

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4. INSTRUMENTAÇÃO DE AUSCULTAÇÃO em BARRAGENS

Expositor: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.1

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.1. 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.

Expositor: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.2

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

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. Lembrar de Ergonomia.

Expositor: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.3

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.4

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.5

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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: Rubem José Ramos Cardia

Projeção 4.6

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **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.

Equilibrador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.7

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **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.

Equilibrador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.8

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS GOV. DO RIO GRANDE DO SUL INFRAESTRUTURA **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.

Equilibrador: Ruben José Ramos Cardia


Projeção 4.9

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.2. A Barragem deve ser assim, se usam os mesmo

O termo '**Ausculção**' médico francês **Dr. René** ele estava ouvindo os internos do corpo, para poder identificar evidências do comportamento e o mau funcionamento – pela doença.



Elaborado: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.10

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

A Automatização das leituras da Instrumentação de Ausculção 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).

Elaborado: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.11

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.3. A Instrumentação de Ausculção 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.

Elaborado: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.12

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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).

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.13

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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).

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.14

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

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

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

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.15

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

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

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

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.16

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.6. 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).

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.17

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.18

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.7. 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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.19

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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).

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.20

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** NOVAS FAÇANHAS **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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.21

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. RJ EMPREGABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

➤ **MV - Medidor de Vazão.**

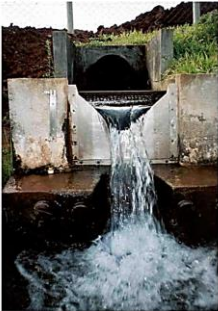
- ✓ Tipo 1 – Calha *Parshall*.
- ✓ Tipo 2 – Medidor de Placa Delgada / Corte Triangular.
- ✓ Tipo 3 – Medidor de Placa Delgada / Corte Trapezoidal.
- ✓ Tipo 4 – Medidor de Placa Delgada / Corte Retangular.
- ✓ Tipo 5 – Medidor Tipo Tubo ou Tanque.
- ✓ Etc.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.25

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. RJ EMPREGABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 4 - Medidor de Vazão Triangular



Elaborador: R Fonte: MATOS (2003)

FONTE: MEDERROS, Carlos Henrique et al. Material Didático de Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006). ACEFIO ANA - http://www.ana.gov.br/portal/images/stories/publicacoes/2006/06_01_05_06.pdf

Projeção 4.26

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** GOV. RJ EMPREGABILIDADE **ANA** AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Inspeção 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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.27

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.28

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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.

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.29

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

FONTE: MEDRIGAL, Carlos Henrique et al. Manual 2003 do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2008). ACERVO ANA - <http://www.ipea.gov.br/contenuto/Arquivos/2008110>

Projeção 4.30

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

Figuras 8 e 9 – Célula de piezômetro de tubo aberto e esquema de instalação de piezômetro Casagrande

Fonte: Cemig GT

Equilibrador: Ruben J. Cardia

FONTE: MODOLO, Carlos Henrique et al. Manual Técnico do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2004), AGRVIO ANA - http://www.ipea.gov.br/ipea/ana/ana_bibliotecas/segur/segur110

Projeção 4.31

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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.

Equilibrador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.32

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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.

Equilibrador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.33



Projeção 4.34

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.8. 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

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.35

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

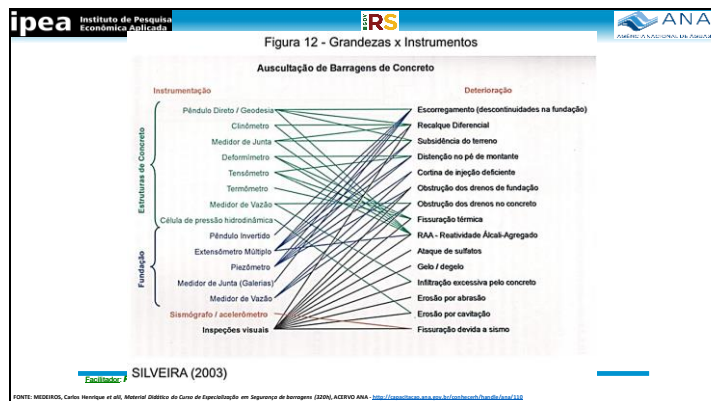
Os principais Instrumentos em Barragens de Concreto (em ordem alfabética da sigla, padrão CBDB):

Continuação

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

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.36



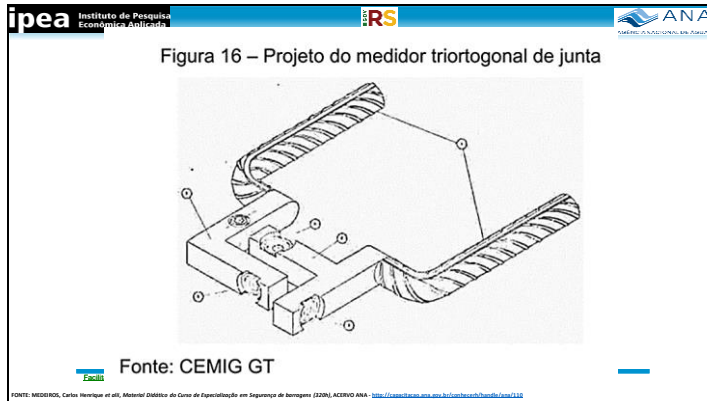
Projeção 4.37



Projeção 4.38



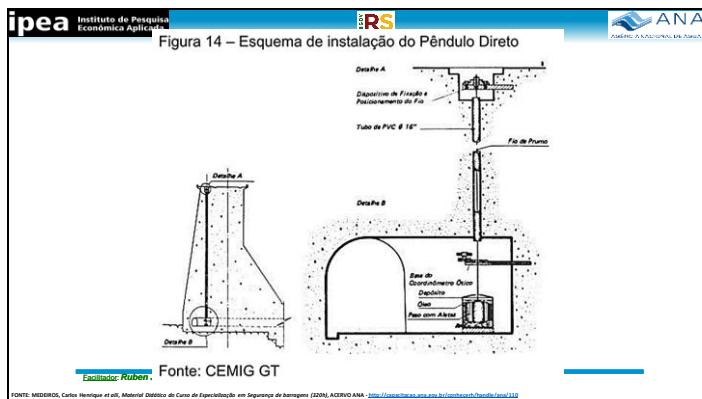
Projeção 4.39



Projeção 4.40



Projeção 4.41



Projeção 4.42

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

- * EC-EXTENSOMETRO P/ CONCRETO
- * EN-ELETRÔNÍVEL * TE-TERMÔMETRO
- * MJ-MEDIDOR DE JUNTA
- * TC-TENSÔMETRO P/ CONCRETO
- * PE-PIEZÔMETRO ELÉTRICO

INSTRUMENTOS ELÉTRICOS

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Fonte: MEDERDOL, Carlos Henrique et al., Material Didático do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006), ACERVO ANA - <http://www.ana.gov.br/infocentre/imagens/2006/112>

Projeção 4.43

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 18 – Termômetro

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Fonte: CEMIG GT

Fonte: MEDERDOL, Carlos Henrique et al., Material Didático do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006), ACERVO ANA - <http://www.ana.gov.br/infocentre/imagens/2006/112>

Projeção 4.44

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

RS

ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Figura 19 - Extensômetro para Concreto (acima à esquerda) e Termômetros para Concreto, com equipamento medidor.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Fonte: Acervo do autor Sérgio Zuculin

Fonte: MEDERDOL, Carlos Henrique et al., Material Didático do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006), ACERVO ANA - <http://www.ana.gov.br/infocentre/imagens/2006/112>

Projeção 4.45

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** 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: MODOBOL, Carlos Henrique et al. Material Didático do Curso de Especialização em Segurança de Barragens (2006). ACRÍVIO ANA. <http://www.ana.gov.br/ana/images/stories/segseg/segseg2006.pdf>

Projeção 4.46

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.9. 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 4.47

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

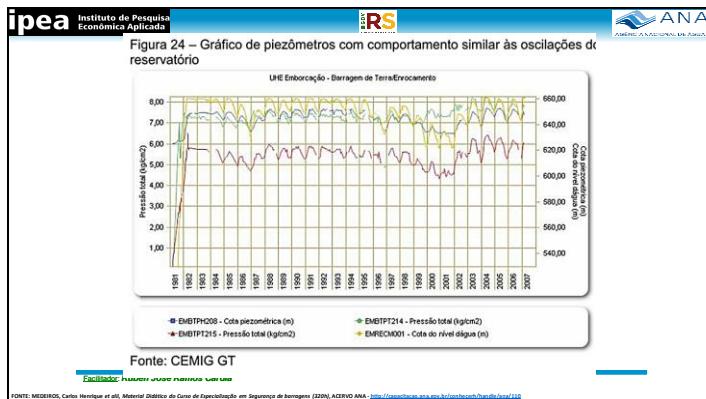
Os valores lidos nas medições recebem tratamento de Compilação, para serem convertidos em Grandezas não é necessária a apresentação da de interesse.

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

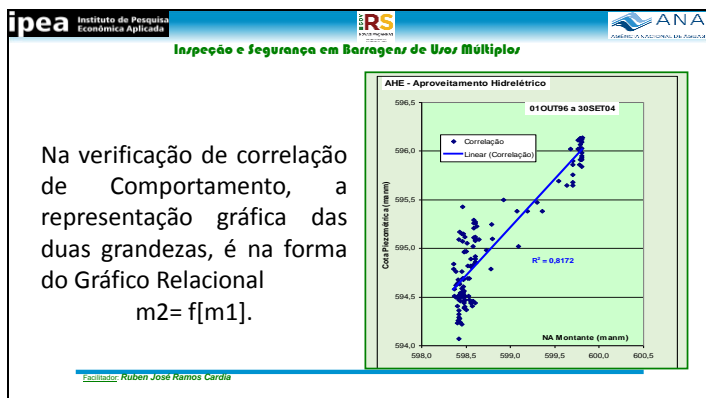
Na verificação de correlação de Comportamento, a representação gráfica das duas grandezas, é na forma Gráfico Relacional $m_2 = f[m_1]$.

Facilitador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.48



Projeção 4.49



Projeção 4.50

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

Inspeção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.10. CONTROLE TOPOGRÁFICO

Para monitorar os deslocamentos (verticais e horizontais) nas estruturas, se usa o Controle Topográfico.

A partir de Marcos Básicos – MB ou Referência de Nível – RN ou RP, é efetuada a verificação precisa das condições de Marcos Superficiais – MS ou Alvos.

Fonte: Catálogo KERN

Projeção 4.51

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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	GPS

Elaborador: Ruben José Ramos Cardia

Projeção 4.52

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

Inspecção e Segurança em Barragens de Usos Múltiplos

4.11. CONTROLES AUXILIARES

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

- Batimetria = Com Varejão ou Ecobatímetro
- Inspecção = 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 4.53

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada **RS** **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 4.54
