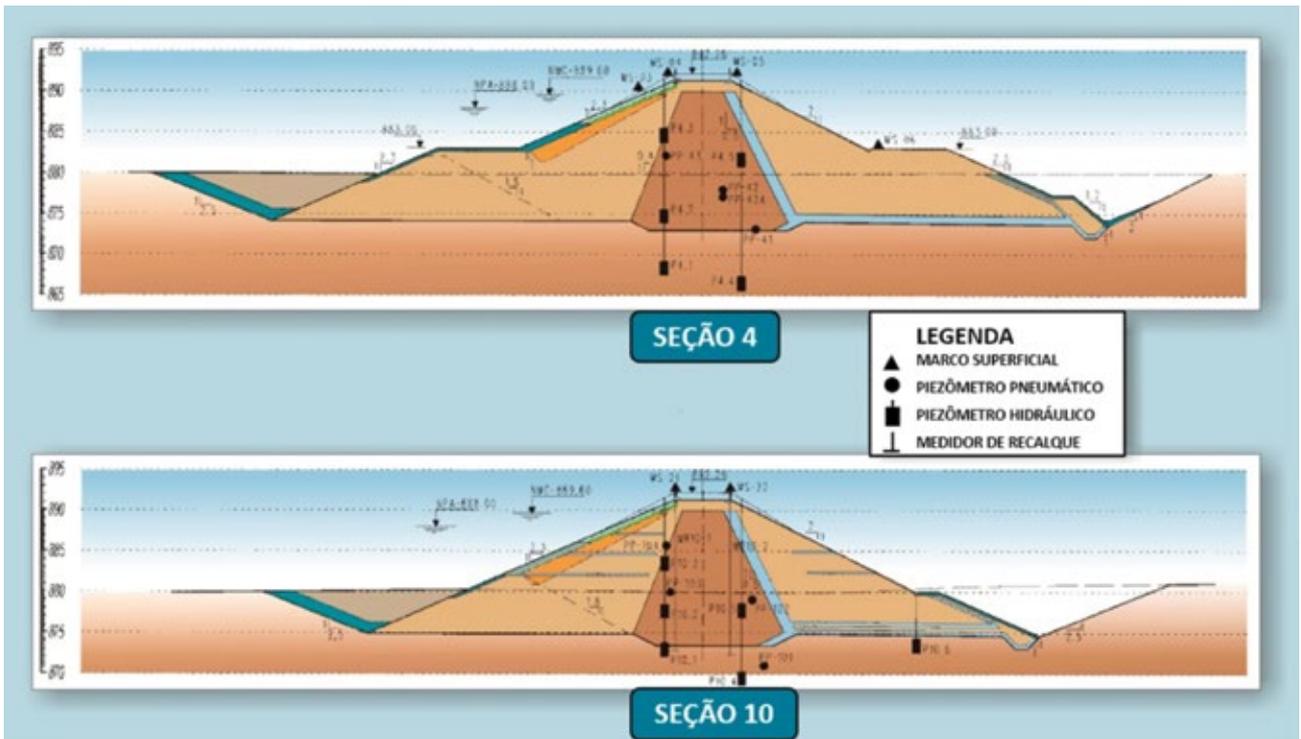


Figura 9. Barragem de Iraí, Paraná.
 Fonte: COBA, S.A.

12 REAVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO E DO DANO POTENCIAL ASSOCIADO

A Resolução nº 143 do CNRH, de 10 de Julho de 2012, estabelece os critérios gerais de classificação das barragens por categoria de risco e dano potencial associado, e pelo seu volume, com base no art. 7º da Lei nº 12.334.

Para a categoria de risco os seguintes parâmetros devem ser reavaliados: a) características técnicas da barragem, b) do estado de conservação da barragem e, c) Plano de Segurança da Barragem.

Esses parâmetros podem ser assim detalhados e devem contemplar:

- Características técnicas da barragem: altura da barragem, comprimento do coroamento da barragem, tipo da barragem quanto ao material de construção, tipo de fundação da barragem, idade da barragem e tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro);
- Estado de conservação da barragem: confiabilidade das estruturas extravasoras, confiabilidade das estruturas de adução e eclusa, percolação, deformações e recalques, deterioração dos taludes e;
- Plano de Segurança da Barragem: existência de documentação de projeto da barragem,

estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem, procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento, regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem e relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.

Para o Dano Potencial Associado, devem ser reavaliadas as condições de jusante voltadas para perdas de vidas humanas, impactos econômicos e ambientais.

O art. 3º da Resolução nº 143 do CNRH refere que “o empreendedor poderá solicitar revisão da classificação efetuada pelo respectivo órgão fiscalizador, devendo, para tanto, apresentar estudo que comprove essa necessidade”.

Resulta, assim, que na sequência de uma revisão periódica de segurança poderá justificar-se uma nova classificação para a barragem quanto à categoria de risco e dano potencial associado, considerando-se o Relatório Final da Revisão Periódica, abrangendo essa reclassificação, como o estudo que a Resolução do CNRH exige para o efeito.

13 DOCUMENTOS RESULTANTES DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Concluída a Revisão Periódica de Segurança, será elaborado o Relatório Final do estudo e o correspondente Resumo Executivo. No caso de barragens sob jurisdição da ANA, o conteúdo será o abaixo indicado, baseado no que figura na Resolução da ANA nº 91/2012. No que se refere a outras entidades fiscalizadoras, o conteúdo poderá ter alguma diferenciação, se essas entidades tiverem os seus próprios modelos de relatório.

O Relatório Final deverá abordar as análises indicadas ao longo deste Guia e deve incluir, no mínimo, os seguintes aspectos técnicos:

- Resultado da inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas;
- Reavaliação do projeto existente, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão;
- Atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes, se pertinente;
- Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento;
- Reavaliação do Plano de Ação de Emergência-PAE, quando for o caso;

- Revisão dos relatórios das anteriores revisões periódicas de segurança de barragem, quando for o caso;
- Considerações sobre eventual Reavaliação da Categoria de Risco e do Dano Potencial Associado;
- Conclusões sobre a segurança da barragem;
- Recomendações de melhorias a implementar para reforço da segurança da barragem;
- Estimativa preliminar (ordem de grandeza) dos custos e prazos para implementação das recomendações.

O Resumo Executivo deverá incluir informação simplificada referente aos seguintes aspectos:

- Identificação da barragem e de seu empreendedor;
- Identificação do Responsável Técnico pela Revisão Periódica;
- Período de realização do trabalho;
- Listagem dos estudos realizados;
- Conclusões;
- Recomendações sobre as melhorias a implementar e sobre o respectivo plano de ação.

14 EQUIPE

A revisão periódica de segurança da barragem deve ser conduzida por equipe multidisciplinar, com competência nas diversas áreas que envolvem a segurança da barragem, designadamente, hidrologia, hidráulica, geologia, geotecnia, estruturas, tecnologia de concreto, etc.

A equipe deverá ser externa ao empreendedor, contratada para este fim.

O termo de referência para a contratação desses serviços (anexo) sugere a composição das equipes adequadas para essas atividades considerando os profissionais que integram a Equipe-Chave, a equipe complementar e a equipe de apoio, bem como os prazos estimados para barragens de aterro e de concreto, de pequeno, médio e grande porte.

O responsável técnico pela Revisão Periódica de Segurança da Barragem deverá ter registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA, com atribuições profissionais para o projeto ou construção ou operação ou manutenção de barragens, compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, CONFEA.

Cabe a cada entidade fiscalizadora definir a equipe e sua qualificação para realização da Revisão Periódica de Segurança.

No **Quadro 10** apresenta-se o dimensionamento da equipe técnica sugerido em função do porte e do tipo de barragem.

Quadro 10. Dimensionamento da equipe técnica em função do porte e do tipo da barragem.

Porte da barragem	Fator $X=H^2/vV$	Barragens de terra e de enrocamento	Barragens de concreto
Pequeno	$X < 400$	Eng.º Geotécnico, Eng.º Hidráulico, Topógrafo, Inspetor de campo	Eng.º Estrutural, Eng.º Hidráulico, Topógrafo, Inspetor de campo
Médio	$400 < X < 1000$	Eng.º Geotécnico, Eng.º Hidráulico, Geólogo de Engenharia, Eng.º Mecânico, Topógrafo, Inspetor de campo	Eng.º Estrutural, Eng.º Hidráulico, Geólogo de Engenharia, Eng.º Mecânico, Topógrafo, Inspetor de campo
Grande	$X > 1000$	Devem integrar os profissionais definidos na Equipe-Chave, Equipe Complementar e Equipe de Apoio	

15 PERIODICIDADE

A periodicidade mínima da Revisão Periódica de Segurança é definida pela entidade fiscalizadora. A título de exemplo apresenta-se a Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado estabelecida pela ANA na sua Resolução nº 91, de 02 de Abril de 2012.

Catego- ria de Risco	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	A	C	D
BAIXO	A	C	E

Igualmente, a título de exemplo, se apresenta no quadro seguinte a periodicidade recomendada na mesma Resolução de ANA para as classes de A a E:

CLASSE	PERIODICIDADE
A	a cada 5 (cinco) anos
B	a cada 5 (cinco) anos
C	a cada 7 (sete) anos
D	a cada 10 (dez) anos
E	a cada 10 (dez) anos

16 DATAS-LIMITE

As datas-limite de realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem são definidas pela entidade fiscalizadora. A título de exemplo, apresenta-se o estabelecido pela ANA na sua Resolução nº 91, de 02 de Abril de 2012 para a elaboração da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (contados a partir de 20 de setembro de 2012), em função do número de barragens de um mesmo empreendedor.

Nº de Barragens por empreende- dor	PRAZOS	
	Intermediários	Limite
1 barragem	-	1 ano
2 barragens	-	2 anos
3 a 5 barragens	3 barragens em até 2 anos	5 anos
6 a 10	4 barragens em até 3 anos	7 anos
11 a 20	6 barragens em até 3 anos	10 anos
Mais de 20	7 barragens em até 4 anos	12 anos

17 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Resolução nº 91/2012**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2012/91-2012.pdf>> Acesso em: 14 mai. 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Pro-Água/Semi-Árido – UGGO. Departamento de Projetos e Obras Hídricas – DPOH, 2002.

GSHAP. **Global Seismic Hazard Assessment Program**. (<http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/>)

ESPAÑA. Ministerio de Obras Publicas, Transportes Y Medio Ambiente. **Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses**, 1996.

FRANÇA. Ministère de Écologie du Développement et de l'Aménagement Durables. **Nouvelles Dispositions Législatives et Réglementaires Relatives à la Sécurité et à la Sûreté des barrages hydroélectriques concédés**. Paris, 2007.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Selecting Seismic Parameters for Large Dams: Guidelines**. Bulletin 72. Paris: International Commission on Large Dams, 1989b.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Dam Foundations: Geologic Considerations. Investigation Methods. Treatment. Monitoring**. Bulletin 129. Paris: International Commission on Large Dams, 2005.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS.. **Small Dams. Design, Surveillance and Rehabilitation: Lessons from Dam Incidents**. Bulletin 157 Paris: International Commission on Large Dams, 2010.

OLIVEIRA, R., MORGADO, A., FERREIRA, M.P.. **Geological and Geotechnical Characterization and Design of Ribeiradio Dam Rock Mass Foundation - Roller Compacted Concrete (RCC) Solution**. Barcelona, Spain: XXII International Congress on Large Dams, ICOLD, 2006.

OLIVEIRA, R., PEREIRA, J.P., MIRANDA, M.P., CRUZ, L.B.. **Consolidation of the Foundation Rock Mass of Cambambe Dam (P.R. Angola): Q59. R.27**. Lausanne, Suisse: XV International Congress on Large Dams, ICOLD, 1985.

SUÉCIA. **Swedish Guidelines for Design Flood Determination for Dams**. New edition. Suécia, 2007.

TEIXEIRA, WILSON [et. al] (org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

ANEXO - ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DE TERMO DE REFERÊNCIA DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

ORIENTAÇÕES GERAIS

A quem se destinam

Destinam-se a orientar empreendedores públicos ou privados, a quem compete a realização da revisão periódica de segurança de barragem, na contratação desses serviços. Essa revisão periódica deve estar de acordo com uma certa periodicidade estabelecida pelo fiscalizador em função da categoria de risco e dano potencial da barragem.

Explicação ao Empreendedor

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem enquadra-se na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Conforme estabelecido na Lei nº 12.334/2010, art. 10, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá ser realizada com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das

condições a montante e a jusante da barragem. Procura não só verificar o estado geral da barragem, como propor ações de reabilitação e melhoria (caso seja necessário).

Levando-se em consideração a abrangência deste modelo de Termos de Referência, destinado a diferentes portes de barragens, ressalta-se que o texto do modelo é um texto sugerido e que o mesmo deve ser adaptado ao porte de cada barragem, ao tipo de empreendedor (público ou privado) e às especificidades locais. Acresce que empreendedores públicos responsáveis por grande número de barragens têm seus próprios procedimentos e formulários de termos de referência para contratação de diversos tipos de serviços, tornando-se opcional a utilização desse modelo.

As áreas em azul, no modelo proposto, contêm orientações para o empreendedor ou campos a serem preenchidos. Ao final há um modelo sugerido de proposta, para auxiliar os empreendedores na consulta e coleta de propostas no mercado.

Definições

Para efeito deste documento, são estabelecidas as seguintes definições:

Empreendedor: Agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade.

Proponente: Empresa ou equipe técnica multidisciplinar, com competência nas diversas disciplinas que envolvam a segurança da barragem, interessada em prestar os serviços aqui descritos.

Contratada: Proponente selecionado pelo Empreendedor para executar os serviços. O Empreendedor deve assegurar que a Proponente conhece e consultou o Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem publicado pela ANA (2014) e que esta seguirá as metodologias nele descritas, devendo ela também apresentar um atestado comprobatório da visita ao empreendimento prévia à apresentação da proposta.

Porte da barragem: As atividades a serem desenvolvidas na Revisão Periódica são função do porte da barragem e estão definidas no Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem. Esse conhecimento é importante e necessário para o dimensionamento da equipe técnica da revisão periódica e para elaboração deste TDR.

Para tanto, recomenda-se utilizar o Fator X proposto pelas Normas Francesas e pelo Boletim da ICOLD nº 157:

$$X = H^2 \sqrt{V}$$

em que H é a altura da barragem em metros e V a capacidade do reservatório em hm³, de acordo com o quadro seguinte:

Porte da barragem em função do Fator X.

Porte da barragem	Fator x
Pequeno	X < 400
Médio	400 < X < 1000
Grande	X > 1000

Cronograma estimado

Como orientação, apresenta-se no quadro seguinte um cronograma simplificado que inclui as atividades necessárias, desde o preparo dos Termos de Referência (TDR) até a finalização dos serviços da revisão periódica, correspondente a uma barragem de porte médio, destinado principalmente a um empreendedor privado que não deverá passar por um processo licitatório.

Nos casos de empreendedores públicos, o cronograma deverá ser dilatado em obediência ao exigido pela Lei ou Diretriz que rege a respectiva licitação.

Atividades	Meses			
	1	2	3	4
1.1 Preparação dos TDR e solicitação de propostas	█			
1.2 Elaboração de propostas	█	█		
1.3 Análise das propostas e julgamento			█	
1.4 Contratação				█
1.5 Execução das atividades objeto do contrato			█	█
1.6 Elaboração do Relatório Final				█

O cronograma apresentado contempla as situações em que existem disponíveis elementos do projeto da barragem e outras informações a serem utilizadas na revisão periódica de segurança.

As atividades a serem desenvolvidas na Revisão Periódica são função do porte da barragem.

Caso não existam no projeto original informações a serem utilizadas na revisão periódica, a estimativa deverá contemplar a execução de investigações e estudos específicos referidos na Introdução do Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem. Nesses casos, o prazo de execução das atividades indicadas no cronograma acima apresentado terá de ser dilatado. Alternativamente, a execução dessas investigações adicionais poderá ser objeto de uma contratação separada.

CONTRATAÇÃO DE CONSULTORIA TÉCNICA ESPECIALIZADA EM REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Termos de Referência (MODELO)

1. INTRODUÇÃO

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem enquadra-se na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Conforme estabelecido na Lei nº 12.334/2010, art. 10, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá ser realizada com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem. Procura não só verificar o estado geral da barragem, como propor ações de reabilitação e melhoria (caso necessário).

Orientação ao Empreendedor: Neste item o Empreendedor deve fornecer a descrição da barragem a ser estudada (nome, localização, porte, acessos, principais características, especificidades, etc.).

2. DO OBJETO

Os presentes termos de referência têm como objeto a contratação de serviços de Revisão Periódica de Segurança da Barragem [nome da barragem], de acordo com as instruções, exigências e condições estabelecidas na Lei nº 12.334/2010 e em resoluções ou regulamentos emitidos pelos órgãos ou entidades fiscalizadoras de segurança de barragens.

3. JUSTIFICATIVA

A segurança de barragens é um assunto complexo que pode envolver risco de perdas

de vidas humanas. O rompimento de uma barragem, além de comprometer a segurança e a vida da população, traz grandes prejuízos econômicos e ambientais às localidades afetadas. Por isso, a avaliação da segurança de barragem realizada por técnicos especializados e experientes, com a antecedência e urgência requeridas, pode evitar tragédias das quais resultem perdas de vidas e de bens materiais.

A barragem [nome da barragem], de propriedade de [nome do empreendedor], foi construída em [ano, ou época aproximada da construção]. Até a presente data, não foi realizada nenhuma revisão [ou, “A última revisão ocorreu em xx/xx/xxxx”] de seus critérios de projeto, estudos hidrológicos e das condições de montante e jusante da barragem que podem, eventualmente, alterar suas condições de segurança.

De acordo com o Art.10 da Lei Federal nº12334/2010, “Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem”.

No caso específico da ANA, a Resolução nº 91 de 2012, Art. 15 §1º estabelece que a Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá ser realizada por equipe multidisciplinar com competência nas diversas disciplinas que envolvam a segurança da barragem em estudo. E ainda, deverá ser externa ao empreendedor e contratada para esse fim, com competência nas diversas disciplinas que envolvam a segurança da barragem em estudo.

4. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

A revisão periódica de segurança da barragem abrange a área que contém a barragem, suas estruturas associadas, o reservatório, e a região a jusante potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem.

5. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

A revisão periódica de segurança da barragem deve incluir, no mínimo, as seguintes atividades:

Orientação ao Empreendedor: A listagem a seguir corresponde à lista total de atividades para barragens de grande porte. Caso a barragem em questão seja de pequeno ou médio porte, o empreendedor deve então consultar o Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragens para verificar quais atividades devem ser mantidas e quais devem ser excluídas, em função do porte e das especificidades da barragem.

1) Coleta de documentação da barragem e de dados básicos:	<ul style="list-style-type: none"> • Documentação dos projeto e construção e operação/manutenção da barragem: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Projeto Executivo da Barragem e/ou “as built”; ◦ Plano de monitoramento e instrumentação e registros da instrumentação e relatórios de inspeção de segurança; ◦ Relatórios de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, anteriormente elaborados; ◦ Planos de operação e de manutenção da barragem; ◦ Descrição de intervenções de reabilitação anteriormente realizadas; ◦ Plano de Ação Emergencial (PAE);
	<ul style="list-style-type: none"> • Dados hidrológicos, geológicos, geotécnicos e sismológicos atualizados. 	
2) Inspeção detalhada:	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento e execução no campo; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação e apresentação dos resultados. 	
3) Estudos hidrológicos:	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção e atualização de dados básicos: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Distribuição estatística da precipitação anual, das precipitações mensais e das precipitações extremas sobre a área da bacia hidrográfica; ◦ Deflúvios anuais e mensais; ◦ Vazões máximas instantâneas ou vazões médias diárias máximas anuais; ◦ Registros das vazões dos órgãos extravasores; ◦ Atualização do inventário da ocupação do vale a jusante sujeito a inundação provocada pelo rompimento da barragem;
	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção e atualização dos seguintes elementos: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Hidrogramas das cheias naturais para vários períodos de recorrência; ◦ Hidrograma da cheia natural e modificada, para verificação da adequação dos órgãos extravasores existentes e/ou das suas regras de operação; ◦ Atualização das regras de operação do reservatório;
	<ul style="list-style-type: none"> • Atualização do estudo de inundação das cheias de projeto e de ruptura. 	

4) Indicativo de Revisão ou de elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE), conforme determinação da entidade fiscalizadora.	<ul style="list-style-type: none"> • Deverá seguir as determinações da entidade fiscalizadora
5) Estudos geológicos e geotécnicos e sismológicos:	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar mapas geológicos, classificação dos testemunhos das sondagens e outras informações geológico-estruturais; • Dar atenção particular aos aspectos que influenciam o projeto, designadamente, as zonas de cisalhamento, falhas, diaclases, cavernas, deslizamentos e os materiais de construção; • Revisar os ensaios de laboratório e de campo relativos à fundação e aos materiais de construção; • Revisar os registos dos níveis de água antes e depois do enchimento do reservatório; • Revisar os relatórios geotécnicos desde os preliminares até aos relatórios da construção; • Correlacionar a atitude das descontinuidades com a estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação e cargas na barragem e reservatório; • Analisar a compatibilidade da caracterização geotécnica definida no projeto com a situação encontrada durante a construção da barragem; • Revisar estudos sismológicos visando a definição das ações sísmicas, se for o caso.
6) Estudos da fundação da barragem e do reservatório:	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da ocorrência de erosão interna devida à percolação da água pelo maciço de fundação; • Análise das vazões de percolação; • Análise de subpressões em barragens de concreto; • Análise das perdas de água por infiltração no reservatório, inclusive para vales colaterais e medidas para evitar ou diminuir perdas de água; • Análise da estabilidade do reservatório.

7) Avaliação das estruturas extravasoras e de operação:

<ul style="list-style-type: none"> • Vertedouro: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Características hidráulicas: capacidade de escoamento, por si só, da cheia de projeto; procedimentos para manter a entrada do vertedouro sem obstruções; no caso de vertedouro com comportas, dispositivos redundantes para atuarem no caso de falha de um dos meios de içamento das comportas; ◦ Análise dos fatores relevantes para a segurança da barragem: dados geológicos e geotécnicos em relação à fundação do vertedouro; critérios de dimensionamento hidráulico e estrutural em relação ao estado de arte atual; critérios de dimensionamento dos dispositivos de drenagem; critérios de dimensionamento das bacias de dissipação de energia para as descargas vertidas;
<ul style="list-style-type: none"> • Descarregador de fundo: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Características hidráulicas: capacidade de escoamento; funcionamento das comportas; existência de sistemas redundantes de operação; procedimentos para manter a entrada sem obstruções; ◦ Dados geológicos e geotécnicos; ◦ Critérios de dimensionamento hidráulico e estrutural em relação ao estado da arte atual; ◦ Dissipadores de energia das descargas vertidas; ◦ Critérios operacionais incluindo capacidade de vazão, apoiando o esvaziamento do reservatório, em situação de emergência; ◦ Sistemas de funcionamento dos equipamentos hidro e eletromecânicos.
<ul style="list-style-type: none"> • Propriedades dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem; ◦ Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto; ◦ Propriedades do aço; ◦ Método de colocação do concreto; ◦ Resistência do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação; ◦ Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto; ◦ Tratamento das juntas de construção.
<ul style="list-style-type: none"> • Condições e tratamentos de fundação: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Investigação dos terrenos de fundação; localização de sondagens e de métodos geofísicos; ◦ Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações; ◦ Injeções: profundidade da cortina de injeções, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade; ◦ Sistemas de drenagem e seu controle; ◦ Outros tratamentos da fundação.

8) Barragens de terra e de enrocamento:

<ul style="list-style-type: none"> Propriedades dos materiais dos aterros, sua colocação em obra e ensaios de controle: 	<ul style="list-style-type: none"> Classificação, análise granulométrica, limites de Atterberg dos solos; Ensaio Proctor e densidade relativa, teor em água; Análise granulométrica e de permeabilidade dos filtros e drenos; Ensaio de adensamento; Ensaio de durabilidade dos enrocamentos; Ensaio de resistência mecânica (estática e dinâmica); Compatibilidade dos ensaios de campo e de laboratório; Métodos e equipamentos de compactação e definição de espessuras de camada; Ensaio de controle de qualidade dos materiais do aterro; comparação com os valores de projeto; Aterros experimentais.
<ul style="list-style-type: none"> Condições e tratamentos de fundação: 	<ul style="list-style-type: none"> Investigação dos terrenos de fundação e localização de sondagens e de métodos geofísicos; Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações; Sistemas de redução de fluxo através da fundação, tais como tapetes de impermeabilização, trincheiras vedantes (<i>cut-off</i>); Injeções: profundidade da cortina de injeção, caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade; Sistema de controle de drenagem e de percolação na fundação; Outros tratamentos da fundação, tais como utilização de concreto dental; Ligação do aterro às estruturas de concreto localizadas na fundação e às ombreiras.
<ul style="list-style-type: none"> Análises adicionais de verificação do projeto: 	<ul style="list-style-type: none"> Análise dos parâmetros do projeto; Tipos de ações consideradas no dimensionamento; Análise de estabilidade da barragem; Análise das deformações da fundação; Distribuição das poro-pressões no aterro; Análise do controle de percolação no aterro e na fundação; Análise de estabilidade das ombreiras; Intervenções corretivas, executadas durante a construção; Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto; Comparação entre as tensões e deslocamentos calculados e os valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada; Situações de levantamento e fraturamento dos maciços provocadas pelas injeções.

9) Barragens de concreto:	<ul style="list-style-type: none"> • Propriedades dos materiais de construção, sua colocação em obra e ensaios de controle: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Características físicas, químicas e mineralógicas dos agregados e sua origem; ◦ Tipo de cimento, teor em álcalis no cimento, aditivos, relação água/cimento, composição do concreto; ◦ Método de colocação do concreto; ◦ Resistência e durabilidade do concreto aos 7, 28 e 90 dias, dimensão dos corpos de prova cilíndricos, número de corpos de prova, coeficiente de variação; ◦ Módulo de elasticidade e tensão de ruptura do concreto; ◦ Tratamento das juntas de construção; ◦ Métodos de refrigeração do concreto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Condições e tratamentos de fundação: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Investigação do terreno de fundação, localização de sondagens e de métodos geofísicos; ◦ Caracterização da resistência mecânica e deformabilidade das fundações; ◦ Injeções de caldas de cimento: profundidade da cortina de injeções, composição de caldas, aditivos, pressões de injeção e controle de qualidade; ◦ Ligação do concreto à fundação e às ombreiras; ◦ Metodologia de preenchimento das juntas, falhas e outras singularidades geológicas; ◦ Sistema de controle de drenagem e de percolação no maciço rochoso de fundação; ◦ Outros tratamentos da fundação, tais como tratamento dental e concreto de regularização.
	<ul style="list-style-type: none"> • Análises adicionais de verificação do projeto: 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Análise dos parâmetros do projeto; ◦ Tipos de ações consideradas no dimensionamento; ◦ Análise de estabilidade da barragem; ◦ Análise das deformações da fundação; ◦ Variações de temperatura do concreto; ◦ Análise do controle de percolação e da distribuição das subpressões na fundação; ◦ Análise de estabilidade das ombreiras; ◦ Intervenções corretivas, executadas durante a construção; ◦ Compatibilização dos aspectos construtivos com os métodos previstos no projeto; ◦ Comparação entre tensões e deslocamentos calculados e valores medidos, no caso de existir instrumentação apropriada; ◦ Cisalhamento nas juntas de contração.
10) Revisão dos procedimentos de operação e manutenção:	<ul style="list-style-type: none"> • Plano e registros de operação; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Área do reservatório e potencial ocorrência de deslizamentos e de assoreamento; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de primeiro enchimento e procedimentos de operação associados; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Barragens existentes a montante e a jusante; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Plano e registros de manutenção das estruturas e dos equipamentos eletro e hidromecânicos; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Análise da frequência dos testes dos equipamentos; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de eventuais intervenções de reparação da estrutura da barragem; 	
<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de manutenção da barragem e dos órgãos extrasores; 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Sistemas de comunicação e sistemas de alarme. 	

11) Revisão dos procedimentos, equipamento e registros de instrumentação e monitoramento:	• Plano de monitoramento e instrumentação;
	• Análise do estado de conservação da instrumentação da barragem e da fundação;
	• Análise dos registros dos instrumentos e sua interpretação.
12) Relatórios de revisões periódicas de segurança anteriores:	• Análise dos procedimentos seguidos nessas revisões quanto à segurança da barragem;
	• Verificação da implementação de eventuais medidas de reabilitação propostas.
13) Reavaliação da Categoria de Risco e do Dano Potencial Associado:	• Reavaliação das características técnicas da barragem, do estado de conservação da barragem e do Plano de Segurança da barragem;
	• Reavaliação das condições de ocupação a jusante;
	• De acordo com a Resolução Nº 143 do CNRH, o relatório da revisão periódica poderá justificar uma nova classificação da barragem.

Orientação ao Empreendedor: a revisão periódica poderá requerer a realização de estudos complementares, que deverão ser propostos pela contratada. Esta lista de atividades se aplica integralmente a primeira revisão periódica. Para as revisões periódicas subsequentes esta lista de atividades poderá ser reduzida a critério da Contratante.

Essas recomendações devem ser analisadas numa perspectiva da importância dos riscos, do custo/benefício das melhorias e respectivas prioridades.

Em anexo do Relatório Final deve figurar a memória descritiva dos estudos realizados.

Deverá igualmente ser elaborado um Resumo Executivo, incluindo informação simplificada sobre os temas analisados e conclusões e recomendações sobre as melhorias a implementar.

Os produtos resultantes da Revisão periódica de Segurança devem ser entregues em duas vias em papel e em arquivo digital.

6. PRODUTOS ESPERADOS

Os elementos resultantes das atividades realizadas e listadas no item 5 devem ser integrados no Relatório Final.

Nesse relatório, em face aos resultados dessas atividades, devem ser apresentadas conclusões sobre a segurança da barragem e recomendações sobre as ações a implementar, referentes a melhorias a implementar na barragem, seus órgãos extravasores e no reservatório, se for o caso.

7. PRAZO DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

O prazo total sugerido para o desenvolvimento das atividades previstas para execução dos serviços descritos neste termo de referência é de [.....] dias úteis.

Orientação ao Empreendedor: O número sugerido de dias úteis para a realização das atividades objeto do contrato, incluindo o Relatório Final da Revisão Periódica, por porte de barragem e em função da existência ou não de instrumentação, quando existam elementos de projeto e outros informativos, figura no quadro seguinte:

Barragem	Sem instrumentação	Com instrumentação
Pequeno porte	12 - 15 dias	15 - 20 dias
Médio porte	20 - 25 dias	25 - 30 dias
Grande porte	30 - 40 dias	40 - 60 dias

No Anexo 1 figura um quadro com o Cronograma do Trabalho e o Planejamento para os Produtos, a preencher pelos proponentes, que será parte integrante da proposta.

8. DA EQUIPE TÉCNICA

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve ser conduzida por equipe especializada, com competência nas diversas disciplinas que envolvem a segurança da barragem, designadamente hidrologia, hidráulica, geotecnia, estruturas, tecnologia de concreto, e outras correlatas.

A Proponente deve apresentar uma relação de todos os profissionais de nível superior que irão compor a Equipe-Chave e a Equipe Complementar e os profissionais de nível médio que irão compor a Equipe de Apoio.

As Equipes Chave e Complementar, com suas respectivas funções e experiência, deverão ser compostas pelos seguintes profissionais (**Quadros 1 e 2**).

Orientação ao Empreendedor: para determinação da Equipe-Chave e Equipe Complementar adequadas à revisão periódica da barragem em pauta, recorrer ao Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem publicado pela ANA.

Quadro 1. Equipe-Chave. [exemplificativo]

Especialidade	Experiência
Engº Coordenador Geral	Profissional com experiência superior a 15 anos em projetos de recuperação de barragens, envolvendo análise da documentação existente, vistorias técnicas, diagnóstico e projetos de recuperação de obras civis e equipamentos hidromecânicos e elaboração de manuais de segurança, operação e manutenção.
Engº Geotécnico	Profissional com experiência superior a 10 anos em projetos geotécnicos de barragens.
Engº Estrutural	Profissional com experiência superior a 10 anos em projetos estruturais de barragens e/ou projetos estruturais de recuperação de barragens.
Engº Hidrólogo	Profissional com experiência superior a 10 anos em estudos hidrológicos para projetos de barragens
Engº Hidráulico	Profissional com experiência superior a 10 anos em projetos hidráulicos de barragens e/ou projetos hidráulicos de recuperação de barragens

Quadro 2. Equipe Complementar. [exemplificativo]

Especialidade	Experiência
Engº Mecânico	Profissional com experiência superior a 10 anos em projetos de equipamentos hidromecânicos e/ou de recuperação de estruturas auxiliares de barragens.
Engº Eletricista	Profissional com experiência superior a 10 anos em projetos elétricos de barragens e/ou projetos elétricos de recuperação de barragens.
Geólogo de Engenharia	Profissional com experiência superior a 10 anos em estudos geológicos de fundações de barragens.

A Equipe de Apoio poderá integrar, entre outros:

- Topógrafo;
- Laboratorista;
- Cadista;
- Inspetor de campo.

Os membros das Equipes Chave e Complementar deverão obrigatoriamente apresentar os respectivos “Curriculum Vitae” e o Registro Nacional de Entidade de Classe, no caso de Engenheiros, do CREA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia).

Orientação ao Empreendedor: abaixo são apresentadas sugestões de documentação a ser exigida dos Proponentes, bem como proposta de política de substituição de profissionais. Cabe à Contratante definir aquilo que considera mais adequado.

O “Curriculum Vitae” do Coordenador Geral deverá estar acompanhado de atestado e da Certidão de Acervo Técnico (CAT), expedida pelo CREA, indicando que o profissional tenha participado na condição de Responsável Técnico e/ou Coordenador em projetos de barragens do mesmo tipo, com altura superior a 15 m ou volume maior ou igual a 3 hm³.

Os currículos dos profissionais da Equipe-Chave deverão estar acompanhados das Certidões de Acervo Técnico (CAT), expedidas pelos respectivos órgãos de classe, com a indicação de ter o profissional participado em contratos, cujos serviços realizados contemplem a área de atuação para qual o profissional tenha sido indicado.

Os currículos dos profissionais das Equipes Chave e Complementar deverão estar acompanhados de declaração autorizando sua inclusão na Equipe Técnica.

O Coordenador Geral, o Engenheiro Geotécnico, o Engenheiro Estrutural e o Engenheiro Hidrólogo deverão apresentar declaração indicando que têm disponibilidade de tempo para executar os respectivos serviços.

A substituição de qualquer dos profissionais integrantes da Equipe Técnica Chave antes ou

no decorrer da execução dos serviços somente será admitida mediante fatos supervenientes, fortuitos ou de força maior, devendo ser substituído por profissional de perfil técnico equivalente ou superior, mediante prévia autorização do Empreendedor.

Para efeito de Avaliação das Equipes Técnica Chave e Complementar serão consideradas as fichas curriculares dos profissionais que, entre outros, poderão compor a equipe (**Quadros 1 e 2**).

9. DOCUMENTOS DISPONÍVEIS PARA CONSULTA

Os documentos existentes, relativos à barragem [nome da barragem], estão listados a seguir e encontram-se disponíveis para consulta no escritório do empreendedor:

Orientações ao empreendedor: Da listagem abaixo, incluir apenas os documentos disponíveis em seu acervo relativos à barragem objeto do TDR.

- Projeto da barragem, incluindo o projeto como construído;
- Documentação relativa à barragem, em particular, plano de monitoramento e instrumentação e registros da instrumentação e relatórios de inspeção de segurança;
- Relatórios de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, anteriormente elaborados.
- Planos de operação e manutenção da barragem;
- Descrição de intervenções de reabilitação anteriormente realizadas;
- Plano de Ação Emergencial (PAE).

Após julgamento das propostas e seleção da Contratada, o Empreendedor disponibilizará toda essa documentação para a realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Para execução dos serviços objeto deste termo de referência, os seguintes documentos/manuais estão disponíveis para consulta:

Documento	Autor	Ano	Onde encontrar
Guia de Revisão Periódica de segurança de Barragem	ANA	2014	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010	Presidência da República. Casa Civil	2010	http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm
Resolução ANA nº 91/2012	ANA	2012	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Resolução ANA nº 742/2011	ANA	2011	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Guia de Orientação e formulários para Inspeção de Segurança de Barragem	ANA	2014	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens	ANA	2014	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Diretrizes para a Elaboração do Plano de Operação/Manutenção e Instrumentação de Barragens	ANA	2014	www.ana.gov.br/seguranca-debarragens
Engineering and Design. Safety of Dams-Policy and Procedures	USACE	2011	www.usace.army.mil
Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas	ELETOBRAS	2003	www.eleto-bras.com
NOIB. Normas de Observação e Inspeção de Barragens	Ministério do Ambiente e Recursos Naturais	1993	Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro. Lisboa

11. LOCAL DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS E ENTREGA DOS PRODUTOS

Os serviços de campo serão executados no local do empreendimento, sendo os restantes serviços desenvolvidos em escritório da Contratada.

A entrega do Relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, incluindo a respectiva ficha de inspeção, será feita no endereço a indicar pelo Empreendedor.

12. ACOMPANHAMENTO E EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

As inspeções e os estudos, visando à definição do estado geral da barragem, a serem desenvolvidos pela Equipe Técnica, poderão ser acompanhados pelo Empreendedor e/ou por Especialistas por ele contratados, para assegurar a necessária qualidade dos serviços prestados.

A Contratada deverá comunicar ao Empreendedor e eventualmente solicitar sua presença sempre que detectar alguma anomalia que assim justifique, mesmo antes da conclusão da revisão.

13. DOS CRITÉRIOS DE JULGAMENTO DAS PROPOSTAS

Orientação ao Empreendedor: Sugestão de critérios para julgamento das propostas. Cabe ao empreendedor selecionar aqueles que julgar mais adequados.

O julgamento da Proposta deverá levar em consideração tanto a Proposta Técnica como a Proposta de Preço, cada uma com seu respectivo peso (T) e (P). Para tanto serão atribuídas notas para cada propostas.

Proposta Técnica:

No julgamento da Proposta Técnica deverão ser contemplados os seguintes critérios e aspectos:

Critério		Pontos
Experiência da empresa ou da equipe técnica	Experiência geral em estudos e projetos para implantação de empreendimentos hidráulicos e experiência específica em estudos e projetos de recuperação de barragens	10
Conhecimento do problema	Conhecimento do problema, conhecimento geral do escopo dos serviços e atividades a serem desenvolvidas	30
Estrutura organizacional da empresa ou da equipe técnica	Organograma, dimensionamento da equipe, atribuições e responsabilidades dos técnicos; cronograma de atividades para execução dos serviços	10
Currículo da Equipe Técnica	Currículo e experiência da Equipe-Chave e da Equipe Complementar	50
Total		100

A Proposta Técnica terá uma nota (Nt) máxima de 100 (cem) pontos.

A nota mínima para considerar a Proposta Técnica elegível é de 70 (setenta) pontos.

Proposta de Preço:

Para avaliação das Propostas de Preços, serão atribuídas notas financeiras (Nf), por Proposta, conforme descrição que se segue:

A Nota financeira (Nf) será calculada multiplicando-se por 100 a divisão do valor da proposta financeira mais baixa (Fmin) pelo valor da proposta financeira em avaliação (F), mediante a fórmula abaixo, utilizando-se duas casas decimais e desprezando-se a fração remanescente:

$$Nf = 100 \times Fmin/F, \text{ onde:}$$

Nf = Nota financeira;

Fmin = valor da proposta financeira mais baixa; e

F = valor da proposta em avaliação.

Proposta Vencedora:

Com base nas notas técnicas (Nt) e financeiras (Nf) apuradas, será atribuída a Nota Final (N) de cada licitante, com base na fórmula a seguir:

$$N = (Nt \times T) + (Nf \times P), \text{ onde:}$$

N = Nota final;

Nt = Nota técnica;

T = Peso atribuído à Proposta Técnica; e

P = Peso atribuído à Proposta de Preço.

$$\text{sendo: } T=0,8 \text{ e } P=0,2$$

Será considerada vencedora aquela proponente que obtiver a maior Nota Final.

14. DAS OBRIGAÇÕES DAS PARTES

Orientação ao Empreendedor: Cabe ao Empreendedor definir as obrigações que considerar mais adequadas.

Caso o Empreendedor não elabore um contrato, estes Termos de Referência (TDR) passam a ter valor de contrato, se assinado por ambas as partes, assim, nas obrigações das partes citadas abaixo, pode-se usar tanto o termo TDR como Contrato.

São obrigações do Empreendedor:

- Colocar à disposição da Contratada os elementos e informações necessários à execução destes TDR;
- Aprovar as etapas de execução dos serviços pertinentes, desde o planejamento até a sua efetiva concretização;
- Acompanhar e fiscalizar o andamento dos serviços, promovendo o acompanhamento e a fiscalização sob os aspectos quantitativo e qualitativo;
- Impedir que terceiros executem os serviços objeto destes TDR;

- Rejeitar qualquer serviço executado equivocadamente ou em desacordo com as especificações constantes destes TDR;
- Atestar a execução dos serviços e receber a Nota Fiscal/Fatura correspondente, na forma estabelecida nestes TDR;
- Efetuar os pagamentos devidos à Contratada, nos termos definidos nestes TDR;
- Deduzir e recolher os tributos na fonte sobre os pagamentos efetuados à Contratada; e
- Aplicar à Contratada as penalidades regulamentares, caso sejam explicitadas em Contrato.

São obrigações da Contratada:

- Executar os serviços descritos em sua proposta, em conformidade com as especificações e nas condições exigidas nestes TDR;
- Discutir previamente com o Empreendedor a sequência dos trabalhos a serem desenvolvidos, bem como qualquer alteração que se torne necessária;
- Comunicar ao Empreendedor qualquer anormalidade de caráter urgente e prestar os esclarecimentos solicitados;
- Assumir inteira responsabilidade pela execução, bem como por quaisquer eventuais danos ou prejuízos que possam causar ao Empreendedor ou a terceiros, no cumprimento destes TDR;
- Apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, obtida junto ao respectivo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, referente à execução dos serviços objeto desta contratação.
- Mandar desfazer ou refazer qualquer serviço que, a juízo do Empreendedor, não esteja de acordo com o ajustado nos TDR;
- Responder pelas obrigações de natureza tributária, trabalhista, previdenciária ou resultante de acidente de trabalho, bem como as relacionadas a alimentação, saúde,

transporte, uniformes ou outros benefícios, de qualquer natureza, decorrentes da relação de emprego no âmbito da contratação;

- Não transferir a terceiros, por qualquer forma, nem mesmo parcialmente, a execução dos serviços objeto destes TDR;
- Manter, durante a execução dos serviços, as condições de habilitação e qualificação exigidas nestes TDR;
- Não divulgar informações a terceiros ou realizar publicidade acerca dos serviços, salvo expressa autorização do Empreendedor; e
- Atuar dentro dos prazos estabelecidos.

15. DO PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo Empreendedor ao final da execução de cada etapa dos serviços, conforme tabela abaixo, em parcelas calculadas a partir do valor do contrato [ou estipulado nestes TDR], mediante apresentação de Nota Fiscal/Fatura, no prazo de até X [prazo a ser estipulado pelo Empreendedor] dias úteis, contados a partir da data do atesto dos serviços efetivamente prestados.

ETA-PA	DESCRIÇÃO DA ETAPA	PERCENTUAL DO VALOR TOTAL DO CONTRATO
1º	Entrega do relatório Final	60% a 80%
2º	Aprovação do Relatório Final	20% a 40%

16. DO PRAZO DE ENTREGA

O pagamento deverá ser efetuado por transferência bancária para o banco [banco a ser indicada pela Contratada].

O Empreendedor disporá do prazo de cinco dias úteis para proceder ao atesto da nota fiscal/fatura apresentada.

17. DA VIGÊNCIA DO CONTRATO (OU DURAÇÃO DOS SERVIÇOS)

O Contrato terá vigência de X [prazo a ser estipulado pelo Empreendedor] meses a contar da data de sua assinatura.

18. DO LOCAL DE ENTREGA

A entrega dos produtos deverá ser realizada no endereço abaixo: [endereço a ser indicado pelo Empreendedor]

19. DA APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

A proponente deve apresentar proposta técnica e financeira conforme descrito a seguir.

Orientação ao Empreendedor: sugestões de obrigações das partes. Cabe ao Empreendedor definir aquelas que considerar.

MODELO DA PROPOSTA

Orientação ao empreendedor: Apresenta-se a seguir sugestão de modelo de proposta a ser exigida dos proponentes, compatibilizado com as sugestões de critérios para julgamento da proposta apresentado no item 13. Cabe ao empreendedor julgar a conveniência e oportunidade de adotar o modelo aqui sugerido.

Na elaboração de suas propostas, dando resposta aos presentes Termos de Referência, a Proponente deverá apresentar um memorial que, entre outros, contenha considerações sobre os itens seguintes:

1. CONTEÚDO DA PROPOSTA TÉCNICA

- Apresentação: carta endereçada ao Empreendedor e assinada pelo Proponente oferecendo prestar os serviços de consultoria para realizar a Revisão Periódica da Barragem [Inserir nome da Barragem] em conformidade com os Termos de Referência.
- Experiência da empresa em trabalhos similares: uma apresentação da sua experiência recente que seja de maior relevância para o serviço. Para cada serviço, a apresentação deve indicar os nomes dos Especialistas Principais que tenham participado, a duração do serviço, o montante do serviço e o papel/participação do Proponente (o quadro abaixo pode ser utilizado a título de sugestão).

Duração	Nome do serviço e breve descrição dos principais produtos/resultados	Nome do Cliente e país do serviço	Valor aproximado do Contrato	Função no serviço
ex: 01/09 - 04/10	Ex: "Melhoria da qualidade de ...": plano mestre elaborado para a racionalização de...;	ex: Ministério de ..., país}	Ex: R\$ 1 milhão	Ex: Membro principal de um consórcio A&B&C
ex: 01 a 05/08	Ex: "Suporte ao governo subnacional de ...": minuta da regulamentação de nível secundário sobre ...	Ex: município de ..., país}	Ex: R\$ 1 milhão	Ex: único Consultor

- **Conhecimento do Problema:** descrição do conhecimento do problema e descrição das atividades a desenvolver no âmbito da Revisão Periódica de Barragem (estudo de documentação, inspeções da barragem e das estruturas auxiliares, trabalhos de campo, etc.), visando à elaboração do Relatório da Revisão.
- **Estrutura Organizacional:** uma breve descrição da organização do Proponente, Composição da Equipe Técnica, acompanhados dos respectivos atestados, declarações e CREA, no caso de Engenheiros e Arquitetos e cronograma de atividades para execução dos serviços.

Neste item deverão obrigatoriamente ser apresentados os seguintes documentos:

- uma declaração de que o Proponente conhece e consultou o Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem e que seguirá as metodologias nele descritas, e
- um atestado comprobatório de visita ao local da barragem e área de abrangência da Revisão Periódica de Segurança, assinado pelo Empreendedor.

Para composição da Equipe Técnica utilizar o quadro abaixo “Relação da Equipe Técnica”.

RELAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

Nome da Proponente		Folha
Nome dos técnicos	Área de atividades	Formação

A proposta deverá incluir um cronograma de execução de todos os serviços, identificando as principais atividades. Para elaboração do cronograma, utilizar o Quadro seguinte, “Cronograma do Trabalho e Planejamento para os produtos”.

CRONOGRAMA DO TRABALHO E PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES

Nº	Atividades	Semanas ou meses											
		1	2	3	4	5	6	8	9	...	N	TOTAL	
1	Coleta de documentação e de dados básicos												
2	Inspeção detalhada												
3	Estudos a realizar												
4	Conclusões												
5	Recomendações												
6	Análise custo/benefício das melhorias												
7	Relatório Final e Resumo Executivo												
Anexo	Memória descritiva dos estudos realizados												

1. A duração das atividades deverá ser indicada em formato de gráfico de barras.
2. Incluir uma legenda, se necessário, para ajudar na leitura do gráfico.

Currículo da Equipe Técnica:

Sugere-se que o Curriculum Vitae (CV) de cada membro da Equipe-Chave e Complementar sigam o modelo apresentado no quadro abaixo e contenham no mínimo as informações ali solicitadas. Caso o modelo não seja seguido, os CV's apresentados deverão ter as mesmas informações solicitadas no modelo.

CURRICULUM VITAE (CV)

Título:	
Nome do Especialista:	
Data de nascimento:	
País de origem/residência:	

Educação: Listar faculdade/universidade ou outra educação especializada, mencionando os nomes das instituições de ensino, datas em que frequentou, graduação(ões)/diploma(s) obtido(s)

Registro histórico de empregos relevante para o serviço: Começando pelo cargo atual, listar em ordem inversa}. Fornecer datas, nome do empregador, nomes dos cargos ocupados, tipos de atividades realizadas e locais do serviço, além de informações de contato de clientes anteriores e organização(ões) empregadoras que possam ser contactados para referências. Emprego anterior que não seja relevante para o serviço não precisa ser incluído.

Adequação para o serviço: listar Informação sobre trabalho/serviço anterior que melhor ilustre a competência para lidar com as tarefas designadas.

Informações de contato do Especialista: (e-mail, telefone.....).

Certificado:

Eu, abaixo assinado, certifico que, sob o meu conhecimento e convicção, este CV descreve-me corretamente, descreve minhas qualificações e minha experiência e que estou disponível para executar o serviço no caso de outorga. Estou ciente de que qualquer informação ou declaração falsa apresentada aqui pode resultar na minha desqualificação ou dispensa pelo Cliente.

Nome do Especialista

Assinatura

Assinatura

Data

Data

Nome do autorizado

2. CONTEÚDO DA PROPOSTA FINANCEIRA

- **Apresentação:** carta endereçada ao Empreendedor e assinada pelo Proponente oferecendo prestar os serviços de consultoria para realizar a Revisão Periódica da Barragem [Inserir nome da Barragem] em conformidade com os Termos de Referência. A carta deverá conter o valor total da proposta.
- **Formulários:** A proposta financeira deverá indicar o custo total dos serviços, discriminando os custos com pessoal, deslocamentos, serviços de campo, etc., com base em preços unitários praticados no mercado. Os quadros abaixo contêm os formulários que a proponente terá que preencher, incluindo a informação necessária ao julgamento das propostas.

QUANTITATIVOS E CUSTOS DE PESSOAL

Nome da Proponente:				Folha	
Barragem:					
Categorias		Quantidades	Homens. Dia	Custo unitário	Custo total
PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR					
Consultor	C				
Coordenador	P0				
Nível Superior Sênior	P1				
Nível Superior Médio	P2				
Nível Superior Júnior	P3				
PESSOAL TÉCNICO DE APOIO					
Técnico Sênior	T1				
Técnico Médio	T2				
PESSOAL ADMINISTRATIVO					
Técnico Administrativo Sênior	A1				
Auxiliar Administrativo	A3				
VALOR TOTAL EM REAIS:					

- 1) A categoria “P” enquadra não só engenheiros, mas todo profissional de nível superior.
- 2) A categoria “T” inclui técnicos de nível médio, especialmente topógrafos, laboratoristas; supervisores e inspetores de campo, cadista, calculista, projetista e copistas e auxiliares
- 3) A categoria “A” inclui administrativos propriamente ditos, secretárias e auxiliares.
- 4) Categoria “P” tempo de formado (anos):
 - Júnior P3 - mais de 2 anos de formado com o mínimo de 2 anos de experiência em projetos ou obras;
 - Médio P2 - de 5 a 8 anos de formado com o mínimo de 5 anos de experiência em projetos ou obras;
 - Sênior P1 – de 8 a 10 anos de formado com o mínimo de 8 anos de experiência em projetos ou obras;
 - Sênior P0 – acima de 10 anos de formado com o mínimo de 10 anos de experiência em projetos ou obras;
 - Consultor C – experiência mínima de 15 anos em projetos ou obras, com nível de pós-graduação.
- 5) Categoria “T” experiência
 - Especializado T2 – mais de 5 anos de formação;
 - Especializado T1 – mais de 8 anos de formação com o mínimo de 8 anos de experiência em projetos ou obras;
- 6) Categoria “A” experiência:

SERVIÇOS A PREÇO UNITÁRIO

SERVIÇOS DE CAMPO – LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS, E INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS¹

Nome da Proponente:			Folha:	
Barragem:				
DISCRIMINAÇÃO	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			unitário	total
1. Levantamentos Topográficos	ha			
2. Investigações Geológico-Geotécnicas				
2.1. Sondagem Rotativa				
2.1.1. Mobilização e desmobilização de equipes e equipamentos	unid.			
2.1.2. Instalação de Furo de Sondagem Rotativa Ø N	unid.			
2.1.3. Sondagem rotativa em rocha Ø N – coroa de diamante, barrilete duplo livre	m			
2.1.4. Deslocamento de Equipamento entre furos de sondagem afastados de 200 a 500 m	unid.			
2.1.5. Ensaio de perda d'água (Lugeon)	unid.			
2.2. Sondagem à Percussão				
2.2.1. Mobilização e desmobilização de equipes e equipamentos	unid.			
2.2.2. Instalação do equipamento em furo	unid.			
2.2.3. Sondagem à percussão com ensaio de SPT a cada metro	m			
2.2.4. Deslocamento de equipamento entre furos de sondagem afastados de 200 a 500 m	unid.			
2.2.5. Ensaio de infiltração em água	unid.			
2.3. Poços de Inspeção				
2.3.1. Poços de inspeção	unid.			
2.3.2. Coleta de blocos indeformados	unid.			
2.4. Ensaio de Campo				
2.4.1. Umidade Natural	unid.			
2.4.2. Densidade Natural	unid.			
2.5. Ensaio de Laboratório				
2.5.1. Umidade Natural	unid.			
2.5.3. Limite de Liquidez	unid.			
2.5.2 Densidade Natural	unid.			
2.5.4. Limite de Plasticidade	unid.			

2.5.5 – Granulometria por Peneiramento	unid.			
2.5.6 – Granulometria por Sedimentação	unid.			
2.5.7 – Ensaio de Compactação Proctor Normal	unid.			
2.5.8 – Massa Específica Real dos Grãos	unid.			
2.5.9 – Adensamento edométrico	unid.			
2.5.10 – Ensaio triaxial (CU) adensado, não drenado e saturado	unid.			
VALOR TOTAL EM REAIS				

Orientação ao Empreendedor: Estimativa de custo da contratação

Para fazer a estimativa de custo da contratação dos serviços, o Empreendedor deve considerar os custos de mão de obra especializada e de apoio, com respectivos encargos sociais, as despesas que a contratada terá para a realização dos serviços, nomeadamente, custos de passagens, diárias, transportes locais e aluguel de equipamentos, bem como despesas administrativas, impostos e a parcela de lucro da contratada.

Essa estimativa do custo dos serviços não deverá variar muito em termos médios com o tipo de barragem (Aterro ou Concreto), mas varia significativamente com o porte de cada barragem.

No Guia de Revisão Periódica figura a designação dos técnicos que constituirão as equipes para a realização da Revisão Periódica de barragens de pequeno, médio e grande porte, e no item 7 destes TDR figura uma estimativa do tempo total (intervalo de dias) necessário à realização dos serviços, nos casos em que existam elementos de projeto e outros informativos e que não seja necessária a execução de investigações de campo ou de laboratório significativas.

Para auxiliar nessa estimativa, apresenta-se a seguir metodologia que pode vir a ser adotada pelo empreendedor. Essa metodologia deve ser considerada indicativa e não substitui procedimentos próprios já adotados pelo empreendedor, em decorrência de sua experiência prévia ou de exigência de entidades de controle.

CUSTOS DE MÃO DE OBRA:

Quadro A1 – Estimativa de Custos de Mão de obra

Profissional	Nível de Esforço (em número de dias)	Valor do hh (R\$)	Custo diário (R\$)	Custo Total (R\$)
(A)	(B)	(C)	(D) = (C) x 8	(E) = (B) x (D)
Eng ^o . Geotécnico				
Eng ^o . Hidráulico				
Etc.				
Total A1				

(A) Profissionais

O Quadro A2 sugere a composição da equipe em função do porte e tipo da barragem para execução das referidas atividades.

¹Nos casos em que seja reconhecida necessidade de execução de serviços de campo e de laboratório no âmbito da Revisão Periódica, a proponente deverá utilizar este quadro para indicar os serviços, quantidades e preços unitários.

Quadro A2 - Equipe Técnica sugerida em função do porte e tipo de barragem

Porte	Barragens de terra e de enrocamento	Barragens de concreto
Pequeno	Eng ^o . Geotécnico, Eng ^o Hidráulico, Topógrafo, Inspetor de campo	Eng ^o . Estrutural, Eng ^o Hidráulico, Topógrafo, Inspetor de campo
Médio	Eng ^o . Geotécnico, Eng ^o Hidráulico, Geólogo de Engenharia, Eng ^o . Mecânico, Topógrafo, Inspetor de campo	Eng ^o . Estrutural, Eng ^o Hidráulico, Geólogo de Engenharia, Eng ^o Mecânico, Topógrafo, Inspetor de campo
Grande	Devem integrar os profissionais definidos na Equipe-Chave, Equipe Complementar e Equipe de Apoio	Devem integrar os profissionais definidos na Equipe-Chave, Equipe Complementar e Equipe de Apoio

(B) Nível de esforço

O Quadro A3 sugere os intervalos de números de homens-dia indicativos, para a realização das atividades objeto do contrato, em função do porte e tipo da barragem e ainda da existência ou não de instrumentação. O número de homens.dia indicado, em cada caso, refere-se ao número total de dias de Técnicos superiores e de Técnicos médios.

O empreendedor poderá utilizar esses números como primeira estimativa para elaboração do orçamento.

Quadro A3 - Número de homens.dia para a realização das atividades objeto do contrato.

Barragem	Sem instrumentação		Com instrumentação	
	Técnico superior	Técnico médio	Técnico superior	Técnico médio
Pequeno porte	15 - 20	2 - 4	20 - 25	4 - 6
Médio porte	35 - 40	6 - 8	45 - 50	8 - 10
Grande porte	50 - 60	8 - 10	60 - 70	10-12

- (C) Valor de Homem-Hora (HH)
 - Indicam-se algumas fontes referenciais de custos divulgados por entidades privadas e públicas, com o objetivo de orientar o empreendedor no julgamento da melhor proposta:
-
- 1 - Entidade privada associativa: ABCE (Associação Brasileira de Consultoria de Engenharia). (http://www.abceconsultoria.org.br/tarifas_de_consultoria.htm)
-
- 2 - Entidades públicas:
 - SINAPI (Caixa Econômica Federal) (http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/encargos_sociais.asp);
 - SICRO (DNIT) (<http://www.dnit.gov.br/servicos/sicro/sudeste/sudeste-1rio-de-janeiro-marco-2014>) Data de referência: mar/2014;
 - - SCO (Prefeitura do Rio de Janeiro) (<http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>) Data de referência: abr/2014;
 - DER-SP (Estado de São Paulo)(http://www.der.sp.gov.br/website/Documentos/tabela_preco.aspx) Data de referência: 31/03/2014.

²¹ 1 homem-dia corresponde a 8 horas de trabalho. Por exemplo, um determinado serviço com esforço estimado de 4 homens-dia significa que um profissional vai trabalhar durante 4 dias naquele serviço, ou que 4 profissionais trabalharão um dia, ou qualquer combinação intermediária.

DESPESAS GERAIS

Quadro A4 . Diárias, passagens e outras despesas

Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
(F)	(G)	(H)	(I)	(J) = (H) x (I)
Passagens				
Diárias				
Aluguel de veículo				
Aluguel de Equipamento				
Total A2				

Aos custos referentes à mão de obra (Quadro A1) e custo das despesas gerais (Quadro A4) deverá ser adicionado o custo dos serviços de campo (se for o caso).

Custo total

O custo total estimativo da contratação corresponde à soma dos custos de mão de obra, despesas gerais, serviços de campo (se for o caso) e deve incorporar também encargos sociais (caso a tabela utilizada para consulta de valores de homem-hora apresente os valores sem encargos), impostos, despesas administrativas e percentual de lucro da contratada.

Uma referência relevante para a estimativa das despesas administrativas, encargos, impostos e percentual de lucro é o Acórdão TCU nº 1787/2011. Essas orientações, no entanto, devem ser utilizadas com cautela, pois mudanças de legislação podem afetar significativamente os percentuais envolvidos.



Ministério do
Meio Ambiente



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-8210-039-4



9 788582 100394