

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
SEGURANÇA DE BARRAGENS**



# **CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS**

**DATA: 09 de Julho de 2018**

**HORÁRIO: 08:00 às 12:00**

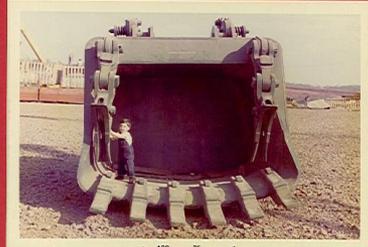
**PALESTRANTE: *Eng. Francisco Rodrigues Andriolo***



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# EXPERIÊNCIA DO PALESTRANTE

## CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

**Pinalito; Corredor Duarte**  
**Dos Mares; Boca del Toro**  
**Pirris**  
**Torno**  
**El Arenal**  
**Chaparral**  
**Site C; Muskrat Falls**  
**Seven Oaks**  
**Huites; Aguamilpa; El Cajon; Etileno; Mujica**  
**Santa Elena; Manabi**  
**Chavimochic; Aguamilpa; Charcani; San Gaban; Cerro del Aguila**  
**Pehuenche**  
**Iguazu; Villa Hayes**  
**Pichi Picun Leufu; Urugua-i; Caracoles; Yacireta; Punta Negra; Saladillo**  
**Miel I; Porce III; Rancheria; Santa Marta; Cañaveralejo; Salitre**  
**El Guapo; Caracas; Tuy Cuira**  
**Alqueva; Sines; Lever; Baixo Sabor**  
**Cindere; Beydag; Kigi; Yedisu; Köprü; Mengue; Ilisu; Deriner; Kalehan Beihan**  
**Jannah**  
**Tannur; Al Wehdah; Wala; Mujib; Ibin**  
**Zirdan; Kaihr**  
**Damad; Yabah; Metro**  
**Bakun**  
**Karebe**  
**III<sup>rd</sup> Ring**  
**Capanda; Laúca**  
**Letsibogo**  
**Metolong**  
**Traveston**

**Hydro Projects:** Ilha Solteira; Capivara, Promissão, Água Vermelha; Itaipu; Porto Primavera; Tucuruí; Jordão; Salto Caxias; Cana Brava, Lajeado; Peixe; Ita; Rio do Peixe, Machado; Itapebi; Pindobaçu; Picada; Bandeira de Melo; Xingo; Manso; Alto Jauru; Terra Santa; Indiavaí; Ombreiras; Alto Irani; Plano Alto; Paranatinga; Pirapama, Ilha; Segredo; Jararaca; Rondon II; Corumbá; Candonga; Serra Preta; Cacheira Grande; Pirapama; Belo Monte, Estreito, Jirau; Ponto Novo; Caçu; Barra dos Coqueiros; Rio Claro; Palmeiras; Paranatinga; Retiro; XIV Julho; Castro Alves; Salto Pilão; Corumbá IV; Santa Helena; Rio Descoberto; São Manoel; Sinop; **Metros:** Rio de Janeiro, Brasília; São Paulo; **Treatment Plant:** Belém; Saneago; **Thermal Plants:** Jacui- Recife; **Expressways:** Ecovias-Imigrantes-Femão Dias; Expressa Sul; Br-40- 232; **Ports:** Sauipe; Navegantes; Coqueiros; Açú; Base Naval; **Airports:** Recife; Maringá; **Bridges-Industrial Buildings- Stadiums:** Piracicaba River; Mar Pequeno; Brennan Cement; CSN; Olímpico; Sambódromo

- More than 120 Concrete Works;
- More than 80.000.000 m<sup>3</sup> concretes;
- More than 35 Countries;
- More than 165 Published Papers
- 10 Books
- 1 Technical Award and Nominated Concrete Laboratory –CESP-IS;
- Membro da Academia Nacional de Engenharia (2015)



**Andriolo Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# PARTE A- INFORMAÇÕES GERAIS





**Barragem de Cornalbo (H=24m), construída pelos Romanos, na região de Mérida (Augusta Emerita), ao redor de 200 DC, ainda em funcionamento, abastecendo água.  
*E os Romanos não tinham ISOs....***

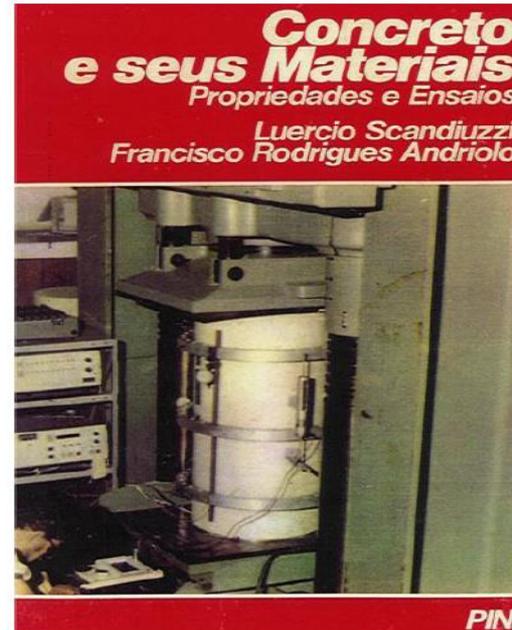
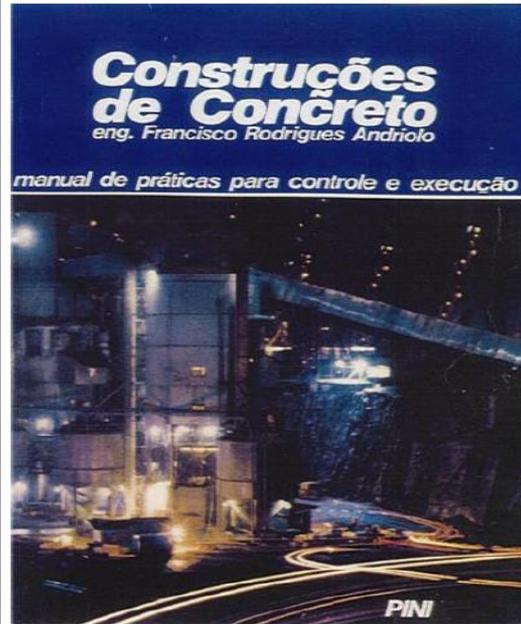
**Barragem de Proserpina (H=18m), construída pelos Romanos, também, na região de Mérida (Augusta Emerita), ao redor de 200 DC, ainda em funcionamento, abastecendo água.**

***E os Romanos não tinham ISOs....***



# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

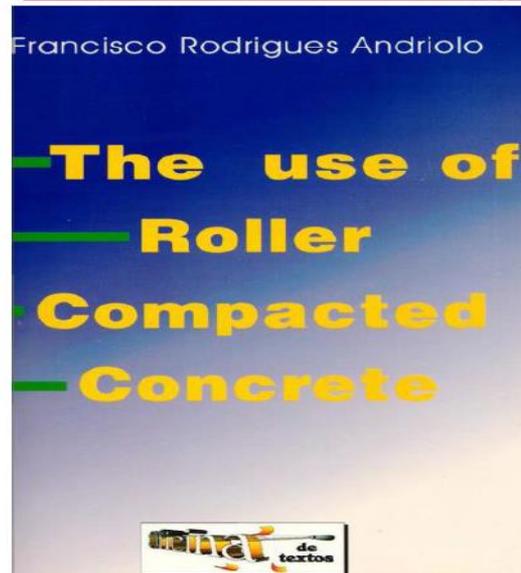
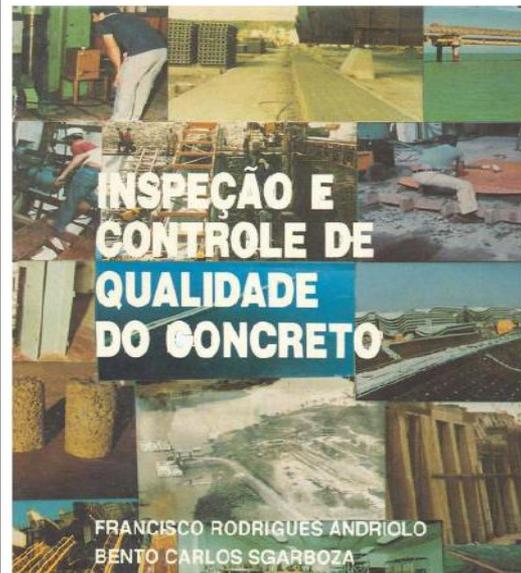
COMENTÁRIOS SOBRE AS DIRETRIZES REALIZADOS COM BASE NOS SEGUINTE LIVROS



## CONCRETO PRÉ-REFRIGERADO NO BRASIL: Uma Evolução com mais de 20 Anos



Francisco Rodrigues Andriolo  
Tadevz M. Skwarczynski



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

**Quem se lembra?**



# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



<https://www.youtube.com/watch?v=-zHqGPAbYlk>

<https://www.youtube.com/watch?v=JBA3s8qONME>

<https://www.youtube.com/watch?v=rvB7voDOoVw&t=24s>



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

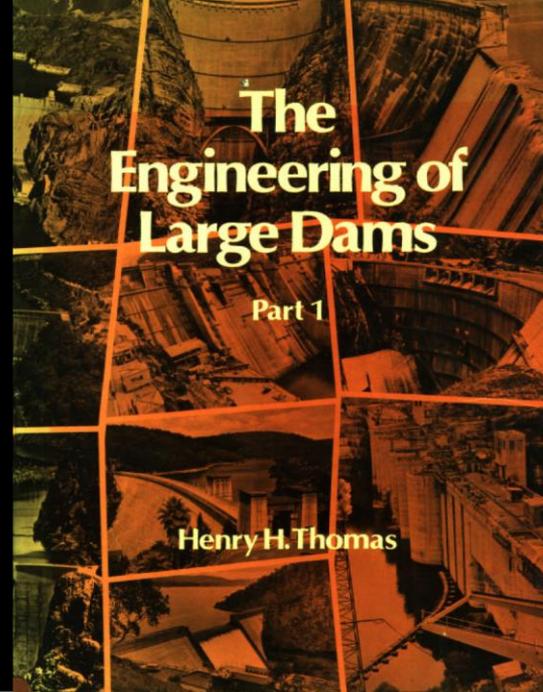


Gabriades; Cid Guelli; Simão; Marmo; Abraham Block

- **O QUE VOCE SABE ?**
- **O QUE VOCE TEM ?**
- **O QUE VOCE QUER ?**

Há dogmas ou postulados que a Escola, a Universidade, não nos ensina, mas a Vida Prática nos cobra, nos exige.

Tomarei um pouco do tempo de vocês para lembrar!!



#### 1.4 Responsibility—Moral and Legal

The Engineer has responsibility both moral and legal to the community. The first implies that he must act with integrity, giving due consideration not only to the particular purpose of his project but also to the ultimate effects of his project on his fellow human beings. His first responsibility is safety. In Chapter 3 examples



# CONCEITOS DE INTERRESSE GERAL

<b>Responsabilidade</b>	
<b>Origem</b>	Originada do latim <b>respondere</b> , que significa " <b>responder, prometer em troca</b> ".
<b>Conceito</b>	É o dever de arcar com as consequências do próprio comportamento ou do comportamento de outras pessoas . É uma obrigação jurídica concluída a partir do desrespeito de algum direito, no decurso de uma ação contrária ao ordenamento jurídico
<b>Esferas</b>	Cível, penal e funcional

## Responsabilidade Esferas/Campos/Âmbitos

### Civil

Distingue-se entre :

- Responsabilidade civil contratual (resultante da falta de cumprimento das obrigações emergentes dos contratos, dos negócios unilaterais ou da lei) e;
- Responsabilidade civil extracontratual (dimanada da violação de direitos absolutos ou da prática de certos atos que, embora lícitos, causam prejuízos a outrem).

É a obrigação de reparar ou indenizar por eventuais danos causados no exercício da atividade.

Para diminuir os riscos pelos materiais, tornou-se praxe executiva a especificação através de "**Memorial Descritivo**", determinando tipo, marca e dimensões, dentro dos critérios exigíveis de segurança, distribuindo a responsabilidade pelo fornecedor/fabricante que deve garantir as especificações técnicas dentro dos critérios de segurança.

## **Responsabilidade Esferas/Campos/Âmbitos**

<b>Social</b>	<p>Os consumidores dão preferência às empresas que demonstram ter uma consciência social.</p> <p>A responsabilidade social, empresarial, está intimamente ligada a uma gestão ética e transparente que a organização deve ter com suas partes interessadas, para minimizar seus impactos negativos no meio ambiente e na comunidade</p>
<b>Técnica</b>	<p>Decorre das atividades específicas dentro das várias modalidades das categorias da área tecnológica que realizam (projeto, execução, consultoria, peritagem). Apenas como exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• um arquiteto que elabora o projeto de uma casa será o responsável técnico pelo projeto;</li><li>• o engenheiro civil que executa a construção desta mesma casa será o responsável técnico pela construção;</li></ul> <p>Um engenheiro agrônomo que projeta determinado cultivo especial de feijão será o responsável técnico pelo projeto desse cultivo.</p>

## SEGURO

Há uma crescente demanda por uma responsabilidade mais rigorosa dos proprietários/concessionários da barragem em caso de danos de qualquer tipo causados a terceiros. O pior caso é, obviamente, que o colapso da barragem e o conseqüente impacto enorme que levaria.

Os proprietários/concessionários são obrigados a subscrever um seguro de responsabilidade civil de terceiros.

SEGURO	
Princípio de qualquer seguro consiste	Definir a extensão dos possíveis danos causados por qualquer evento considerado, definindo a probabilidade da ocorrência de qualquer um dos casos previstos, multiplicando o risco e observando o dano pela probabilidade de ocorrência correspondente.  Resumindo, os riscos e propondo o prêmio de seguro, usando um "fator de segurança" apropriado de computação para cobrir os custos, as despesas gerais e contingências.



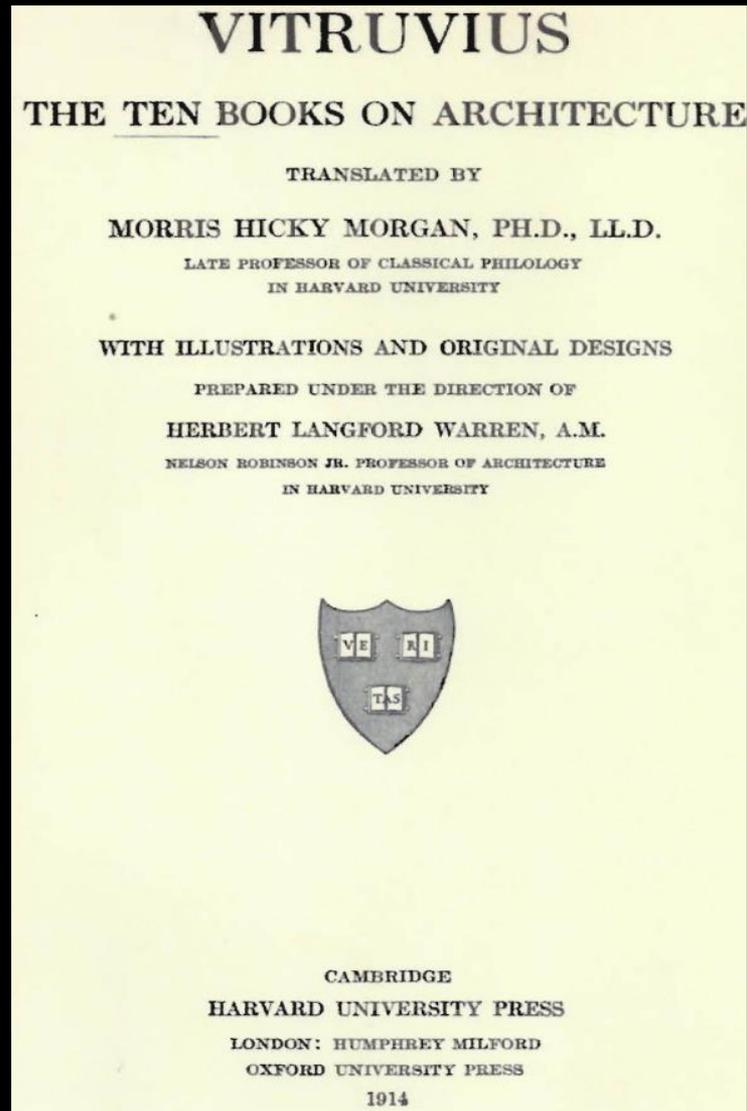
# PRINCIPIO DE CÓDIGO DE OBRAS

**Marcus Vitruvius Pollio** (nascido 80 – 70 A.C., morreu depois de 15 A.C.) foi um escritor romano, arquiteto e engenheiro, ativo no século I A.C..

Ele é mais conhecido como o autor da obra de vários volumes **De Architectura** ("sobre arquitetura").

O "**De architectura**", hoje conhecido como os dez livros na arquitetura é um tratado escrito em latim e grego sobre arquitetura, dedicado ao **Imperador Augusto**.

É interessante lembrar os principais temas de cada um desses livros.



Livro I	Vitruvius dedica seus escritos a transmitir conhecimento pessoal sobre qualidade dos edifícios do imperador e a educação-qualificação do arquiteto
Livro II	Dedica-se as pedras, tijolos, areia, cal, pozolana, sua dosagem, madeira e métodos de construção de paredes
Livro III	<p>Foi criado sobre o artístico, o corpo humano e dimensões e a simetria; Fundações, arranjos das colunas, proporções entre a base e a altura</p> 

Jerash - Jordânia

Livro  
IV

**Vitruvius mencionou:**

*"...Tenho observado, Imperador, que muitos em seus tratados e volumes, comentários sobre a arquitetura que não apresentaram o assunto de modo completo e ordenado, mas têm apenas um começo sem terminar, ou seja, apenas fragmentos incompletos. Portanto, pensei que seria algo digno e muito útil ordenar toda a esta obra de arte, de uma forma completa e em com apresentação e em seguida em livros diferentes para estabelecer e explicar as características necessárias de diferentes ambientes..."*

Livro  
V

Mencionou sobre os templos, basílicas, teatros, prisões, banhos, casas do Senado, Fóruns, Colunatas e passeios, portos, quebra-mares, estaleiros; suas fundações, espaço interno e acústico



**Petra –  
Jordânia**



**Livro VI**

Cita sobre sobre o clima e o estilo das casas e ambientes;

**Livro VII**

Menciona sobre pisos, tetos e estuques; cores, acabamento e pintura;

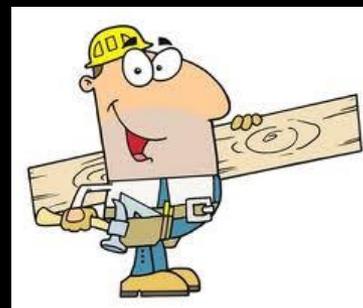
**Livro VIII**

Cita como encontrar água, propriedades e conhecimento das águas, nivelamento e instrumentos de nivelamento, aquedutos, poços e cisternas;



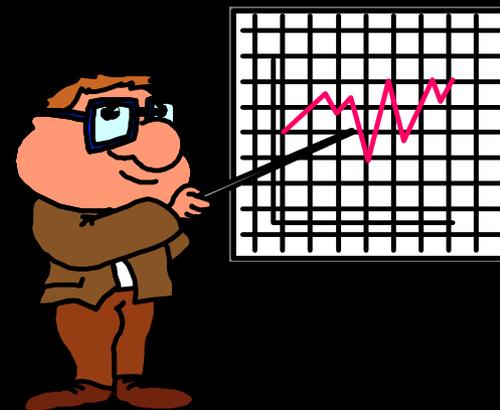
**Pamukale, Efesos-Turquia**

<b>Livro IX</b>	Relata sobre o Zodíaco e os planetas, as fases da lua, o curso do sol através dos doze signos; as constelações, a astrologia e prognósticos do tempo; a analema-declinação e suas aplicações, os relógios de sol e relógios de água
<b>Livro X</b>	Menciona sobre máquinas, implementos, ferramentas, talhas, elementos de movimento, motores para elevar água, rodas de água e moinhos de água, o parafuso de água, catapultas, aspectos de defesa



Do **Livro I** soube-se que a qualificação do engenheiro é importante, para desenvolver e ensinar o trabalhador.

Com base da experiência **deste palestrante** pode-se dizer que o trabalhador torna-se confiante quando ele se torna capacitado com o que aprendeu, com seu superior, e uma sinergia emerge!



O **Livro IV** ensinou que a organização é importante, e com a disciplina e planejamento é possível alcançar o sucesso.

# DOCUMENTOS DE CONTRATO PARA CONSTRUÇÃO



## **DOCUMENTOS DE CONTRATO PARA CONSTRUÇÃO**

### **Generalidades**



Os documentos do contrato de construção, em geral, incluem o contrato de proprietário/construtor, condições gerais e suplementares, plano e especificações, aditamentos emitidos antes do término da licitação, oferta do Construtor, aviso de adjudicação, desempenho e obrigações de pagamento e emitidas durante a construção do projeto de ordens de alteração do contrato.

Esses documentos formam a base de entendimento entre o proprietário e o construtor. O construtor é responsável para a realização de acordo com os termos do contrato e para a construção da instalação descrita nesses documentos.

Normas

Como Norma é compreendido um nível de excelência ou qualidade, um exemplo aceito ou aprovado, de algo contra o que os outros são julgados ou medido, um princípio de decência, honestidade e integridade.

Os padrões contemporâneos (**não mencionando o código de Hamurabi, datado de cerca de 1772 A.C.**) iniciaram nos primeiros anos do século XX, ou no final do século XIX, como pode ser exemplificado:

Standard	Country	Started by
ASTM	USA	1898
Bureau of Standard	USA	1901
BS	England	1901
DIN	Germany	1917
ANSI	USA	1919

Standard	Country	Started by
NP	Portugal	1929
ABNT	Brazil	1940
RILEM	France	1947
ISO	International	1947
EN	Europe	2001

Do acima pode ser compreendido as razões da semelhança entre as várias as normas e a ASTM.

**Recomendação**

Uma Recomendação é algo que é aconselhável; algo que se recomenda como digno ou desejável. **Uma recomendação é algo sugerido**

**Prática**

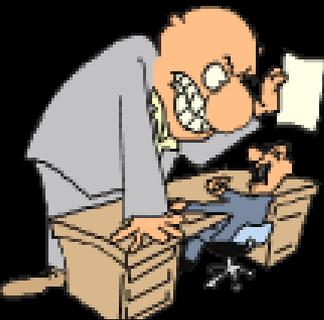


A prática é a forma e ordem da realização de alguma ação. A maneira de aplicar a ciência teórica ou do conhecimento, por meio de experimento.

Um desempenho real, aplicação do conhecimento, opõe-se à teoria.

Para realizar certos atos, frequentemente ou habitualmente, para instrução, lucro ou de diversão. Exercício sistemático de instrução, disciplina ou destreza

## Especificação



Uma especificação (frequentemente abreviada como **ET**) é um conjunto explícito de requisitos a satisfazer por um material, produto ou serviço.

Especificações são um tipo de exigência técnica.

Uma especificação técnica pode ser desenvolvida por qualquer um dos vários tipos de organizações.

Uma especificação pode tornar-se obrigatória se adoptada por um contrato.

Especificação é uma parte do conjunto de documentos, contidas no **Manual do Projeto**, consistindo de escrita dos requisitos para materiais, equipamentos, sistemas de construção, normas e mão de obra e, geralmente, incluindo as condições do contrato.

## Qualidade



A especificação contém declarações sobre **garantia de qualidade e/ou controle de qualidade**, que pode ser entendida como:

- ➔ **Garantia de qualidade**: Toda rotina e sistemática de ações necessárias para dar a confiança de que os itens são projetados e construídos em conformidade com as normas aplicáveis e conforme especificado pelo contrato;
- ➔ **Controle de qualidade**: A avaliação dos serviços e trabalhos realizados, juntamente com a documentação necessária para demonstrar que os serviços e o trabalho estão de acordo com os requisitos contratuais e gerenciais

## Contrato



É um acordo voluntário, deliberado e juridicamente vinculado entre duas ou mais partes competentes. Os contratos são geralmente escritos mas podem ser falados ou implícitos. Contratos são normalmente executórios ou não, em forma escrita, embora um contrato escrito protege todas as partes dele.



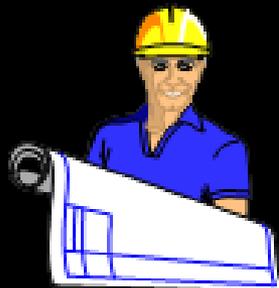
Cada parte num contrato adquire e cria direitos e deveres em relação aos direitos e deveres das outras partes. No entanto, enquanto todas as partes podem esperar um benefício justo decorrente do contrato (**caso contrário os tribunais podem considerar como injusta**), não obrigando que cada parte irá beneficiar-se de igual forma.



Da definição acima sobre contrato pode-se dizer que cada contrato é o resultado da combinação de dois elementos importantes, que é o acordo e as obrigações.

A recusa por qualquer uma das partes a um contrato para honrar a obrigação contraída dá o direito de ação de outra

## Desenhos do Projeto



O desenho técnico, também conhecido como Plano ou Croquis, é um documento que disciplina a composição dos planos que comunicam visualmente como algo funciona ou tem que ser construído.

**É a linguagem visual da indústria e da engenharia.**

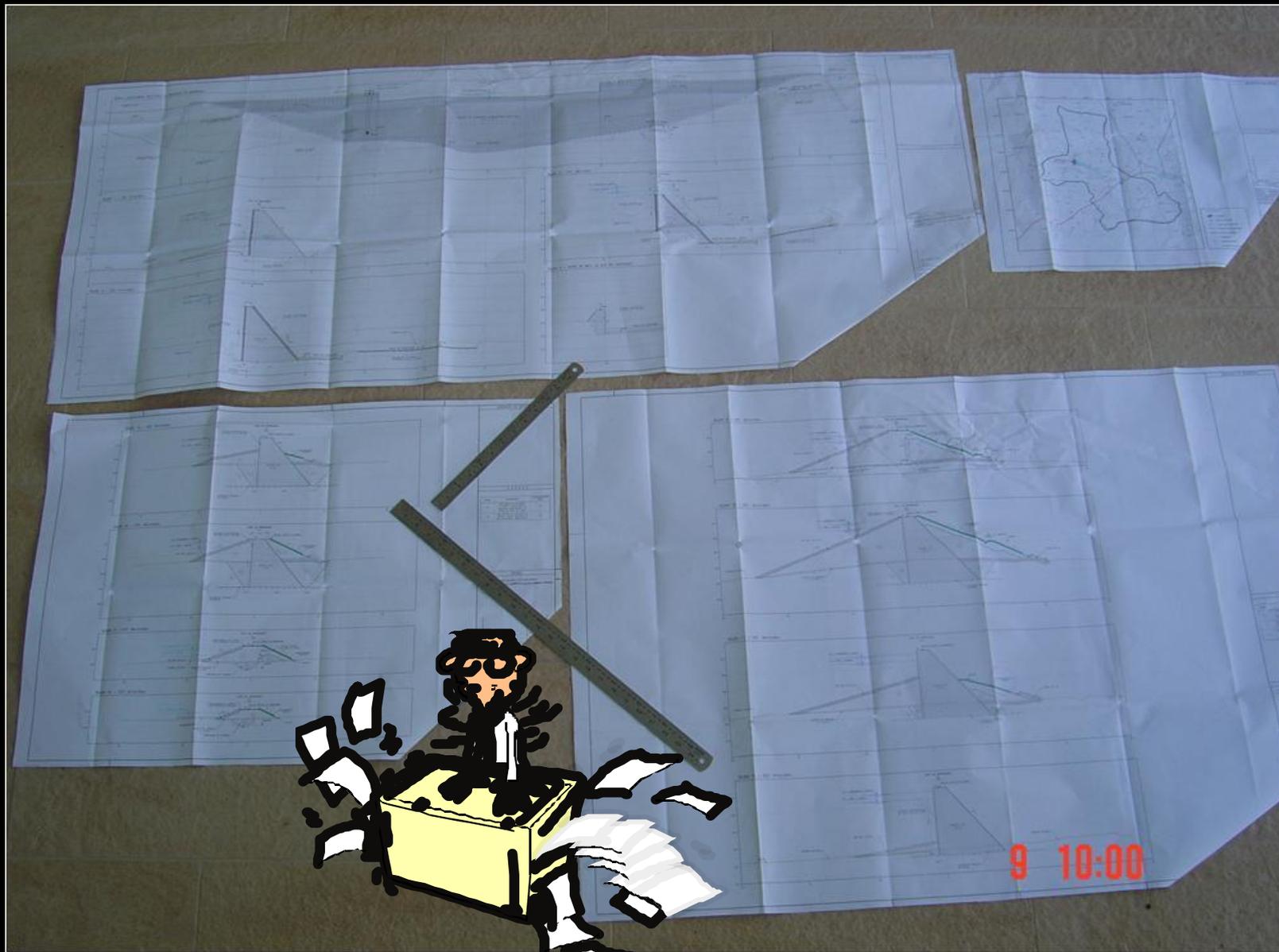
Os desenhos estabelecem a comunicação entre documentos de maneira mais concisa usando uma convenção comumente entendida.

Juntas, essas convenções constituem uma linguagem visual e ajudam a garantir que o desenho é inequívoco e relativamente fácil de entender.

Essa necessidade de comunicação inequívoca na preparação de um documento funcional distingue desenho técnico do desenho expressivo das artes visuais.

# PADRÕES GRÁFICOS

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

**Medição e  
Pagamento**



Os princípios de medição fornecem uma base uniforme para medir as contas das quantidades das obras de construção.

Informações mais detalhadas podem definir a natureza exata do trabalho ou as circunstâncias sob as quais está a realizar-se.

Estes princípios de medição podem ser aplicados igualmente à medição dos trabalhos propostos e das obras completas.

Pagamentos ao empreiteiro-contratado, normalmente, serão feitos no contrato, de acordo com declarações de medição definido nas especificações e acordado no contrato (preços unitários ou preço global ou outra forma) e dado na proposta, para as quantidades de itens de contrato realizados em conformidade com os planos e especificações

**RELAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E NORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO**
**ET – 0000  
NMP- 0000**
**Folha:  
1/6**

#	Sigla ET	Especificação	Situação	Sigla NMP	Norma de Medição e Pagamento Correspondente	Situação
<b>DEFINIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES GERAIS</b>					<b>DEFINIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES GERAIS</b>	
1	DC- 01	Dispositivos Gerais do Contrato	R0-28/08	DC- 01	Dispositivos Gerais do Contrato	R0-20/08
2	DC- 02	Higiene, Medicina e Segurança no Trabalho	R0-20/08	DC- 02	Higiene, Medicina e Segurança no Trabalho	R0-20/08
3	DC- 03	Dispositivos de Mitigação de Riscos Ambientais	R0-20/08	DC- 03	Dispositivos de Mitigação de Riscos Ambientais	R0-20/08
<b>SISTEMA DE QUALIDADE</b>					<b>SISTEMA DE QUALIDADE</b>	
4	SQ- 00		R0-20/08	SQ- 00		R0-20/08
5	SQ- 01	Condições Gerais	R0-20/08	SQ- 01	Condições Gerais	R0-20/08
6	SQ- 02	Normatização	R0-20/08	SQ- 02	Normatização	R0-20/08
7	SQ- 03	Laboratório	R0-20/08	SQ- 03	Laboratório	R0-20/08
8	SQ- 04- 00	Controle Tecnológico – Materiais	R0-20/08	SQ- 04- 00	Controle Tecnológico – Materiais	R0-20/08
9	SQ- 04/01	Controle Tecnológico – Materiais- Solos	R0-20/08	SQ- 04- 01	Controle Tecnológico – Materiais- Solos	R0-20/08
10	SQ- 04/02	Controle Tecnológico – Materiais- Drenos	R0-20/08	SQ- 04- 02	Controle Tecnológico – Materiais- Drenos	R0-20/08
11	SQ- 04/03	Controle Tecnológico – Materiais- Agregados	R0-20/08	SQ- 04- 03	Controle Tecnológico – Materiais- Agregados	R0-20/08
12	SQ- 04/04	Controle Tecnológico – Materiais- Cimentos e Materiais Pozolânicos	R0-20/08	SQ- 04- 04	Controle Tecnológico – Materiais- Cimentos e Materiais Pozolânicos	R0-20/08
13	SQ- 04/05	Controle Tecnológico – Materiais- Aditivos para Caldas, Argamassas e Concretos	R0-20/08	SQ- 04- 05	Controle Tecnológico – Materiais- Aditivos para Caldas, Argamassas e Concretos	R0-20/08
14	SQ- 04/06	Controle Tecnológico – Materiais- Água para Caldas, Argamassas e Concretos	R0-20/08	SQ- 04- 06	Controle Tecnológico – Materiais- Água para Caldas, Argamassas e Concretos	R0-20/08
15	SQ- 04/07	Controle Tecnológico – Materiais- Aços, Barras, Fios, Malhas, Cordoalhas e Chumbadores	R0-20/08	SQ- 04- 07	Controle Tecnológico – Materiais- Aços, Barras, Fios, Malhas, Cordoalhas e Chumbadores	R0-20/08
16	SQ- 04/08	Controle Tecnológico – Materiais – Asfalto	Manuel	SQ- 04- 08	Controle Tecnológico – Materiais- Asfalto	Manuel
17	SQ- 05- 00	Controle Tecnológico – Serviços	R0-20/08	SQ- 05- 00	Controle Tecnológico – Serviços	R0-20/08
18	SQ – 05- 01	Controle Tecnológico – Serviços- Escavações	R0-20/08	SQ – 05- 01	Controle Tecnológico – Serviços- Escavações	R0-20/08
19	SQ – 05- 02	Controle Tecnológico – Serviços- Tratamento de Fundações	R0-20/08	SQ – 05- 02	Controle Tecnológico – Serviços- Tratamento de Fundações	R0-20/08
20	SQ – 05- 03	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Aterros	R0-20/08	SQ- 05- 03	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Aterros	R0-20/08
21	SQ – 05- 04	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Zonas Drenantes, Filtros e Drenos	R0-20/08	SQ- 05- 04	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Zonas Drenantes, Filtros e Drenos	R0-20/08
22	SQ – 05- 05	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Zonas de Transição	R0-20/08	SQ- 05- 05	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Zonas de Transição	R0-20/08
23	SQ – 05- 06	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Enrocamentos	R0-20/08	SQ- 05- 06	Controle Tecnológico – Serviços- Construção de Enrocamentos	R0-20/08
24	SQ – 05- 07	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Formas e Escoramentos	R0-20/08	SQ- 05- 07	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Formas e Escoramentos	R0-20/08
25	SQ – 05- 08	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Armaduras para Concretos	R0-20/08	SQ- 05- 08	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Armaduras para Concretos	R0-20/08
26	SQ – 05- 09	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Concretos Convencionais	R0-20/08	SQ- 05- 09	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Concretos Convencionais	R0-20/08
27	SQ – 05- 10	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Concreto Compactado com Rolo	R0-20/08	SQ- 05- 10	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Concreto Compactado com Rolo	R0-20/08
28	SQ – 05- 11	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Revestimento Primário em Vias de Acesso	R0-20/08	SQ- 05- 11	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Revestimento Primário em Vias de Acesso	R0-20/08
29	SQ – 05- 12	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Montagem Eletromecânica	R0-20/08	SQ- 05- 12	Controle Tecnológico – Serviços- Execução de Montagem Eletromecânica	R0-20/08
30	SQ – 05- 13	Controle Tecnológico – Serviços- Instalação da Instrumentação	R0-20/08	SQ- 05- 13	Controle Tecnológico – Serviços- Instalação da Instrumentação	R0-20/08
<b>MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA OBRA</b>					<b>MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA OBRA</b>	
31	MI- 01	Mobilização e Instalações	R0-20/08	MI- 01	Mobilização e Instalações	R0-20/08
32	MI- 02	Operação e Manutenção	R0-20/08	MI- 02	Operação e Manutenção	R0-20/08
33	MI- 03	Locação das Obras	R0-20/08	MI- 03	Locação das Obras	R0-20/08
34	MI- 04	Execução de Linha de Transmissão	R0-20/08	MI- 04	Execução de Linha de Transmissão	R0-20/08
35	MI- 05	Execução e Melhoria de Acessos Obrigatórios e Definitivos	R0-28/08	MI- 05	Construção de Estradas de Acesso	R0-20/08

Manual de Projeto

## EXECUÇÃO DE ESTOQUE DE MATERIAIS DE ESCAVAÇÕES EM PILHAS, CONSIDERANDO CARGA, TRANSPORTE, MANUSEIO E DESCARGA

NMP-ES-04

### 1. OBJETIVO E ABRANGÊNCIA

Estas instruções objetivam o estabelecimento de meios, normas e condições básicas a serem observadas na disposição de materiais em pilhas de estoque, **como conceituado na ET-ES-04**, objetivando seu posterior uso e atenuação dos impactos sobre o ambiente.

Trata-se de atividade que só deve ser considerada em situações excepcionais quando a *contratada*, a sua conveniência, resolva estocar materiais para posterior utilização. Para tanto e na medida do possível será sempre programado o uso do material resultante das

escavações, imediatamente após sua remoção, evitando ao máximo, a estocagem de volumes muito superiores à utilização diária, coordenando a utilização dos mesmos nas obras, concomitantemente com a sua exploração.

### 2. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Estes serviços não serão medidos nem pagos em separado, devendo os seus custos estarem considerados na composição de preço da *contratada* para os serviços de escavação em cada uma das categorias.

Lista de  
Quantidades  
(ou  
Quantitativos)



A Lista de Quantidades (“**BoQ**”) é uma lista detalhada de materiais, peças e mão de obra (com suas despesas) necessários para construir, manter ou reparar uma estrutura específica.

Os objetos de contas de quantidades são:

- para ordenar a preparação das propostas, de modo preciso, fornecendo para medição de quantidades em situação uniforme;
- para fornecer uma base para o controle financeiro de um projeto, em conformidade com as condições do contrato.
- “**BoQ**” deve descrever e representar as obras a realizar.

Um trabalho que não pode ser medido com precisão deve ser descrito como aproximado ou determinado em notas de quantidades aproximadas. Condições de contrato, desenhos e especificações devem dispor as condições para as quantidades.

## Orçamento



Com um orçamento, um Profissional é capaz de observar atentamente quanto dinheiro estará disponível, durante um determinado período, de modo a permitir utilizar da melhor maneira entre diversos materiais e serviços.

Ao fazer um orçamento, o indivíduo designa a quantidade adequada de dinheiro para despesas fixas como aluguel, pagamentos de equipamento ou contas de serviços públicos e em seguida, faz uma estimativa clara de quanto dinheiro vai utilizar em outras categorias, tais como cimento, armação, materiais pozolânicos, aditivos, manutenção, refeitório, alojamento, transporte e trabalhadores, e tributos.

Custo (ou  
Custo  
Direto) e  
Preço (ou  
Custo  
Total)

Neste item é muito importante descrever a diferença cultural na interpretação dos conceitos:

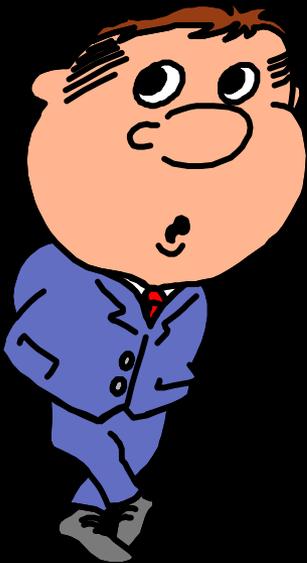
- a) Em alguns países o custo é considerado como o valor final de um item, que é a soma do custo direto + custo indireto (conceituado à frente) e
- b) Em outros países o custo é considerado apenas como custo direto, e a soma deste custo + custo indireto é igual ao preço.

A estimativa de custo é uma ferramenta essencial que serve como uma base para cumprir os objetivos de gestão, submissões orçamentais e análise econômica.

Os custos são gastos incorridos por um empreiteiro, da mão de obra, material, equipamento, financiamento, serviços, utilitários, etc., além de despesas gerais e lucro do empreiteiro.

<b>Custo Direto) e Preço (ou Custo Total)</b>	<p>Os Custos diretos são os custos que podem ser atribuídos a uma única tarefa do trabalho de construção.</p> <p>Esses custos são normalmente associados com uma equipe de trabalho para executar uma tarefa, utilizando equipamentos específicos e materiais ou subcontratados para a respectiva tarefa.</p> <p>Os custos subcontratados são considerados como custos diretos para o contratante principal. Os custos subcontratados incluem os custos diretos, que realizaria o subcontratante, além de custos indiretos que o subcontratante incorre.</p> <p>Custos indiretos são aqueles custos, que não podem ser atribuídos a uma tarefa única do trabalho de construção. Estes custos incluem despesas do contratante principal como taxas, lucro, garantias e certos impostos. Custos indiretos abrangem também os custos gerais.</p>
---	---

## Planejamento



Tal como foi citado anteriormente, **o(s) Livro(s) do Vitruvius** além de serem, por si só, um Manual de organização e planejamento, descrevem as intrínsecas ferramentas úteis para os engenheiros.

Estatísticas e organização são ferramentas ou procedimentos, para serem usados para o planejamento.

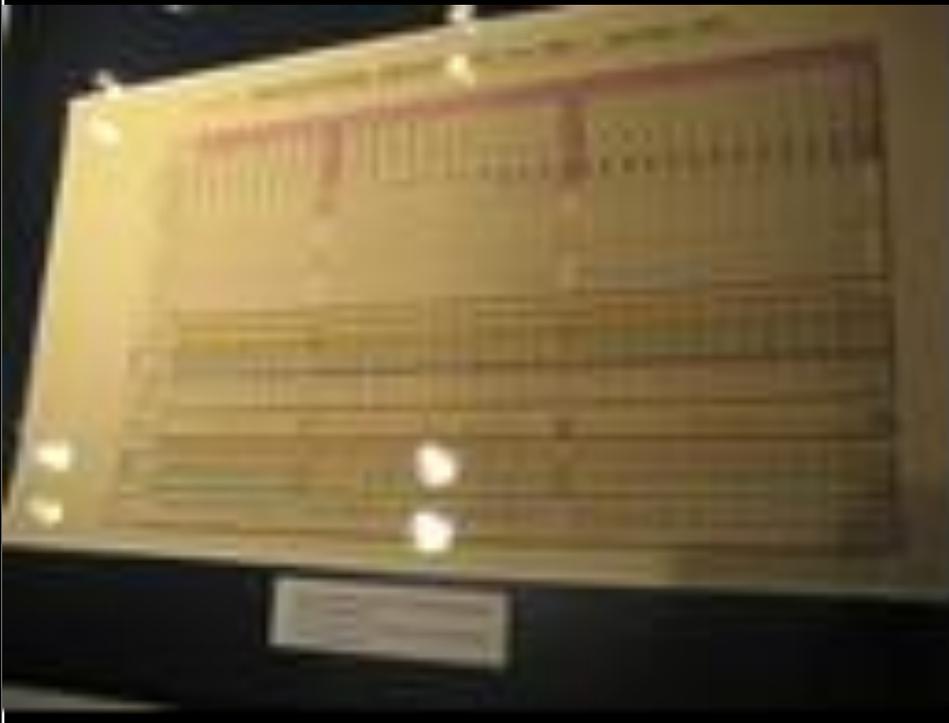
**O engenheiro deve saber lidar com essas ferramentas!**

Planejamento é o processo de pensar e organizar as atividades necessárias para alcançar um objetivo desejado.

Planejamento envolve a criação e manutenção de um plano.

Como tal, o planejamento é uma propriedade fundamental do comportamento inteligente.

## Planejamento



Importante, embora muitas vezes ignorado, os aspectos de planejamento, constituem o relacionamento que mantém com a previsão.

Previsão pode ser descrita como prever o que no futuro vai ocorrer, considerando que o planejamento prevê que o futuro deve ocorrer.

Envolve a escolha da tecnologia, a definição das tarefas de trabalho, a estimativa dos recursos necessários e durações de tarefas individuais e a identificação de quaisquer interferências entre as tarefas de trabalho diferentes.

## Planejamento



Um plano de construção é uma boa base para o desenvolvimento, o orçamento e a cronologia para o trabalho.

Desenvolvimento do plano de construção é uma tarefa crítica na gestão da construção, mesmo se o plano não seja escrito.

Além desses aspectos técnicos de planejamento de construção, também pode ser necessário tomar decisões organizacionais sobre as relações entre os participantes do projeto e até mesmo quais as organizações para incluir em um projeto.

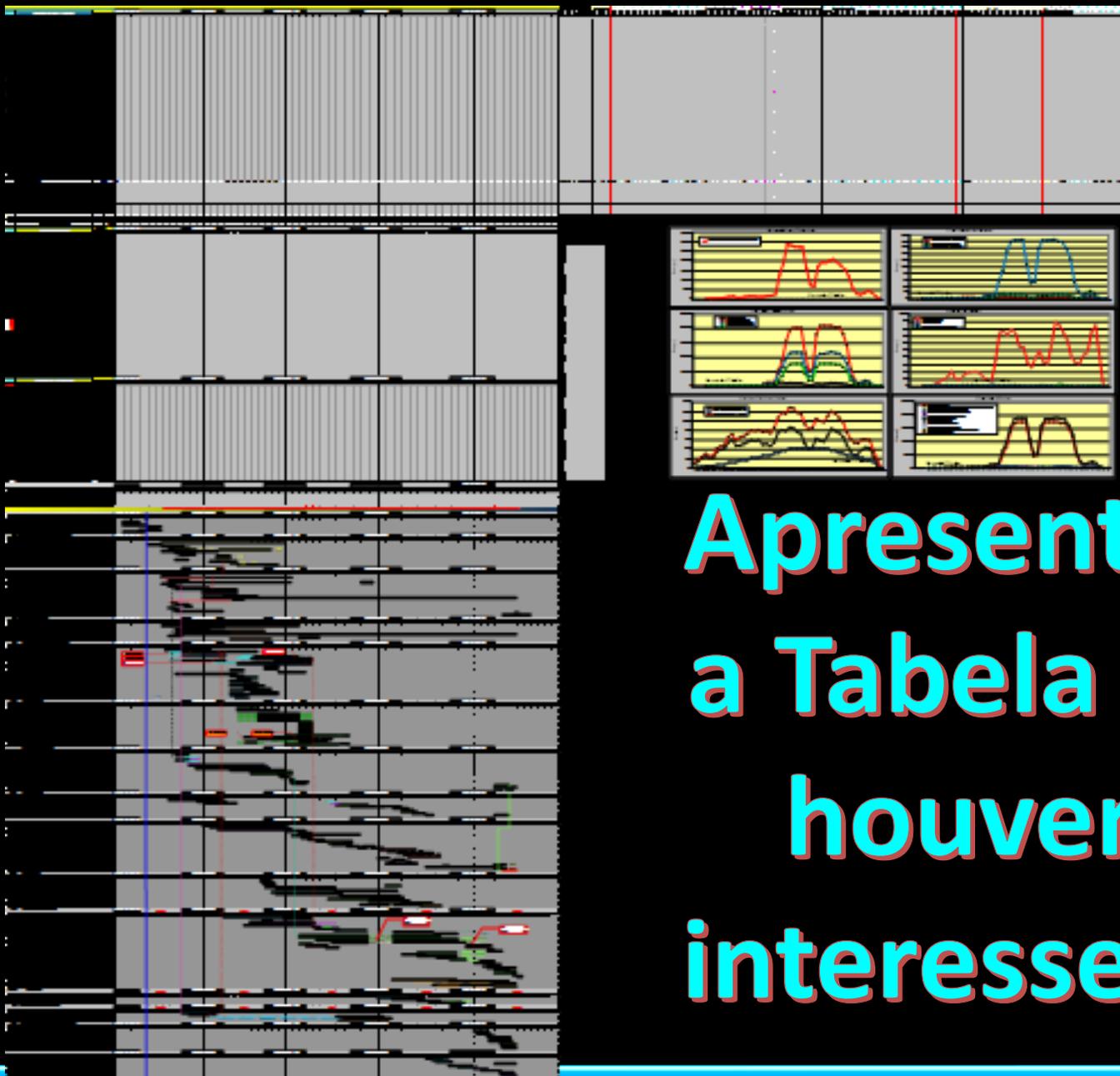
## Planejamento



Devido a essas facilidades, alguns engenheiros desde a década de 80 anos, desenvolveram seu próprio Software para planejamento e outras atividades de engenharia.

Alguns construtores desenvolveram seus planos com a ajuda dos grupos de Software tradicional, indo a profundos detalhes.

Desde 1992, este autor, de forma modesta, desenvolveu uma pequena tabela do Excel, que dá um cenário simples e geral das obras, recursos, materiais, equipamentos, mão de obra, para as principais atividades de um trabalho, como pode ser exemplificado da seguinte maneira



**Apresentar  
a Tabela se  
houver  
interesse !!**

# ESTATÍSTICAS DE FALHAS EM BARRAGENS



<b>Geral</b>	O percentual de falhas para o número de barragens construídas tem diminuído drasticamente ao longo da várias décadas
<b>Causas principais de falhas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• concepção inadequada,</li><li>• Inconsistências de fundação,</li><li>• materiais inadequados,</li><li>• métodos inadequados de construção,</li><li>• ações excepcionais (<b>inundações, terremotos</b>),</li><li>• manutenção inadequada,</li><li>• funcionalidade das estruturas (<b>projeto, fundação, materiais, construção, ações excepcionais, manutenção, operação</b>).</li></ul> <p>Também pode-se considerar o sofisma de que por uma espécie de "seleção natural" as barragens mais débeis ou inseguras já desapareceram, como falharam ou foram reparadas.</p> <p>Então a probabilidade de ruptura das restantes barragens está a diminuir progressivamente.</p> <p>No final, apenas barragens seguras sobreviverão, então o premio (do seguro) tende a zero</p>

**BRASIL**

## **MPF aponta risco em metade das barragens brasileiras**

5 nov 2016- 16h57

**De 397 unidades de mineração analisadas pelo Ministério Público Federal, cerca de 50% têm potencial de causar dano similar ou superior ao do desastre em Mariana**

**RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS- 2015 17.259 barragens cadastradas**

### **ASPECTOS DE DEBILIDADES (Estudo USA entre 1900 e 1970)**

<b>Barragens Solo</b>	<b>de</b>	30%- Infiltrações pelo Maciço da Barragem 14%- Infiltrações pela Fundação 23%- Enchentes 18%- Erosão 6%- Instabilidade 9%- Outras causas
<b>Barragens Enrocamento com Face</b>	<b>de</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vulnerabilidade da Junta Perimetral;</li><li>• Fissuração da laje de concreto;</li><li>• Deformação do Maciço;</li><li>• Envelhecimento do Concreto da face</li></ul>



Barragens de Enrocamento com Núcleo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vulnerabilidade contra enchentes:</li><li>• Instabilidade</li><li>• Falha Hidráulica (Over topping; Erosão; Piping)</li><li>• Vulnerabilidade quanto a Sismos</li></ul>
Barragens de Concreto	<p>A maior debilidade das barragens de concreto usualmente decorre de falhas relacionadas à:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fundação inadequada;</li><li>• Drenagem Inadequada, causando sobrecarga</li><li>• Instabilidades decorrentes de elevadas vazões, pressão de gelo</li><li>• Envelhecimento do concreto causando lixiviações.</li><li>• Falhas durante a construção causando lixiviações</li></ul>

<https://pt.slideshare.net/gauravhtandon1/earthen-dams>

<https://www.youtube.com/watch?v=icZfpfrXGbo>

**Cause of failure of Earthen Dams**



**Cause of failure of Earthen Dams**



**Failure by Earthquakes**



**Failure by Earthquakes**



# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens



Foram inúmeras as indicações de anomalias desde o início do enchimento do reservatório:

- ❑ **Out 2002**: trinca na galeria, possivelmente ligada a falha da Ombreira Esquerda;
- ❑ **Fev 2004**: carreamento de material pelos drenos da galeria;
- ❑ **Mar 2004**: galeria inundada com 5m de água por entupimento tubo de drenagem; recomendação do Projetista de rebaixamento do reservatório e monitoração;
- ❑ **Mai2004**: galeria inundada ate 6,5m; drenos com artesianismo
- ❑ **7 Jun 2004**: Reunião em que se constatou agravamento da situação, analisou possibilidade de rebaixamento;
- ❑ **17 Jun 2004**: **RUPTURA**

## RESUMO DAS CONCLUSÕES:

**1** Não houve qualquer tipo de seguimento e observação sistemática do comportamento da barragem durante o enchimento da represa, exceto por algumas visitas de inspeção esporádicas, a despeito das solicitações da Projetista para que fosse realizado monitoramento das vazões dos drenos de alívio, verificação por corantes da comunicação com o reservatório de infiltrações por trincas na galeria da barragem, verificação do carreamento de solo pelos drenos e ocorrência de artesianismo por vários dos drenos de alívio, entre outras observações.

A monitoração e observação sistemática da barragem é de responsabilidade da Proprietária.

**2** Não houve atitudes e decisões da Proprietária para investigações das causas das anomalias observadas, nem quanto a recomendação de rebaixamento do NA do reservatório.

Caso em Maio 2004 tivesse sido tomada decisão de rebaixamento do reservatório, o rebaixamento teria sido suficiente para evitar a ruptura.

## RESUMO DAS CONCLUSÕES:

- 3** Fatores geológicos incomuns contribuíram para criar condições desfavoráveis:
  - ❑ Lajes de rocha extensas e sem fraturas (aumento subpressão)
  - ❑ Preenchimento de areia fina (facilmente erodível) e micáceo
- 4** A laje de rocha é estável precariamente em condição seca, mas instável com subpressão devido a percolação de água.
- 5** A ruptura ocorreu primeiro na laje a jusante (1º estrondo) e depois causou a ruptura da rocha sob a barragem (2º estrondo).
- 6** Houve julgamento inadequado na interpretação geológica da falha, admitindo que o “bolsão” de solo de preenchimento se estendia somente 3m, quando na verdade era contínuo.

Foram realizados tratamentos da falha, na época julgados suficientes, mas não o foram.

Havia indicações nas sondagens que permitiriam suspeitar da continuidade da falha, sob olhar mais experiente.

## RESUMO DAS CONCLUSÕES

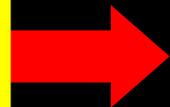
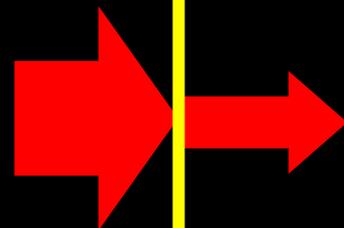
A barragem de Camará **rompeu, na ombreira esquerda, devido a:**

- Não ter sido observada e monitorada após a construção, conforme recomendado pelos diversos organismos internacionais e pelo Manual de Segurança e Inspeção de Barragem do Ministério de Integração Nacional.
- A barragem emitiu, após a construção, vários sinais das deficiências de sua fundação que, devido inexistência dessa monitoração e observação sistemática, não puderam ser interpretados corretamente e, assim, tomadas as medidas necessárias para sanear ou minimizar o problema.
- Ter sido apoiada em maciço rochoso que, após a ruptura, se mostrou de qualidade questionável, evidenciando uma interpretação geológica deficiente das condições de sua fundação.
- O modelo geológico geo-mecânico bastante complexo, conforme interpretado à luz do conhecimento atual, é diferente bastante, daquele assumido na época do projeto e construção.
- Em consequência, os tratamentos recomendados e aplicados na fundação (injeção, drenagem e outros) **não foram adequados** para as reais condições geológicas do maciço, nas zonas onde compareciam os solos residuais nas camadas / lentes de materiais alterados.

# PROJETO/CONSTRUÇÃO



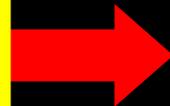
**GANÂNCIA E/OU  
DESCONHECIMENTO**



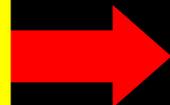
**DESATRES**



**CORRUPÇÃO**



**RISCOS**



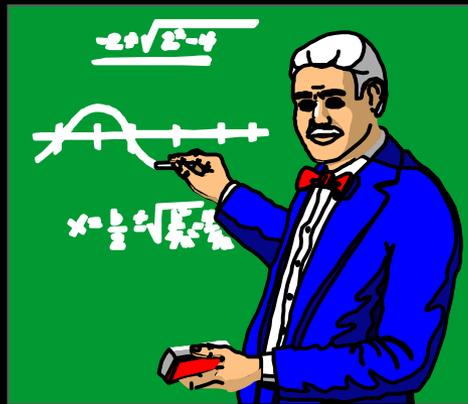
**DANOS**



**PREJUIZOS**

# PARTE B- PROJETO

Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante



# NOTA RELEVANTE:

Serão abordados  
aspectos das

Barragens de Concreto



## **ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS**

**Estudos  
preliminares  
e de  
viabilidade**

Nessa fase são estudadas, alternativas de localização e de porte da barragem e do seu reservatório. São estimados, em primeira aproximação, os benefícios, os custos e os prazos de implantação das obras, bem como os impactos ambientais e os possíveis custos de mitigação desses impactos.

Nessa fase devem ser mencionadas as possibilidades de a barragem servir a finalidades múltiplas, maximizando seus benefícios ambientais e sociais (**EIA RIMA**).

Em cada local alternativo deve-se:

- realizar um mapeamento geológico de superfície apoiado por geo-foto interpretação;
- realizar estudo hidrológico que defina uma serie de descargas medias mensais e seja estimada a descarga de projeto dos órgãos extravasores;
- as estruturas civis e os equipamentos permanentes sejam dimensionados e quantificados com base em soluções tradicionalmente adotadas em projetos do tipo em estudo.

## **ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS**

### **Estudos de viabilidade**

Esses estudos têm por objetivo a caracterização da viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação, bem como a operação da barragem e de seu reservatório:

- valoração dos benefícios econômicos e sociais conferidos pela barragem;
- custos de implantação, de comissionamento, de operação, de manutenção da barragem e, ainda, os custos ambientais;
- custos de construção baseados na seleção de uma alternativa de projeto, considerando o tipo de barragem e de seus órgãos extravasores e de operação



Projeto  
básico

Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, contém a seguinte definição de Projeto Básico:

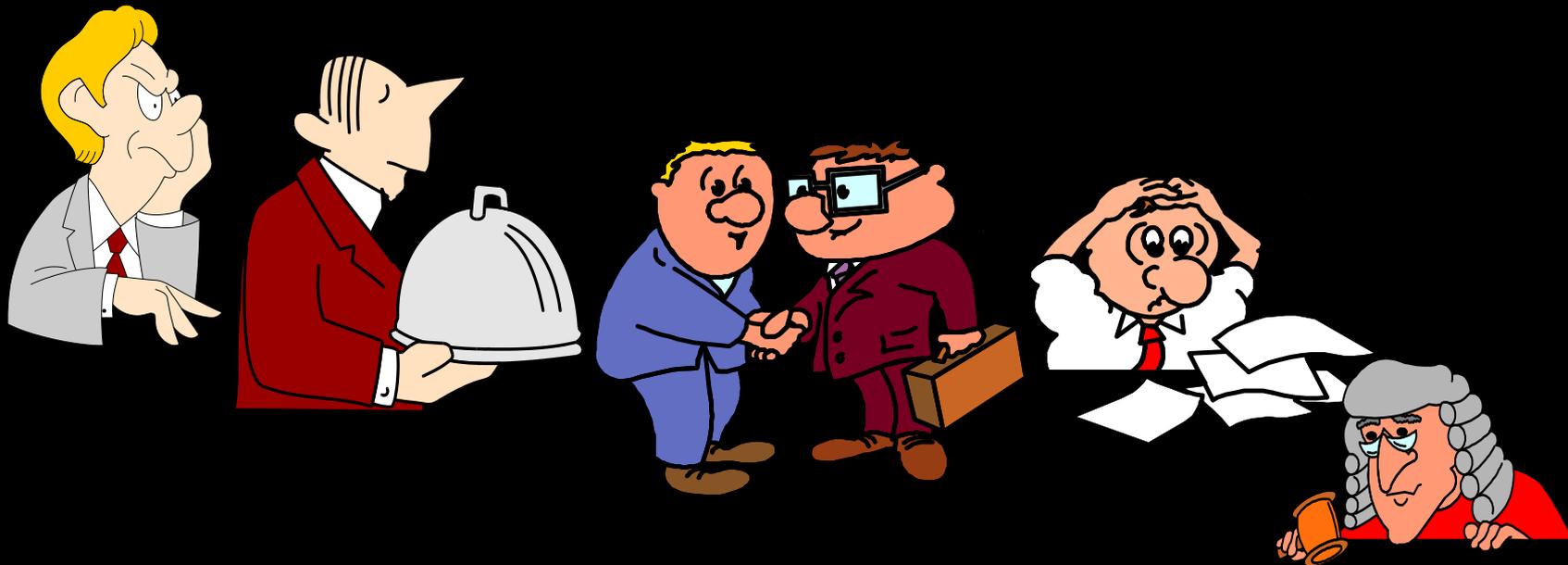
*“conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:*

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;*
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;*
- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;*
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;*
- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;*
- f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados”.*

## **ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS**

### **Projeto básico**

O Projeto Básico de uma barragem deve ser constituído por peças escritas e desenhadas, elementos de estudo, o estudo de materiais de construção, resultados de ensaios de laboratório e/ou de campo, relativos a definição final e respectivo dimensionamento, (definição de áreas disponíveis, jazidas, estoques, canteiro, acampamento) com o modo de construção das obras, critérios de medição e as medições, quantitativos e orçamento finais e as especificações técnicas, possibilitando, fazer licitação e poder iniciar-se a construção da obra



Projeto  
executivo

Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, define o Projeto Executivo da seguinte forma:

*“ o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT”.*

O Projeto Executivo, é realizado **durante a construção**, com as condições reais encontradas na implantação podem otimizar custos importantes.

No Projeto Executivo devem ser detalhadas as soluções preconizadas no Projeto Básico das obras civis e dos equipamentos hidromecânicos e elétricos.

O Projeto Executivo de uma barragem deve ser constituído por peças escritas (adaptação/refinamento de critérios de projeto e memórias de cálculo) e desenhadas de fácil e inequívoca interpretação que irão permitir a construção da obra.

As especificações técnicas construtivas, as medições com critérios de medição e quantitativos **deverão ser adaptadas ou complementadas, de modo a permitirem a execução das soluções desenvolvidas** no projeto executivo.

**NOTA: Isso não deve gerar conflito no CONTRATO**

Projeto  
final como  
construído  
("as  
built")

Após a conclusão da construção, o **CONTRATO pode exigir o "Projeto Final como Construído"** e que será parte integrante do Plano de Segurança da Barragem.

- Os elementos com interesse para a segurança da obra tal como executada, incluindo relatórios, desenhos como construído e cálculos justificativos;
- Representação dos aspectos geológicos e geotécnicos da fundação da barragem e dos resultados, relativos ao seu tratamento, bem como das obras subterrâneas;
- Fotografias representativas das escavações para as fundações e do seu tratamento e dos demais aspectos da construção;
- Resultados dos ensaios de materiais utilizados (concreto, solos, enrocamentos, maciço rochoso, aços, emendas, veda-juntas, aterramento) e estudos laboratoriais efetuados e respectivos relatórios;
- Os cronogramas de execução dos serviços;
- O plano de monitoramento e de instrumentação utilizado nas obras;
- Os registros das leituras da instrumentação e a das inspeções realizadas durante a construção.

## **ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO**

### **Elementos gerais**

- Perfil longitudinal do rio, perfis dos principais afluentes, barragens existentes, indicação do tipo, altura, comprimento da crista, volume armazenado, uso principal e potência instalada;
- Plantas e respectiva topografia do local da barragem e da bacia hidrográfica, com o contorno do reservatório;
- Descrição das condições climáticas da região, com indicação, tais como, das temperaturas medias mensais, obtidas com base estatística confiável, da insolação, da radiação solar média mensal e dos ventos dominantes (velocidade e direção);
- Tipos de ocupação humana, agrícola e industrial, e vias de acesso das áreas a montante e a jusante da barragem;
- Analise das características do local da barragem e da área a jusante que possam ter influência nas soluções encontradas para o desvio do rio e para o vertedouro.

**ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO**

**Estudos hidrológicos**

Objetivam conhecer:

- Vazões;
- Hidrógrafas das cheias naturais;
- Curvas de vazão nas seções de restituição;
- Volume de sedimentos
- Características fisiografias (morfologia, geologia, pedologia e rede hidrográfica), climáticas, de cobertura vegetal e de ocupação da bacia hidrográfica;
- Distribuição estatística da precipitação anual e das precipitações mensais sobre a área da bacia hidrográfica;
- Distribuição estatística das precipitações extremas, com duração associada ao tempo de concentração;
- Escoamentos integrais anuais e mensais afluentes a seção da barragem;
- Vazões instantâneas máximas anuais ou vazões diárias máximas anuais;
- Registros adicionais sobre vazões de cheia (informação histórica), incluindo marcas de cheia, testemunhos verbais e registros escritos;
- Valores dos parâmetros da qualidade da água e inventário de fontes poluidoras;

A precipitação máxima provável (PMP) devera preferencialmente ser obtida segundo o “Manual de Estimção da PMP”, elaborado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009). A cheia máxima provável (CMP) deverá ser determinada recorrendo a modelos precipitação – escoamento tendo como base a PMP.

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



9 Junho 2014



**Andriolo  
Engenharia**

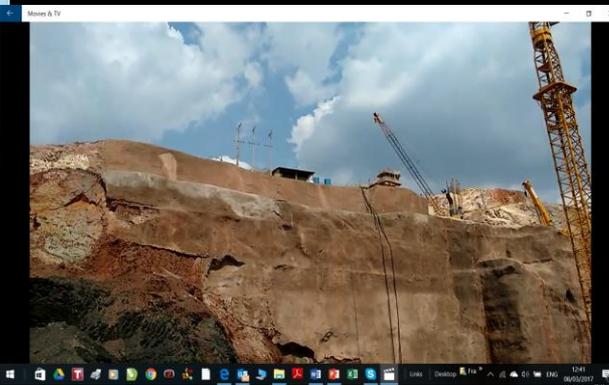
Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

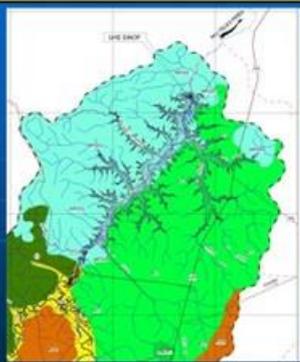
## **ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO**

**Estudos  
geológicos,  
hidro-  
geológicos  
e  
geotécnicos**

Os estudos devem conduzir a definição dos seguintes elementos:

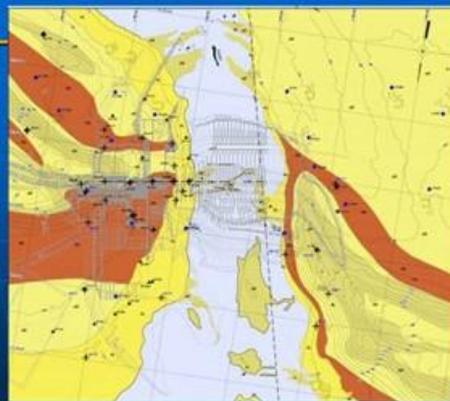
- Conhecimento das condições geológicas regionais;
- Modelo geológico para o local da barragem, em função da composição litológica e estrutural do local, com indicação das principais características relevantes para o projeto;
- Características hidro-geológicas da região e do local da obra, com indicação de surgências, infiltrações, cavernas, artesianismo, qualidade da água e grau de solubilidade das rochas.
- Estudos de materiais de construção



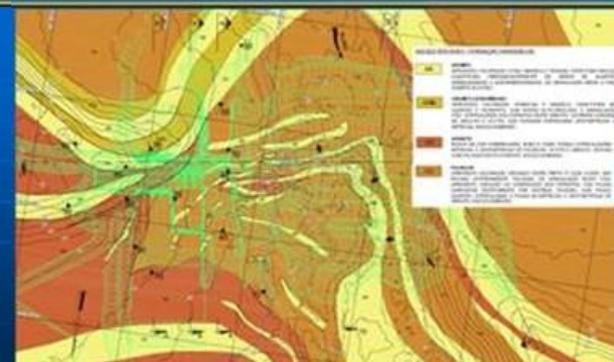


COLUNA ESTRATIGRÁFICA	
UNIDADE	DESCRIÇÃO
1	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
2	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
3	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
4	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
5	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
6	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
7	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
8	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
9	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
10	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
11	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
12	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
13	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
14	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
15	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
16	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
17	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
18	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
19	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.
20	SEDIMENTOS ALUVIAIS (AREIA, ARGILA, SILTOS) DEPOZITADOS EM AMBIENTE DE PLANÍCIE ALTA, EM CONDIÇÕES DE TRANSCORRÊNCIA.

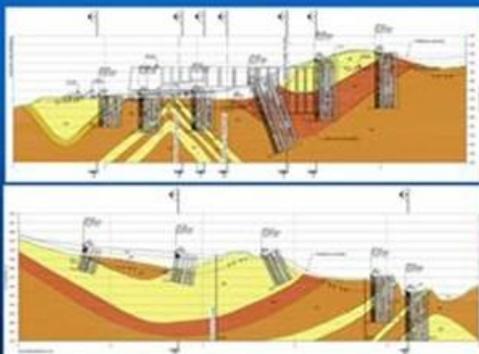
Mapa geológico regi



Mapa geológico local - PBI



Mapa geológico local - Projeto Executivo



Seção - Eixo da Barragem - Proj.



Lentes de meta arenito no interior de meta pelitos

Modelo cinemático - Proj. Executivo



Bandamento subvertical em meta arenito em zona de transcorrência

Modelo cinemático - Proj. Executivo



## Modelagem Geológica para uma Barragem

## COMPLEMENTAÇÕES GEOLÓGICA e HIDROGEOLÓGICA

Faturamento do maciço de fundação da barragem

Zoneamento do maciço de fundação da barragem

Classificação das zonas geotécnicas identificadas e os escoamentos que poder-se-ão instalar

Condições de injeção de consolidação, de impermeabilização e de drenagem dos maciços de fundação;

Propriedades geotécnicas do maciço de fundação da barragem, dos taludes do reservatório e dos terrenos situados imediatamente a montante e a jusante

Propriedades dos materiais disponíveis nas jazidas de materiais e pedreiras;

Zoneamento e avaliação dos volumes dos diversos materiais de construção disponíveis e indicação de sua distância a obra.



## **ESTUDOS SISMOLÓGICOS**

Devem abranger o local da obra, algumas centenas de quilômetros em torno do local e devem incluir a história sísmica.

A sismicidade do território do Brasil é baixa, entanto, alguns sismos podem ser induzidos por outras causas, tais como, pela formação de grandes reservatórios criados pelas barragens (sismos de barragem).

**Na ausência de estudos de sismicidade, usa-se o critério estabelecido pela ELETROBRÁS (2003), através da análise pseudo-estática a avaliação das condições da barragem adotando cargas sísmicas correspondentes a acelerações de 0,05g na direção horizontal e 0,03g na direção vertical.**



**2 de abr de 2018**

**Tremor no Chile faz centro da capital balançar**

**TERRA TREMEU EM SP SEIS MINUTOS APÓS TERREMOTO. PRÉDIOS NA AV. PAULISTA E POUPATEMPO TIVERAM DE SER EVACUADOS**

ipt Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

**CENTRO DE SISMICIDADE**  
Instituto de Astronomia, Geodésia e Ciências Atmosféricas - IAG  
Instituto de Energia e Ambiente - IEE

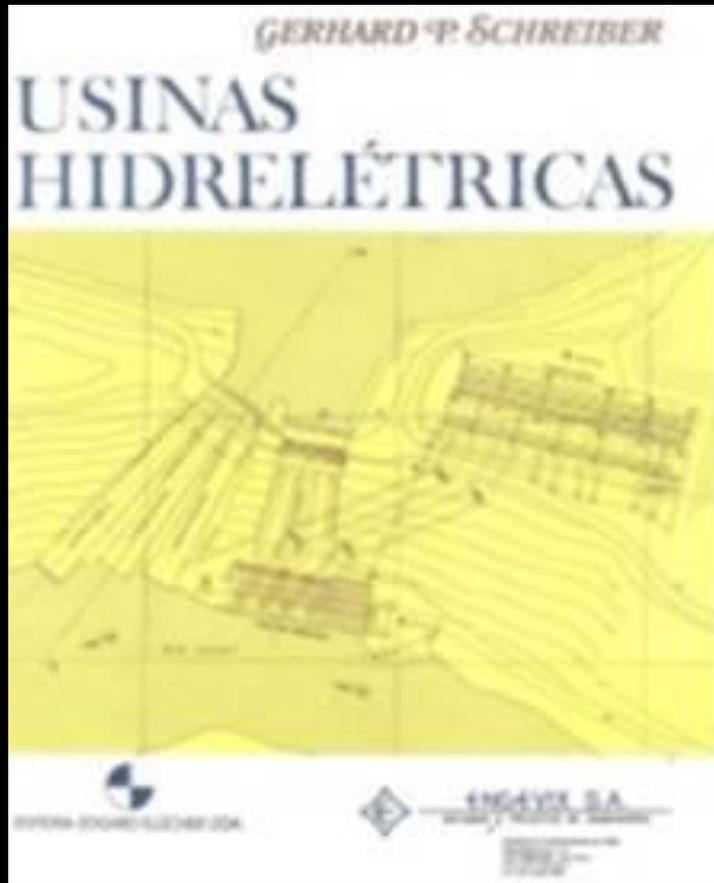
## Sismicidade Induzida por Reservatórios: histórico, características básicas e alguns casos monitorados pelo IPT

Fis. Luis Carlos Ribotta  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

A cidade e o reservatório de Paraibuna-Paraitinga  
outubro.2013



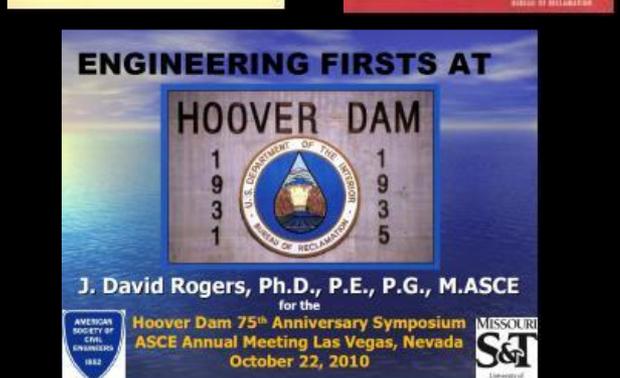
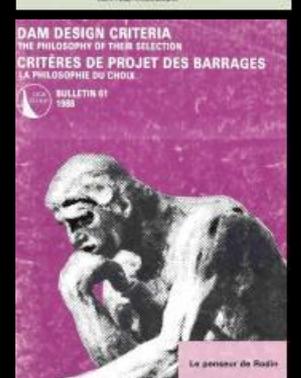
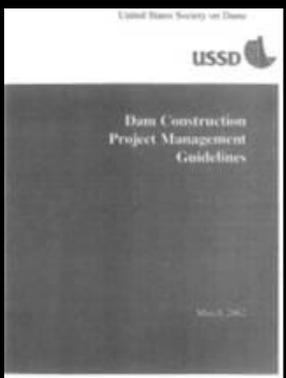
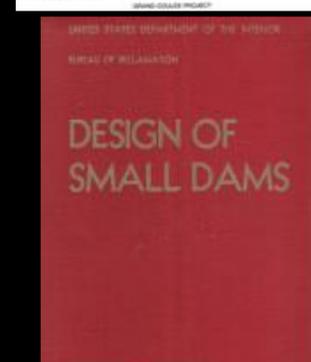
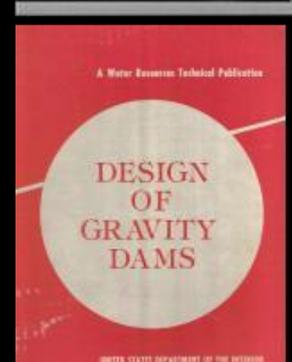
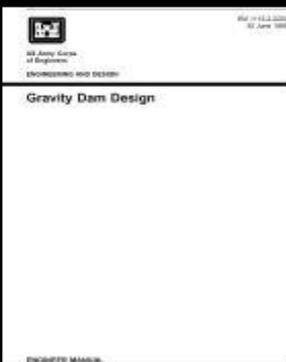
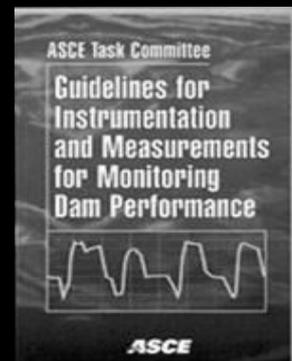
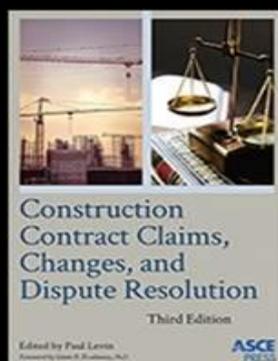
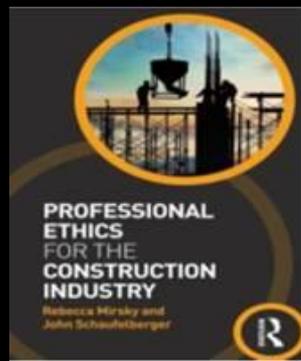
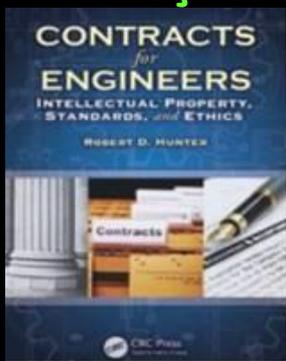
## BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO



# CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

## CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

### Informações Auxiliares



## BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO

Manual da ELETROBRAS, 2003	No Manual da Eletrobrás definem-se as ações e os respectivos valores de referência ou recomendados. No mesmo manual indicam-se, também, as condições de carregamento a adotar nos estudos de estabilidade global e de avaliação dos esforços internos (tensões), para as estruturas civis dos aproveitamentos hidráulicos.
Condição de Carregamento Normal (CCN)	Combinações de ações, com <u>grande probabilidade</u> de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, que ocorrem durante a operação normal ou a manutenção de rotina da obra, em condições hidrológicas normais.
Condição de Carregamento Excepcional (CCE)	Combinação de ações, com <u>baixa</u> probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, considerando a ocorrência de uma ação excepcional (condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos sísmicos, etc.) e as ações correspondentes a condição de carregamento normal.

## **BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO**

<b>Condição de Carregamento Limite (CCL)</b>	Combinação de ações, com <u> muito baixa probabilidade </u> de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, considerando a ocorrência de mais de uma ação excepcional (condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos sísmicos, etc.) e as ações correspondentes a condição de carregamento normal
<b>Condição de Carregamento de Construção (CCC)</b>	Corresponde a todas as combinações de ações que podem ocorrer durante a execução da obra (em períodos curtos em relação a sua vida útil), devido a carregamentos de equipamentos de construção, a estruturas executadas apenas parcialmente, carregamentos anormais durante o transporte de equipamentos permanentes, e quaisquer outras condições semelhantes.
<b>Aspectos ambientais e administrativos</b>	Os aspectos ambientais associados a construção das barragens, e a sua operação ao longo da vida útil, passaram a constituir uma preocupação importante no projeto das barragens desde as últimas décadas do Século XX.

## BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

<b>Conceito</b>	A borda livre normal é diferença entre a cota da crista e o nível máximo normal do reservatório (ICOLD, 1978). Pode, no entanto, definir-se uma borda livre mínima (diferença entre a cota da crista e o nível de máxima cheia, ou nível máximo maximórum).
<b>Determinação</b>	Regime de ventos, <b>fetch</b> (máxima linha reta ininterrupta sobre o lago segundo a qual sopra um vento específico), tipo de barragem, sismicidade da região e incerteza em relação aos parâmetros hidrológicos. Na definição desse valor pode ser considerada uma parcela, devida a fatores quantificáveis, e outra, devido a fatores não quantificáveis.

## BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

Fatores  
quantificáveis

Ações do vento (ondulação e mare de vento) e dos sismos.

A probabilidade de ocorrência simultânea de vento excepcional e da cheia máxima de projeto é muito baixa.

O vento excepcional é um vento com características ciclônicas, com um tempo de recorrência da ordem do milhares de anos, enquanto o vento habitual é um vento forte, mas com um tempo de recorrência da ordem de 20 anos.

**Não se dispendo de informação suficiente para estabelecer as velocidades do vento, podem ser adotadas para o vento excepcional uma velocidade de 160 km/h e, para o vento habitual, uma velocidade de 80 km/h (USBR, 1973).**

A velocidade do vento e a altura das ondas geradas são condicionadas pela topografia da área do reservatório (desenvolvimento e forma), fatores representados pelo fetch máximo (maior comprimento que é possível traçar sobre o reservatório) e pelo Fetch efetivo (que considera a forma do reservatório).

## BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

Fatores não  
quantificáveis

Os fatores não quantificáveis (ou de difícil quantificação), que podem também influenciar o valor da borda livre, são:

- Grau do conhecimento das condições hidrológicas;
- Sismos;
- Deslizamentos das margens do reservatório;
- Transiente provocado pela interrupção brusca de funcionamento de estruturas hidráulicas;
- Vulnerabilidade devido ao galgamento (as barragens de terra são mais vulneráveis que as de concreto, e as de enrocamento numa situação intermedia) e ainda, a ação destrutiva do galgamento variável com a duração e a altura da lamina sobre a crista da barragem (tanto maior quanto menor o desenvolvimento da crista);
- Instabilidades na região superior da barragem;
- Velocidade de subida da água no reservatório e capacidade do descarregador de fundo (caso exista);
- Tipo de vertedouro;
- Ocupação do vale a jusante, questão central quanto a segurança de barragens;
- Características da onda de inundação, resultante de eventual ruptura da barragem, dependentes da altura da barragem, da capacidade do reservatório, da largura e do declive do vale a jusante.

## BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

Valores da  
borda livre  
recomendados

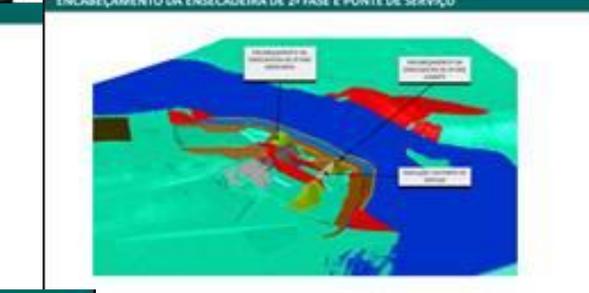
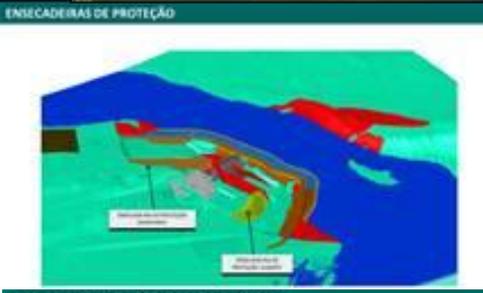
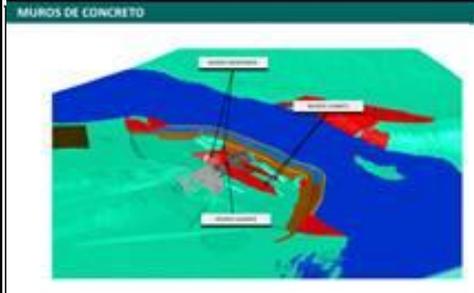
Tem-se considerado adequado adotar os valores mínimos, indicados (**ELETOBRÁS-2003**):

- A borda livre normal deve ser limitada ao **mínimo de 3,0m para as barragens de aterro (terra ou enrocamento)**, e de **1,5 m para as barragens de concreto**;
- As bordas livres normais das ensecadeiras e das casas de força devem ser limitadas ao mínimo de 1,0 m;
- A borda livre mínima deve ser **de 1,0 m acima do nível de máxima cheia do reservatório em barragens de aterro**, e **de 0,5 m acima do nível de máxima cheia do reservatório em barragens de concreto**.

## **DESVIO DO RIO**

<b>Responsabilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ <b>Projeto ?</b></li><li>❖ <b>Construtor ?</b></li><li>❖ <b>Concessionário- Proprietário ?</b></li><li>❖ <b>Galagmento e Danos Decorrentes</b></li></ul>
<b>Finalidade</b> e <b>Conceito Técnico</b>	<p>Possibilitar a construção da barragem em condições de segurança</p> <p>Deve considerar diversos fatores, como: a área e o regime hidrológico da bacia hidrográfica, as condições morfológicas e geológicas do local, o tipo de barragem, o prazo e o programa dos trabalhos, e as consequências de uma eventual ruptura das obras, provisórias ou definitivas</p>
<b>Fases</b>	<p>O desvio pode ser efetuado em uma ou diversas fases</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vales abertos, o desvio do rio pode ser feito através do estrangulamento parcial do rio, que permanecera na calha natural e, após o fechamento da seção, através da própria estrutura principal.</li><li>• Vales estreitos, o desvio pode ser feito através de tuneis, galerias, estruturas rebaixadas ou adufas.</li></ul>

Vale  
Aberto



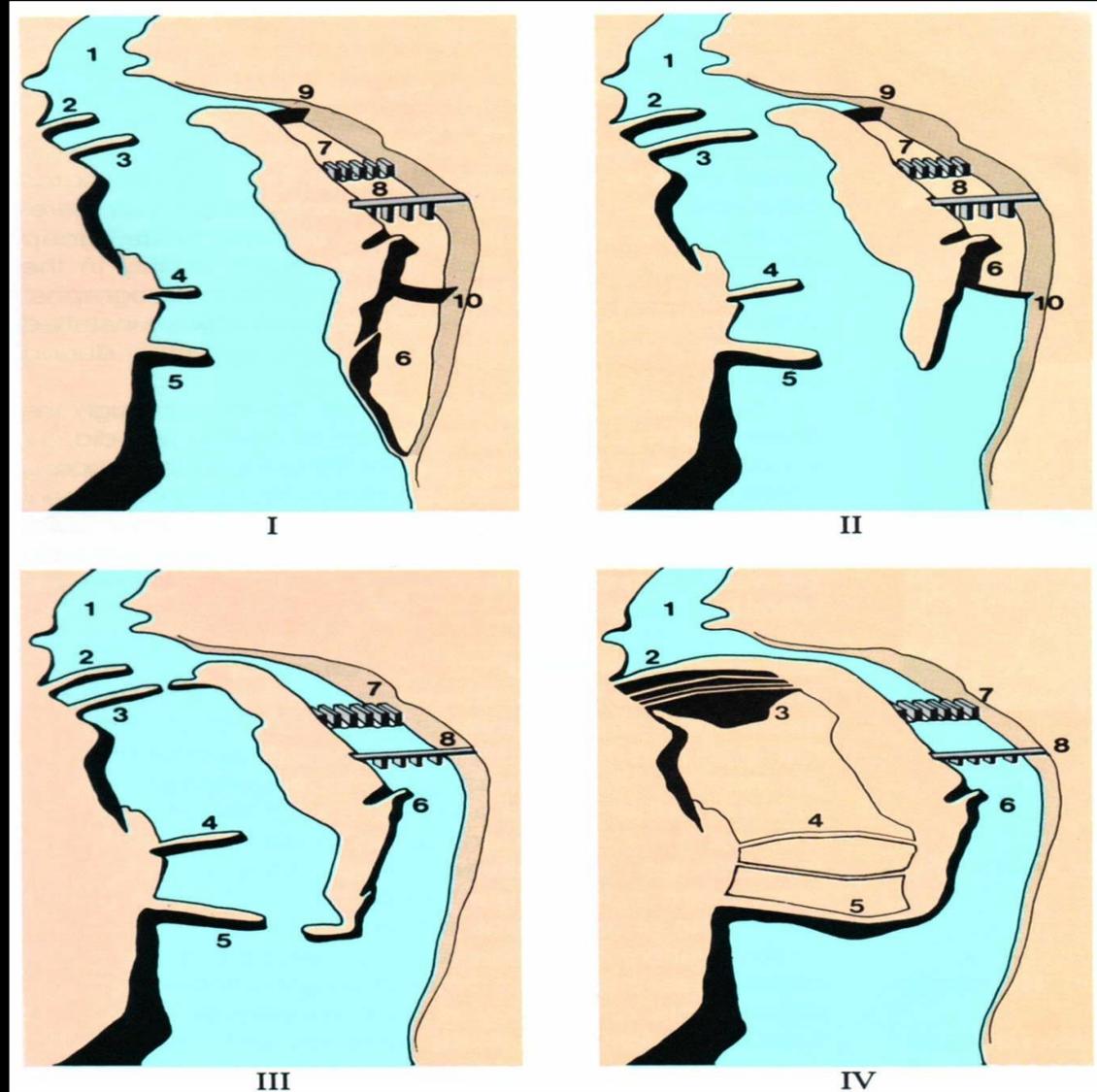
**DESVIO DO RIO**

Vale  
Fechado



## DESVIO DO RIO

Vale Fechado  
e Rio com  
grande Vazão



# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

## DESVIO DO RIO

Vale  
Fechado  
e Rio com  
grande  
Vazão



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## ESCAVAÇÕES

Aspectos gerais	O projeto de escavações visa a definir a forma, dimensões e procedimentos executivos para tal, tendo em consideração a finalidade da escavação, as dimensões mínimas exigidas, o tipo de estruturas, as condições geológico-geotécnicas e de estabilidade dos cortes, bem como a eventual necessidade de métodos especiais de escavação <b>(ELETROBRÁS- 2003)</b>
Escavações Provisórias	Nas escavações provisórias, que devem permanecer apenas durante uma determinada fase da construção, as condições de segurança não necessitam ser tão rigorosas como nas definitivas.
Escavações Obrigatórias	As escavações definitivas, que permanecem ao longo do período de vida do aproveitamento, devem ser projetadas, de modo a apresentar a necessária segurança, ao longo de toda a vida do empreendimento

**ESCAVAÇÕES**

O projeto de escavações a céu aberto deve ser desenvolvido, atendendo aos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos.

Em função da responsabilidade e das dimensões dos taludes ou da ocorrência de materiais pouco conhecidos, devem ser feitas análises de estabilidade baseadas em resultados de ensaios de campo e de laboratório, a desenvolver na fase dos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos. Da **ELETROBRÁS** tem-se:

Escavação  
a céu  
aberto

DESCRIÇÃO	TALUDE MÁXIMO
Rocha sã - perm. exposta	1V:0,10H a 1V:0,20H
Rocha sã - temp. exposta	1V:0,10H a Vertical
Rocha decomposta - perm. exposta, submersa	1V:0,75H
Rocha decomposta - perm. exposta, não submersa	1V:1,0H
Rocha decomposta - temp. exposta	1V:0,50H ou mais íngreme
Capeamento - perm. exposto	1V:2,0H a 1V:1,50H
Capeamento - perm. exposto, submerso, sujeito a rebaixamento	1V:2,50H a 1V:2,0H
Capeamento - Temp. exposto	1V:1,50H a 1V:1,0H

## ESCAVAÇÕES

<p>Estabilidade Global</p>	<p>A estabilidade global é governada pela eventual ocorrência de descontinuidades de grande extensão, compatíveis com as dimensões dos taludes.</p> <p>Deve-se garantir a estabilidade global, por uma inclinação média conveniente, obtida por combinação dos parâmetros: <b>inclinação das faces, altura das bancadas e largura das bermas.</b> O tratamento estabilizante principal deve ser a drenagem profunda.</p>
<p>Drenagem</p>	<p>São dois os tipos de drenagens para os taludes: <b>a superficial e a profunda.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• A superficial controla o efeito das chuvas sobre o talude e consta de canaletas e descidas de água, dimensionadas para chuvas de tempo de recorrência de 50 anos, no mínimo.</li><li>• A drenagem profunda tem por objetivo manter o lençol freático com nível controlado ou evitar urgências de água descontrolada em pontos críticos do talude de jusante.</li></ul>

## **ESCAVAÇÕES**

Proteção e acabamentos das superfícies de escavação

Os materiais escavados devem ser estudados, com a finalidade de conhecer sua desagregabilidade e erodibilidade. Essas informações induzem aos tratamentos superficiais a serem aplicados como provisórios ou permanentes.

São limitadas as sobre escavações (**over-breaks**) e as sub escavações (**under-breaks**) para cada superfície.

Os tratamentos dos taludes rochosos podem ser **superficiais ou profundos**.

- Os superficiais destinam-se a conter a queda de blocos, após a remoção dos chochos, podendo ser localizados ou sistemáticos. São constituídos basicamente por chumbadores ou ancoragens, furos/tubos de drenagem, ou telas metálicas.
- Os profundos são aplicados para a estabilização de pontos específicos do talude, podendo implicar ancoragens especiais e drenagem profunda com furos.

No caso de taludes em solo, a necessidade de proteção superficial deve ser definida em função das características de erodibilidade dos materiais do terreno.

## **ESCAVAÇÕES**

<b>Escavações Subterrâneas</b>	O projeto de escavações subterrâneas deve ser desenvolvido, atendendo aos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos e respectivo zoneamento e classificação.
<b>Dimensionamento das Escavações Subterrâneas</b>	O dimensionamento inicial dessas escavações pode ser feito por métodos empíricos com base em classificação de maciços rochosos. Cavidades de forma complexa e/ou submetidas a carregamentos extraordinários ou com condições geotécnicas difíceis podem exigir análises por métodos numéricos, Método dos Elementos Finitos.
<b>Tratamento das escavações subterrâneas</b>	A estabilização de escavações subterrâneas deve ser obtida sempre pelo uso de materiais não degradáveis, sendo vetado o uso de madeira. Deve-se associar a aplicação de suporte a um adequado programa de instrumentação executiva Os métodos de suporte mais convencionais envolvem: cambotas metálicas e enfilagem; ancoragens ativas ou passivas; concreto projetado com ou sem adição de fibras; tela metálica; concreto moldado, armado ou simples; e injeções prévias de consolidação

## **ESCAVAÇÕES**

### **Drenagem**

A drenagem em obras subterrâneas objetiva manter o lençol freático controlado ou evitar surgências de água, com utilização de furos, poços, galerias e canaletas, visando reduzir o carregamento hidráulico no revestimento estrutural.

Especial atenção deve ser dada aos tuneis de desvio nas fases de construção, operação, fechamento das comportas, construção e fechamento do tampão e nos tuneis de adução, em termos de pressões hidrodinâmicas.

### **Cuidados ambientais e de segurança e saúde ocupacional nas escavações subterrâneas**

O controle ambiental é essencial para as condições seguras de trabalho. A ventilação é vital, para fornecimento de ar fresco, como na remoção de gases oriundos das detonações e/ou gerados por equipamentos.

Um aspecto a ser verificado na drenagem subterrânea é o rebaixamento dos níveis freáticos.

## TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

### Aspectos gerais

Principais objetivos:

- Assegurar adequadas condições de contato da estrutura com a sua fundação;
- Melhorar as propriedades mecânicas do maciço de fundação, como a resistência e a deformabilidade;
- Reduzir a permeabilidade do maciço e/ou homogeneizar os fluxos da água, através da fundação;
- Controlar as sub-pressões; e
- Evitar o carreamento de solos pela fundação (piping).

O Manual da ELETROBRÁS -2003 apresenta diretrizes sobre o assunto.

## TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

### Tratamento superficial

**Generalidades:** Objetiva preparar a superfície da fundação para receber o material que lhe será sobreposto

**Remoção de materiais indesejáveis:** Deve definir o nível do maciço que se considera adequado para a fundação, e os limites de variação aceitáveis;

**Regularização:** O projeto deve definir e justificar o tratamento a ser realizado, se remoção por escavação, retaludamento ou regularização com material adequado, em geral concretagem e, se de maneira localizada ou generalizada.

**Limpeza:** Deve ser considerada no projeto, incluindo as limpezas grossa e a fina, esta última com lavagem.

**Recobrimento superficial:** O recobrimento superficial da fundação deve ser definida em função de ocorrer carreamento do material do aterro para a fundação ou do material da fundação para dentro do aterro.

**Drenagem superficial:** O tratamento superficial deve considerar a necessidade de controle de surgências, durante o lançamento dos materiais, podendo essas drenagens ser associadas as drenagens definitivas. Materiais granulares em tapetes ou drenos e até, eventualmente, meias canas de concreto devem ser considerados prioritariamente no projeto da estrutura, desde que seu objetivo principal seja o controle de subpressão.

**Injeções localizadas:** Essas injeções de pequena profundidade tem por objetivo vedar zonas abaladas pela detonação, assegurar contatos de concreto com a fundação, tratamento de descontinuidades geológicas específicas.

## TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Tratamento  
profundo

**Generalidades:** O tratamento profundo da fundação tem por objetivo melhorar as propriedades do maciço em seus aspectos de resistência, deformabilidade e permeabilidade ou prover meios para sua melhor drenagem.

**Consolidação:** A necessidade de consolidação da fundação depende da sua natureza e dos requisitos estruturais e da impossibilidade de atendê-los com os maciços.

O método mais comum de consolidação da fundação consiste na injeção de caldas de cimento. Essas injeções permitem melhorar a resistência e/ou a deformabilidade do maciço, bem como homogeneizar a parte superior da rocha de fundação, quando excessivamente fraturada ou quando eventualmente abalada pelas detonações.

**Injeção profunda:** A injeção profunda executada através de furos dispostos ao longo de linhas, formando uma cortina, e visa a controlar a percolação, através da fundação, reduzindo o fluxo afluente aos sistemas de drenagem.

As disposições do projeto devem incluir os seguintes aspectos:

- Modelo de comportamento hidro geotécnico da fundação;
- Definição da posição da(s) cortina(s), número de linhas, diâmetro dos furos, bem como sua orientação e profundidade, as quais devem ser definidas com base no modelo hidro geotécnico e na altura da barragem;

## TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

### Tratamento profundo

- Definição das caldas a serem usadas, aditivos, critérios para engrossamento de calda, ensaios de controle de campo e pressões de injeção;
- Ensaios de verificação dos resultados e critérios para aceitação do tratamento;
- Durabilidade da cortina a longo prazo, levando em conta a possibilidade de lixiviação da calda em condições agressivas da água de percolação.

**Drenagem profunda de fundações em maciços rochosos:** A drenagem das fundações da barragem, com grande influência na sua estabilidade, visa controlar as supressões na superfície de fundação.

A profundidade da cortina de drenagem deve ser da ordem de 80% da profundidade da cortina de injeção adjacente, devendo sempre atravessar o trecho fissurado superficial e ser localizada a jusante da cortina de injeções.

Nas fundações, em que o fluxo é controlado, predominantemente, pelas descontinuidades do maciço rochoso, o diâmetro dos furos tem pouca influência na eficiência da drenagem (podem ser adotados furos de diâmetro máximo da ordem de 10 cm, semelhantes aos usados nas sondagens convencionais, perfurados a roto-percussão).

### TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

#### Tratamento profundo

As condições de manutenção e monitoramento do sistema de drenagem profunda em maciços rochosos, visando ao controle da sua eficiência, são muito importantes para a estabilidade das respectivas estruturas.

**Drenagem profunda de fundações em solo:** é executada nos casos onde ocorrem camadas superficiais e de baixa permeabilidade a jusante, as quais exercem um bloqueio da saída do fluxo, elevando as supressões nessa região da barragem e comprometendo sua estabilidade, ou mesmo criando condições para a ocorrência de fluxos de saída concentrados.

## BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### Estruturas

As barragens de concreto são caracterizadas pela sua forma, dimensões e materiais utilizados na construção, tais como o concreto convencional vibrado e o concreto compactado com rolo.

São classificadas em:

- Gravidade (**concreto massa ou CCR**),
- gravidade aliviada,
- contrafortes,
- arco simples e
- arcos múltiplos, estes últimos
  - em simples ou
  - dupla curvatura

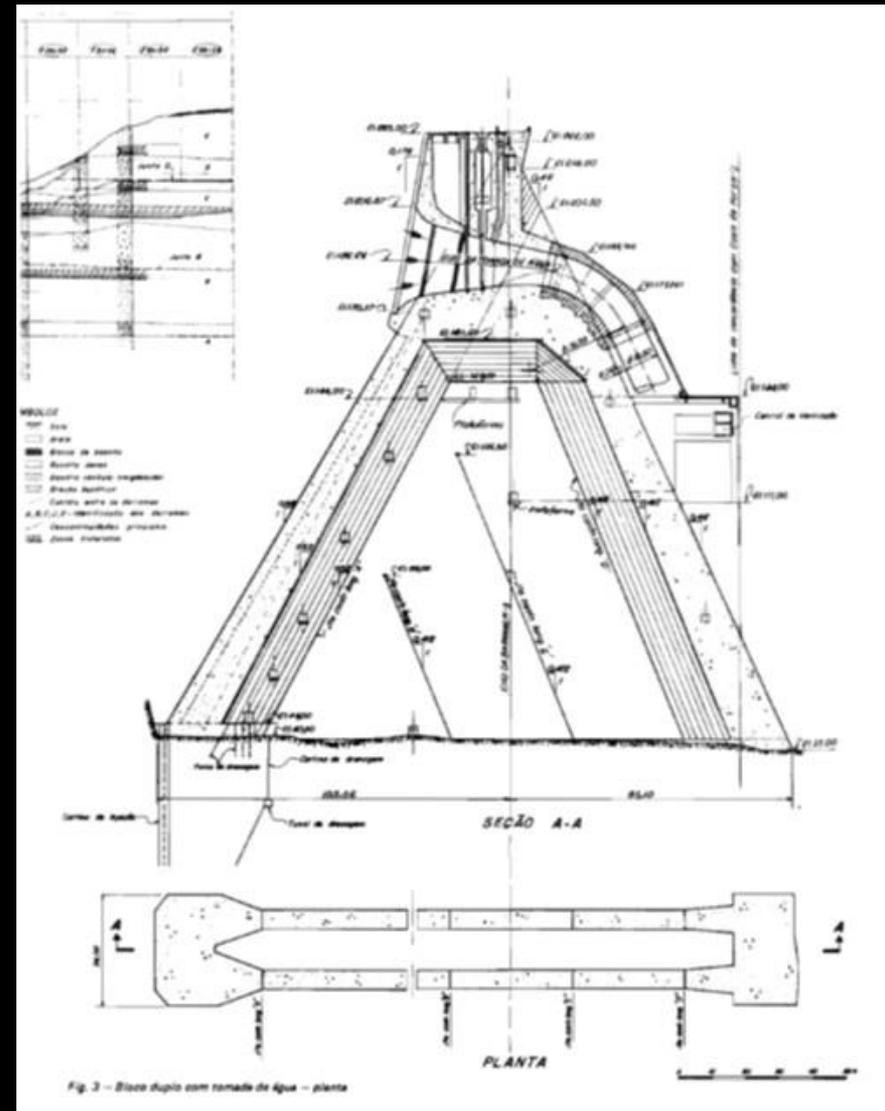
# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

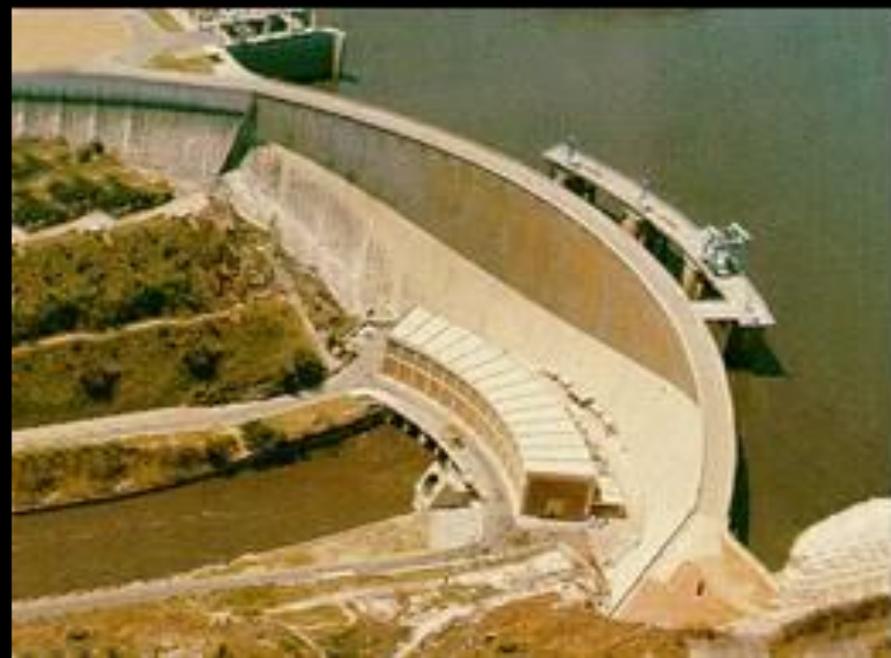
# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

### **Atenções**

De um modo geral, no projeto das diferentes barragens de concreto devem:

- Evitar formas angulosas e reentrâncias acentuadas, descontinuidades e heterogeneidades, utilizando armaduras nessas zonas quando não evitáveis, assim como na vizinhança de aberturas;
- Evitar cristas excessivamente rígidas;
- Considerar, no caso de barragens em arco, arcos com curvatura decrescente e espessura constante ou aumentando para os apoios e, sempre que possível, estruturas simétricas, com bases de fundação direta e, se necessário, com encontros artificiais;
- Utilizar concreto de baixa permeabilidade a montante junto aos paramentos e sistemas de drenagem no interior;
- Incluir nas obras de maior porte e suas fundações um sistema de galerias que, além de facilitarem a drenagem, permitam o acesso as diferentes zonas e a vizinhança da superfície de fundação.

## **BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

### **Justificativas necessárias**

Nos projetos das barragens de concreto deve constar, fundamentalmente:

- Justificativa da solução adotada;
- Definição das formas das barragens;
- Condicionamentos impostos às formas pela fase de construção, a eventual necessidade de manter, durante a construção, blocos de menor altura, para a passagem de cheias maiores do que as que podem ser descarregadas pelas obras de desvio do rio;
- Valor da vazão de cheia adotada no dimensionamento das obras de desvio do rio;
- Estudo das obras de desvio do rio;
- Justificativa e definição dos órgãos extravasores e de operação.

## **BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

<b>Fundações</b>	As fundações das barragens de concreto, constituídas por maciços rochosos, formam um conjunto com a estrutura que suportam e os projetos devem, incluir disposições relativas ao estudo das fundações e ao seu tratamento.
<b>Estudo das fundações</b>	<p>Os estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos, constituem a base para a definição dos parâmetros que caracterizam o comportamento hidráulico e estrutural dos maciços de fundação das barragens de concreto.</p> <p>Nos casos especiais de barragens de concreto apoiadas sobre maciços aluvionares <b>ou cársticos</b>, devem ser consideradas as características específicas desses maciços.</p>
<b>Tratamento dos maciços de fundação</b>	O tratamento dos maciços de fundação das barragens de concreto visa, melhorar as características mecânicas e hidráulicas desses maciços, por intermédio de injeções de impermeabilização do maciço ou de ligação na interface estrutura fundação e por sistemas de drenagem.

## **BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

### **Materiais**

**Concreto massa:** Estudos de natureza técnica e econômica, considerando as características, disponibilidade e procedência dos agregados, cimentos, aditivos minerais e/ou químicos.

No **Manual da Eletrobrás** podem ser encontradas informações adicionais sobre as características dos concretos para barragens.

### **Outros materiais**

As características de outros materiais utilizados nas barragens de concreto e nos órgãos extravasores e de operação, tais como aço, materiais dos dispositivos de vedação e dos aparelhos de apoio, devem respeitar o indicado no **Manual da Eletrobrás-2003** as especificações das normas brasileiras da **ABNT** ou, na sua ausência, as normas equivalentes do **ASTM** ou **CRD-C do CoE**

## **CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

### **Aspectos gerais**

O projeto das barragens e outras estruturas de concreto tem por objetivo definir as formas, dimensões e outras características das estruturas, de modo a satisfazer as condições de segurança, funcionalidade, durabilidade e fácil operação e manutenção, com a maior economia possível, ao longo da vida útil destas obras

## **CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Condições de Carregamento**

Modelos para análise das:

- Condições normais (CCN),
- Construção (CCC);
- Excepcionais (CCE), e
- Limites (CCL).

**Barragens gravidade**

Essas obras têm frequentemente planta reta e, em muitos casos incorporam o vertedouro e tem a casa de força colocada numa das margens.

Cada um dos blocos dessas barragens é dimensionado para suportar, por intermédio do seu próprio peso, os carregamentos que atuam sobre ele.

A subpressão na superfície de fundação, na medida em que reduz os efeitos do peso próprio, é uma ação muito importante nestas obras. A distribuição das subpressões ao longo da superfície de fundação depende da forma como se processa a percolação entre montante e jusante e, portanto, das características do maciço rochoso, dos níveis da água e dos sistemas de impermeabilização e de drenagem

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

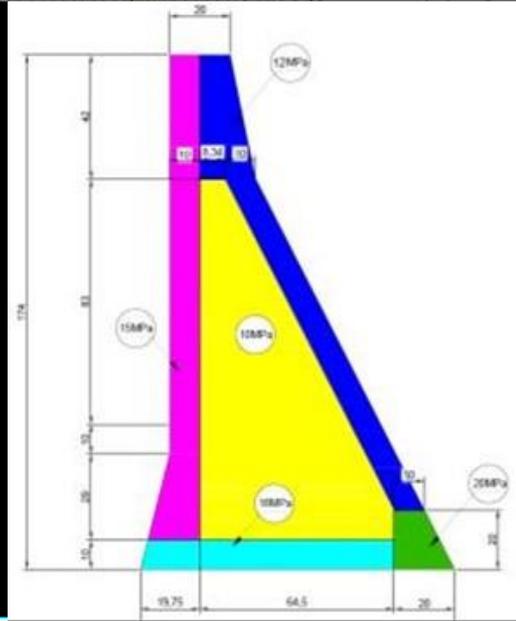
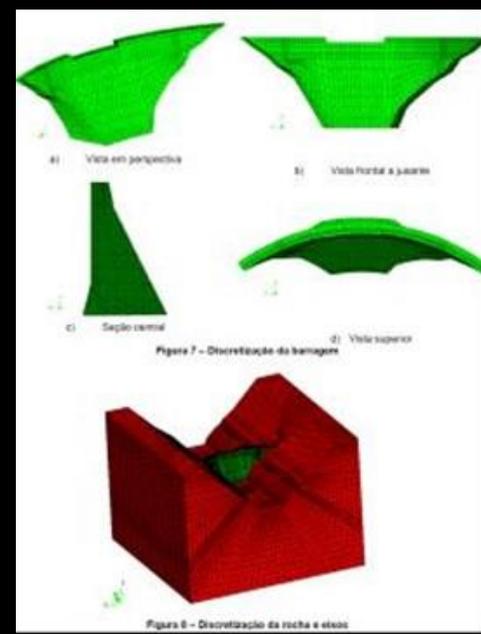
**Barragens  
em arco**

As barragens em arco são construídas em vales em U ou em V relativamente estreitos (relações extensão/altura inferiores a 5 ou 6), com maciços rochosos de boa qualidade, especialmente nas ombreiras.

A curvatura em planta assegura um comportamento arco, que equilibra grande parte das pressões da água, desde que as ombreiras assegurem o necessário apoio.

**CONCEITUAÇÕES IMPORTANTES: Aspecto Térmico; Sismicidade**

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Avaliação da  
segurança das  
estruturas**

Deve ser feita a avaliação das condições de segurança e funcionalidade em relação aos cenários de acidente e incidente mais importantes associados a cada estrutura (estados-limite últimos e de utilização), por meio de modelos adequados. Devem ser consideradas, em especial, as estruturas principais, incluindo a interação com as fundações e, em particular, as interfaces concreto-rocha.

Os critérios de segurança devem apoiar-se em coeficientes e tensões admissíveis, devidamente comprovados pela experiência com estruturas do mesmo tipo, ao longo de muitos anos.

Nos estudos das estruturas de concreto das barragens referem-se, em especial, os critérios de segurança dessas estruturas estabelecidos pela **ELETROBRAS e pelo Comitê Brasileiro das Barragens** enquadrados pelos princípios gerais estabelecidos na **ABNT NBR 8681/64**

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

<p>Modelos e métodos de análise estrutural</p>	<p>A análise dos diferentes modelos é, atualmente, feita por meio de métodos numéricos, em especial, pelo método dos elementos finitos.</p>
<p>Análise de estabilidade global</p>	<p>Nos estudos das barragens de concreto, deve ser dada especial atenção a verificação da estabilidade global em relação aos seguintes estados-limite:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• deslizamento em qualquer plano, seja da estrutura, seja da fundação,</li><li>• tombamento,</li><li>• flutuação e</li><li>• tensões na barragem, na fundação e na interface concreto-rocha.</li></ul>

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Coefficientes de segurança – valores mínimos admissíveis**

O grau de estabilidade mínimo requerido para as estruturas, em relação aos estados-limite de deslizamento, tombamento e flutuação é definido pelos valores mínimos admissíveis para os respectivos coeficientes de segurança.

Para a segurança ao deslizamento, os fatores de redução do coeficiente de atrito (tangente do ângulo de atrito) e da coesão (**FSD $\phi$**  e **FSD $c$** ), para as situações de carregamento normal (**CCN**), excepcional (**CCE**), limite (**CCL**) e de construção (**CCC**), são mostrados abaixo.

FATORES DE REDUÇÃO	CASOS DE CARREGAMENTOS				COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CASOS DE CARREGAMENTOS			
	CCN	CCE	CCL	CCC		CCN	CCE	CCL	CCC
FSD $c$	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	1,3(2,0)	2,0 (2,5)	FLUTUAÇÃO - FSF > TOMBAMENTO - FST >	1,3	1,1	1,1	1,2
FSD $\phi$	1,5(2,0)	1,1(1,3)	1,1(1,3)	1,3 (1,5)		1,5	1,2	1,1	1,3

**Fatores de redução das resistências de atrito e coesão.  
(Fonte: ELETROBRAS, 2003)**

**Coefficientes de segurança ao tombamento e a flutuação.  
(Fonte: ELETROBRAS, 2003)**

## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### Análise de tensões e deformações

A verificação da segurança, em relação ao estado-limite último de perda de equilíbrio global, deve ser complementada por análises de tensões e deformações, para verificação das condições de segurança em relação a rupturas localizadas, devido a tensões máximas localizadas (bem como as distribuições de tensões e respectivos níveis médios), deformações excessivas e vibrações (ressonância, deformações e tensões máximas).

Nas análises de tensões, devem ser considerados os efeitos da retração e das variações de temperatura, bem como as sub pressões. Na definição do comportamento do concreto, devem ser levados em consideração os efeitos de **fluência e da relaxação**.

Para as condições de carregamentos normais (**CCN**), as seções nas estruturas de concreto massa devem trabalhar a compressão ou com tensões de tração menores que a tensão admissível do concreto. Para as seções nas fundações, não são admitidas tensões de tração, devendo a resultante dos esforços solicitantes estar aplicada dentro do núcleo central de inercia da área da base.

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Análise de tensões e deformações

Nos carregamentos excepcional (CCE), limite (CCL) e de construção (CCC), admite-se que a resultante possa estar aplicada fora do núcleo central de inercia.

Nesses casos, deve ser refeita a análise de tensões, considerando uma pressão intersticial ou sub pressão integral na zona tracionada, quando eventuais tensões efetivas de tração superarem as tensões admissíveis, definidas para cada caso, sendo nula, entretanto, a capacidade de resistência a tração no contato concreto-rocha.

A partir dos novos esforços solicitantes, recalculam-se as tensões normais e de cisalhamento e os coeficientes de segurança ao deslizamento, tombamento e flutuação, se for o caso.

Nos carregamentos com aplicação do efeito sísmico, deve ser considerado que, devido à natureza do fenômeno, não haverá aumento da subpressão e da pressão intersticial em zonas eventualmente tracionadas.

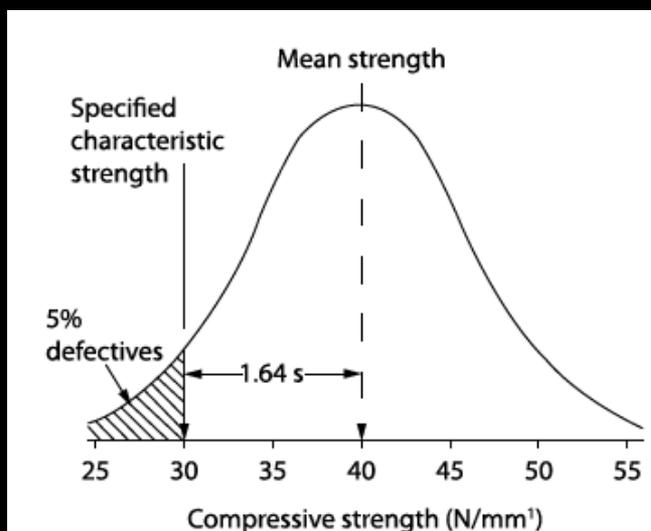


## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

As tensões admissíveis de compressão e de tração são definidas em função da resistência característica do concreto a compressão ( $f_{ck}$ ), por intermédio dos coeficientes indicados abaixo para os diferentes casos de carregamento.

CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À COMPRESSÃO	CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À TRAÇÃO
CCN	$0,50 f_{ck}$	CCN	$0,050 f_{ck}$
CCC	$0,55 f_{ck}$	CCC	$0,055 f_{ck}$
CCE	$0,60 f_{ck}$	CCE	$0,060 f_{ck}$
CCL	$0,65 f_{ck}$	CCL	$0,065 f_{ck}$

Tensões admissíveis no concreto massa



A resistência característica do concreto a compressão  $f_{ck}$ , deve ser especificada no projeto executivo, a partir do valor médio da resistência, obtido em ensaios realizados na idade de  $j$  dias ( $f_{cj}$ , em geral  $j > 28$  dias). **NOTA: Deve ser indicada a Confiança Estatística a ser Adotada**

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

Classe	Resistência Característica à Compressão (fck)		Utilização
	Valor (MPa)	Idade (Dias)	
H	30	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto resistente à abrasão (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades &gt; 12m/s (ver notas 2 e 3) (t=1,645)</li> <li>concreto secundário das guias de comportas (t = 1,645)</li> </ul>
G	25	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto densamente armado (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades entre 4 m/s e 12m/s (ver nota 3) (t=1,645)</li> </ul>
F	30	28	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto resistente à abrasão (t=1,645)</li> <li>concreto protendido (t = 1,645)</li> <li>peças pré-moldadas (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades &gt; 12m/s (ver notas 2 e 3) (t=1,645)</li> <li>concreto secundário das guias de comportas (t = 1,645)</li> </ul>
E	25	28	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto protendido (t = 1,645)</li> <li>concreto densamente armado (t = 1,645)</li> <li>peças pré-moldadas (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades entre 4 m/s e 12m/s (ver nota 3) (t=1,645)</li> </ul>
D	20	28	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto armado (t = 1,645)</li> <li>concreto com baixa densidade de armadura dos pilares e muros do vertedouro (t = 1,282)</li> <li>regiões sujeitas a solicitações dinâmicas t = 1,645</li> <li>peças pré-moldadas (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a baixas velocidades de água &lt; 4 m/s (ver nota 3) (t=1,645)</li> </ul>
C	20	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto armado (t = 1,645)</li> <li>concreto com baixa densidade de armadura dos pilares e muros do vertedouro (t = 1,282)</li> <li>regiões sujeitas a solicitações dinâmicas (t = 1,645)</li> <li>superfícies hidráulicas sujeitas a baixas velocidades de água &lt; 4 m/s (ver nota 3) (t=1,645)</li> </ul>
B	15	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>concreto armado (t = 1,645)</li> <li>concreto maciço com baixa densidade de armadura (t = 1,282)</li> <li>impermeabilização de fundação (t = 0,842)</li> <li>concreto de face ou de envelopamento do CCR (t = 0,842)</li> </ul>
A	9	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>preenchimento de cavidades e irregularidades de fundação (t = 0,842)</li> <li>concreto massa (t = 0,842)</li> </ul>



**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Tensões  
admissíveis  
nas  
fundações

A capacidade de carga das fundações é relacionada à tensão normal máxima, definida mediante critérios que atendam as condições de ruptura, e as limitações relativas aos recalques excessivos, prejudiciais ao comportamento e perfeita utilização da estrutura.

A tensão normal máxima admissível na fundação deverá ser obtida a partir da seguinte relação:

$$\sigma_{t,adm} = \frac{\text{Capacidade de carga da fundação}}{\text{Coeficiente de segurança}}$$

A capacidade de carga do material de fundação deverá ser determinada por métodos adequados, utilizando-se como subsídios os resultados de ensaios “in situ” e os de laboratório. Já para o coeficiente de segurança, são recomendados os valores a seguir:

CASO DE CARREGAMENTO	COEFICIENTE DE SEGURANÇA
CCN	3,0 (4,0)
CCC	2,0 (3,0)
CCE	1,5 (2,0)
CCL	1,3 (1,5)

A adoção destes valores pressupõe razoável conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais envolvidos.



**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Aspectos gerais para dimensionamento e verificação da segurança. Estados-limite

O dimensionamento das estruturas de concreto massa e das estruturas em concreto armado ou protendido dos órgãos extravasares e de operação das barragens deve ser feito obedecendo as prescrições e normas da ABNT.

As estruturas devem ser dimensionadas para estados-limite últimos, associados ao colapso ou a qualquer forma de ruína estrutural, que determina a paralização do uso da estrutura.

Admite-se uma abertura de fissuras de 0,3mm para as estruturas em geral, e 0,2 para as zonas em contato com água, segundo a ABNT-NBR- 6118

Tabela 13.3 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	--
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_f \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_f \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_f \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_f \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-D <sup>1)</sup>	Combinação quase permanente
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D <sup>2)</sup>	Combinação frequente

<sup>1)</sup> A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com  $a_b = 25$  mm (figura 3.1).

NOTAS

<sup>1)</sup> As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

<sup>2)</sup> Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as estruturas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.



## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aspectos gerais para dimensionamento e verificação da segurança. Estados-limite

As cargas que possam causar impactos nas estruturas devem ser majoradas pelos coeficientes de ponderação indicados abaixo:

TIPO DE ESTRUTURAS	COEFICIENTES DE IMPACTO
Apoio de máquinas rotativas	1,5
Apoio de máquinas leves	1,2
Cargas móveis	
Pontes rodoviárias e ferroviárias, exceto pórticos e pontes rolantes	Ver normas da ABNT (NBR - 7187)
Em lajes, vigas, pilares e pórticos de edifício	1,1
Em fundação de edifícios	1,0
Estruturas leves de suporte de elevadores e guindastes fixos	2,0
Fundações e pilares não esbeltos que suportem cargas provenientes de elevadores ou guindastes fixos	1,4
Plataforma de transformadores e outras estruturas de suporte de equipamentos que se desloquem sobre trilhos	1,1
Pórticos e pontes rolantes	1,25

Coeficientes de impacto- ELETROBRAS, 2003)

**Análise  
estrutural**

No que diz respeito aos esforços externos ativos, devem ser considerados:

- As combinações mais desfavoráveis de nível de água, a montante e a jusante, bem como os correspondentes diagramas de subpressão;
- As cargas variáveis, em intensidade e direção, do modo mais desfavorável;
- As cargas acidentais, uniformemente distribuídas ou concentradas, na combinação mais desfavorável em termos de intensidade, localização, direção e sentido;
- As peças e elementos estruturais na região da fundação e no interior das estruturas, analisados com e sem subpressão;
- Os empuxos de terra nas estruturas, considerando a ocorrência de lençol freático, caso exista;
- Os esforços de ondas no dimensionamento de estruturas, tais como comportas (podendo ser desprezados nos estudos das estruturas em massa);
- Os efeitos das variações de temperatura nas barragens (de contrafortes, gravidade aliviada e arco).

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Coefficientes de segurança**

Os coeficientes de majoração das cargas e de minoração das resistências do concreto e do aço são indicados abaixo

CASO DE CARREGAMENTO	TIPO DE ESTRUTURA	VERIFICAÇÃO	COEFICIENTES		
			$\gamma^*$	$\gamma_c$	$\gamma_s$
CCN	a) Estrutura de concreto massa	Ausência de Armadura Necessidade de Armadura	2,0 1,4	- 1,4*	- 1,15
	b) Estrutura de concreto armado ou protendido (Reticuladas/Laminares)	Estado Limite Último Estado de Utilização	1,4** 1,0	1,4* 1,0	1,15 1,0
CCC, CCE, CCL	a) Estrutura de concreto massa	Ausência de Armadura Necessidade de Armadura	1,6 1,1	1,4* 1,4*	- 1,15
	b) Estrutura de concreto armado ou protendido (Reticuladas/Laminares)	Estado Limite Último	1,1	1,4*	1,15

\*) Para as obras com alto padrão de controle de qualidade do concreto poderá-se-á adotar o  $\gamma_c = 1,3$  conforme está referenciado no item 5.4.1 da NBR-6118/00.  
\*\*) Poderão ser observadas as recomendações da NBR- 8681/04.  
\*) Coeficiente de majoração das cargas  
c) Coeficiente de minoração da resistência do concreto  
s) Coeficiente de minoração da resistência do aço

**Coefficientes de segurança- ELETROBRAS, 2003)**

**Dimensionamento das Estruturas em concreto armado e protendido**

O dimensionamento das estruturas reticuladas e das placas submetidas a flexão deve ser feito por verificação dos estados-limite (ultimo e de utilização), com os coeficientes de segurança e minoração indicados.

O dimensionamento das estruturas em concreto protendido deve ser feito por verificação dos estados-limite (ultimo e de utilização), com os coeficientes de segurança e minoração , características dos materiais e outros requisitos estabelecidos na **NBR-7197, NBR-7482, NBR- 7483 e demais normas brasileiras da ABNT**



## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Dimensionamento  
das Estruturas em  
concreto massa  
(CVC e CCR)

Não se dispendo de determinação experimental da envoltória de Mohr, relativa ao concreto massa, poderá ser adotada a envoltória de **Telemaco Van Langendonck- ELETROBRÁS-2003**.

Os efeitos das variações de temperatura, interna e externa, bem como da retração do concreto nas estruturas de concreto massa, devem ser analisados por meio de ensaios e estudos por meio de modelos térmicos.

Os efeitos da fluência do concreto e, eventualmente, da relaxação, devem ser considerados na determinação das tensões e deformações e devidamente ensaiados em corpos de prova em laboratório.

**As estruturas em concreto compactado com rolo (CCR) são similares as de concreto massa (CCV) e devem ser dimensionadas, de acordo com critérios idênticos.**

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Estudos  
térmicos  
de  
concreto  
massa**

No planejamento executivo da obra (cronograma executivo, métodos construtivos, características das formas e equipamentos disponíveis) devem ser definidas as características das camadas de concretagem, a sua altura e sequência de colocação, de modo a permitir um adequado controle da fissuração por tensões de origem térmica. Devem ser determinadas através de estudos da evolução térmica da massa.

Devem ser conhecidos os parâmetros que determinam a evolução térmica da massa, tais como:

- Concreto e seus materiais constituintes: propriedades térmicas e propriedades mecânicas;
- Condições de contorno: condições térmicas ambientais regionais, tipos de formas e prazos de desforma;
- Recursos disponíveis: possibilidade de refrigeração do concreto, utilização de pozolana, condições de fabricação, transporte e aplicação, sequência executiva e tempo de retomada entre camadas, bem como as condições e tipo de cura.

Os cálculos preferencialmente devem ser feitos considerando o fluxo de calor tri direcional. **Simplificações, considerando o fluxo uni- ou bidirecional, em função das dimensões da peça em estudo, desconsiderando o fluxo em determinada direção, cuja dimensão seja superior a 2,5 vezes a menor dimensão da peça, são normalmente adotados.**

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Essa verificação deve ser feita para diversas idades, ao longo da curva de resfriamento da estrutura, devendo ser considerado o ganho da resistência do concreto e, quando for o caso, a minimização dessas tensões, em função da fluência.

**O tempo de retomada entre camadas deve levar em consideração o fenômeno da “Restrição”**

Estudos  
térmicos  
de  
concreto  
massa

**DEBATER ESSE ASSUNTO**

Na determinação das tensões e deformações ao longo do tempo, deve ser considerado o efeito de fluência. Em relação as tensões, deverá ser considerado o efeito do peso próprio, como carregamento combinado ao efeito térmico.

As tensões de tração, decorrentes das deformações térmicas, serão consideradas satisfatórias, quando, comparadas a resistência a tração do concreto, proporcionarem um coeficiente de segurança não inferior a 1,10.

## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

O cobrimento mínimo das armaduras, inclusive da armadura de distribuição e dos estribos, é o indicado abaixo:

Disposições  
construtivas-  
Cobrimento  
das  
armaduras

TIPO DE ESTRUTURAS	COBRIMENTO MÍNIMO (cm)
Estruturas sem risco de incêndio, em ambiente abrigado, sem contato com o solo. -	
Lajes	2,0
Paredes, vigas e pilares	2,5
Estruturas sujeitas a incêndio	Ver NB-503
Estruturas não abrigadas ou em contato com o solo ou submersa	
Aço $\leq 16\text{mm}$ -	3,5
Aço $> 16\text{mm}$	5,0
Estruturas submersas, sujeitas a corrente d'água	7,5
Estruturas sujeitas a corrente d'água em alta velocidade(soleira de vertedouro, etc) $\geq 12 \text{ m/s}$	10,0

Cobrimento mínimo-ELETRABRAS, 2003

## **CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Disposições  
construtivas -  
E espaçamento,  
esperas,  
emendas e  
dobramento  
das barras

O espaçamento das barras, emendas para as estruturas em concreto armado deve atender ao disposto no subitem **6.3.2 da ABNT NBR 6118**.

O espaçamento das barras para as estruturas em concreto massa não deve ser inferior a 15 cm.

Nas juntas de construção horizontais, o comprimento máximo das esperas, quando possível, deve ser igual a altura correspondente a duas camadas de concreto, acrescido do comprimento de uma emenda por trespasse, salvo em faces adjacentes a superfície de escavação, onde tal limitação não se aplica.

Nas juntas verticais de construção deve-se, em geral, prever as emendas próximas as juntas.

As emendas poderão ser do tipo trespasse, solda ou luva, respeitando a **NBR-6118/00**. São permitidas as emendas por trespasse nas barras de bitolas 32mm, como comprimentos de expresse na **ABNT NBR 6118**. Para o dobramento e fixação das barras deve ser respeitada a **ABNT NBR 6118**.

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

<p>Disposições construtivas - Armadura contra a retração</p>	<p>Para as estruturas de concreto armado, a armadura contra a retração deve ser calculada de acordo com a ABNT</p>
<p>Drenos</p>	<p>Os drenos no interior das barragens de concreto têm por finalidade interceptar eventuais percolações, visando:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• evitar pressões intersticiais elevadas, decorrentes da água de infiltração;</li><li>• detectar eventuais falhas na construção do concreto no final da obra (tais como deficiências de vibração, juntas de construção permeáveis, etc.), para seu reparo antes do enchimento do reservatório;</li><li>• detectar, durante a vida útil da barragem, a formação de fissuras na parte de montante dos blocos.</li></ul> <p>Usualmente, prevê-se uma linha de furos de drenagem, com diâmetro entre 75 e 200 mm, a cada três metros entre si.</p> <p>Antes do enchimento do reservatório, esses drenos devem ser submetidos a ensaios sob pressão.</p>

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

**Juntas-  
Juntas de  
construção**

As juntas de construção horizontais são função da altura limite das camadas de concretagem, determinadas de acordo com o planejamento executivo da obra e do controle da fissuração de origem térmica.

Juntas de construção verticais podem também ser necessárias, em função do planejamento e sequencia construtiva prevista para a estrutura.

O tratamento das juntas de construção, horizontais ou verticais, visa eliminar da superfície do concreto endurecido, quaisquer substancias que prejudiquem a aderência com o concreto fresco.

Os jatos são aplicados com intensidade suficiente para remover apenas as impurezas e a nata de cimento superficial, sem exposição excessiva dos agregados graúdos, para garantir a aderência perfeita entre as duas camadas de concretagem

## 9.11. JUNTAS

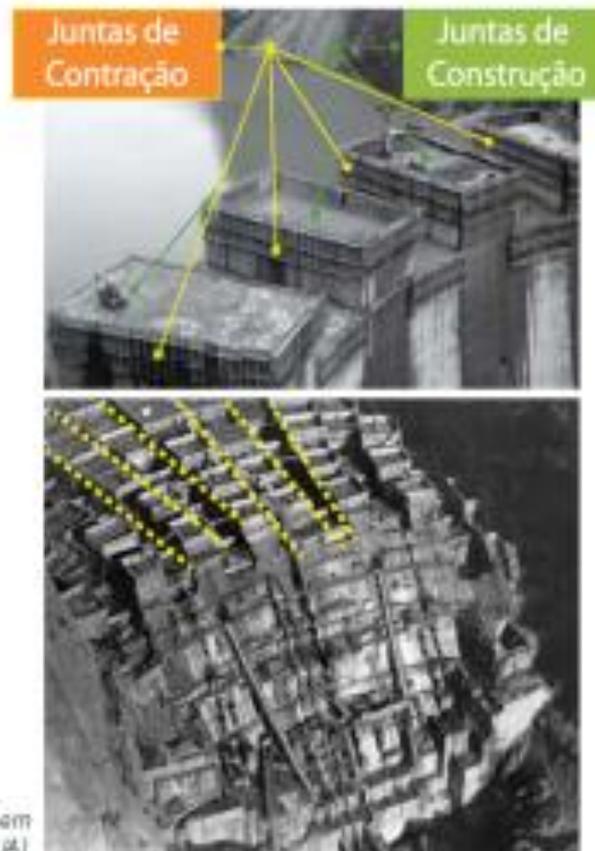
### 9.11.3. Tipos

#### 9.11.3.3. Juntas de Construção

Para auxiliar na construção e no lançamento de concreto, **juntas de construção** são projetadas e criadas durante grandes concretagens massivas como interrupções programadas.

A superfície do concreto no local da parada do lançamento torna-se uma junta de construção, caso a concretagem seja retomada.

As dimensões da estrutura e o tempo para colocação do concreto são fatores que contribuem para a criação de juntas de construção. Algumas juntas de construção são inevitáveis devido à interrupção programada de operações de concretagem.



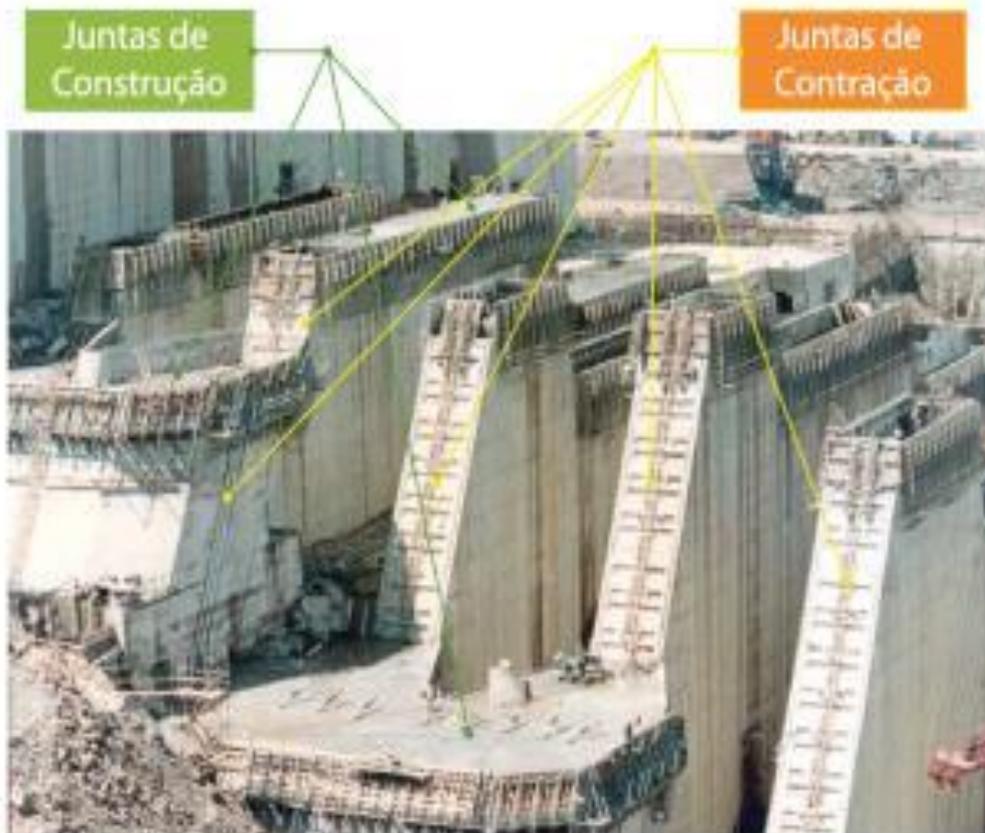
Exemplos de juntas de contração e construção em barragens em arco – Karakaya (Turquia) e Hoover (EUA)

## 9.11. JUNTAS

### 9.11.3. Tipos

#### 9.11.3.3. Juntas de Construção

Juntas de construção podem ser projetadas para coincidir com juntas de contração ou expansão, nas quais as superfícies de concreto não são unidas. Em estruturas monolíticas, pode ser requerido que as duas superfícies do concreto sejam totalmente unidas através da junta de construção para integridade estrutural. Juntas de construção podem ser criadas em qualquer direção, dependendo do ponto de parada da concretagem.



Exemplos de juntas de contração e construção na barragem de gravidade aliviada do Projeto Itaipu, 1987

## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### Juntas- Juntas de contração

Essas juntas são criadas nas estruturas de concreto, de modo a reduzir as tensões de tração, decorrentes da retração e das variações (internas e/ou externas) de temperatura.

O espaçamento deve ser determinado de modo a atender a funcionalidade da estrutura, mantendo as condições de estabilidade determinadas em estudos específicos. O espaçamento entre as juntas de contração, que define o comprimento dos blocos das estruturas, deve levar em conta, também, a capacidade de produção e de lançamento do concreto.

As juntas de contração devem, porém, permitir a livre movimentação entre as partes, sendo as armaduras interrompidas, e eliminada a aderência entre o concreto das faces.

Quando sujeitas a pressões de água, as juntas de contração devem ser dotadas de veda-juntas.



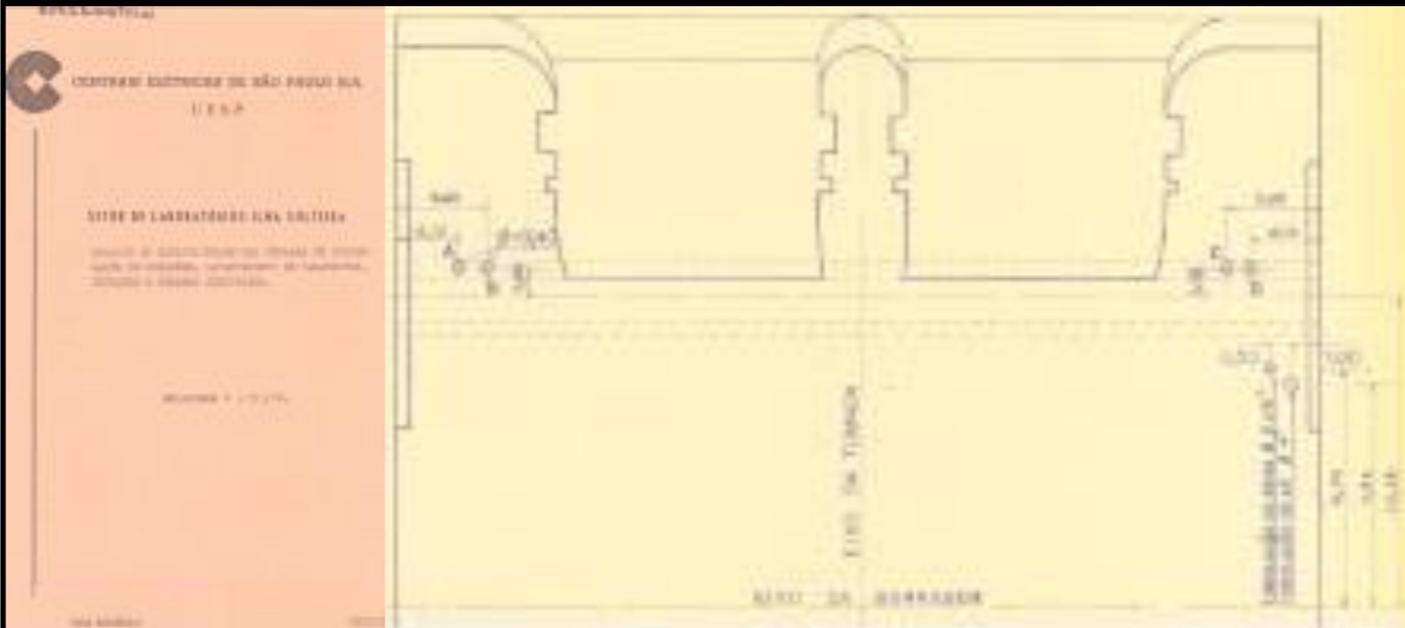
**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Juntas-  
Juntas de  
dilatação ou  
expansão

Essas juntas seccionam a estrutura, permitindo movimentos de expansão. Essas juntas são abertas (existe folga entre as partes separadas), sendo a abertura pré-determinada, de maneira a absorver a expansão prevista. **Devem ser dotadas de veda-juntas.**

Juntas com  
Câmara de  
Compensação  
de Pressão

**Juntas com Pressurização- DEBATER ESSE ASSUNTO**



## 9.11. JUNTAS

### 9.11.4. Procedimentos para Construção

#### 9.11.4.1. Juntas de Contração

Recomendações para a adoção de juntas de contração em barragens, além daquelas determinadas pelo aspecto térmico. Devem ser usadas veda-juntas nestas juntas.



Estrutura com diferente comportamento elástico do que resta da barragem massiva

Zona de Fundação com grande alteração de declive



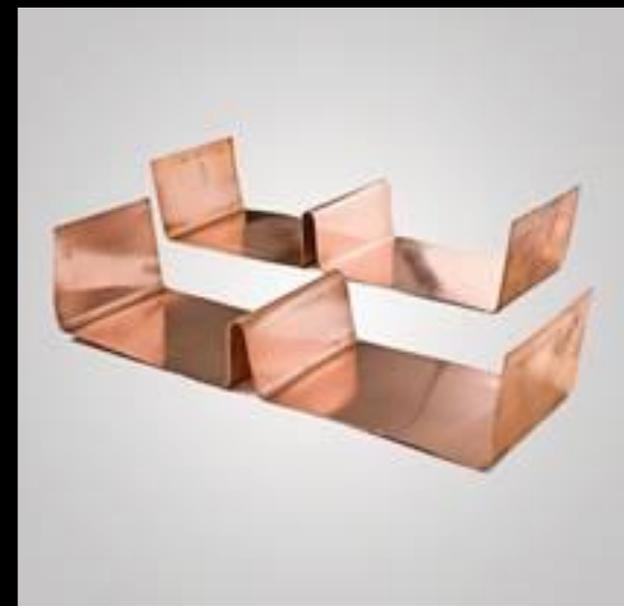
Juntas de contração em barragens e veda-juntas iniciando na fundação (Al Wehdah - Jordânia - 2006) e 3 linhas na barragem de gravidade ativiada de Itaipu (1980) (por Andriolo)

## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS

Veda-juntas são peças de seção delgada, colocadas numa junta de contração, expansão, de maneira a impedir a passagem da água. Os dispositivos de vedação são de PVC, mas podem também ser utilizadas chapas de aço ou cobre.

Outros  
dispositivos  
das juntas -  
Dispositivos  
de vedação



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

**CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

<p>Outros dispositivos das juntas - Chavetas</p>	<p>As chavetas podem ser utilizadas em juntas de contração, visando a transferência de esforços entre blocos adjacentes.</p> <p>- A colocação de chavetas em juntas de contração introduz dificuldades executivas, pelo que deve ser devidamente ponderada a necessidade da sua utilização.</p>
<p>Outros dispositivos das juntas - Drenos</p>	<p>Os drenos de juntas, quando empregados, devem ser utilizados entre as duas linhas de veda-juntas instaladas, junto ao paramento de montante da barragem de concreto.</p>

## CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### Ancoragens

Existem dois tipos de ancoragens, a “ativa”, também chamada de tirante ou protendida, e a “passiva”, também chamada de chumbador.

A ancoragem **ativa** ou tirante deve ser utilizada, para estabilidade do maciço, e torna-se necessário aumentar a força de atrito na junta sujeita a deslizamento, através do acréscimo de força normal.

A ancoragem **passiva** ou chumbador é utilizada quando se deseja restabelecer a continuidade entre partes de uma estrutura ou maciço rochoso ou estabilizar partes instáveis dos maciços rochosos, sendo aceitável o aparecimento de deformações controladas do maciço.

O dimensionamento dos dispositivos de ancoragem é feito em conformidade com a **NBR-5629 e NBR-6118**.

## **CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Os aparelhos de apoio são dispositivos para transmissão de esforços, deformações e deslocamentos entre duas estruturas.

Os aparelhos de apoio são constituídos de chapa de poli-cloro-preno (neoprene) e, conforme as condições de trabalho, poderão ser simples ou fretados, ou ainda, recobertos com laminas de poli-tetra-flúor-etileno (PTFE), denominados de apoios deslizantes.

Aparelhos  
de apoio



## **CONTROLE DE SEGURANÇA**

### **Aspectos gerais**

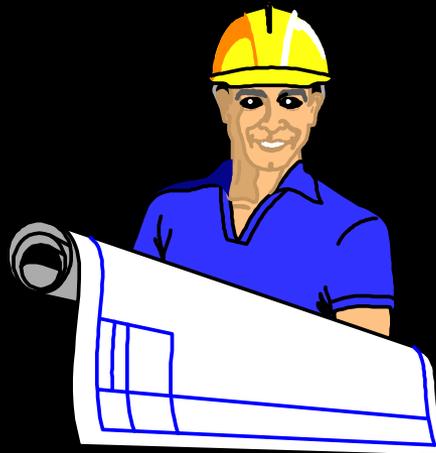
O controle da segurança estrutural, ao longo da vida de uma barragem, tem a finalidade de conhecer o estado da barragem, de modo a detectar eventuais anomalias de comportamento em tempo útil para intervir eficazmente e corrigir a situação ou, pelo menos, evitar as mais graves consequências.

O controle da segurança estrutural inicia-se na fase de projeto e prossegue ao longo da vida da obra, incluindo a realização de inspeções de segurança, de ensaios e de monitoramento do comportamento ao longo do tempo, bem como a análise e interpretação dos resultados obtidos e a avaliação das condições de segurança da barragem.

O Plano de Monitoramento e Instrumentação deve ser elaborado na fase de projeto, sendo detalhado e complementado, a medida em que se forem obtendo novas informações sobre a obra e seu comportamento.

# PARTE C - CONSTRUÇÃO

Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante



## **ORGANIZAÇÃO E CONTROLE DAS ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO**

### **Aspectos gerais**

A construção deve ser executada em conformidade com o CONTRATO, projeto e as especificações técnicas de construção, de acordo com um programa de trabalho, previamente acordado.

### **Asseguramento**

O empreendedor/concessionário deve assegurar que a construção seja acompanhada das necessárias atividades de controle tecnológico e de segurança, e minimizar os impactos ambientais, devendo o cronograma de trabalho, contemplar todas as atividades, meios e procedimentos.

#### **Nota devido às Práticas Atuais:**

- **Quem Fiscaliza??**
- **O que significa Engenharia do Proprietário??**
- **Quem é Responsável pela Qualidade e Durabilidade do Empreendimento?**

## Estrutura organizacional do empreendedor

O Empreendedor, que deve ter registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, com atribuições profissionais para projeto ou construção ou operação ou manutenção de barragens, compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA.

### *Lei -12334*

*Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:*

*I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;*

*II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;*

*III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;*

*IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;*

*V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;*

## **Estrutura organizacional do empreendedor**

*VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec ao local da barragem e à sua documentação de segurança;*

*VII - providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;*

*VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9º desta Lei;*

*IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;*

*X - elaborar o PAE, quando exigido;*

*XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;*

*XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;*

*XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.*

*Parágrafo único. Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).*

## Estrutura Organizacional do Empreendedor

O empreendedor é responsável pela supervisão da construção (**ENGENHARIA DO PROPRIETÁRIO??!!**) sendo responsável por:

- Acompanhar a construção, para que seja garantida a qualidade e segurança da obra;
- Assegurar a coordenação dos trabalhos de construção, em conformidade com o estabelecido no projeto e nas especificações técnicas, considerando as adaptações resultantes das reais condições encontradas na obra e as condicionantes inerentes ao Plano de Monitoramento e Instrumentação;
- Suspender qualquer trabalho que esteja sendo executado, sem observância das prescrições do projeto e das especificações técnicas.

A supervisão deve, também, poder averiguar se a empreiteira tem capacidade para viabilizar as alterações que venha a propor ao cronograma da obra

**CONTROLE E STATÍSTICO DO CONCRETO**

CLASSE DO CONCRETO	E SPECIFICAÇÃO			IDADE DE ENSAIO (dias)	CONTROLE E STATÍSTICO						
	fck (MPa)	idade de controle (dias)	t Student		f <sub>med</sub> (MPa)	Sd (MPa)	C.V. (%)	fck <sub>estatístico</sub> (MPa)	NÚMERO DE AMOSTRA		
A	12	90	0,842	90	16,0	2,49	15,5	13,9	744		
B	16	28	1,645	28	14,3	1,85	12,9	11,3	271		
			1,282	90	17,8	2,10	11,9	14,9	115		
C	20	28	1,282	90	17,7	3,03	17,2	13,8	812		
			1,645	28	17,3	2,62	15,1	13,0	75		
D	25	90	1,345	90	19,9	1,95	9,8	17,3	15		
			1,645	90	23,1	2,94	12,7	19,3	96		
E	30	28	1,645	90	30,1	4,86	16,2	22,1	492		
			1,645	28	33,5	7,85	23,5	20,6	172		
		90	1,645	90	20,7	55,5	38,5	8,22	21,3	25,0	46

Obs.: O controle estatístico refere-se ao período de 30/10/2015 a 22/08/2016 - dados extraídos de relatórios da 

## **Plano de Construção – Projeto Executivo; Especificações Técnicas; Quantitativos**

Projeto Executivo

Especificações Técnicas

Normas de Medição e Pagamento

Lista de Quantidades (“BoQ”)

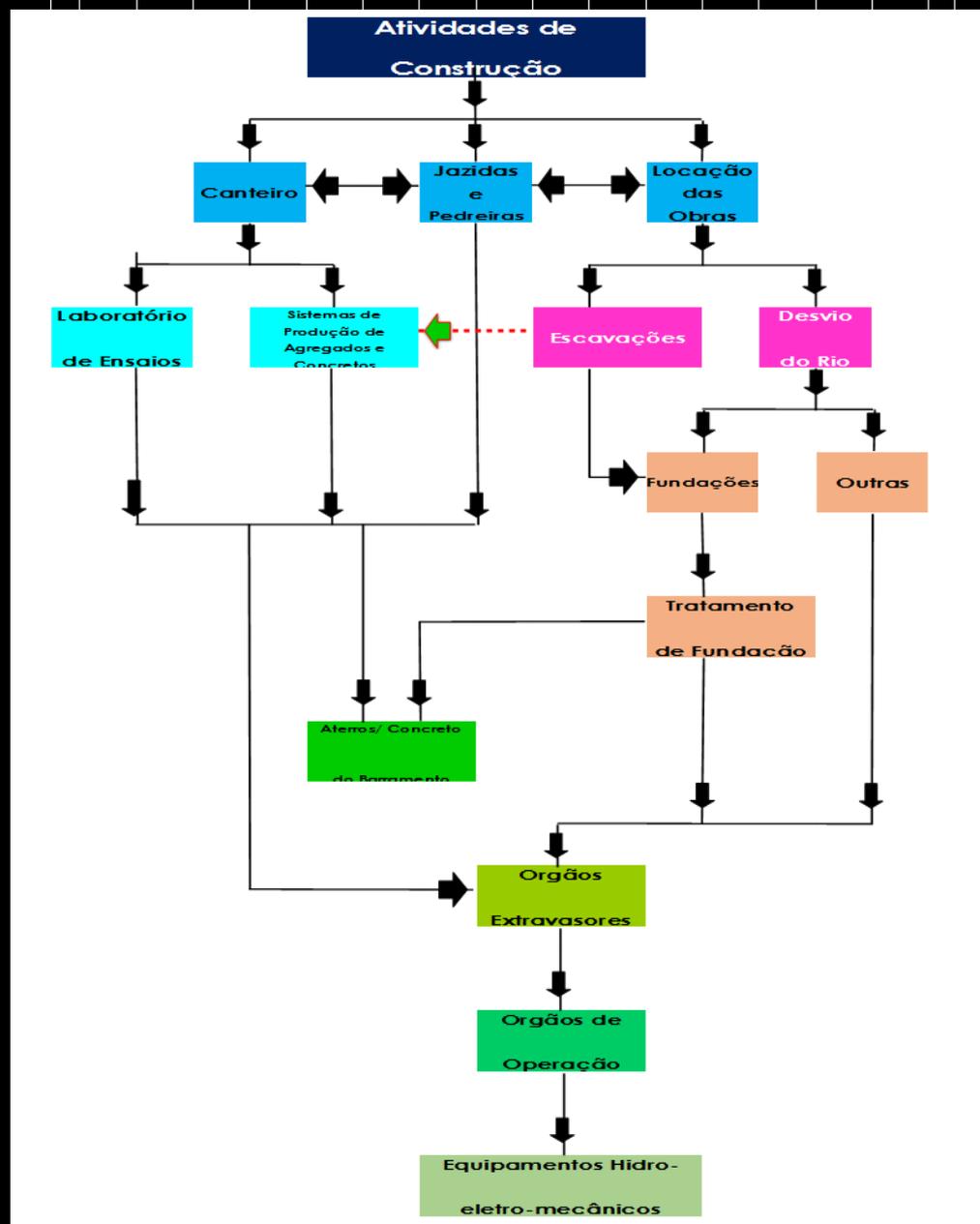
Plano de Trabalho (Cronograma e Histogramas)

- ✓ Tempo previsto para cada atividade com data prevista para início e fim
- ✓ Sequência de atividades e as interdependências
- ✓ Datas Chaves
- ✓ Recursos- Equipamentos
- ✓ Recursos- Mão de Obra
- ✓ Recursos- Financeiros

**Atividades de construção- Materiais Locação da Obra- Canteiro**

<b>Materiais</b>	Disponibilidade (Solos, Rochas, Cimento, Agregados, Aços, Madeira, Formas, Epoxies, Aterramentos)
<b>Locação da Obra</b>	Acessos, Comunicação, Energia,
<b>Desarborização</b>	Desmatamento do local e do Reservatório
<b>Canteiro</b>	Alojamento, Oficinas, Escritórios, Instalações
<b>Jazidas</b>	Solos, Rochas, Agregados
<b>Desvio do Rio</b>	Túneis, Canais, Ensecadeiras
<b>Escavações</b>	Ceu Aberto, Subterrânea, Sub-aquática
<b>Equipamentos Definitivos</b>	Válvulas, Comportas, Hidrogeradores, Bombas
<b>Instalações Elétricas Definitivas</b>	Iluminação, Bombas

**Principais  
atividades de  
construção**



## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

Aspecto  
Geral

O plano de construção engloba Contrato, projeto executivo, especificações técnicas, quantitativos e cronograma de trabalhos, que devem permitir assegurar a qualidade da construção e deve:

- O plano de trabalho, visando assegurar a eficácia do cronograma, controle e coordenação executiva da obra, deve:
  - Apresentar a sequência de todas as atividades com o tempo previsto para cada uma delas, as datas para início e conclusão de cada atividade e as interdependências das diferentes tarefas;
  - Atentar para as implicações que as condições meteorológicas e hidrológicas podem ter nos prazos previstos para as atividades;
  - Procurar que o desvio do rio seja realizado na estiagem;
  - Prever a instalação do canteiro, munido de laboratórios para recepção e controle tecnológico dos materiais, dos depósitos provisórios e definitivos (botas-foras) e de outras instalações necessárias às obras e a execução e manutenção de acessos;
  - Permitir o controle de segurança da obra, sem prejuízo do ritmo de construção;
  - Explicitar a sequência de construção das estruturas e do tratamento das respectivas fundações.

O plano de trabalho deve indicar datas-chave, correspondentes à realização de tarefas que condicionem e possam comprometer outras atividades, assim como deve considerar eventuais condicionantes, associadas a aspectos ambientais ou patrimoniais.

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

<b>Materiais</b>	<p>Os materiais devem satisfazer as exigências das especificações técnicas e normas técnicas. As origens dos materiais devem ser indicadas, e as áreas de estocagem devem ser definidas e, atender os aspectos ambientais.</p> <p>O canteiro deve ter um laboratório adequado à importância do empreendimento, para realizar ensaios de caracterização de materiais previstos nas especificações técnicas.</p>
<b>Locação da obra</b>	<p>A locação da obra deve estar designada no Projeto.</p> <p>A Contratada deve informar o início de cada trabalho, com suficiente antecedência, bem como de qualquer discrepância ou desvio, constatado em obra, relativo aos dados de base de implantação do projeto.</p> <p>A Contratada deve conservar os marcos e outros elementos de apoio à locação da obra e substituir os marcos que, por necessidade de trabalho, tiverem que ser suprimidos.</p>

## PLANO DE CONSTRUÇÃO

### Quantitativos

Os critérios de medição e de pagamento dos serviços devem ser discriminados nas especificações técnicas e no contrato.

A planilha de orçamento poderá, mediante justificativa, ser ajustada, de acordo com as reais condições encontradas.

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

### **Canteiro**

#### **Acessos e comunicações:**

- Garantir que os acessos e vias de circulação sejam mantidas conservadas e limpas;
- Ter vias de circulação próprias para acesso aos locais dos trabalhos;
- Assegurar o cumprimento da legislação relativa às obras e obstáculos ocasionais na via pública;
- Assegurar iluminação adequada nos acessos e vias de circulação;
- Dotar o canteiro de adequadas comunicações com o exterior.

#### **Organização do canteiro:**

A localização do canteiro e a definição das áreas a serem ocupadas pelo empreendedor, empreiteiras e fornecedores devem atender à dimensão e complexidade da obra, assim como:

- Acessibilidade ao exterior;
- Acessibilidade às frentes de trabalho;
- Minimização do impacto provocado pela construção;
- Possibilidade de abastecimento de água potável e não potável, águas servidas e de energia elétrica.

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

### **Canteiro**

A localização dos paióis deve ser estudada, de forma a mitigar as consequências resultantes de eventuais acidentes, devendo o transporte e a estocagem dos explosivos serem efetuados de acordo com as normas de segurança oficiais.

**NOTA: Lembrar os aspectos de Segurança Física: Roubo de Explosivos**

As instalações destinadas à montagem e reparação de equipamentos, ao laboratório de obra, a escritórios e a postos de primeiros socorros e, ainda, a unidades de caráter social, especialmente dormitórios e habitações, devem ser adequadas às suas finalidades e obedecer às normas técnicas e regulamentos aplicáveis.

O empreendedor deve assegurar que:

- Cumpra a regulamentação para funcionamento do canteiro;
- As instalações provisórias e as estruturas auxiliares sejam removidas ao final dos trabalhos;
- Antes da conclusão da obra seja feita a regularização dos taludes e plataformas, de modo a repor, tanto quanto possível, o aspecto natural dos locais afetados pela construção.

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

**Jazidas e  
pedreiras**

As jazidas dos materiais devem ser localizadas no interior do reservatório, e de modo a diminuir a sua distância às obras e a reduzir os impactos ambientais.

No início da construção, devem ser efetuados trabalhos de investigação geotécnica complementar, relativamente ao estudo realizado no projeto.

**NOTA: Lembrar sobre a Qualidade, RAA, Sulfetos, e que os agregados correspondem em cerca de 75% a 80% em massa do concreto**

**Desvio do  
rio**

O desvio do rio do seu curso natural, objetiva realizar a obra em condições de segurança, devendo considerar os aspectos seguintes:

- A área e o regime hidrológico da bacia hidrográfica;
- As condições morfológicas e geológicas do local;
- O tipo de barragem a construir;
- As consequências de eventual ruptura de qualquer parte da obra

Como se trata de obras provisórias, são projetadas para vazões no rio com tempos de recorrência limitados (20, 50 anos, no máximo) ponderando o risco da ocorrência de uma cheia superior à considerada para essa fase.

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

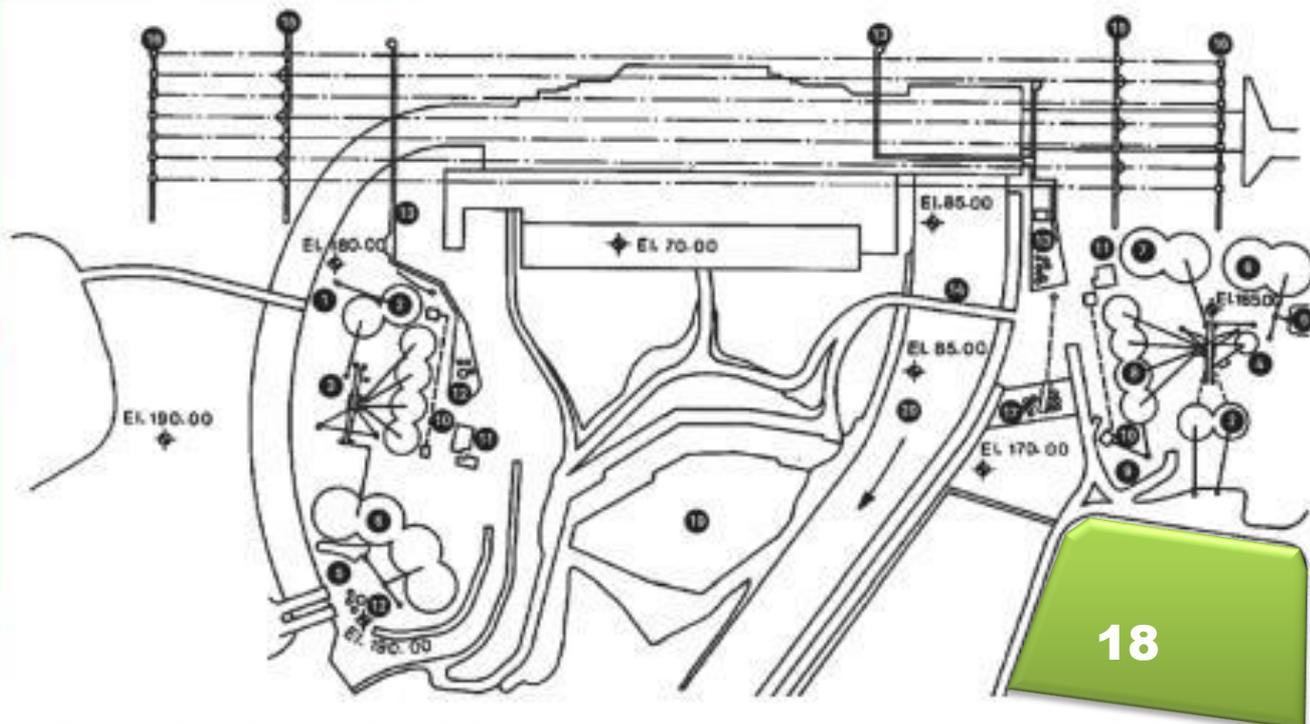
**Depósitos  
provisórios  
(bota-  
espera) e  
definitivos  
(bota-fora)**

Os locais para depósitos provisórios (bota-espera) e definitivos (bota-fora) (Devem estar definidos no PROJETO):

- Não prejudiquem o curso natural do rio;
- Não prejudiquem o funcionamento das tomadas de água, assim como dos vertedouros e outros órgãos de operação;
- Não agravem o efeito das cheias;
- Não originem instabilidade de taludes;
- Não dificultem as atividades de controle de segurança da obra;
- Minimizem os aspectos negativos do impacto ambiental e paisagístico.

2

DADOS GERAIS SOBRE O EMPREENDIMENTO - ITAIPU



2.61 OBRAS DE CONCRETO DE ITAIPU: DESENVOLVIMENTO, CONTROLE, QUALIDADE, DURABILIDADE - 40 ANOS DEPOIS

(DEVAL RETORI & FRANCISCO RODRIGUES ANDREOLI)

2

DADOS GERAIS SOBRE O EMPREENDIMENTO - ITAIPU

## Canteiro de obra – disposição geral

No.	Área/Instalação	No.	Área/Instalação
1	Britadores Primários	11	Sistema de Refrigeração
2	Estoque de Compensação (Pulmão)	12	Centrais de Concreto
3	Britadores Secundários/Terciários/Quaternários	13	Monovia para transporte das caçambas de concreto
4	Estoque Intermediário	14	Ponte de Serviço
5	Recepção e Alimentação de Areia Natural	15	Cabos Aéreos
6	Estoque de Areia Natural	16	Caminho de Rolamento e Reação dos Cabos Aéreos
7	Estoque de Areia Artificial	17	Estoques de Cimento e Cinzas Volantes
8	Estoques dos Agregados Graúdos	18	Estoque de Basalto Denso e São para a produção de agregados
9	Repeniramento e Lavagem dos Agregados	19	Ensecadeira de Jusante
10	Galeria de Refrigeração de Agregados	20	Canal de Desvio

## PLANO DE CONSTRUÇÃO

### Escavações

**Aspectos gerais:** As escavações devem ser executadas de acordo com o projeto geotécnico e com as técnicas e práticas recomendáveis, atendendo às especificações técnicas. Devem ter um programa de acompanhamento executivo, ajustado à dimensão das escavações e previamente aceito.

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

Deve ser feita a previsão dos tipos de materiais a serem escavados, e sua classificação, de acordo com a categoria de escavação, em especial, a avaliação dos volumes envolvidos e sua distribuição ao longo da escavação, complementado preferencialmente por seções e mapas que permitam uma visualização adequada para o planejamento executivo

Escavações-  
Escavações  
a céu  
aberto





**Grande escavação a céu aberto, em maciço rochoso- Itaipu**



**Grande escavação a céu aberto, em maciço rochoso- Itaipu**

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Grande escavação a céu aberto, em maciço rochoso**



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## PLANO DE CONSTRUÇÃO

Deve ser feita a previsão dos tipos de materiais a serem escavados, que podem ser classificados em:

Escavações  
a Céu  
Aberto-  
Classificação

<b>Categoria 1:</b>	Material comum, incluindo todos os materiais que possam ser escavados sem a necessidade do uso de bico de lâmina ou escarificador de trator pesado (tipo D8) e que não estejam saturados;
<b>Categoria 2:</b>	Material escarificável, incluindo todos os materiais que exijam o uso sistemático de bico de lâmina e escarificador de trator pesado (D8) e eventual uso de fogacho;
<b>Categoria 3:</b>	Rocha, incluindo os materiais que só podem ser escavados com detonação de explosivos;

**Nota: D8- é Tipo de uma Marca- O correto é colocar Peso & Potencia**

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

**Escavações a Céu  
Aberto-  
Dimensionamento**

O processo de dimensionamento e execução do plano de perfuração, plano de fogo, carregamento e ligação do desmonte devem garantir os limites de escavação definidos no projeto, a preservação do maciço rochoso remanescente e das estruturas de concreto e/ou terra e rocha, localizadas dentro dos limites de influência das detonações



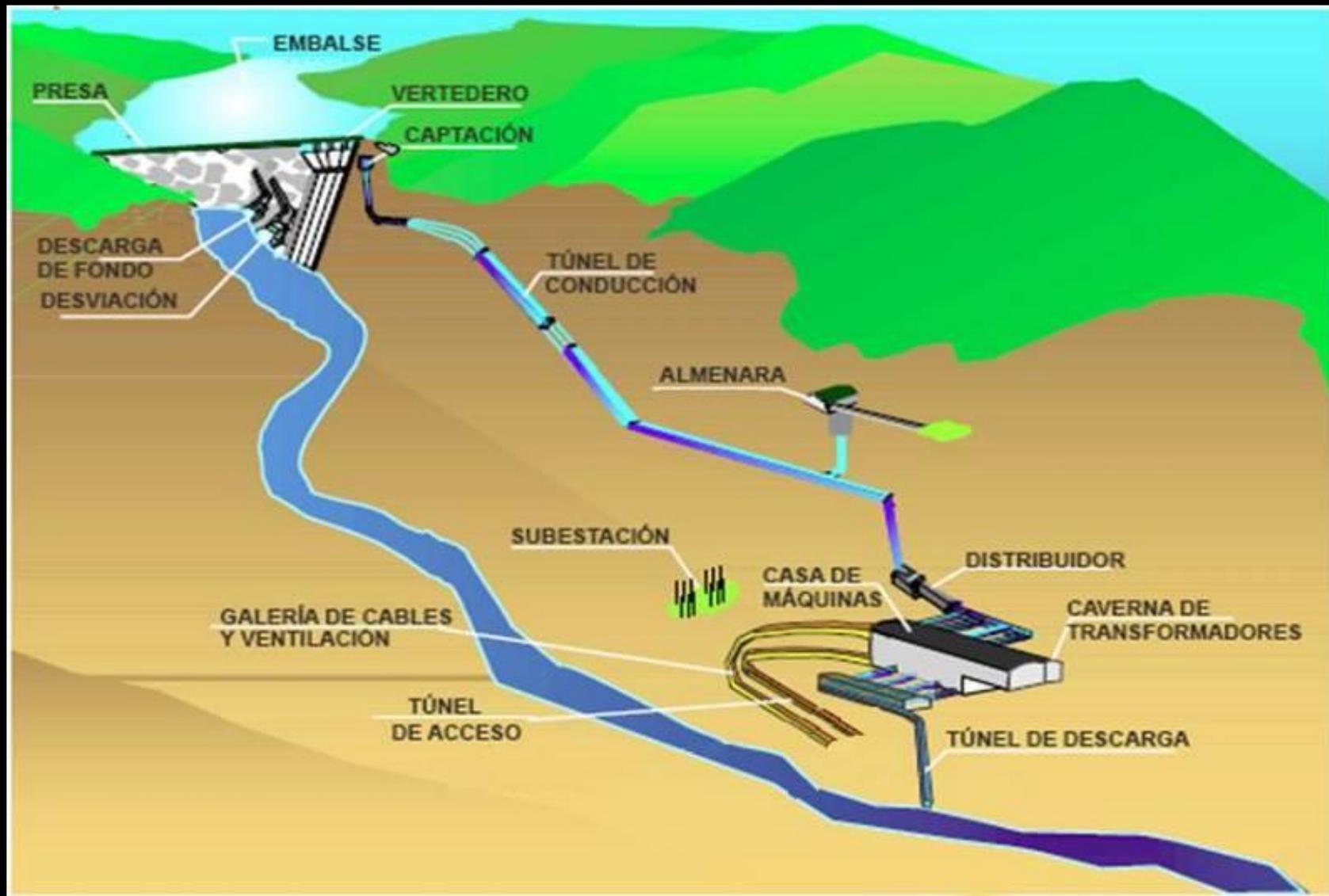
## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

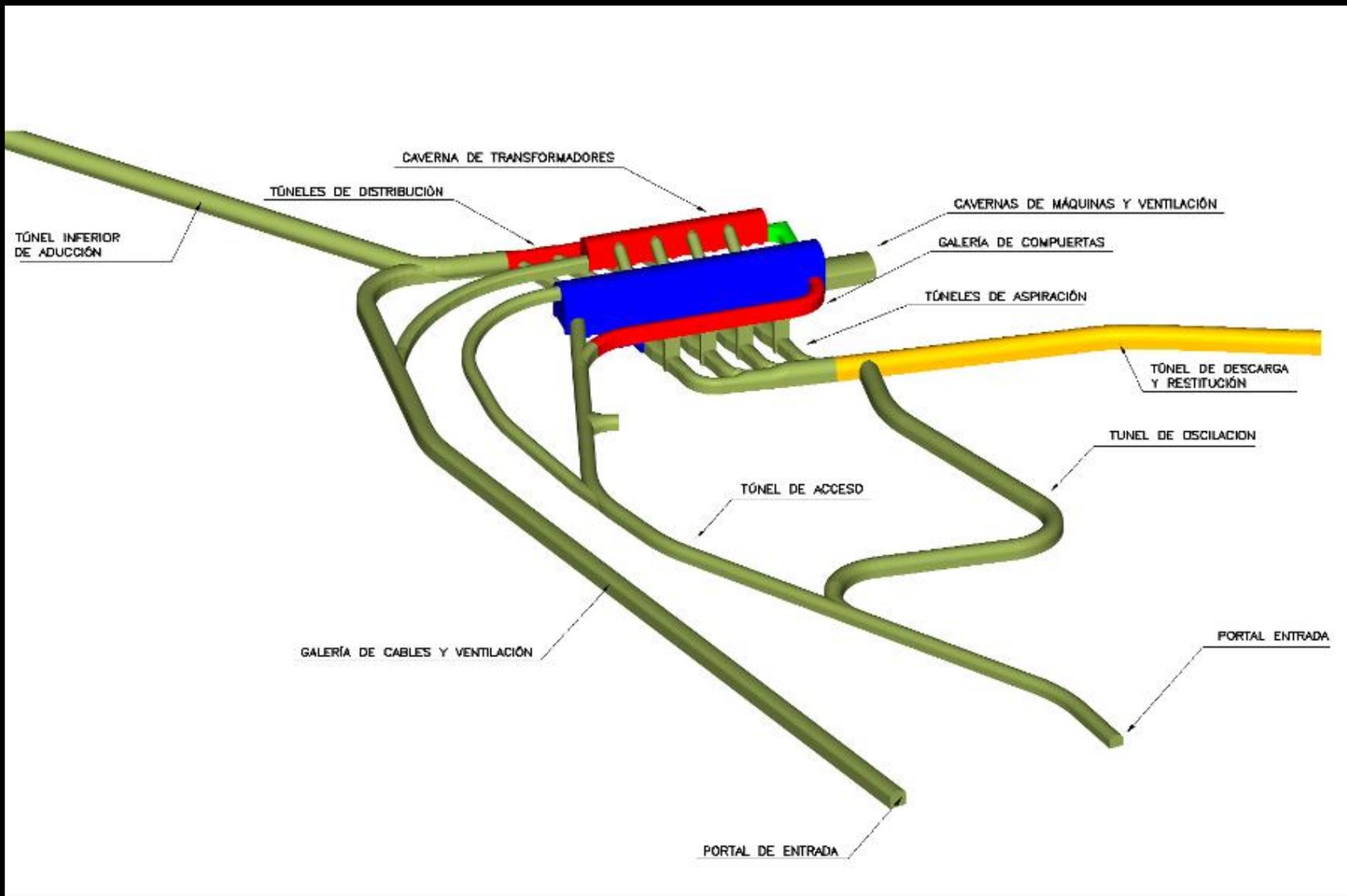
### **Escavações subterrâneas**

Com base nos elementos de projeto, as superfícies escavadas devem apresentar-se estáveis e devem ser instalados os elementos de suporte quando necessário, de tal modo ou sequência que evitem a desintegração e a perda de estabilidade do maciço rochoso envolvente das seções escavadas.

Não deve ser permitida a interrupção temporária dos trabalhos em qualquer frente ou em toda a obra, sem que sejam instalados e assegurado o funcionamento de todos os dispositivos necessários à manutenção das condições de segurança de pessoas e bens.

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS





# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

A seleção dos métodos de escavação, dos processos de execução e do grau de mecanização deve ser feita considerando as condições geológicas, geotécnicas e hidro geológicas dos maciços rochosos, a dimensão das seções, a extensão e outros condicionamentos da obra.

**Escavações  
subaquáticas**



## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

**Mapeamento  
geológico e  
classificação  
geotécnica do  
maciço rochoso**

Simultaneamente com o avanço das escavações subterrâneas ou a céu aberto, deve ser feito o mapeamento geológico e a caracterização geotécnica de todas as superfícies escavadas, pelo que, e em função da dimensão da obra, técnicos qualificados e com experiência para o desenvolvimento desse trabalho

**Desmatamento  
do reservatório**

A desarborização e o desmatamento devem ser precedidos de um levantamento que identifique o tipo, densidade e distribuição da vegetação, a morfologia e cobertura dos solos e as condições de acesso aos vários locais

## **PLANO DE CONSTRUÇÃO**

### **Equipamentos**

O projeto executivo dos equipamentos hidromecânicos e respectivas instalações de comando e controle, deve ser elaborado de acordo com a legislação em vigor, devem estar devidamente justificadas as soluções adotadas e indicadas as características dos materiais a utilizar e os tratamentos previstos, bem como um plano de operação e manutenção dos equipamentos hidromecânicos e respectivas instalações de comando e controle, com indicação das ações a serem realizadas e a respectiva periodicidade

### **Instalações elétricas definitivas**

As instalações elétricas definitivas da obra devem ser executadas, de acordo com o projeto, respeitando as normas, regulamentos e demais legislações em vigor.

Essas instalações devem garantir os níveis de operacionalidade e segurança dos equipamentos e infraestruturas a que se destinam, respeitando as disposições dos respectivos regulamentos específicos.

## **BARRAGENS DE CONCRETO**

### **Generalidades**

Os agregados utilizados na fabricação de concretos devem obedecer às especificações técnicas.

Ensaio de controle sobre amostras coletadas na origem, bem como a determinação da granulometria, do peso específico, do coeficiente de forma e da reação aos álcalis.

**NOTA: Lembrar sobre a Qualidade, RAA, Sulfetos, e que os agregados correspondem em cerca de 75% a 80% em massa do concreto**

### **Cimentos, pozolanas e cinzas volantes**

Os tipos de cimentos, pozolanas e cinzas volantes a serem utilizados na fabricação de concretos, bem como as suas características e os respectivos ensaios de controle de qualidade, devem obedecer às especificações técnicas e às normas técnicas e regulamentos em vigor.

O transporte, descarga e estocagem desses materiais devem obedecer às especificações, normas técnicas e regulamentos em vigor

## 55.4. AGREGADOS

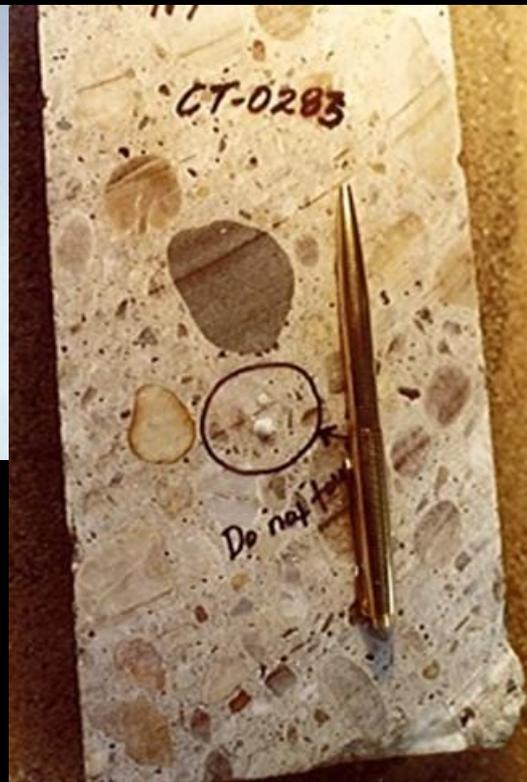
### 5.4.4. Características

#### 5.4.4.17. Sanidade – Estabilidade Volumétrica

*Intemperismo – Molhagem  
e Secagem*

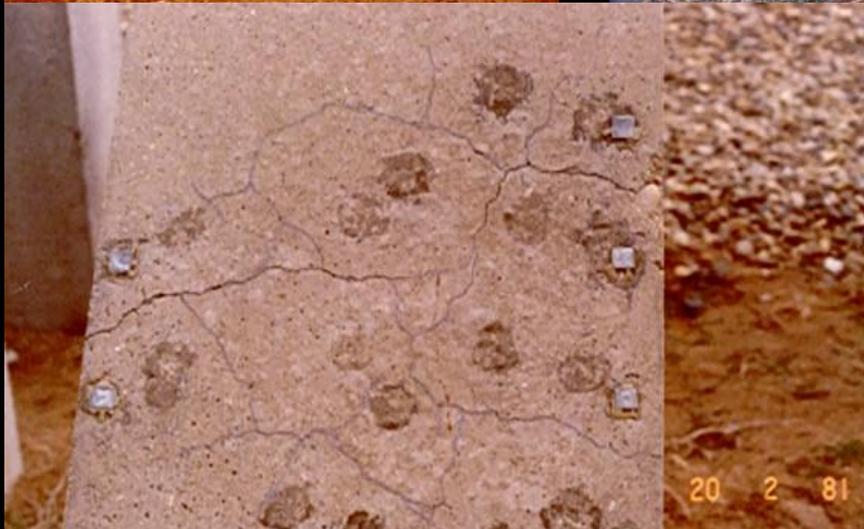


Pedreira de basalto com argila de montmorilonita e teste no local (Arquivo Andriolo)



Processo que leva à fissuração decorrente da reação álcalis do cimento e determinados agregados silicosos.

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



01000 - 10 - 17-5-71  
TRABO - 38A - T5  
AVC ED. 0403  
CIM - STP - 11 - 4049  
PQZ - JUB - 17A - 868  
REDD - APEIA - PONTAL  
GRALCO - CIL - 02 - PONTAL  
DRE - AREIA - CORRIGIDA  
A. R. INC.

20 2 81

20 2 81

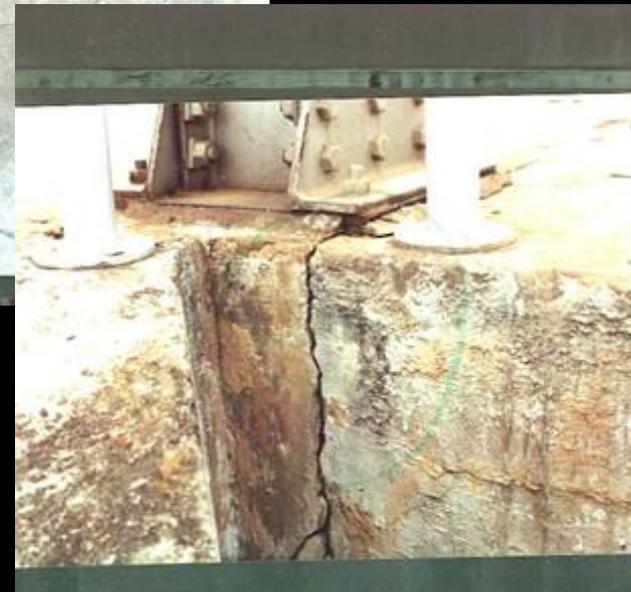
mai.81



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens



Processo que leva à fissuração decorrente da reação de  $\text{CaO}$  do cimento e determinados agregados contendo sulfetos.

## **BARRAGENS DE CONCRETO**

### **Água**

A água a ser utilizada deve ser submetida a análises periódicas para determinação das suas características físicas e químicas, bem como manuseadas e estocadas, de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis.

### **Aditivos**

A seleção e estocagem dos aditivos devem respeitar as especificações técnicas e as normas e regulamentos aplicáveis.

O controle de qualidade, do material, dos recipientes, depósitos e dosadores, deve respeitar o disposto nas especificações técnicas, bem como nas normas e regulamentos aplicáveis

### **Aços**

Os tipos de aço a serem utilizados em armaduras passivas ou ativas, as suas características e utilização devem obedecer às especificações técnicas e às normas técnicas e regulamentos aplicáveis.

As estruturas metálicas, definitivas ou provisórias, devem satisfazer às especificações técnicas e obedecer às normas e regulamentos aplicáveis, quanto aos aços e à execução e montagem das estruturas.

## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

### **Composição dos concretos**

As composições dos concretos barragens devem respeitar as especificações técnicas e as normas técnicas e regulamentos aplicáveis, e devem ser estudadas visando satisfazer às exigências de qualidade na construção, em especial, quanto à resistência mecânica e química, deformabilidade, permeabilidade, trabalhabilidade, durabilidade, características térmicas, dimensão máxima dos agregados e processo de colocação.



## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

### **Fabricação do concreto**

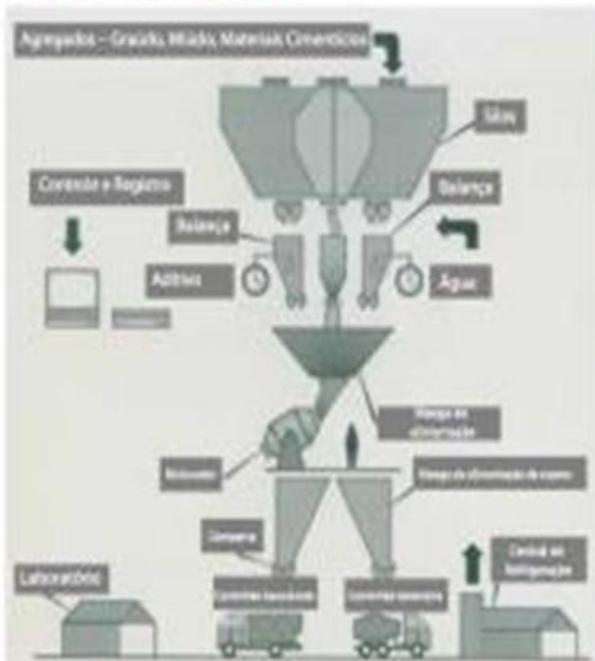
Na fabricação do concreto devem ser respeitadas as disposições do projeto e das especificações técnicas, bem como as normas técnicas e regulamentares aplicáveis.

O transporte dos componentes dos lugares de estocagem para a central de fabricação deve ser feito de modo a não alterar as suas características, e a quantidade de concreto fabricado deve ser exclusivamente a necessária para cada lançamento.

### 9.3. PRODUÇÃO DE CONCRETO

#### 9.3.2. Tipos de Sistema de Produção de Concreto

##### 9.3.2.5. Instalações



Um fluxograma de uma instalação de dosagem vertical para produção de concreto massa



Dois instalações verticais de produção de concreto (cada uma produzindo 200m<sup>3</sup>/hora) com uma betoneira central basculante que foram usadas por mais de 40.000 horas para produzir mais de 8.000.000 m<sup>3</sup> de concreto massa em 4 grandes barragens no Brasil - 1966 até 1983 (Barragem de Ilha Solteira - foto por Andriolo)



Três instalações verticais de produção de concreto (cada uma produzindo 200m<sup>3</sup>/hora) com uma betoneira central basculante que foram usadas por mais de 40.000 horas para produzir mais de 8.000.000 m<sup>3</sup> de concreto massa em Itaipu (margem esquerda) - Brasil - 1977 até 1983 (Barragem Itaipu - foto por Andriolo)

## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

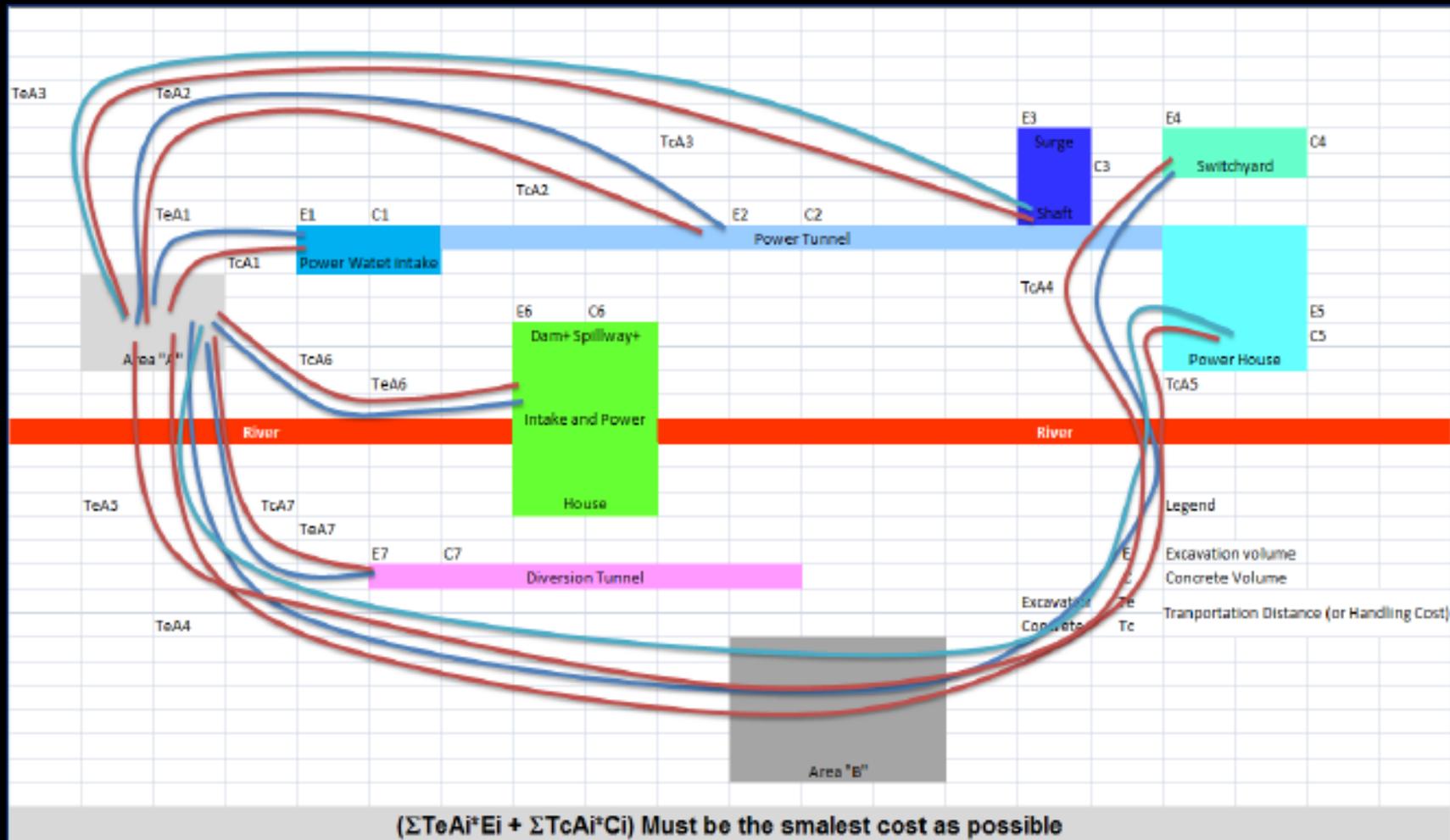
**Transporte,  
lançamento e  
compactação  
do concreto**

Para o transporte, lançamento e adensamento do concreto, devem ser respeitadas as disposições do projeto e das especificações técnicas, bem como das normas técnicas e regulamentares aplicáveis.

O lançamento e compactação do concreto devem ser precedidos de autorização da supervisão da obra, após verificar o cumprimento das condições necessárias para garantia da qualidade na construção.

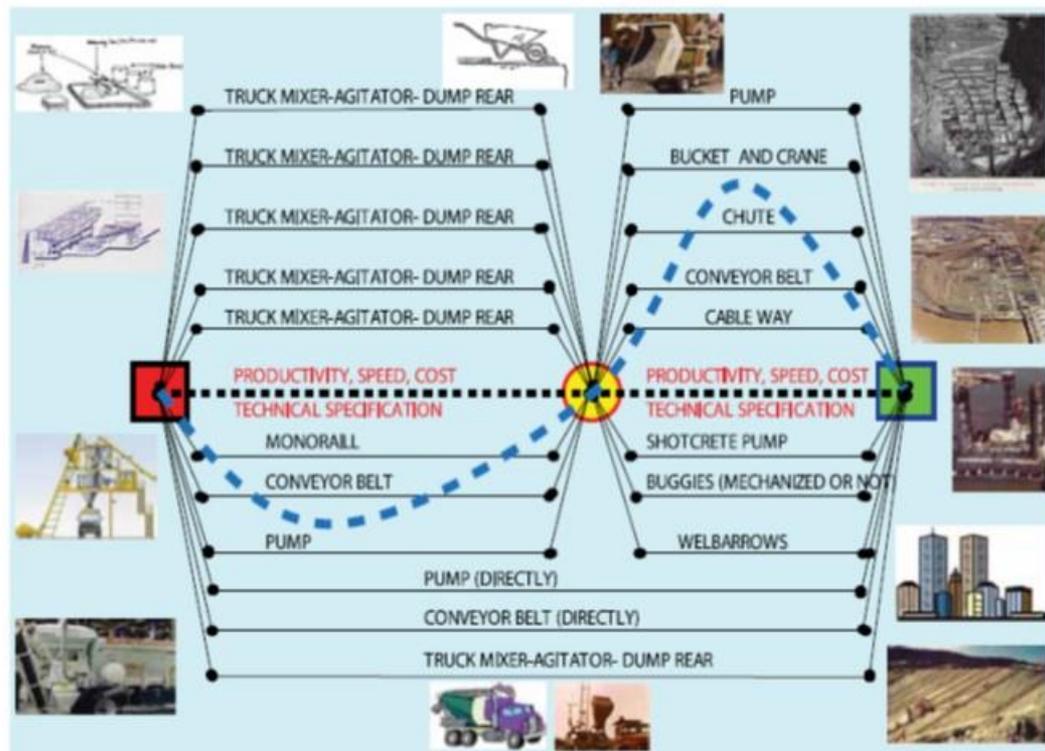
**Gráficos do Momento de Transporte e do Fluxo de Transporte**

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



### 9.3. PRODUÇÃO DE CONCRETO

#### 9.3.1. Geral



## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

<p>Superfícies de fundação</p>	<p>As superfícies correspondentes a feições, como sejam diaclases ou planos de estratificação ou xistosidade, devem apresentar rugosidade que garanta adequada aderência;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>❑ A rocha adjacente a feições, que tenham sido removidas, não deve ficar danificada pelos trabalhos associados à remoção;</li><li>❑ As cavidades eventualmente existentes devem ter sido limpas com jateamento de ar e água, a superfície tornada rugosa, com apicoamento, e preenchidas com concreto.</li></ul>
<p>Superfícies das juntas de concretagem (construção)</p>	<p>As juntas de concretagem (<b>construção</b>) devem ser tratadas, de forma a assegurar o monolitismo e estanqueidade da estrutura, respeitando as disposições das especificações técnicas, normas técnicas, regulamentos e práticas aplicáveis.</p>

## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

### **Forma**

As formas e as respectivas estruturas de montagem, obedecendo às formas geométricas das estruturas estabelecidas no projeto, devem ser concebidas, executadas e convenientemente posicionadas, em conformidade com as especificações técnicas, normas técnicas e regulamentos aplicáveis.

As formas para as superfícies de concreto, que vão estar em contato com fluxos de água de alta velocidade, devem cumprir com as tolerâncias especificadas.

### **Juntas de contração e injeções**

A estanqueidade das juntas é garantida por dispositivos definidos no projeto e colocados de acordo com as respectivas especificações técnicas.

Para assegurar o comportamento tridimensional das estruturas, podem ser utilizadas juntas de contração denteadas e/ou proceder à injeção das juntas. Essa injeção deve ser realizada de acordo com as disposições do projeto e das especificações técnicas, com vistas a garantir a segurança da estrutura.

**Nota: DEBATER ESSE TEMA**

## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

<b>Cura do concreto</b>	A cura do concreto deve ser realizada, de modo a evitar a perda da água necessária à hidratação do cimento <b>e estabelecer um ambiente propício à troca de calor anterior ao período quando ocorre a temperatura máxima</b>
<b>Desforma</b>	As operações de desforma devem efetuar-se de acordo com as especificações técnicas e as normas técnicas e regulamentos aplicáveis. (DEFORMAÇÕES E FLUXO)
<b>Colocação do concreto em tempo de chuva ou de frio</b>	Em zonas de <b>clima adverso</b> (Frio, Árido, Quente, Chuva) As concretagens e as superfícies devem receber proteções especiais.

**BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

Dissipação do calor de hidratação e refrigeração dos componentes do concreto

**CONCRETO  
PRÉ-REFRIGERADO  
NO BRASIL:  
Uma Evolução com  
mais de 20 Anos**



**Francisco Rodrigues Andriolo  
Tadevsz M. Skwarczynski**

## **BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL**

Plano de  
concretagem

Na elaboração do plano de concretagem, devem ser considerados:

- As cotas de todas as camadas de concretagem;
- Os intervalos de tempo mínimo e máximo entre a realização de camadas consecutivas;
- As datas de início e conclusão dos trabalhos, as datas-chave e os períodos previstos para a montagem dos equipamentos;
- A sequência da construção prevista no projeto;
- A capacidade para a fabricação, transporte e lançamento do concreto;
- A eventual necessidade de atrasar a construção de alguns blocos, de modo a permitir a passagem de vazões de cheia;
- As épocas do ano em que se efetuam as concretagens;
- Compatibilização entre as atividades de controle dos concretos lançados e de monitoramento e instrumentação da obra, bem como com os resultados do rompimento de corpos de prova.

## BARRAGENS DE CONCRETOCOMPACTADO A ROLO (CCR)

Tratamento da  
Fundação-  
Consolidação,  
impermeabilização  
e drenagem

O tratamento dos maciços rochosos de fundação das barragens de concreto, em especial, a **consolidação**, a impermeabilização e a drenagem têm por objetivos:

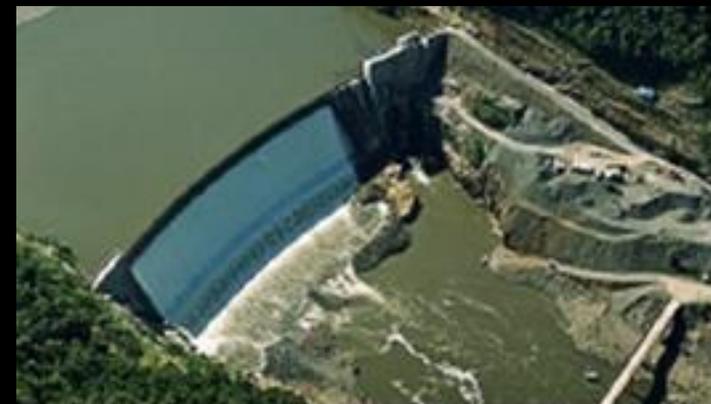
- A **consolidação**: melhorar em especial as características mecânicas do maciço;
- A **impermeabilização**: controlar a percolação da água no maciço;
- A **drenagem**: recolher a água de percolação, de modo a controlar os gradientes hidráulicos e a subpressão na base da barragem e em eventuais superfícies de deslizamento potencial do maciço.

## **BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)**

**Análogas às de CVC- Há cerca de 180 Barragens de CCR no Brasil**



**ACAUÃ**



**CASTRO ALVES**

**Composição  
dos concretos**



**FUNDÃO**



**JOÃO LEITE**

## **BARRAGENS DE CONCRETOCOMPACTADO A ROLO (CCR)**

**Bloco  
experimental**

Antes do início da construção deve ser construído um bloco experimental, em local acordado entre a empreiteira e a supervisão para a realização de ensaios e aferir os parâmetros de construção, em especial, dos parâmetros com maior dificuldade de caracterização na fase de Projeto

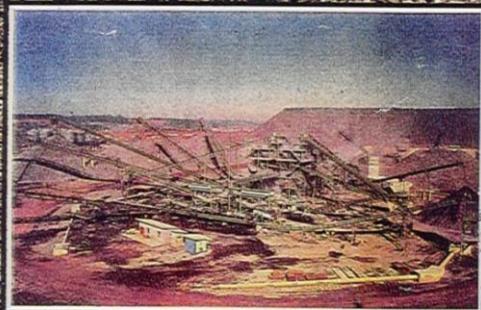
**NOTA: E a experiência do PROJETISTA COMO SE AVALIA?**

O bloco experimental deve ser realizado com os equipamentos de fabricação, lançamento e compactação semelhantes aos que vão ser utilizados na construção da barragem



**Aterro Experimental executado em Itaipu- 1978**

# CONTRIBUIÇÕES PARA O CONHECIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO CONCRETO ROLADO



Francisco Rodrigues Andriolo



Francisco Rodrigues Andriolo

## The use of Roller Compacted Concrete



is gaining pr  
construction  
confirmed a  
duction of i  
of civil worl  
be complet  
Today high  
ing design  
world. The  
for design a  
pacted Cor  
oped rapid  
Eng  
ted to Civil  
contributed  
concrete te  
decades. Fr  
neers may r  
hensive sta  
The author  
rived from  
ence comp  
meters of  
dams. With  
book show  
from over  
which the  
volved, bes  
world.

This  
ence in rese  
of RCC wor  
ranging fro  
tion materia  
ture, princip  
economic a  
struction an  
and the pe  
structures.  
dams, but  
new materi

Francisco Rodrigues Andriolo

## RCC Brazilian Practices



Texto Publicado no 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) DAMS  
Chengdu, China- 24th – 25th September 2015

### ASPECTOS SOBRE O USO DO CCR EM BARRAGENS BRASILEIRAS

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues  
Andriolo Engenharia Ltda-  
[www.andriolo-eng.com](http://www.andriolo-eng.com) / [fandriolo@andriolo-eng.com](mailto:fandriolo@andriolo-eng.com)

### RESUMO

O uso do "Concreto Compactado com Rolo"- "CCR" - "Rollcrete" - "Concreto Rolado"  
em barragens brasileiras, não é mais uma novidade, pois começou a ser usado em 1976.

**ENSAIOS USUAIS PARA O CONTROLE NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS.TIPO  
DE CONCRETO ENSAIOS NORMATIZAÇÃO**

Ensaio/ Característica/Propriedade	CONCRETO CONVENCIONAL		CONCRETO COMPACTADO COM ROLO	
	Concreto		Concreto	
	Estado Fresco	Endurecido	Estado Fresco	Endurecido
Teor de ar incorporado	X			
Massa específica	X		Z	
Trabalhabilidade/Abatimento ("Slump test")	X			
Espalhamento no cone de Abrams ("Slump Flow Test")	X			
Ensaio Vebê			Z	
Ensaio Vebê modificado "Cannon Time			Z	
Início e fim de pega	X		Z	
Temperatura	X		Z	
Densidade in situ com densímetro nuclear			Z	
Resistência à compressão uniaxial em corpos de prova		Y		W
Resistência à tração em corpos de prova		Y		W
Módulo de elasticidade em corpos de prova		Y		W
Extração de testemunhos e determinação de para Resistência à compressão uniaxial e tração				W
Extração de testemunhos e determinação de para Módulo de elasticidade				W

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



## **MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO**

<b>Monitoramento e instrumentação</b>	Na fase de construção, o Plano de Monitoramento e Instrumentação integrado no projeto deve ser convenientemente adaptado, para levar em consideração as reais condições encontradas na obra, e complementado com as especificações relativas à instalação e uso dos instrumentos a serem instalados e respectivos acessórios, bem como aos procedimentos a seguir na utilização e manutenção desses instrumentos e acessórios.
<b>Adaptação do Plano de Monitoramento e Instrumentação</b>	No decurso da construção, podem ocorrer situações que, impliquem alterações ao Plano de Monitoramento e Instrumentação estabelecido no projeto, tais como: <ul style="list-style-type: none"><li>• Alterações do projeto que obriguem a mudar a localização ou o tipo dos dispositivos de instrumentação previstos;</li><li>• Comportamentos anômalos que impliquem a instalação de instrumentos não previstos;</li><li>• Avarias dos instrumentos, devido a deficiente instalação ou em resultado dos processos construtivos.</li></ul> A aplicação dos procedimentos ou as alterações devem ser objeto de um relatório pormenorizado, a ser elaborado pelos responsáveis pela adaptação do plano de monitoramento e instrumentação. Esse relatório deve ser integrado no Plano de Segurança da Barragem
<b>Inspeções de segurança</b>	Antes de dar início ao primeiro enchimento do reservatório, de acordo com o Plano de Enchimento do Reservatório deve ser realizada uma inspeção de segurança especial.

## PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

De acordo com a **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**, o **EMPREENDEDOR** deve constituir o **Plano de Segurança da Barragem**, incluindo as informações gerais relativas ao empreendimento e à estrutura organizacional do empreendedor, a documentação técnica do empreendimento, os planos e procedimentos de operação e manutenção e respectivos registros e controles, o **PAE** (nas obras em que é requerido), e as revisões periódicas de segurança.

Este Plano deve estar devidamente constituído com toda a informação recolhida até ao final da construção, com vista ao apoio das atividades de controle de segurança durante o enchimento do reservatório).

# PARTE D- OPERAÇÃO

Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante



**OPERAÇÃO**

**Controle de  
segurança na  
fase de operação**

O empreendedor deve assegurar que as atividades de operação, manutenção, monitoramento, instrumentação e inspeção sejam realizadas de acordo com as normas existentes e as boas praticas vigentes, de modo a garantir as condições de funcionalidade e segurança do empreendimento.

## **OPERAÇÃO**

**Responsabilidades  
do  
empreendedor**

Durante a fase de operação, o empreendedor de uma barragem deve:

a) Manter atualizado o Plano de Segurança da Barragem, observando as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança.

b) Informar a entidade fiscalizadora de qualquer alteração da qual possa resultar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança.

c) Manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem.

d) Permitir o acesso irrestrito da entidade fiscalizadora e, no caso em que se aplica, dos órgãos integrantes do Sistema de Defesa Civil (SINDEC) ao local da barragem e a sua documentação de segurança .

## **OPERAÇÃO**

**Responsabilidades  
do  
empreendedor**

- e) Realizar as Inspeções de Segurança de Barragem Regulares e Especiais.
- f) Elaborar as Revisões Periódicas de Segurança .
- g) Elaborar e cumprir o Plano de Ação de Emergência (PAE) quando exigido.
- h) Cumprir as recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança .
- i) Manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pela entidade fiscalizadora.
- j) Manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influencia do reservatório, conforme estabelecido pela entidade fiscalizadora.

## OPERAÇÃO

### Plano de Operação

O Plano de Operação da barragem estabelece os procedimentos a adotar na operação do reservatório, em especial na operação dos órgãos extravasores ou de descarga, de modo a garantir as condições de segurança das estruturas.

Deve ser mantido um **Registro de Operação**, contendo, entre outros elementos:

- ❖ Dados de níveis no reservatório e fluxos afluentes e efluentes, bem como manobras dos órgãos extravasores;
- ❖ Ocorrências significativas do ponto de vista da operação dos órgãos extravasores; e
- ❖ Relatórios de operação, incluindo, principalmente, a análise dos aspectos referidos nos itens anteriores.

## Plano de Operação

### 1. Características do empreendimento:

- Descrição do aproveitamento, com identificação do rio e sua localização precisa.
- Área das bacias hidrográficas, a montante e a jusante do barramento.
- Denominação e descrição dos órgãos extravasores (vertedouro de superfície e descarregador de fundo) e de operação (tomadas de água e respectivos circuitos hidráulicos), suas fontes de energia para manobra, e vazões máximas que podem descarregar.
- Usos principal e secundários do aproveitamento (irrigação, abastecimento público, produção de energia hidrelétrica, defesa contra cheia, etc.).
- Vazão mínima remanescente.

### 2. Regras Operacionais dos Órgãos Extravasores:

- Procedimentos para operação normal.
- Procedimentos para operação em regime de cheia.
- Procedimentos para operação de emergência.

## Plano de Operação

### 3. Regra Operacional do Reservatório:

- Regime de operação do aproveitamento (manual e/ou automático, local e/ou a distancia).
- Principais características de operação (cotas, capacidade do reservatorio, areas da superficie inundada e das bacias hidrográficas, extensões do curso do rio e vazões ).
- Curvas de remanso a montante para uma determinada vazao efluente.
- Procedimentos específicos para renovação da agua no caso de problemas de salinização ou eutrofização.

### 4. Registro de Operação:

- Dados de níveis no reservatório e fluxos afluentes e efluentes, bem como manobras dos orgaos extravasores.
- Ocorrências significativas do ponto de vista da operacao dos órgãos extravasores.
- Relatórios de operação incluindo, nomeadamente, a analise dos aspectos referidos nos itens anteriores.
- Outros registros pertinentes.

## **OPERAÇÃO**

### **Orgãos Extravasores**

Com grande implicação no bom funcionamento em fase de operação, os órgãos extravasores devem ser concebidos e construídos para possuírem:

- Resistência adequada à erosão e à cavitação e que a altura dos muros laterais é adequada para a passagem segura da CAP;
- Adequada capacidade de dissipação de energia, a fim de prevenir solapamentos e/ou erosões que poderiam pôr em risco o vertedouro ou a barragem, durante a CAP;
- Capacidade para suportar a passagem de entulho flutuante durante a CAP, ou provisão de uma barreira efetiva contra entulhos, projetada para carregamentos por CAP;
- Segurança adequada quanto a deslizamentos de terra, entulhos acumulados no canal de aproximação, rampas e canais de saída, que poderiam restringir sua capacidade de descarga.

## **OPERAÇÃO**

**Órgãos  
Extravasores  
com  
Comportas**

No caso de barragens com órgãos extravasores controlados por comportas, devem ser adotadas as seguintes disposições :

- Confiabilidade nos mecanismos de abertura das comportas para eventos hidrológicos adversos como a CAP, incluindo fornecimento de energia e comunicações ;
- Existência de processo alternativo para abertura das comportas;
- Acesso assegurado sob quaisquer condições adversas, para o caso das comportas serem operadas no local.

## Orgaos extravasores e de operação

### 1. Aspectos do dimensionamento de vertedouro que mais influenciam a segurança:

- ❖ Resistências adequadas a erosão e a cavitação, bem como altura dos muros laterais que permitam a passagem segura da **CAP (Cheia Afluente de Projeto)**;
- ❖ Adequada dissipação de energia, a fim de prevenir solapamentos e/ou erosões que poderiam por em risco o vertedouro ou a barragem, durante a CAP;
- ❖ Capacidade para suportar a passagem de entulho flutuante durante a CAP, ou provisão de uma barreira efetiva contra entulhos, projetada para carregamentos por CAP;
- ❖ Segurança adequada quanto a deslizamentos de terra, entulhos acumulados no canal de aproximação, rampas e canais de saída, que poderiam restringir sua capacidade de descarga.

### Quando controlados por comportas:

- ❖ Confiabilidade nos mecanismos de abertura das comportas para eventos hidrológicos adversos como a CAP, incluindo fornecimento de energia e comunicações;
- ❖ Existência de processo alternativo para abertura das comportas;
- ❖ Acesso assegurado sob quaisquer condições adversas para o caso das comportas serem operadas no local.

## Órgãos Extravasores e de Operação

### 2. Aspectos mais relevantes que influenciam a operacionalidade:

- ❖ Vertedouro de superfície;
- ❖ Sistemas de drenagem das estruturas;
- ❖ Obstrução do leito a jusante;
- ❖ Erosão do leito a jusante.
- ❖ Descarregador de fundo:
- ❖ Sistemas de drenagem da camara de valvulas;
- ❖ Operação periódica.
- ❖ Tomadas de agua:
- ❖ Operação periódica.

### 3. Medidas de proteção pública:

- ❖ Delimitação e sinalização das áreas de influencia dos órgãos extravasores e de operação, as atividades de pesca, banhos ou outras atividades;
- ❖ Instalação de dispositivos que impeçam o acesso de pessoas alheias ao serviço, por razões de operação, segurança pessoal ou precaução contra atos de vandalismo

**OPERAÇÃO**

<b>Vertedouro de superfície- Sistemas de drenagem das estruturas</b>	No caso de vertedouros total ou parcialmente independentes da barragem, onde se localizam estruturas de concreto (soleiras, canais, etc.), devem existir sistemas de drenagem, com o objetivo de aliviar as subpressões , cujo bom funcionamento é muito importante para assegurar a estabilidade das estruturas.
<b>Descarregador de fundo</b>	Os descarregadores de fundo e, em especial, as de maior dimensão , integram frequentemente câmaras de válvulas subterrâneas, para manobra local e para conservação das comportas. Essas câmaras situam-se, necessariamente, a cotas próximas do eixo do conduto de descarga e, sujeitas a elevadas pressões exteriores, pelo que são suscetíveis de sofrer infiltrações cuja eliminação obriga a instalação de um sistema de bombeamento. Esse sistema deve também bombear água proveniente de fugas dos equipamentos.



**OPERAÇÃO**

**Tomadas  
de  
água**

Muitas barragens construídas no Brasil dispõem de tomadas de água munidas de uma grelha a montante e comporta a jusante e, deste modo, o conduto esta sempre em carga.

Embora para as tomadas de água os problemas de acumulação de sedimentos não sejam em geral tão importantes como os referidos para as descargas de fundo, a operação , manutenção e limpeza periódica dos equipamentos e condição importante para garantir a segurança operacional desses órgãos .

**Equipamentos  
de emergência**

No caso de barragens com comportas deve estar sempre disponível um equipamento de fornecimento de energia de emergência.

O equipamento de emergência, que tipicamente consiste em unidades geradoras a combustível, deve operar automaticamente durante interrupções de energia e ser capaz de prover uma capacidade continua de operação ate a restauração da principal fonte de energia.

Nos locais em que não for possível dispor de fonte de energia emergencial, equipamentos de corrente continua, bancos de baterias e equipamentos auxiliares devem ser fornecidos para se permitir a operação da instrumentação e dos controles por um período mínimo de oito Horas



## **OPERAÇÃO**

**Procedimentos para a operação normal e em regime de cheia**

Em condições normais de operação , devem ser informados:

- Afluências e descargas;
- Níveis normais;
- Volumes de acumulação ;
- Curvas de descarga do vertedouro e de jusante;
- Parâmetros de operação do vertedouro;
- Fornecimento de energia;
- Restrições ambientais.

Deve ser instalado equipamento para medição dessas grandezas:

- Níveis de agua a montante;
- Níveis de agua a jusante, quando se justifique;
- Posição de abertura das comportas dos vertedouros.

**Procedimentos para operação de emergência**

As condições de emergência devem ser identificadas e listadas, juntamente com as restrições de operação recomendadas nessas condições. As instruções devem especificar a capacidade de vazão das estruturas e o correspondente nível d'agua, listar as áreas de risco a jusante e as vazões pelas quais elas serão afetadas

## **OPERAÇÃO**

### **Medidas de proteção pública**

O empreendedor deve delimitar e sinalizar as áreas que possam ser influenciadas pelo funcionamento das tomadas de água, dos vertedouros e das restituições de casas de força e órgãos extravasores, nas quais não devem ser permitidas atividades, tais como pesca, banhos ou outras, além das relativas a operação do aproveitamento.

Além disso, devem ser instalados dispositivos que impeçam o acesso de pessoas alheias ao serviço em todas as áreas da barragem da área de entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos em que se considere aconselhável, seja por razões de operação, de segurança pessoal ou de precaução contra atos de vandalismo.

Referem-se, nomeadamente, os órgãos extravasores, as casas de força, a subestação, as eclusas de peixes ou de navegação, e os respectivos locais de manobra.

# PARTE E- MANUTENÇÃO

Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante



## **MANUTENÇÃO**

### **Manutenção das Estruturas e dos Equipamentos- Aspectos gerais**

A manutenção das estruturas e dos equipamentos, incluindo respectivas regras, procedimentos, registros e responsabilidades, tem por objetivo assegurar que a barragem, suas estruturas associadas e equipamentos sejam mantidos em condições totalmente operacionais e seguras.

Para esse efeito, devem ser organizados planos de manutenção, buscando minimizar eventuais condicionamentos a operação.

Os equipamentos devem ser inspecionados e verificados a intervalos regulares, devendo ser adotado um tipo de manutenção adequado a sua quantidade e complexidade, bem como a sua importância nos procedimentos de operação e na funcionalidade e segurança da obra.

A manutenção dos equipamentos pode ser do tipo preventivo, englobando as vistorias e operações de rotina, ou em intervenções após diagnóstico, do tipo melhorativo ou do tipo corretivo, na sequência de anomalias.

## **MANUTENÇÃO**

### **Planos de Manutenção**

Os Planos de Manutenção incluem, entre outros itens:

- ✓ Procedimentos e requisitos de manutenção das diversas estruturas, incluindo a barragem, órgãos extravasores e de operação, casa de força, condutos e outras estruturas;
- ✓ Procedimentos de manutenção dos equipamentos, incluindo a respectiva instrumentação ;
- ✓ Regras de manutenção das estruturas e dos equipamentos.

Os Registros de Manutenção das estruturas e dos equipamentos incluem:

- ✓ Relatórios das ações de manutenção das estruturas;
- ✓ Relatórios sucintos das modificações efetuadas no âmbito de ações de manutenção ;
- ✓ Relatórios de comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias;
- ✓ Relatórios de alterações e modernização de equipamentos.
- ✓ Registros dos testes de equipamentos.

## **Manutenção das Estruturas e dos Equipamentos**

### **Planos de Manutenção**

Procedimentos e requisitos de manutenção da barragem, órgãos extravasores e de operação, casa de força e demais estruturas e condutos

Procedimentos de manutenção dos equipamentos, incluindo a respectiva instrumentação

Regras de manutenção das estruturas e dos equipamentos

### **Registros de Manutenção**

Relatórios das ações de manutenção das estruturas

Relatórios das modificações efetuadas no âmbito de ações de Manutenção

Relatórios de comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias

Relatortios de alterações e modernização de equipamentos

Registros de verificação de equipamentos

Manutenção  
das  
barragens  
de concreto-  
Principais  
anomalias

As principais anomalias que tem sido observadas nas barragens de concreto podem ser classificadas da seguinte forma (ICOLD, 1994):

❑ **As que afetam as fundações das obras:**

- 1) com a falta de resistência as ações permanentes e repetidas;
- 2) com a degradação das cortinas de impermeabilização e dos sistemas de drenagem ; e
- 3) Com fenômenos de erosão e de dissolução , em especial dos materiais de enchimento das superfícies de menor resistência dos maciços rochosos;

❑ **As que afetam o corpo das barragens:**

- 1) com a falta de resistência as ações permanentes e repetidas e, para obras situadas em regiões de clima frio ou a grande altitude, ~~as ações do gelo e degele~~;
- 2) com a degradação do concreto devido a reações químicas entre os seus componentes que originam expansões diferenciais (reações com sulfatos e álcali-agregados) ou entre os componentes do concreto e elementos do meio ambiente (aguas puras e agressivas);
- 3) com comportamentos anômalos de fluência ou relaxação;

## **MANUTENÇÃO**

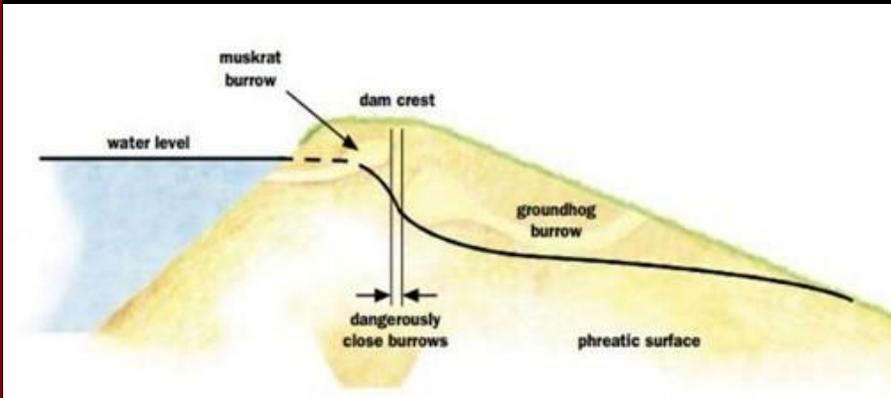
**Manutenção  
das  
barragens  
de concreto-  
Principais  
anomalias**

As que afetam outros elementos estruturais:

- 1) as juntas de concretagem e de contração e mesmo juntas especiais (juntas perimetrais, entre o pulvino ou o plinto e o corpo das barragens, etc.); e
- 2) degradação dos pontos de vista de impermeabilização e resistência, dos elementos de proteção do paramento de montante, em especial em barragens antigas.



# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **MANUTENÇÃO**

### **Observação das Anomalias**

Estas anomalias podem ser observadas através dos sistemas de monitoramento instalados nas barragens e suas fundações, e manifestam-se também, em muitos casos, pelo desenvolvimento de deformações permanentes, movimentos diferenciais entre blocos, fissuras e grandes passagens de água.

A observação visual destes indícios de anomalias é de maior interesse, pois contribui para a sua observação na fase inicial do processo de desenvolvimento, permitindo tomar medidas adequadas com vista ao seu estudo e controle por intermédio de medidas de manutenção usual, bem como a programação, em tempo, de uma eventual grande revisão ou reparação.

## **Manutenção das Barragens de Concreto**

<b>Principais Anomalias</b>	Movimentos diferenciais entre blocos ou estruturas
	Surgências
	Fissuras
<b>Ações Usuais de Manutenção</b>	Tratamentos do concreto (Fissuras, delaminações, corrosão)
	Tratamento das fundações (Furos para injeção ou Drenagem)
	Substituição de elementos danificados (canaletas de drenagem, parapeitos, poços, etc)
	Eliminação da vegetação na crista da barragem ou no paramento de jusante
	Desmatamento das ombreiras e do pé de jusante
Reparos dos acessos aos equipamentos e à instrumentação da Barragem	

## MANUTENÇÃO

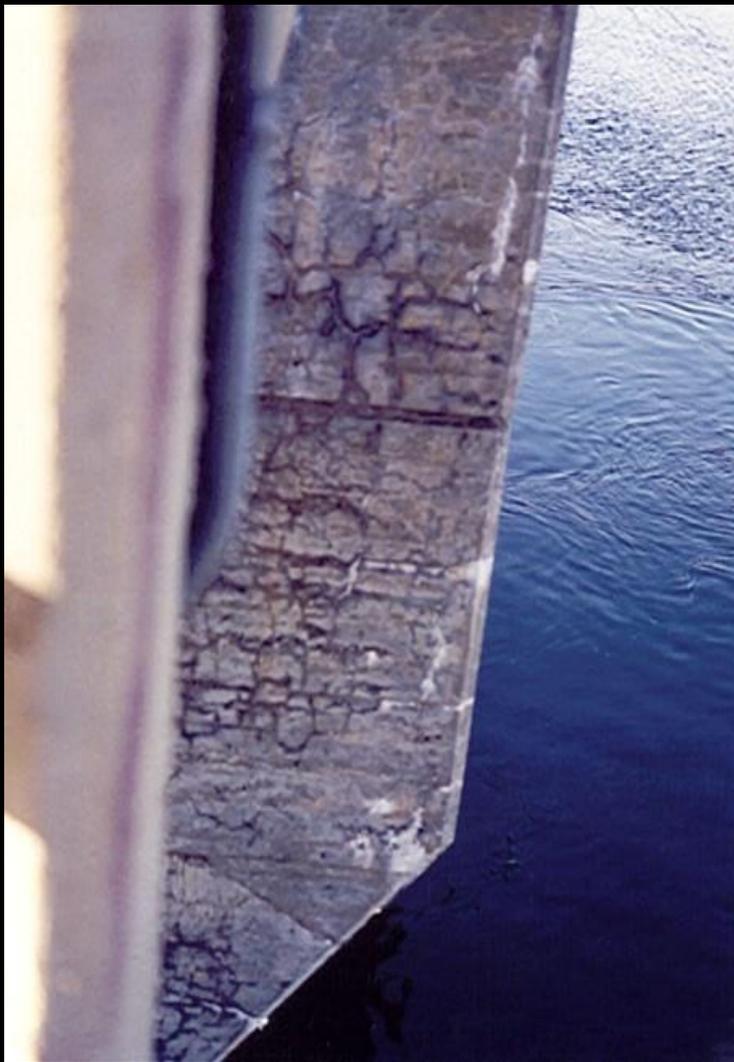
### Movimentos diferenciais entre blocos

As deformações permanentes das barragens de concreto manifestam-se em geral por movimentos nas juntas. Esses movimentos, podem ser observados em áreas acessíveis da crista, dos paramentos e das galerias.

A observação desses movimentos é importante na vizinhança de equipamentos hidromecânicos, como as comportas, cujo funcionamento pode ser afetado.

O controle do funcionamento das comportas requer especial cuidado no caso de barragens afetadas por reações álcali-agregado (RAA), dado que as expansões que se desenvolvem no concreto podem afetar o funcionamento desses equipamentos.

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **MANUTENÇÃO**

### **Surgências**

Em algumas barragens há dispositivos de drenagem que permitem conduzir a água infiltrada no corpo das obras para galerias ou para áreas a jusante, limitando assim a instalação de subpressões.

**Essas passagens de água nas estruturas de concreto ocorrem em regra através de juntas deficientemente tratadas, tais como as juntas de contração , de concretagem ou de contato entre materiais diferentes (principalmente entre o concreto e o maciço de fundação ou entre o concreto e maciços de aterro) ou ainda através de áreas de concreto deficientemente vibrado.** A manutenção das estruturas de concreto deve, portanto, incluir a limpeza periódica de drenos ou sistemas de drenagem.

As infiltrações a que correspondam fluxos e velocidades elevados devem ser tratadas, dado que contribuem para a deterioração do concreto, por lavagem dos materiais mais finos, e potencializam o desenvolvimento de reações químicas que estão na origem de diversas anomalias.

A forma mais eficaz de tratar estas infiltrações consiste na procura e selagem da sua entrada (**Impermeabilização Positiva**).

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

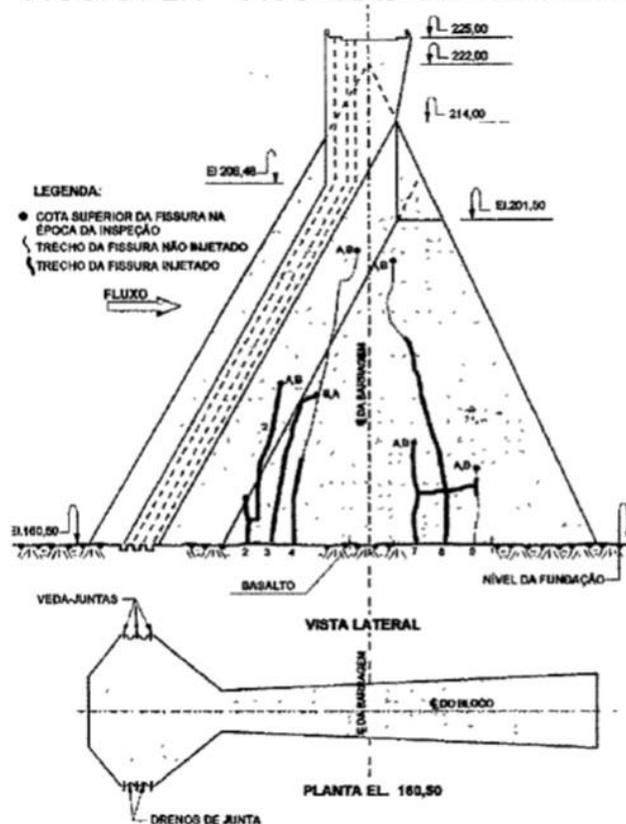
**Fissuras**

Nas barragens de concreto podem ser observadas fissuras de diversos tipos.

- As variações diárias da temperatura, envolvendo apenas uma área superficial das estruturas e não impondo uma alteração significativa dos deslocamentos destas, originam em regra uma fissuração superficial que não é relevante para as condições de segurança das estruturas.
- Podem desenvolver fissuras em áreas localizadas devido a pequenas especificidades nessas áreas, que não afetam as condições de segurança das barragens .
- Podem, também, desenvolver fissuras nas barragens de concreto associadas a deficiências do projeto, ou de construção , ou mesmo do envelhecimento das estruturas, que podem afetar as condições de funcionamento (principalmente, o funcionamento de comportas e outros equipamentos), dão origem ao aparecimento de surgências e, ao longo do tempo, podem afetar as condições de segurança das barragens.

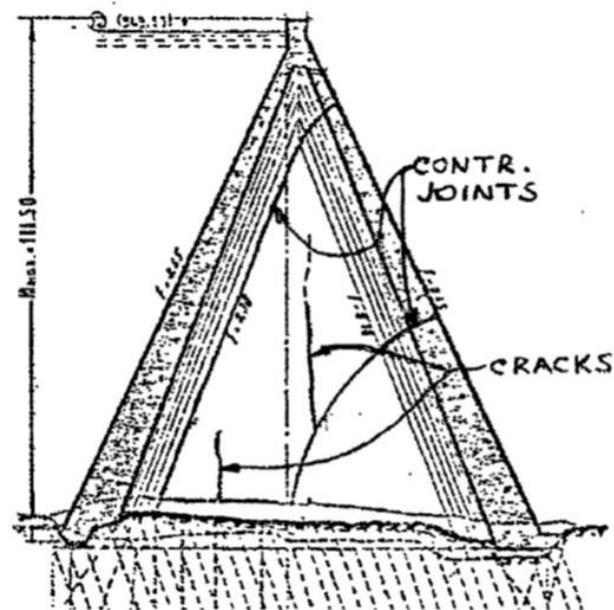
Assim, é importante identificar estas fissuras e controlar o seu desenvolvimento.

FIGURA 2.1 – FISSURAS DO BLOCO D30



FONTE: BETIOLI, NOGUEIRA DE SA, FIORINI  
XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens

FIGURA 2.2 - ANCIPA DAM, SICILY, ITALY



FONTE: FINAL REPORT ON CRACKS IN STEMS OF BUTTRESS  
DAM BLOCKS – IECO / ELC, ENGEVIX/GCAP

## **MANUTENÇÃO**

**Deterioração  
devido a  
expansões  
associadas a  
reações  
químicas –  
Reatividade  
álcali-  
agregado  
(RAA)**

Os processos expansivos associados a algumas reações químicas, entre os elementos que constituem o concreto, originam deformações e fissuras no concreto que podem afetar as condições de funcionalidade e mesmo de segurança das estruturas.

Esses processos são em geral agravados com a presença da água que, por sua vez, é facilitada pela abertura das fissuras.

Tem sido constatados vários casos de obras de concreto afetadas pela reatividade álcali-agregado (RAA). Essas expansões podem originar importantes deslocamentos permanentes de subida da crista das barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens



52 - 18  
10/10/05

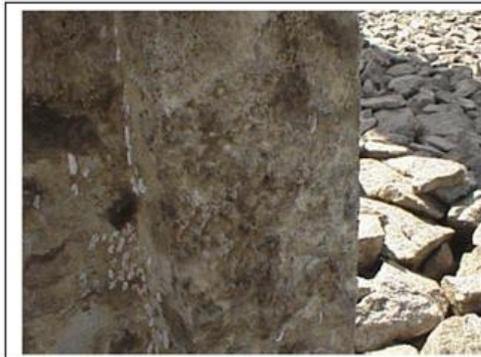


Figura PoçoBranco- 13- Vista de "casulos" de micro-organismos na superfície do concreto

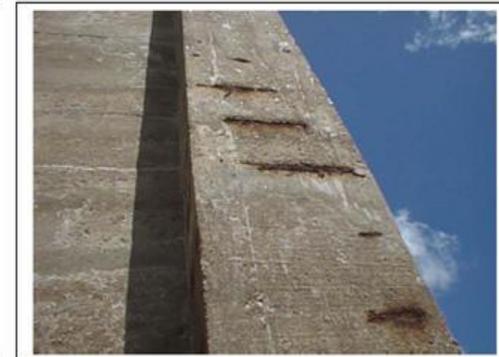


Figura PoçoBranco- 14- Aspectos de corrosão da armadura, no Pilar da Passarela, devido ao uso de concreto de elevado fator a/c e/ou cobertura insuficiente, e/ou deficiência de adensamento.



Figura PoçoBranco- 15- Detalhe da superfície do concreto do Pilar da Passarela evidenciando a fissuração devido à corrosão da armadura..



Figura PoçoBranco- 16- Detalhe na superfície do concreto do Pilar da Passarela evidenciando a expansão devido à corrosão. O fragmento mostrado na foto 15 foi retirado com a mão.

## **MANUTENÇÃO**

### **Ações Usuais de Manutenção**

Na sequencia das inspeções ou por intermédio dos resultados da instrumentação instalada na barragem, a realização de ações de manutenção normal pode ser necessária, com vista a controlar o envelhecimento das obras e a necessidade de recorrer a grandes reparações .

Como exemplos:

- ❖ Tratamentos pontuais do concreto, tais como fissuras, delaminação , ou corrosão ;
- ❖ Tratamento pontual das fundações para reduzir fluxos elevados ou instalação de furos de drenagem adicionais, para reduzir as subpressões;
- ❖ Pequenas reparações com substituição de elementos danificados, nomeadamente, nos sistemas de drenagem das aguas das chuvas na crista da barragem em caixas, poços , parapeitos, etc.;
- ❖ Eliminação da vegetação (musgos, liquens ou outras espécies vegetais) na crista da barragem ou no paramento de jusante, o que pode indicar a existência de agua a contribuir para a degradação do concreto ou das juntas.

## MANUTENÇÃO

Manutenção  
dos órgãos  
extravasores-  
Principais  
anomalias  
hidráulico  
operacionais

As estruturas de concreto dos órgãos extravasores, podem estar sujeitas a anomalias associadas ao comportamento hidráulico-operacional, que podem por em risco a funcionalidade e segurança das obras

Essas anomalias de comportamento hidráulico - operacional, relacionadas com escoamentos da água de alta velocidade e turbulência, podem afetar a estrutura e o equipamento hidromecânico, assim como as áreas da vizinhança das estruturas.

As anomalias mais frequentes são:

- ❖ **Na estrutura de entrada de vertedouros:** o acréscimo de velocidade do escoamento, pode diminuir a vazão, instabilizar taludes ou muros-guia e ocasionar fenômenos abrasivos, pelo arrastamento de materiais para o interior da estrutura;
- ❖ **Na área de restituição de vertedouros e de descarregadores de fundo:** motivadas por energia residual do ressalto hidráulico, impacto de jatos, correntes de retorno, ondulação, projeções de água de bacias de dissipação proveniente de jatos

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## Principais Tipos de Manutenção dos Órgãos Extravasores

<b>Principais Anomalias Hidráulico Operacionais</b>	<b>Nos terrenos adjacentes</b>	Erosão da estrutura de entrada de vertedouros, e instabilização de taludes ou muros, arraste de materiais para o interior da estrutura extravasora
		Erosão nas zonas adjacentes aos muros laterais do vertedouro
		Erosão na área de restituição do vertedouro
	<b>Nas estruturas de concreto</b>	Erosões ou deteriorações do concreto
		Danificação das blindagens
		Levantamento da fundação das lajes da bacia de dissipação
<b>Ações usuais de Manutenção</b>	Limpeza das estruturas dos vertedouros	
	Recolocação dos enrocamentos danificados	
	Limpeza da vegetação e tratamento das jutas	
	Tratamento das áreas danificadas no concreto	
	Tratamento de fissuras	
	Manutenção das drenagens	

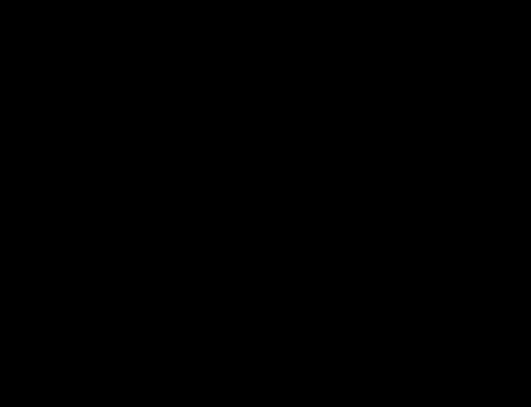
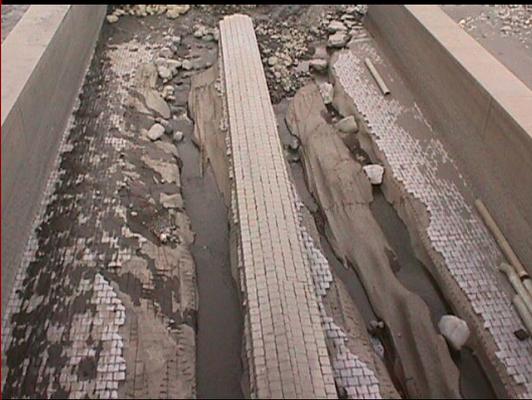
## **MANUTENÇÃO**

**Principais  
anomalias  
hidráulico  
operacionais-  
Erosões**

As erosões no concreto das estruturas dos órgãos extravasores, podendo também danificar os equipamentos, estão associadas a fenômenos de cavitação, abrasão, resalto hidráulico no interior de galerias, deficiências de aeração, ou pressões dinâmicas em bacias de dissipação.

A erosão por cavitação pressupõe o desenvolvimento de elevadas velocidades da água, assim como um tempo mínimo de ocorrência do fenômeno, pelo que é pouco provável a sua ocorrência em estruturas associadas a pequenos desníveis ou nas estruturas que funcionem esporadicamente e por curtos períodos; pode, no entanto, ocorrer em soleiras submetidas a cargas altas, associada à irregularidades nos canais dos vertedouros, nos blocos de bacias de dissipação e em trampolins

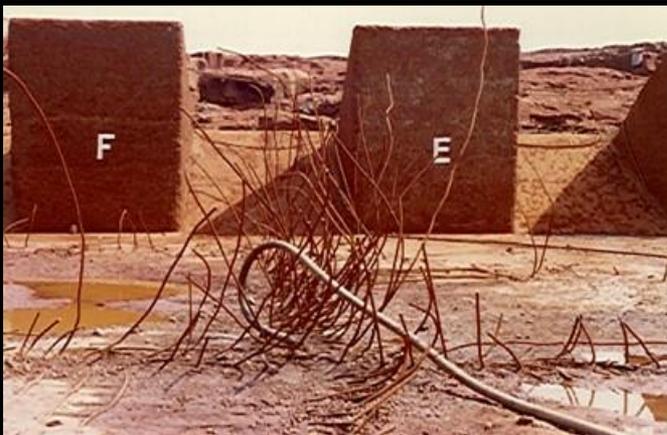
# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
SEGURANÇA DE BARRAGENS**



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

### **MANUTENÇÃO**

**Principais  
anomalias  
hidráulico  
operacionais-**

**Obstrução do  
Leito a  
Jusante**

O funcionamento dos vertedouros com vazões aquém das máximas, pode levar a que se desenvolva vegetação no leito a jusante da estrutura de dissipação de energia.

Essa vegetação pode causar a elevação do nível de água a jusante da obra de dissipação de energia.

### **MANUTENÇÃO**

**Principais  
anomalias  
hidráulico  
operacionais-**

**Erosão do  
leito a jusante**

A erosão do leito a jusante do vertedouro, eventualmente resultante do seu próprio funcionamento, pode apresentar os seguintes problemas:

- Instabilização de estruturas adjacentes;
- Abaixamento dos níveis de água a jusante, no caso de não ocorrer a formação de “barra” a jusante.



Figura Araras - 12- Aspectos gerais e detalhes observados na soleira do vertedouro, evidenciando zonas erodidas com ruptura da argamassa de revestimento e do concreto ciclópico, inclusive dando espaço ao crescimento de vegetação.



Figura Araras - 13- Detalhes observados na soleira do vertedouro, evidenciando zonas erodidas com ruptura da argamassa de revestimento e do concreto ciclópico, inclusive dando espaço ao crescimento de vegetação.

## **MANUTENÇÃO**

**Principais  
anomalias  
hidráulico  
operacionais-  
Algumas  
ações usuais  
de  
manutenção**

Algumas ações usuais de manutenção para minorar os efeitos das anomalias associadas ao funcionamento dos órgãos extravasores:

- ❖ Limpeza das estruturas dos vertedouros, retirando os materiais arrastados pelo escoamento ou caídos das margens adjacentes;
- ❖ Rearranjo do enrocamento existente na proteção de taludes, na área lateral dos canais do vertedouro;
- ❖ Limpeza da vegetação e tratamento das juntas, nas bacias de dissipação;
- ❖ Tratamento das áreas pontuais do concreto, com sinais de deterioração ou cavidades;
- ❖ Tratamento de fissuras em tubos de arejamento de comportas para evitar infiltrações;
- ❖ Manutenção da drenagem superficial adjacente aos muros laterais do canal do vertedouro.

## MANUTENÇÃO

- ❑ **Manutenção corretiva:** surge quando o equipamento falha ou quando o seu funcionamento sai da condição aceitável de operacionalidade, tendo de ser reparado. Essa manutenção pode ser de dois tipos:
  - Não planejada (ou de emergência)
  - Planejada.
- ❑ **Manutenção preventiva:** abrange toda a ação de inspeção regular, garantindo que não haja interrupções inesperadas da operacionalidade do equipamento.
- ❑ **Manutenção preditiva:** é o processo de manutenção de equipamento baseado no monitoramento de parâmetros adequados e limites de deterioração.
- ❑ **Manutenção melhorativa ou engenharia de manutenção:** consiste no aperfeiçoamento, contínuo e metódico, do funcionamento dos equipamentos

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

## **MANUTENÇÃO**

**Plano de  
manutenção –  
Manuais O&M**

O Manual de Operação e Manutenção (Manual O&M) de cada equipamento/instalação que compõe a barragem é um dos aspectos importantes do seu plano de manutenção

**Manual de O&M- Operação e Manutenção de Cada Equipamento**

<b>Autoria</b>	Fornecedor do equipamento	
<b>A Quem se destina</b>	Operadores dos equipamentos	
	Equipe de manutenção, inspeção e reparação	
<b>Onde deve estar</b>	No local de utilização	
<b>Devem Incluir</b>	<b>Disposições Sobre</b>	Segurança no trabalho, disponibilização/ uso EPI
		Proteção da saúde e do meio ambiente
		Manuseio de materiais perigosos
	Organização das equipamentos de trabalho	
	Instruções de utilização	
	Procedimento de comunicação de ocorrências	
<b>Atualizado</b>	Sempre que houver alterações/substituições de equipamentos ou componentes	



<b>Principais Equipamentos</b>			
<b>De acordo com a Função</b>	<b>Comportas</b>	<b>De Serviço</b>	Do Verteduro
			Da descarga de fundo
			Das Eclusas/ Túneis
			Automática de controle de cheias
		<b>De Emergência</b>	Da Tomada D'Água
			Instaladas a montante de condutos forçados ou de descargas de fundo
	<b>Condutos</b>	<b>De Manutenção</b>	Ensecadeira
		Forçados	De descarga de fundo
			Outros
	Válvulas e Outros		
<b>Segundo o Tipo</b>	Comportas tipo vagão, segmento, setor, ensecadeira e outras		
	Grades fixas e móveis		
	Condutos, válvulas, meios de elevação e outros		

## **Manutenção das Comportas**

<b>Comportas de Manutenção (Comportas Ensecadeira)</b>	Tratamento anti-corrosivo	
	Substituição periódica das estanqueidades	
	Lubrificação dos órgãos de manobra e de guia	
<b>Comportas de Serviços ou de emergência</b>	<b>Tabuleiros, peças fixas, acionamento</b>	Manutenção preventiva ou preditiva planejada
		Manutenção corretiva
	<b>Comando, medição, sinalização e proteção</b>	Manutenção preventiva ou preditiva planejada
		Manutenção corretiva
	<b>Grupos geradores de emergência</b>	Manutenção preventiva ou preditiva planejada

## **MANUTENÇÃO**

**Manutenção  
do  
reservatório-  
Principais  
anomalias**

Para os reservatórios os principais cenários de deterioração estão associados a problemas geológicos e geotécnicos e a problemas hidráulicos, tais como:

- A estabilidade dos taludes, a sedimentação e assoreamento, a queda de grandes massas de rochas e/ou solo, a sismicidade induzida e, em alguns casos, a permeabilidade;
- O assoreamento e a qualidade da água, designadamente, associada a problemas de eutrofização e de salinização.

### **Manutenção do Reservatório**

**Principais  
anomalias**

Instabilidade dos taludes, quedas de massas de rocha ou solo das margens

Perda excessiva de água do reservatório

Assoreamento e má qualidade da água

**Ações usuais  
de  
manutenção**

Controle do assoreamento junto às entradas dos órgãos de operação

Controle de materiais flutuantes e junto aos órgãos extravasores e de operação

Medidas de controle do uso do solo nos casos de riscos de salinização

Revegetação ou corte de vegetação excessiva no entorno do reservatório

## **Manutenção do Reservatório**

### **Principais anomalias**

Instabilidade dos taludes, quedas de massas de rocha ou solo das margens

Perda excessiva de água do reservatório

Assoreamento e má qualidade da água

### **Ações usuais de manutenção**

Controle do assoreamento junto às entradas dos órgãos de operação

Controle de materiais flutuantes e junto aos órgãos extravasores e de operação

Medidas de controle do uso do solo nos casos de riscos de salinização

Revegetação ou corte de vegetação excessiva no entorno do reservatório

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



199 73 2004



**Andriolo  
Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



Aspectos  
Gerenciais e de  
Falta de Disciplina



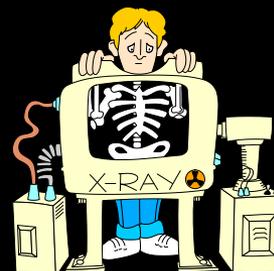
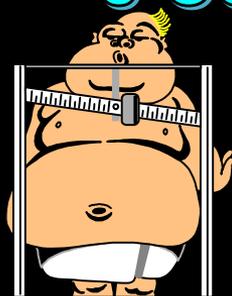
**Andriolo**  
**Engenharia**

Aspectos de Projeto, Construção, Operação e Manutenção de Barragens

# PARTE F - MONITORAMENTO E

# INSTRUMENTAÇÃO

Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante



## MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

### Aspectos gerais

O monitoramento de barragens inclui a instrumentação do corpo da barragem e das estruturas extravasoras, bem como das respectivas fundações, de modo a permitir a medição de um conjunto de grandezas criteriosamente selecionado que, em conjunto com as inspeções de segurança, que permita controlar as condições de segurança dessas estruturas, durante a construção da obra e o primeiro enchimento do reservatório, assim como, posteriormente, durante a operação e nas revisões periódicas da segurança da barragem.

O **Plano de Monitoramento e Instrumentação** deve incluir:

- ❖ Definição das grandezas a monitorar, objetivando o controle da segurança e do desempenho das estruturas;
- ❖ Especificação dos instrumentos a instalar e cuidados a tomar na instalação, bem como dos equipamentos de leitura e de transmissão de dados;
- ❖ Frequência das leituras e metodologias de processamento dos dados;
- ❖ Manutenção dos instrumentos.

## Plano de Monitoramento e Instrumentação

<b>Elaborado</b>	Na fase de projeto ( pormenorizado desde o Estudo de Viabilidade até o Projeto Executivo).		
<b>Atualizado</b>	No final da construção – Projeto como Construido		
	No final do primeiro enchimento do reservatório		
	Nas revisões periódicas de segurança		
<b>Conteúdo Mínimo</b>	Grandezas a monitorar		
	Instrumentos a instalar		
	Desenhos de planta, vistas e seções transversais, com localização exata de cada instrumento, detalhes de instalação .		
	<b>Especificações dos instrumentos</b>	Especificações técnicas dos instrumentos a instalar, equipamentos de leitura e de transmissão de dado	
		Cuidados a tomar na instalação	
		Dados e requisitos para calibração .	
	<b>Leituras e processamento dos dados:</b>	Metodologia de leitura, processamento e registro dos dados	
		Registro da leitura inicial de cada instrumento	
		Frequência de leitura dos instrumentos	
		Valores de referencia para futuras medições	
Faixas normais de operação e níveis de alarme			
Valores para os quais uma revisão detalhada das leituras e necessária			
<b>Manutencao dos instrumentos</b>			

**MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO****Definição do sistema de monitoramento**

Os sistemas de monitoramento a instalar nas barragens, incluindo as grandezas que permitem controlar o seu comportamento, devem ser proporcionados a dimensão das estruturas e ao dano potencial envolvido.

**Barragens de Aterro- Grandezas a Monitorar**

<b>Grandeza</b>	<b>Tipos de Estrutura</b>			
	<b>Solo/ Enrocamento</b>	<b>Enrocamento com Face de Concreto</b>	<b>Solo</b>	<b>Solo com Galeria de Desvio</b>
<b>Pressões neutras no aterro</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Recalques do aterro</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Deslocamentos superficiais</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Subpressões na fundação</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Vazões de percolação</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

## Barragens de Aterro- Grandezas a Monitorar

Grandeza	Tipos de Estrutura			
	Solo/ Enrocamento	Enrocamento com Face de Concreto	Solo	Solo com Galeria de Desvio
Materiais sólidos carreados pelas águas de percolação	X	X	X	X
Pressões totais e poro-pressões nas interfaces	X		X	X
Deslocamentos diferenciais da junta perimetral		X		
Deslocamentos entre lajes na região das ombreiras		X		
Tensões internas no concreto		Barragens com H > 100m		
Deflexão da laje de montante		X		
Tensões na interface solo-concreto da galeria				X
Recalques ao longo da galeria				X

## Barragens de Concreto- Grandezas a Monitorar

Grandeza	Tipos de Estrutura		
	Gravidade maciça e CCR	Gravidade Aliviada ou Contra- fortes	Arco
Vazões de infiltração	X	X	X
Sub pressões na fundação	X	X	X
Tensões		Barragens com H > 70m	X
Comportamento térmico do concreto	X	X	X
Deslocamentos horizontais e verticais da crista	X	X	X
Deslocamentos diferenciais entre bloco	X	X	X
Deslocamentos diferenciais entre monólitos		X	X
Abertura de juntas entre blocos		X	X

## **Instrumentos mais comuns**

Em todos os tipos  
de barragem

Réguas limnimétricas

Limnígrafos.

Estacoes Meteorológicas

Em barragens de  
aterro

Marcos topográficos

Marcos de referencia

Placas de recalque

Inclinômetros

Piezômetros

Piezômetros de tubo aberto ou hidráulicos

Piezômetros pneumáticos

Piezômetros elétricos.

Células de pressão total no aterro

Medidores de vazão

## **Instrumentos mais comuns**

**Em  
barragens de  
concreto**

Marcos nos paramentos de jusante da barragem ou órgãos extravasores

Marcos de referencia

Pêndulos diretos e invertidos (Para barragens em arco e contrafortes; maciças com  $H > 70\text{m}$ )

Extensômetros de fundação

Medidores de junta (medição de movimentos relativos em juntas ou fissuras).

Extensômetros

Piezômetros hidráulicos

Medidores de vazão .

**Frequências mínimas de leituras recomendadas para a instrumentação de barragens de terra e enrocamento. (ELETROBRAS)**

<b>Tipo de Observação</b>	<b>Período Construtivo</b>	<b>Enchimento do reservatório</b>	<b>Período Inicial de Operação (&gt; 1 ano)</b>	<b>Período de Operação</b>
<b>Deslocamentos Superficiais (topografia)</b>	<b>mensal</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>	<b>Semestral (inverno/verão)</b>
<b>Deslocamentos internos (verticais e horizontais)</b>	<b>semanal</b>	<b>semanal</b>	<b>quinzenal</b>	<b>mensal</b>
<b>Deformação</b>	<b>semanal</b>	<b>semanal</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>
<b>Pressão total / efetiva</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>
<b>Poropressão</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>quinzenal</b>
<b>Subpressão</b>	<b>semanal</b>	<b>3 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>quinzenal</b>
<b>Nível d'água</b>	<b>semanal</b>	<b>3 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>quinzenal</b>
<b>Vazão de infiltração</b>		<b>diárias</b>	<b>3 semanas</b>	<b>mensal</b>

**Frequências mínimas de leituras recomendadas para a instrumentação de barragens de concreto. (ELETROBRAS)**

<b>Tipo de Observação</b>	<b>Período Construtivo</b>	<b>Enchimento do reservatório</b>	<b>Período Inicial de Operação (&gt; 1 ano)</b>	<b>Período de Operação</b>
<b>Deslocamentos absolutos (Geodésia)</b>	<b>Ao final da construção</b>	<b>mensal</b>	<b>trimestral</b>	<b>semestral</b>
<b>Deslocamentos Relativos</b>	<b>2 semanas</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>quinzenal</b>
<b>Deslocamentos entre blocos</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>quinzenal</b>	<b>mensal</b>
<b>Deformação interna</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>
<b>Tensão</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>
<b>Pressão intersticial</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>
<b>Sub-pressão</b>	<b>semanal</b>	<b>3 semanas</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal a quinzenal</b>
<b>Vazão de infiltração</b>		<b>diárias</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>
<b>Temperatura do Concreto</b>	<b>semanal</b>	<b>2 semanas</b>	<b>semanal</b>	<b>mensal</b>

## **MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO**

### **Manutenção dos instrumentos de monitoramento**

A manutenção dos instrumentos que integram os sistemas de monitoramento instalados nas barragens e de grande importância para garantir a confiabilidade das leituras.

Para assegurar o bom funcionamento dos instrumentos, a manutenção deve ser feita de forma sistemática pelos técnicos da equipe de segurança da barragem, ou contratada exteriormente, no caso de trabalhos de especial especificidade ou complexidade

## **Manutenção dos instrumentos**

<b>Barragens de aterro</b>	<b>Marcos topográficos e de referencia</b>	Pintura e identificação periódica
		Limpeza da vegetação em torno do equipamento
		Conservação dos acessos
	<b>Placas de recalque e inclinômetros</b>	Verificação do estado de conservação das tampas após cada leitura
		Pintura e identificação periódica
	<b>Piezômetros de tubo aberto</b>	Pintura e identificação periódica da cabeça exterior
	<b>Piezômetros pneumáticos e elétricos , e células de pressão total</b>	Ações de conservação das estruturas das centrais de leitura (drenagem, desumidificação , pinturas), e do acesso
		Verificação ou identificação dos cabos ou tubos
	<b>Medidores de vazão</b>	Limpeza de sedimentos e de vegetação
		Identificação e pintura

## **Manutenção dos instrumentos**

<b>Barragens de concreto</b>	<b>Marcos topográficos e de referencia</b>	Pintura e identificação periódica
		Limpeza em torno do equipamento
		Conservação dos acessos
	<b>Pêndulos Diretos e Invertidos</b>	Inspeção
		Drenagem de águas de infiltração
		Limpeza e proteção contra a ferrugem das peças fixas
		Pinturas e substituição de peças metálicas danificadas
	<b>Bases de alongamento</b>	Renovação periódica da massa protetora da tampa do aparelho de leitura
		Ações de conservação das tampas
	<b>Instrumentos elétricos ou de corda vibrante embutidos no concreto</b>	Ações de conservação das centrais de leitura (drenagem, desumidificação, proteção)

## **Manutenção dos instrumentos**

<b>Barragens de concreto</b>	<b>Piezômetros de tubo aberto com manômetros</b>	Ações de conservação das peças metálicas.
		Conservação da identificação de cada piezômetro
		Calibração periódica dos manômetros
	<b>Drenos</b>	Limpeza (desobstrução) dos tubos de drenagem
		Substituição de tubos antigos ou danificados
		Conservação da identificação de cada dreno
	<b>Extensômetros</b>	Ações de conservação das peças e tampas
		Identificação das hastes
		Calibração periódica dos relógios comparadores
	<b>Medidores de vazão parciais</b>	Ações de conservação idênticas as dos medidores de vazão das barragens de aterro.

# PARTE G -

# CONTROLE DE SEGURANÇA DE BARRAGENS



Citações: Base Manuais da ANA e da Eletrobrás  
e Conhecimentos do Palestrante

# MANUAL DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO DE BARRAGENS

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA

PROÁGUA / SEMI-ÁRIDO – UGPO  
Departamento de Projetos e Obras Hídricas – DPOH

## **CONTROLE DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**

### **Aspectos gerais**

O controle de segurança de barragens, feito com base no seu monitoramento e inspeção, incluindo aspectos estruturais, hidráulicos e operacionais e mesmo aspectos ambientais, visa detectar em tempo útil qualquer anomalia que possa comprometer o desempenho do empreendimento ou ameaçar a sua segurança e implementar as necessárias medidas corretivas.

A avaliação do comportamento da barragem é feita de forma rotineira com a realização das Inspeções de Segurança Regulares, em cujo relatório devesse constar o resultado da inspeção e a revisão dos registros de instrumentação disponíveis.

O empreendedor deve comunicar a entidade fiscalizadora e aos serviços de defesa civil eventos extremos (ocorrências excepcionais), nomeadamente, cheias e sismos, bem como circunstâncias anômalas de comportamento (tais como erosões provocadas por descargas), e tomar as medidas que se revelem necessárias. Nos casos de barragens que disponham de **Plano de Ação de Emergência-PAE**, deve ser utilizado.

## **Plano de Segurança da Barragem (Lei nº 12.334/2010).**

Identificação do empreendedor

Dados técnicos referentes a implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação da Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem.

Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem.

Guia de Inspeções e outros Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem.

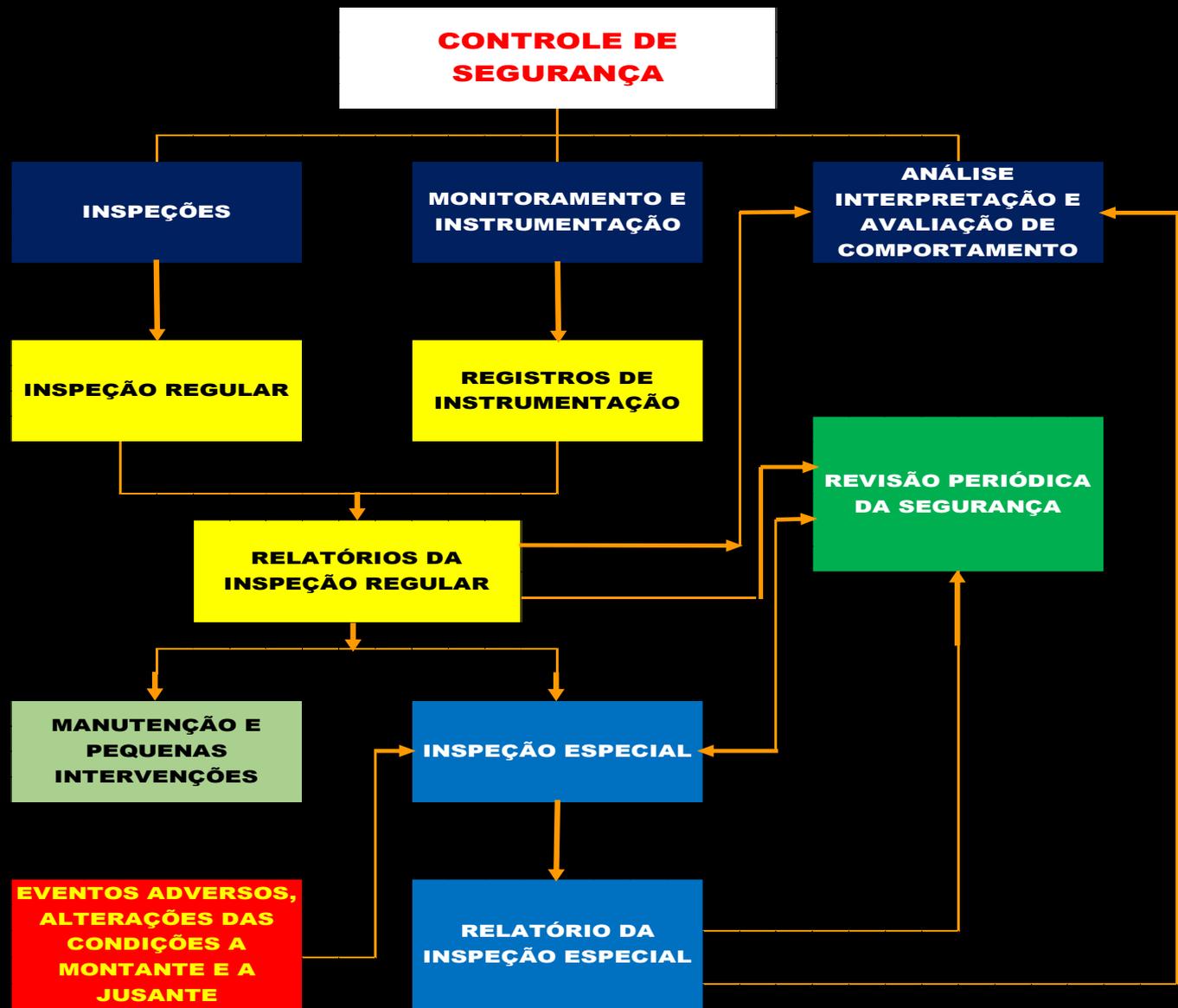
Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem.

Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis a manutenção e a operação da barragem.

Relatórios das Inspeções de Segurança .

Revisões Periódicas de Segurança

Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido.



**ATIVIDADES DE CONTROLE DE SEGURANÇA**

## **CONTROLE DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**

**Descomissionamento  
(desativação) de  
barragens**

Uma barragem é descomissionada (desativada) quando deixa de ser utilizada para os propósitos de capacitar a acumulação ou desvio de água (ou qualquer outra substância), ou quando for abandonada ou demolida.

O descomissionamento de uma barragem, com demolição parcial ou total das suas estruturas, deve ser comunicado a entidade fiscalizadora e implementado de modo a garantir as necessárias exigências de segurança .

O empreendedor deve promover a realização de um projeto de desativação , apoiado em estudos detalhados da retirada de serviço da barragem e incluindo as medidas necessárias para garantir as condições de segurança .

# Muito Obrigado, Pela Atenção



**Sejam dedicados,  
honestos, responsáveis,  
perseverantes,  
Profissionais, Felizes e que  
realizem seus sonhos !!!!**