


ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3. Barragens - Aspectos Gerais



Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.1

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.1. HISTÓRICO / FINALIDADES >

3.000 AC / Jordânia
Barragem JAWA
Abastecimento de Água

2.600 AC / Egito
Barragem SAD-el-KAFARA
Abastecimento; Controle Cheias;
Irrigação

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.2

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em

3.1. HISTÓRICO / FI




Photo 1: Sudd El Khafara (Courtesy, Jean-Luc Perrotte)



2.600 AC / Egito
Barragem
SAD-el-KAFARA

Fig.1. Cross-section of the El Kafara dam.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.3

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.1. HISTÓRICO / FINALIDADES

Barragens de Usos Múltiplos Servem Para:

- Abastecimento de Água (Humano/Industrial/Animal)
- Irrigação / Aquicultura
- Regularização de Vazões / Prevenção de Cheias
- Navegação / Lazer e Turismo
- Geração de Energia Elétrica
- Deposição de Rejeitos e Resíduos

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.4

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS

Nomenclatura Depende da Classificação:

Tipos - Materiais:

- **Aterro (enrocamento/terra/mistas)**
- **Alvenaria - Cantaria**
- **Concreto (CCV / CCR)**
- **Mistas**
- **Aço / Madeira / Inflável.**

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.5

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 1 – Componentes Básicos de uma Barragem de Aterro Homogênea

Fonte: Nota do autor. Euzébio José Gil

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.6

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 5 – Barragem de Terra Homogênea



Fonte: CEMIG GT
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.7

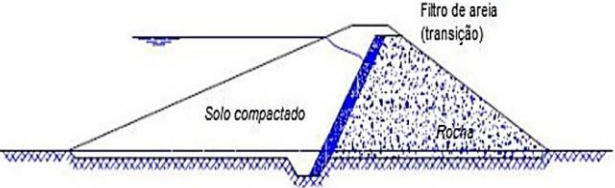
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 5 – Barragem Mista, com Seção de Montante em Terra e Seção de Jusante de Enrocamento



Fonte: Lança, 1997.
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.8

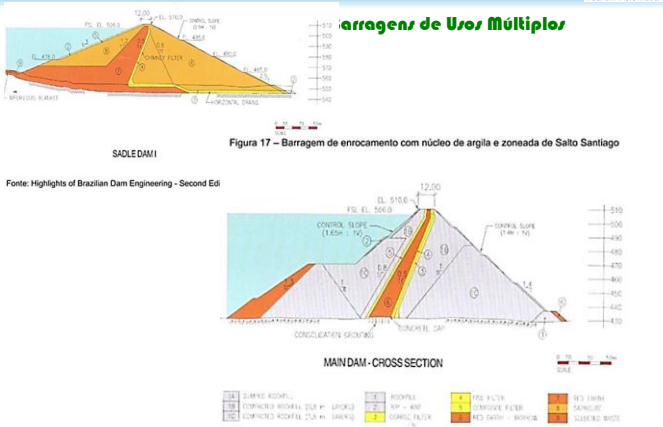
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Barragens de Usos Múltiplos

Figura 17 – Barragem de enrocamento com núcleo de argila e zoneada de Salto Santiago



Fonte: Highlights of Brazilian Dam Engineering - Second Ed
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.9

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 6 – Barragem de Enrocamento



Fonte: CEMIG GT

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.10

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 2 – Barragem de soleira vertente de Marmelos gravidade de alvenaria.



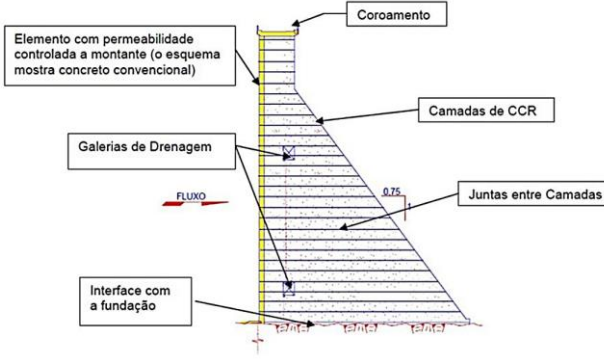
DBD (2011)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.11

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura14 - Seção Transversal Típica de uma Barragem de Gravidade com CCR.



Fonte: Marques Filho, 2005

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.12

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 4 – Barragem de Concreto Compactado a Rolo (CCR)



Fonte: Internet
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.13

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

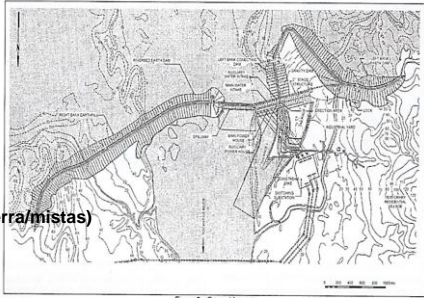
Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Figura 47 – Arranjo geral da UHE Tucuruí

Tipos – Materiais:

- Alvenaria - Cantaria
- Aterro (enrocamento/terra/mistas)
- Concreto (CCV / CCR)
- **Mistas**
- Aço / Madeira / Inflável.



Fonte: Main Brazilian Dams II CBDB, 2000.
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.14

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Tipos – Materiais:

- Alvenaria - Cantaria
- Aterro (enrocamento/terra/mistas)
- Concreto (CCV / CCR)
- Mistas
- **Aço / Madeira / Inflável.**



Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.15

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Condição Estrutural - Terra:

- Aterro Hidráulico
- Compactada

- Homogênea
- Zoneada

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.16

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

➤ Aterro Hidráulico

➤ Barragem de Rejeitos

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.17

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 2 - Barragem Homogênea Modificada

Fonte: Eletrobrás, 2000.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.18

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 3 – Seção Tipo Barragem de Terra Zoneada

Fonte: Lança, 1997.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.19

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Condição Estrutural - Enrocamento:

- Núcleo Argiloso
- Núcleo Asfáltico
- Face Concreto
- Face Asfáltica / Manta / Madeira

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.20

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 4 – Barragem de Enrocamento

Fonte: Tariq, 2008

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.21

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

m Barragens de Usos Múltiplos


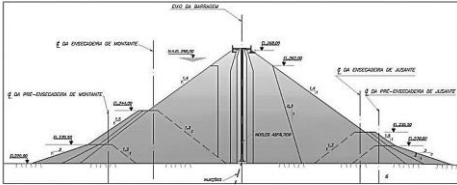


Figura 19 - Barragem de enrocamento com núcleo impermeável de asfalto UHE Foz de Chapecó.



Fonte: CBDB (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.22

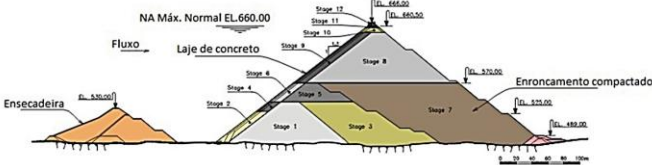
ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Figura 18 – Barragem de enrocamento com face de concreto UHE Campos Novos



Fonte: CBDB (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia


Projeção 3.23

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 8- Usina Campos Novos, rio Canoas, SC



Fonte: Disponível em: <http://www.camposnovos.sc.gov.br/turismo/item/detalhe/1482>

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.24

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos



Manta Recupera Placa de Madeira
(100 anos) em BRE

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 3.25

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Condição Estrutural - Concreto:

- Gravidade
- Gravidade Aliviada
- Contraforte
- Contraforte Aliviado
- Arco
- Arcos Múltiplos

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 3.26

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em

3.2. TIPOS DE BARRAGENS
Nomenclatura Depende da Classificação:

Condição Estrutural - Concreto:

- Gravidade

Fonte: KETZER e SCHAFFER, 2010

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 3.27

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 3 – Barragem de Concreto Gravidade



Fonte: CEMIG GT
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.28

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e segurança em B

Figura 21 - Barragem principal do tipo gravidade aliviada da UHE Itaipu



1 Planta na El.45
2 Galeria de drenagem da fundação
3 Galeria de acesso
4 Camada de concreto pré-fabricado
5.5 Juntas de contração longitudinais
7 Eixo da barragem

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia (2009)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Condição Estrutural - Concreto:

- Gravidade Aliviada

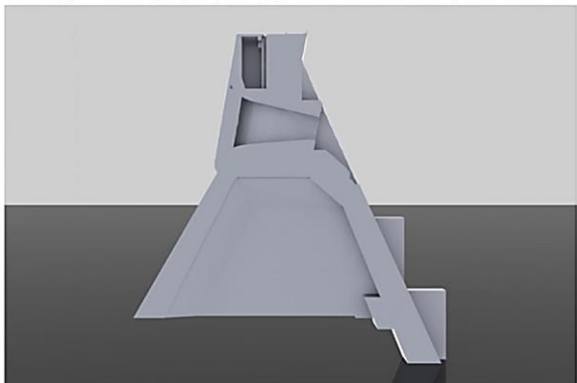
Projeção 3.29

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 22 - Barragem principal do tipo gravidade aliviada da UHE Itaipu - 3D



Fonte: Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens - CEASB
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.30

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 24 - Barragem de contrafortes Figura 11 - Barragem em Contraforte Trecho D - UHE Itaipu Binacional, PR.

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia

Condição Estrutural - Concreto:

- **Contrafortes**

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Fonte: Nota do autor, Novembro de 2010. Edna Possan

Projeção 3.31

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segura Figura 15 – Barragem em arco - Lumiei (Itália) – Barragens de arco-gravidade Hoover (EUA) e Sottocastello (Itália)

Fonte: Impiantidroelettrici G. Evangelisti, 1964.

Condição Estrutural - Concreto:

- **Arco**

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 3.32

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Condição Estrutural - Concreto:

- **Arcos Múltiplos = Contrafortes**

Facilitador: *Ruben José Ramos Cardia*

Projeção 3.33

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança

Figura 9- Barragem em arco de Funil – Seção

SECTION A-A
SECTION B-B
SECTION C-C
SECTION D-D

Condição Estrutural Concreto:

➤ **Abóbada**

Fonte: CBDB (1982)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.34

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 8 - Barragem em arco de Funil sobre o Rio Paraíba – altura 86 m, comprimento na crista 360 m.

Fonte: CBDB (1982)
Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.35

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.2. TIPOS DE BARRAGENS

Nomenclatura Depende da Classificação:

Utilização:

- Armazenamento / Regularização de Vazões
- Controle de Cheias
- Desvio / Derivação
- Contenção de Rejeitos e/ou Resíduos.

Fonte: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.36

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

3.3. ESTRUTURAS DE BARRAGENS
Dependendo da Utilização, a Composição pode ter:

- Barramento (Barragem Principal / Auxiliar / Dique)
- Tomada d'Água
- Vertedouro ou Descarregador
- Calha ou Rápido / Bacia de Dissipação
- Canal de Adução / Adutora / Conduto Forçado / Túnel
- Canal de Restituição / Túnel / Válvula Dispersora
- Eclusa; etc

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.37

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 20 - Arranjo geral da UHE Itaipu.

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu – Aspectos de Engenharia (2009)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.38

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Bt

➤ Tomada d'Água

Figura 36 - Tomada de água da barragem de Pedras para irrigação na Bahia

Figura 37 – Tomada de água da barragem de terra homogênea de Caxitoré para irrigação no Ceará

Fonte: Barragens no Brasil CBDB, 1982.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.39

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Vertedouro ou Descarregador

Figura 10 – Barragem de Alborim, grande escala, seção no vertedouro controlado e descarga de fundo (B&B)



Figura 11 – Vertedouro de B&B antes do enchimento do reservatório



Fonte: Nota do autor. Corrado Piazentin

(Dique Fusível / Fundo / Monge ou Torre / Orifício / Superfície –Controlada ou Livre / Tulipa)

Soleira Livre: ‘Bico de Pato’ / **Creager**/ Labirinto / Poço / Sifão / Teclado de Piano / Tulipa

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.40

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

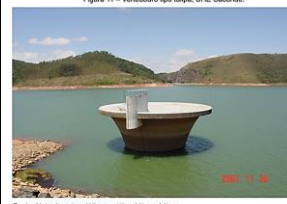
AESA

ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Vertedouro ou Descarregador

Figura 11 – Vertedouro tipo tulipa, UHE Caconde.



Fonte: Nota do autor. Winston Hisasi Kanashiro

Figura 12 – Vertedouro Tulipa da UHE Gramma



Figura 13 – Vertedouro em formato de PCH Balmuccia



Fonte: Nota do autor. Corrado Piazentin

(Dique Fusível / Fundo / Monge ou Torre / Orifício / Superfície –Controlada ou Livre / Tulipa)

Soleira Livre: ‘Bico de Pato’ / **Creager**/ Labirinto / Poço / Sifão / Teclado de Piano / Tulipa

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 3.41

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Vertedouro ou Descarregador

Figura 29 – Barragem de CCR, soleira vertente em arco e degraus da PCH Funil – Minas Gerais



Fonte: Brasil

Figura 20 – Configuração típica de um vertedouro em degraus



Fonte: Grandes Vertedouros Brasileiros CBDB, 2010.

Perfil ‘Creager’

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Figura 21 – Comporta tipo segmento.



Fonte: Nota do autor. Winston Hisasi Kanashiro

Condição Hidráulica:
✓ Vertente Livre
✓ Vertente Controlada

LA = distância que define o eixo de simetria do escoamento
D = dimensões em metros

Projeção 3.42

Inspeção e Segurança

Perfil 'Creager'

Figura 27 – Bacia Tipo I do USBR.

Figura 29 – Bacia Tipo II do USBR.

Fonte: Peterka (1984).

Bacia de Dissipação

Fonte: Nota do autor. Winston Hisasi Kanashiro
Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.43

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Bacia de Dissipação: Killer Dam

Figure 4. Schematic showing example of disorienting machine elements.

In this example the length of the counter-current zone (CZ) shown

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.44

Inspeção e Segurança

Calha ou Rápido

Figura 45 - Barragem de terra de Capivari. Na direita hidráulica o vertedouro e a tomada de água

Fonte: A História das Barragens no Brasil CBDB, 2011.

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.45

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segur

Figura 31 - Vertedouro com salto de esqui e bacia de dissipação da PCH Retiro Velho

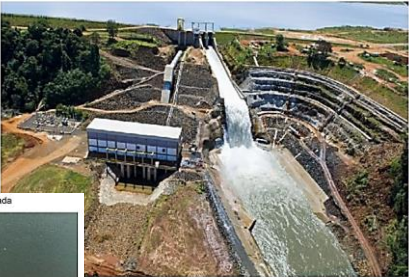



Figura 27 – Vertedouros de Cachoeira Dourada



Fonte: Grandes Vertedouros Brasileiros CBDB, 2010.

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.46

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segur

Figura 51 – Arranjo geral da UHE Foz do Chapecó




Figura 52 – PCH Funil sobre o rio Guanhães em Minas Gerais



Fonte: MBO III.

Fonte: Bases PCH.

Projeção 3.47

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segur

Figura 17 – Grade Fixa



Figura 40 – Válvula dispersora em funcionamento



Fonte: Rodrigues [3].

Fonte: Nota do autor. Winston Hisasi Kanashjiro

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.48

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Barraçens de Usos Múltiplos

Figura 2 – Comporta Ensecadeira

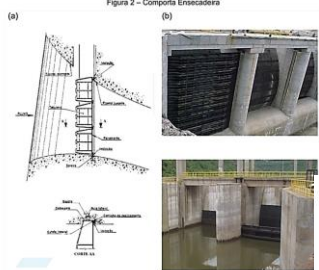
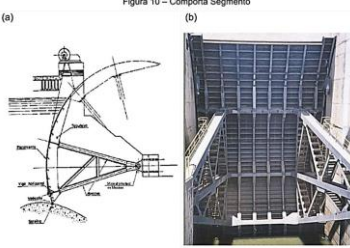


Figura 10 – Comporta Segmento



Fontes: (a) NBR 7259:2001 e (b) Alstom

Fontes: (a) NBR 7259:2001 e (b) Alstom

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.49

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecão e Segurança em Barraçens de Usos Múltiplos



http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2015/10/Hidre%C3%A7rica_DSC_1130-680x1024.jpg

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

Projeção 3.50


ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

AESA

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

ns de Usos Múltiplos

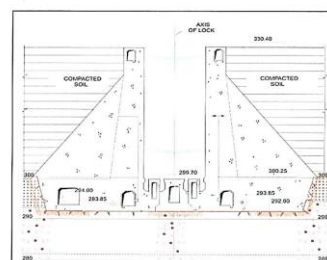
Figura 41 – Eclusas de Três Irmãos sobre o rio Tietê



Fonte: Main Brazilian Dams II CBDB, 2000.

Eclusa

Figura 42 – Seção transversal da eclusa de Três Irmãos



Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

FIM

Projeção 3.51
