

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada AESA ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

## 7. INSTRUMENTAÇÃO DE AUSCULTAÇÃO em BARRAGENS

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.1

---

---

---

---

---

---

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada AESA ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Para se garantir a Segurança da Barragem, há necessidade de adequado Monitoramento.

O Monitoramento deve compor a Avaliação Qualitativa (por Inspecção Visual) e Quantitativa (com **Instrumentação de Auscultação**).

Para se determinar a instalação da Instrumentação de Auscultação, há necessidade de se conhecer seu objetivo principal. Qual a 'Pergunta' a ser respondida.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.2

---

---

---

---

---

---

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada AESA ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

Para se garantir o resultado esperado com uso da **Instrumentação de Auscultação**, deve ser garantida a identificação nos terminais, evitando confusão.

Para facilidade de Medições, e Segurança no Trabalho, as condições de Acesso aos Terminais, devem ser sempre bem cuidadas.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.3

---

---

---

---

---

---

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

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

Para se garantir o perfeito funcionamento da **Instrumentação de Auscultação**, devem ser feitos: Projeto, Aquisição e Instalação adequadas.

O responsável pelas Leituras deve tomar os devidos cuidados para que o Terminal do Instrumento de Auscultação esteja protegido, conservado e não cause falhas (contatos deficientes?) nas medições.

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.4

---

---

---

---

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

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

Para se garantir o perfeito funcionamento da **Instrumentação de Auscultação**, deve ser garantida a condição operacional, também dos equipamentos.

Para não haver falhas nas medições, deve ser feita verificação frequente das condições, além de ser dada Manutenção (Troca de Baterias; Aferição; Limpeza; etc).

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.5

---

---

---

---

---

---

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

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

Muitas vezes, as condições de Projeto e Instalação não garantem a Segurança de Pessoal.

Terminais que poderiam estar na Crista da Barragem ou em Bermas, acabam ficando em um lance de Talude, sem proteção – sem escada; sem guarda-corpo; sem patamar;

As condições de instalação, proteção e operação irão garantir a longevidade e a qualidade de resultados.

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.6

---

---

---

---

---

---

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

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

A instalação da **Instrumentação de Auscultação**, pode ser efetuada, tanto durante a construção da Barragem, quanto posteriormente.

A instalação posterior (ao final da construção, mas antes do Primeiro Enchimento do Reservatório), apesar de inadequada, tem sido preferida, para facilitar as atividades de construção.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.7

---

---

---

---

---

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

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

A instalação posterior (ao final da construção, mesmo antes do Primeiro Enchimento do Reservatório) não permite obter importantes dados do período construtivo (Pressões; Recalques; Vazões; etc).

A Manutenção frequente (nos Terminais e/ou Equipamentos de Leitura) visa garantir o perfeito funcionamento e a qualidade dos resultados.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.8

---

---

---

---

---

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

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

Na Manutenção, se procura efetuar Manipulação, Testes, Limpeza e eventuais Reparos ou Substituição de componentes nos Terminais ou Equipamentos.

Caso o Instrumento de Auscultação esteja Danificado, mas seja considerado que as medições são imprescindíveis, deve ser feita a Reinstrumentação.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.9

---

---

---

---

---

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

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

A Barragem deve ser entendida como um 'ser vivo' e assim, se usam os mesmo princípios da medicina.

O termo '**Auscultação**' foi usado inicialmente, pelo médico francês **Dr. René Laenec** (1819), para indicar que ele estava ouvindo os sinais emitidos pelos órgãos internos do corpo, para poder identificar evidências do comportamento e o mau funcionamento – pela doença.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.10

---

---

---

---

---

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

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

A Automatização das leituras da Instrumentação de Auscultação deve ser avaliada com cuidado.

Não se deve Automatizar todos os Instrumentos, para que seja obrigatória a presença do Profissional, no local.

Ao se Automatizar alguns dos Instrumentos, deve ser garantida a condição manual de leitura (verificação).

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.11

---

---

---

---

---

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

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

A Instrumentação de Auscultação significa o Conjunto de Aparelhos inseridos no corpo da Barragem ou em suas fundações, para medir grandezas que possam indicar o comportamento (grau de Segurança) estrutural.

No Projeto, já devem ser estabelecidos os Valores Limites, sendo que, posteriormente, podem ser estabelecidos os Valores de Referência, com base nos dados históricos.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.12

---

---

---

---

---

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

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

Para garantia da qualidade dos resultados da Instrumentação de Auscultação, e sua contribuição para a Segurança da Barragem, há necessidade de Validação Periódica das medições.

Na visita de Inspecção Visual, deve ser verificada a Situação Atual da Instrumentação de Auscultação.

Periodicamente, deve ser efetuada a Avaliação da Instrumentação de Auscultação (Comportamento).

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.13

---

---

---

---

---

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

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

Para garantia de qualidade nas atividades, é importante que sejam preparadas fichas orientando o “Procedimento Operacional Padrão – POP” para as leituras.

Considera-se que o comportamento da Barragem está sujeito à condição de “Ação X Reação”. (Externa x Interna)

O Profissional deve ter Sensibilidade no Significado da Variabilidade da Leitura e/ou da Medida (Grandeza).

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.14

---

---

---

---

---

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

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

De acordo com o princípio de funcionamento, os tipos principais, dos Instrumentos de Auscultação em Barragens, podem ser:

- Mecânico;
- Elétrico;
- Hidráulico;
- Pneumático;

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.15

---

---

---

---

---

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

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

De acordo com a grandeza, os Instrumentos de Auscultação em Barragens, podem ser usados para medir:

- Pressão / Tensão;
- Vazão;
- Movimento;
- Força;
- Temperatura;

Excluidor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.16

---

---

---

---

---

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

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

A obtenção das influências externas na Barragem (Ação) se dá com os **DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS - DH**.

São obtidos dados com Estação Hidrometeorológica, além de Régua Limnimétrica (Régua de Barragem).

Excluidor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.17

---

---

---

---

---

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

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

Os principais **DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS – DH**:

- NA Montante / NA Jusante (manm) (das 07:00 h).
- Pluviometria (mm) – Somatória Diária (de 24 h).
- Temperatura Ambiente / Máxima-Mínima (°C).
- Umidade Relativa Ambiente / Máxima-Mínima (%).
- Temperatura da Água / em profundidade (°C).
- Insolação (h). Etc.

Excluidor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.18

---

---

---

---

---

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

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

Os principais Instrumentos em Barragens de Terra e/ou Enrocamento (em ordem alfabética da sigla, padrão CBDB):

- IN-Inclinômetro.
- MR-Medidor de Recalques.
- MV-Medidor de Vazão.
- NA-Medidor de Nível d'Água.
- PZ-Piezômetro.
- TS-Célula de Tensão Total, para solos.

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.19

---

---

---

---

---

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

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

- **IN-Inclinômetro.**

Indicador de Movimentação Horizontal, com medição de ângulo, em posições seguidas, no interior de um tubo guia (ranhurado), por um Torpedo.

Com uso de luvas telescópicas e Sensor pode permitir a obtenção de Movimentação Vertical (Recalques).

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.20

---

---

---

---

---

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

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

- **MR-Medidor de Recalques.**

Indicador de Movimentação Vertical, com medição de distância entre posições, por aplicação de sensores mecânicos, hidráulicos, magnéticos, etc.

Expositor: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.21

---

---

---

---

---



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

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

➤ **MV - Medidor de Vazão.**

- ✓ Tipo 1 – Calha *Parshall*.
- ✓ Tipo 2 – Medidor de Placa Delgada / Corte Triangular.
- ✓ Tipo 3 – Medidor de Placa Delgada / Corte Trapezoidal.
- ✓ Tipo 4 – Medidor de Placa Delgada / Corte Retangular.
- ✓ Tipo 5 – Medidor Tipo Tubo ou Tanque.
- ✓ Etc.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.25

---

---

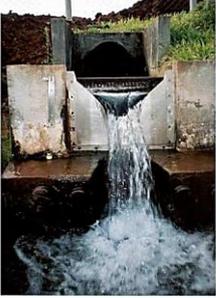
---

---

---

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

**Figura 4 - Medidor de Vazão Triangular**



Facilitador: R Fonte: MATOS (2003)

CURTIS, MEDERSON, Carlos Henrique et al. Manual Técnico de Corte de Identificação em Inspecção de Barragens (2020). ACERVO ANA. <https://repositorio.ana.gov.br/handle/documento/224>

## Projeção 7.26

---

---

---

---

---

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

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

➤ **NA - Medidor de Nível d'Água.**

Sistema, com medição da influência de artesianismo da água de percolação, permite a determinação da Linha Freática existente.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.27

---

---

---

---

---

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

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

➤ **PZ - Piezômetro.**

Sistema, com medição da influência de artesianismo da água de percolação, permite a determinação da Pressão existente ou sua Cota Piezométrica equivalente.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.28

---

---

---

---

---

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

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

➤ **Piezômetro.**

- ✓ **PE** – Piezômetro Elétrico.
- ✓ **PH** – Piezômetro Hidráulico.
- ✓ **PN** – Piezômetro Pneumático.
- ✓ **PZ** – Piezômetro de Tubo.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.29

---

---

---

---

---

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

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

Figura 10 – Piezômetros: a) Elétrico b) Pneumático e c) hidráulico



Disponível em [www.cesp.com.br](http://www.cesp.com.br)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

FONTE: MODOBIO, Carlos Venâncio et al. Material Didático do Curso de Especialização em Engenharia de Barragens (2006). ACERVO ANA - <http://repositorio.ana.gov.br/handle/2012/1112>

## Projeção 7.30

---

---

---

---

---

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

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

➤ **TS – Célula de Tensão Total para Solos.**

Sistema, com medição da influência de empuxo, permite a determinação da Pressão ou Tensão de Solo existente.

Escritório: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.31

---

---

---

---

---

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

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

➤ **TS – Célula de Tensão Total para Solos.**

Sistema, com medição da influência de empuxo, permite a determinação da Pressão ou Tensão de Solo existente.

Escritório: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.32

---

---

---

---

---

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

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

➤ **TS – Célula de Tensão Total para Solos.**

- ✓ Tipo 1 – Elétrica.
- ✓ Tipo 2 – Hidráulica.
- ✓ Tipo 3 – Pneumática.

Escritório: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.33

---

---

---

---

---



## Projeção 7.34

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**AESA**

**ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

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

Os principais Instrumentos em Barragens de Concreto (em ordem alfabética da sigla, padrão CBDB):

- **BA** – Base de Alongâmetro.
- **BT** – Base de Tensotast.
- **CC** – Célula de Carga.
- **CL** - Clinômetro.
- **DR** - Dreno.
- **EH** – Extensômetro de Haste.

Continua

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.35

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**AESA**

**ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

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

Os principais Instrumentos em Barragens de Concreto (em ordem alfabética da sigla, padrão CBDB):

Continuação

- **MT** – Medidor Triortogonal.
- **MV** - Medidor de Vazão.
- **PE / PI** – Pêndulo Direto / Invertido.
- Piezômetro.
- Instrumentos Elétricos.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.36

---

---

---

---

---



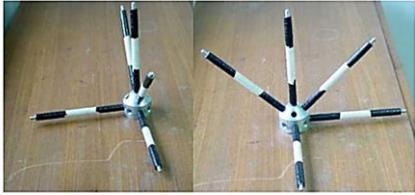




**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Figura 21 - Extensômetros de concreto dispostos em roseta para medição de tensões



Fonte: MATOS (2003)

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Fonte: MEDRADO, Carlos Henrique et al. Manual Técnico do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006). ACEVO ANA. <http://www.ana.gov.br/portal/images/stories/seguranca/seguranca.pdf>

## Projeção 7.46

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Para Validação Periódica das medições, não é necessária a apresentação da representação gráfica das medições, visto que o objetivo é avaliar condições de leitura e possíveis erros.

Na Validação Periódica, pode ser verificada a Situação Não Normal nos resultados da Instrumentação de Auscultação.

Desvios confirmados nos resultados da Instrumentação de Auscultação podem indicar tendência de Comportamento.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.47

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Os valores lidos nas medições recebem tratamento de Compilação, para serem convertidos em Grandezas não é necessária a apresentação da de interesse.

Na representação gráfica das medições (grandezas), a forma tradicional é de Gráfico Temporal  $m = f[t]$ .

Na verificação de correlação de Comportamento, a representação gráfica das duas grandezas, é na forma Gráfico Relacional  $m_2 = f[m_1]$ .

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.48

---

---

---

---

---

---



**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Existem diversos Equipamentos Topográficos, que podem ser usados, desde que se garanta a precisão necessária. Usualmente, são encontrados:

Nível N2/N3	Nível Digital
Teodolito T2/T3	Mira Código de Barra
Distanciômetro	Prisma / Medalhão
Estação Total	<b>GPS</b>

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.52

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Para monitorar as áreas submersas (Assoreamento / Erosão), se lança mão de alguns sistemas auxiliares:

- Batimetria = Com Varejão ou Ecobatímetro
- Inspeção = Com Mergulhador e apoio de Vídeo. Atualmente já existe equipamento remoto – Rover / Drone ou Vant Subaquático. Apoio de **GPS**
- Imagem Digital = Com sistema de investigação (terrestre, aéreo ou aquático) - Sonar

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

## Projeção 7.53

---

---

---

---

---

---

**ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **AESA** **ANA** Agência Nacional de Águas

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

Em zonas não sísmicas, a formação de grande reservatório pode favorecer a saturação e o deslocamento de descontinuidades rochosas das fundações, promovendo a Sismicidade Induzida.

O monitoramento de Atividade Sísmica é feita com instalação de sensores de velocidade, aceleração e deslocamento de ondas de pressão. É a chamada Rede Sismológica.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia **FIM**

## Projeção 7.54

---

---

---

---

---

---