

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada AESA ANA

**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

**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

---

---

---

---

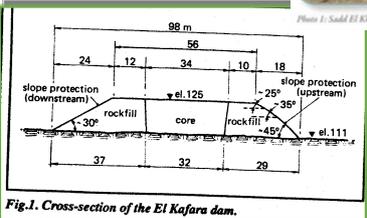
---

---

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada AESA ANA

**Inspecção e Segurança em**

### 3.1. HISTÓRICO / FI

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 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

---

---

---

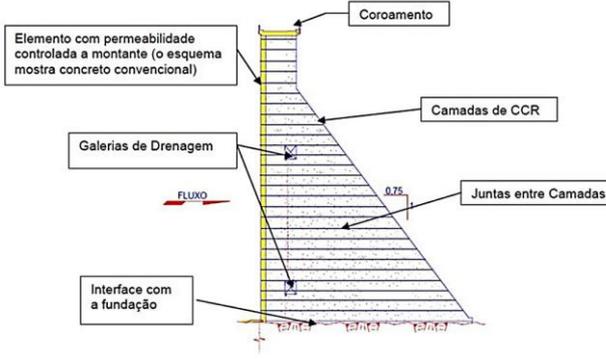
---

---

---

**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

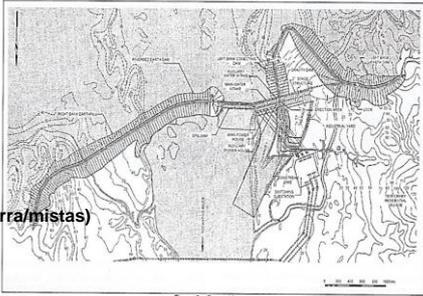
**Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos**

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**

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

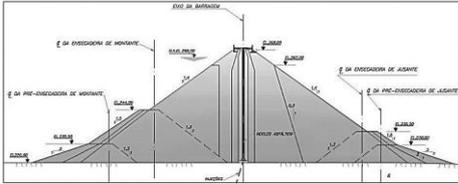
**AESA**

**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

---



---



---



---

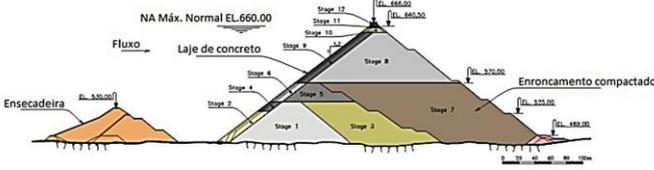
**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**AESA**

**ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

**Inspecção 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

---



---



---



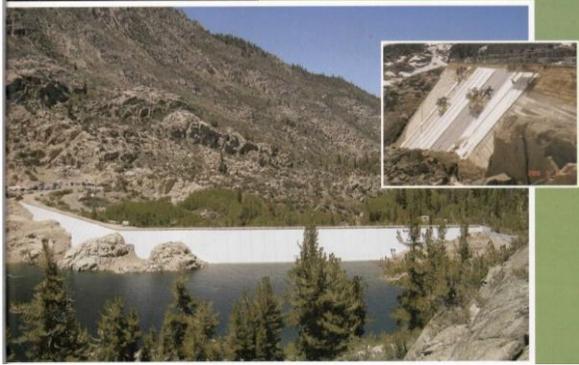
---

**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

---

---

---

---

---

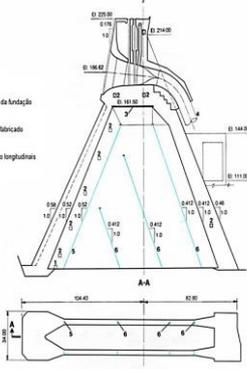
**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**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

---

---

---

---

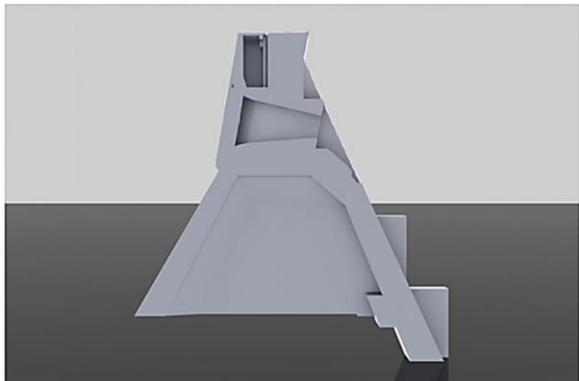
---

**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 Alborito, grande escala, seção no vertedouro controlado e descarga de fundo (B&B)

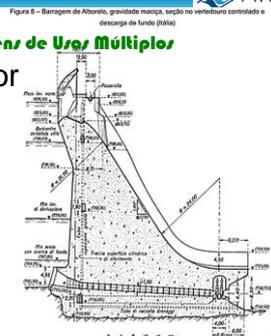
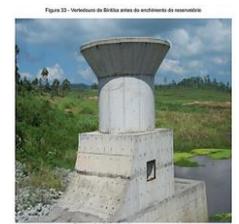


Figura 11 – Vertedouro de B&B antes do enchimento do reservatório



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

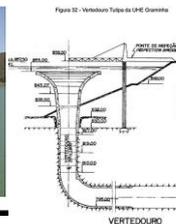


Figura 13 – Vertedouro em formato de PCH Balmuccia



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**

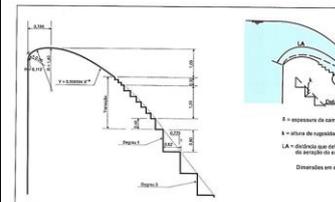
**Vertedouro ou Descarregador**

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 discharging 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.

Figure 45 - Spillway Typical Section

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

## Projeção 3.45

---

---

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**AESA**

**ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

**Inspecção e Segurança**

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 Segurança**

Figura 51 – Arranjo geral da UHE Foz do Chapecó



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



Fonte: MBO III.

Fonte: Brossi PCH.

## Projeção 3.47

---



---



---



---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**AESA**

**ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

**Inspecção e Segurança**

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](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

**Barraçens de Usos Múltiplos**

Figura 41 – Eclusas de Três Irmãos sobre o rio Tietê

Fonte: Main Brazilian Dams II CBDB, 2000.

Figura 42 – Seção transversal da eclusa de Três Irmãos

**Eclusa**

Facilitador: **Ruben José Ramos Cardia**

**FIM**

## Projeção 3.51

---

---

---

---

---

---

---

---