

3. INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS

3. INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS

3.1. Definição e Histórico

As primeiras aplicações de instrumentação em obras geotécnicas de grande porte ocorreram entre 1930 e 1940. Durante os primeiros 50 anos de atividades de instrumentação, constatou-se um desenvolvimento acelerado. Nos primeiros anos, predominaram instrumentos simples, mecânicos e hidráulicos. Com o avanço tecnológico das décadas seguintes, surgiram instrumentos mais sofisticados, como transdutores pneumáticos e elétricos. Ao final do século XX, registrou-se o aparecimento de sistemas automatizados de aquisição de dados (ADAS - *Automated Data Acquisition System*), alguns dos quais utilizam satélites espaciais para transmissões dos dados (U.S. Army Corps of Engineers, 1995).

Segundo Dunicliff (1988), a instrumentação geotécnica envolve a união das capacidades dos instrumentos de medida e das capacidades das pessoas. A prática da instrumentação não se restringe apenas à seleção de instrumentos, sendo na verdade um processo que começa com a definição do objetivo e termina com a análise rigorosa dos dados coletados. Cada passo neste processo é relevante para o sucesso do programa de instrumentação.

Dunicliff (1988) classifica os instrumentos de medida em duas categorias, dependendo da finalidade:

a) Instrumentos usados para determinar as propriedades de solos e rochas *in situ*: medem parâmetros geotécnicos como resistência, compressibilidade e permeabilidade, sendo usados normalmente durante a fase de projeto das obras (ex. piezocone, palheta, pressiômetro).

b) Instrumentos usados para monitorar o comportamento da obra durante construção/operação: podem envolver medidas de pressão da água subterrânea, tensão total, deformação e/ou carregamento aplicado (ex. piezômetros, células de carga, extensômetros, inclinômetros).

Como o presente trabalho visa abordar a medição de deslocamentos em barragens de enrocamento, considera-se apenas a segunda categoria de instrumentos citada.

Torna-se oportuno distinguir a “instrumentação” dos “ensaios de campo”, uma vez que ambos medem grandezas. Enquanto na instrumentação observa-se e medem-se os eventos conforme ocorrem naturalmente no campo, os ensaios correspondem à medição de eventos propositadamente provocados (Kanji, 1990).

Uma leitura cuidadosa dos anais do II Simpósio sobre Instrumentação de Barragens (CBDB, 1996) permite considerar que a instrumentação de barragens de terra no Brasil passou a existir, de maneira efetiva e criteriosa, somente a partir do final da década de 50 e início de 60. Nesta época, foram instrumentadas as barragens de Santa Branca (Light), Euclides da Cunha, Limoeiro e Graminha (CESP) e Três Marias (CEMIG). A instrumentação utilizada nestas barragens consistia basicamente da instalação de medidores de recalque de placa (única) na superfície da fundação, medidores de vazão do sistema de drenagem e piezômetros instalados no maciço e na parte mais superficial da fundação, refletindo desta forma a preocupação básica da época, que era com as poropressões durante o período construtivo.

No final da década de 60, os medidores de recalque passaram a ser do tipo USBR ou telescópico (IPT), possibilitando a observação do recalque em vários pontos, tanto no interior da fundação quanto do aterro compactado (CBDB, 1996).

No início da década de 70, merecem destaque a instrumentação da Barragem de Ilha Solteira, onde foram utilizados aparelhos de diversos fabricantes, muitos deles instalados lado a lado para verificar seus desempenhos, tais como: piezômetros (Casagrande, Maihak, Warlam, Silva e

Carlson), células de pressão total (Gloetzi e Carlson), medidores de recalque (USBR, KM, IPT) e inclinômetros (SINCO).

Este trabalho foi um marco na instrumentação nacional, pois possibilitou descartar o emprego de instrumentos cujo desempenho se mostrava deficiente. As atenções passaram a ser concentradas em outros aspectos relevantes do comportamento das barragens de terra, quais sejam: recalques diferenciais, deslocamentos horizontais concentrados em camadas de baixa resistência, zonas tracionadas no interior do maciço compactado, interação entre o núcleo, as abas de enrocamento, interface solo-concreto, possibilidade de “*pipping*” pela fundação, etc. (CBDB, 1996).

A década de 70 teve como uma de suas principais características as dificuldades para importação de instrumentos, o que resultou em grande incentivo ao desenvolvimento de instrumentos de procedência nacional. Nesta área, destacaram-se o Laboratório Central de Engenharia Civil da CESP, em Ilha Solteira, e a Divisão de Engenharia Civil do IPT, em São Paulo.

Na Tabela 3 apresenta-se de forma resumida as características da instrumentação de barragens de terra e enrocamento no Brasil, nas últimas décadas.

3.2. Conceitos Básicos em Instrumentação

Entre as principais características dos equipamentos de instrumentação, pode-se citar:

a) Sensibilidade: capacidade do instrumento de acusar as variações iniciais da grandeza que está sendo medida, e não somente quando uma variação significativa já ocorreu;

b) Acurácia: aproximação dos valores medidos ao valor real da grandeza, podendo ser considerado sinônimo de grau de correção. A acurácia de um instrumento é avaliada durante sua calibração, quando o valor medido pelo instrumento é comparado a um valor padrão conhecido. É usual expressar a acurácia como uma faixa centrada no valor zero. Uma acurácia de $\pm 1\text{mm}$ significa que o valor medido difere no máximo 1mm do valor real;

Tabela 3 - Evolução da Instrumentação em Barragens de Terra-Enrocamento no Brasil.

| Década | Principais características da Instrumentação |
|-------------|--|
| Até 1920 | Instrumentação praticamente inexistente. |
| 1920 e 1930 | Observação eventual de subpressões, vazões de drenagem e deslocamentos superficiais. |
| 1940 e 1950 | Medições de pressão neutra e de deformação, porém com instrumentos de pouca confiabilidade. |
| 1960 | Primeiras obras com medição de deslocamentos horizontais com inclinômetros e com instalação de células de pressão total em aterros. |
| 1970 | Medições de tensão e deformação. Os instrumentos de medição ganham confiabilidade. O método dos elementos finitos passa a ser aplicado em análises paramétricas de projeto e na análise dos dados. |
| 1980 | Desenvolvimento de instrumentos nacionais, exceção feita aos inclinômetros e piezômetros de corda vibrante. Início da aplicação generalizada dos recursos da informática para projeto e análise. |
| 1990 | Aperfeiçoamento dos instrumentos de medição e informatização das fases de coleta, transmissão, processamento e análise dos dados. Automatização da instrumentação de algumas barragens. |
| 2000 | Aperfeiçoamento das técnicas de medição. Aquisição remota de dados, com uso de satélites espaciais. |

c) Precisão: aproximação de cada número do seu valor aritmético. A precisão pode ser considerada sinônimo de *reprodutibilidade* e de *repetibilidade*. Também é comum expressar a precisão através do sinal \pm ;

A diferença entre acurácia e precisão está ilustrada na Figura 15. O centro do alvo representa o valor real. No caso A, a medida é precisa, mas não acurada. No caso B, a medida não tem precisão mas, se forem feitas leituras suficientes, a média será acurada. No caso C, a medida é tanto precisa quanto acurada.

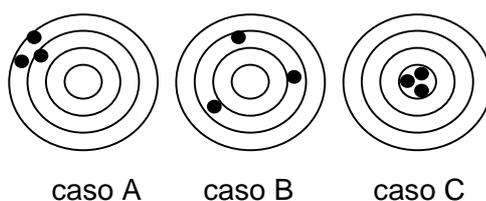


Figura 15 - Comparação entre acurácia e precisão (Dunncliff, 1988).

d) Curso: significa a extensão da faixa de valores que pode ser medida; alguns medidores precisam ser “zerados” periodicamente, por não oferecerem o curso adequado ao valor total a ser medido ou registrado. O inconveniente da “zeragem” está na possibilidade de perder-se o registro de algumas operações e na necessidade de correção dos valores medidos, levando a eventuais erros nas grandezas medidas;

e) Robustez: o equipamento de instrumentação geotécnica deve ser robusto o bastante para resistir ao transporte, montagem, manuseio e instalação na obra;

f) Durabilidade: a vida do instrumento deve ser no mínimo igual ao do período de vida útil da obra, devendo ser resistente à corrosão e a outros fatores de deterioração, tais como umidade e variações de temperatura;

g) Confiabilidade: esta característica depende de praticamente todos os fatores acima, e corresponde ao grau de certeza de que o equipamento funcionará adequadamente.

Cada um destes requisitos para os instrumentos geotécnicos é indispensável ao sucesso de um programa de instrumentação, portanto não seria adequado eleger os requisitos mais importantes. Ao selecionar os equipamentos para a instrumentação de uma obra, deve ser considerado que cada instrumento atenda a todas as exigências listadas acima, minimizando a possibilidade de erros de leitura, quebras e imprecisão das grandezas medidas.

3.3. Critérios para execução

Como critérios para executar uma instrumentação de qualidade, pode-se citar trabalho de Kanji (1990). O autor levanta uma série de questões, visando esclarecer a importância e a necessidade da instrumentação de obras geotécnicas. A primeira destas questões envolve os motivos que levam à adoção da instrumentação, ou seja, “por que instrumentar?”. As respostas para esta pergunta são dadas a seguir:

a) Para garantir a adequação do projeto à realidade da obra: as amostras utilizadas em ensaios laboratoriais são, na grande maioria das vezes, de pequenas dimensões. Por isso, ao comparar a escala da obra com a escala da amostra, certamente ocorrerão incertezas quanto à representatividade do ensaio laboratorial. Ao efetuar-se instrumentações de campo, diminui-se este efeito de escala, garantindo o acompanhamento da obra progressivamente, durante sua construção e operação. Desta forma, torna-se possível comparar as hipóteses de projeto com o comportamento real da obra. Incluem-se neste caso as poropressões de período construtivo, as pressões de terra no maciço e em suas interfaces com estruturas de concreto, as deformações verticais e horizontais do maciço e também nas fundações. Este tipo de investigação é de importância ainda maior nos casos de enrocamentos, em que a dimensão dos fragmentos de rocha dificulta a possibilidade prática de ensaios laboratoriais.

b) Para garantir a segurança da obra durante o período construtivo e durante a operação: existe a possibilidade de que os maciços apresentem comportamentos não previstos, devido às novas condições a que estão submetidos nas fases de construção e operação. A finalidade da instrumentação, nestes casos, é detectar problemas com suficiente antecedência, permitindo a intervenção com medidas corretivas. Ocorrências locais como vazamentos por fissuras em barragens podem refletir-se no comportamento do material. Se houver instrumentação e observação adequadas, o problema pode ser detectado e corrigido antes da ocorrência de um colapso.

c) Para promover economia de recursos: embora nos projetos de instrumentação seja dada grande ênfase à segurança, um dos objetivos principais é o de obter maior economia global do empreendimento. A instrumentação permite determinar quando uma segurança mínima aceitável é alcançada, garantindo que o dimensionamento de equipamentos, materiais e mão-de-obra serão adequados.

O segundo questionamento feito por Kanji (1990) acerca dos critérios para a instrumentação diz respeito aos equipamentos a serem utilizados.

Para determinar os equipamentos que atendam às necessidades da instrumentação de campo, torna-se necessário conhecer as grandezas

usualmente medidas: deslocamentos (que, quando referidos a um comprimento conhecido, podem ser convertidos em deformações), pressões (que podem ser convertidas em forças, conhecendo-se a área de aplicação), vazão, topografia, temperatura, vibração. Os principais tipos de equipamentos para cada tipo de grandeza a ser medida são listados a seguir:

i) Medidas de deslocamentos internos no corpo do maciço:

i.1) medidores de deslocamentos verticais ou de recalques:

medidor hidrostático de recalque (caixa sueca);
medidor magnético de recalque (MMR);
medidor de recalque de hastes tipo KM;
medidor de recalque tipo USBR;
medidor de recalque telescópico IPT.

i.2) medidores de deslocamentos horizontais:

extensômetros horizontais;
extensômetros magnéticos;
extensômetros de hastes múltiplas;
inclinômetros;

ii) Medidas de deslocamentos de superfície:

medidor de movimento angular (eletrônicos);
medidor de abertura das juntas;
medidor triortogonal da junta perimetral;
marcos topográficos.

iii) Medidas de pressões/cargas:

piezômetros;
medidor de NA (pneumático, hidráulico, elétrico, corda vibrante);
células de pressão total;
células de carga;
tensiômetros (para poropressões negativas).

iv) Outros:

vazão (hidrômetros, medidores em canal - Parshall);
vibração: vibrógrafos, sismógrafos.

Num programa de instrumentação, deve-se também dimensionar a quantidade de instrumentos necessários aos objetivos que se deseja alcançar, ou seja, o quanto instrumentar.

Segundo Kanji e Figueira (1990), dada a grande diversidade das situações locais e de tipos de soluções, os projetos de instrumentação variam muito, não sendo aplicável uma receita única. Pode-se, entretanto, de uma forma estatística, configurar qual tem sido a prática comum adotada na instrumentação de barragens de terra e/ou enrocamento, de onde se poderia observar tendências e fatores comuns.

Percebe-se na literatura uma tendência a correlacionar altura das barragens ao número de instrumentos utilizados, como um critério para avaliar a quantidade de instrumentação empregada. Esta relação altura x número de instrumentos obviamente varia para cada tipo de instrumento empregado. No entanto, ao se fazer a correlação entre altura da barragem em metros (H) e número (N) total de instrumentos (piezômetros, células de pressão total, medidores de deslocamentos horizontais e verticais, marcos topográficos e inclinômetros), observa-se o seguinte:

Casos de barragens estrangeiras:

Barragens baixas (menor que 20 m): correlação H:N=1:3

Barragens altas (maior que 200 m) : correlação H:N=1:1

Casos de barragens nacionais

Barragens baixas (menor que 20m): correlação H:N=1:1

Barragens altas (até 100 m): correlação H:N=1:1,3

Barragens muito altas (maior que 100 m): correlação H:N=1:1

A partir destes dados, Kanji e Figueira (1990) concluíram que, de forma geral, existe uma correlação da ordem de 1:1, ou seja, a altura da barragem em metros é igual ao número total de instrumentos instalados.

As exceções a esta regra no Brasil, quando existem, são motivadas por projetistas com menor tradição em barragens, os quais adotam critérios de projeto reconhecidamente conservadores e a ocorrência de obras pertencentes a

clientes não tradicionais da área hidroelétrica. (destinadas à mineração, irrigação, abastecimento de água), com menor uso da instrumentação.

Kanji e Figueira (1990) estudaram ainda a relação entre o número total de instrumentos instalados e a quantidade de cada um dos tipos de instrumentos específicos (Figura 16) em obras de barragens. Com este gráfico, pode-se obter os valores médios indicados na Tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagens usuais dos principais instrumentos em projetos de instrumentação.

| Instrumento | Média | Faixa de Variação |
|--|--------------|--------------------------|
| Piezômetros: | 50% | (20% a 80%) |
| Marcos Topográficos | 30% | (20% a 40%) |
| Medidores de Deslocamento (horiz/vert) | 20% | (10% a 30%) |
| Inclinômetros | 5% | (0% a 8%) |

Assim, pode-se considerar que, em média, 50% dos instrumentos em barragens de terra são piezômetros. Já os inclinômetros têm sido utilizados em número bem menor, ou seja, cerca de 5% dos instrumentos de barragens de terra e enrocamento.

Após considerar os motivos pelos quais instrumentar, os tipos de instrumentos utilizados, a quantidade a ser empregada, torna-se necessário avaliar o momento ideal para utilizar cada instrumento na obra.

A necessidade da implantação da instrumentação está usualmente associada ao período de construção. Entretanto, parte da instrumentação já é instalada previamente à construção, com objetivo de registrar as condições iniciais no campo. Este é o caso da implantação de referências topográficas, medidores de nível d'água e piezômetros para auscultação das ombreiras em locais potencialmente instáveis, já nas fases de viabilidade ou de projeto básico.

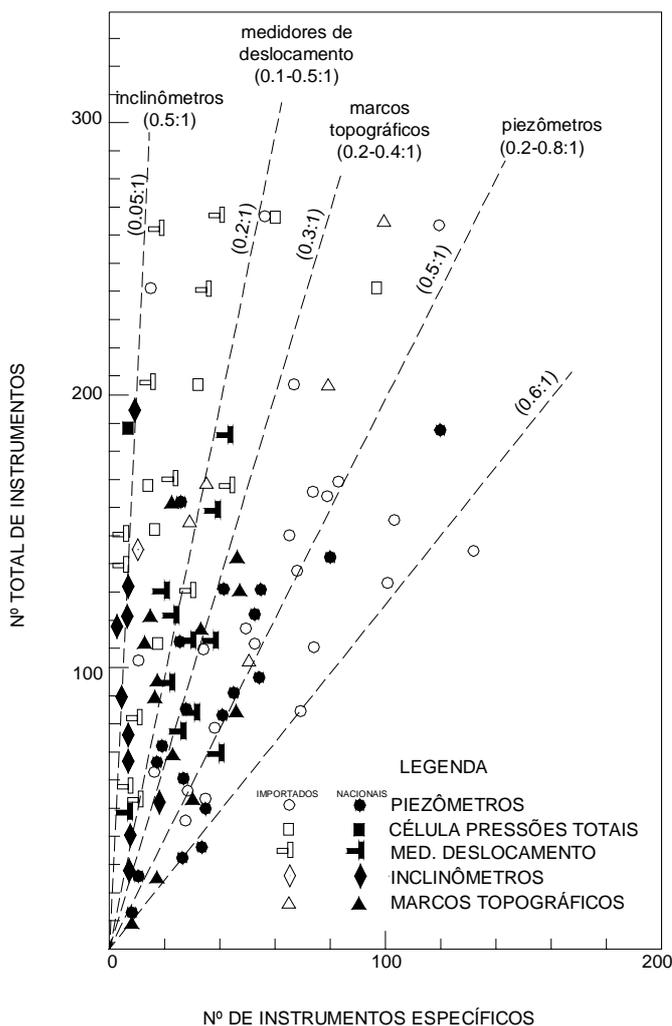


Figura 16 - Relação entre o número de instrumentos específicos e o total de instrumentos instalados (Kanji e Figueira, 1990).

Considerando as fases de projeto usuais como: Estudos Preliminares, Estudos de Viabilidade, Anteprojeto (eventual), Projeto Básico e Projeto Executivo, pode-se estabelecer, em termos conceituais, uma correlação entre objetivos da auscultação, tipo de observação, tipo de instrumentação e fase da obra, conforme apresentado na Tabela 5. Desta maneira, pretende-se enfatizar o conceito de que o tipo da instrumentação pode variar durante a vida da obra, e que os instrumentos podem ser implantados muito antes do início da construção.

Tabela 5 - Correspondência entre fase de projeto, objetivos e tipo de instrumentação de barragens (adaptado de CBDB, 1996).

| FASES DA OBRA: 1 - ESTUDOS PRELIMINARES / VIABILIDADE 2 - PROJETO BÁSICO 3 - PROJETO EXECUTIVO 4 - CONSTRUÇÃO 5 - OPERAÇÃO | | PORO-PRESSÕES | | | CÉLULAS DE PRESSÕES TOTAIS | CÉLULAS DE CARGA | DESLOCAMENTOS | | | | | |
|---|--|-----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------------|
| | | MEDIDOR DE N.A. | PIEZOMETRO CASAGRANDE | PIEZOMETRO PNEUMÁTICO | | | SUPERFICIAIS | | INTERIORES | | | |
| | | | | | | | MARCOS TOPOGRÁFICOS | MEDIDOR DE JUNTAS | MEDIDOR DE CONVERGÊNCIA | MEDIDOR DE DESLOCAMENTOS | INCLINÔMETROS | EXTENSÔMETROS EM FUROS DE SONDAGEM |
| TIPO DE OBSERVAÇÃO | | OBJETIVO | NATUREZA | | | | | | | | | |
| DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS REGIONAIS | HIDROGEOLOGIA DO REPRESAMENTO | 2, 3 | | | | | | | | | | |
| | ESTABILIDADE DE TALUDES ESPECÍFICOS | | | | | 1, 5 | 5 | 3, 4 | | 3 | 3 | |
| DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS LOCAIS | HIDROGEOLOGIA DAS FUNDAÇÕES | 2, 3 | 2, 3 | 3 | | | | | | | | |
| | ESTABILIDADE DE TALUDES VIZINHOS | | 2, 3 | | | | | | | | | |
| | REFERÊNCIA TOPOGRÁFICA | | | | | 1, 2 | | | | | | |
| VERIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO | REDE DE FLUXO E PERMEABILIDADE | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | |
| | PRESSÕES NO MACIÇO OU NAS INTERFACES | | | | 3 | | | | | | | |
| | COMPRESSIBILIDADE | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | |
| | ESTABILIDADE DA BARRAGEM | | 3 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | COEFICIENTE DE PRESSÃO DE TERRA | | | | 3 | | | | | | | |
| | TENSÕES NAS ESTRUTURAS | | | | | 3 | | | | | | |
| CONTROLE DE CONSTRUÇÃO | ATERROS EXPERIMENTAIS (AJUSTE DE PROJETO) | | 3 | 3 | 3, 4 | | 3, 4 | | | 3, 4 | | |
| | CARGAS EM TIRANTES E ESTRUTURAS | | | | | 4 | 4 | | | | | |
| | CONTROLE DE EFICIÊNCIA DE INJEÇÕES | 4 | 4 | | | | | | | | | |
| | CONTROLE DE DESLOCAMENTOS | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | PRESSÕES DE TERRA | | | | 5 | | | | | | | |
| | CONTROLE DE POROPRESSÕES | | 4 | 4 | | | | | | | | |
| CONTROLE DE OPERAÇÃO | PERCOLAÇÃO | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | |
| | POROPRESSÕES | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | |
| | DESLOCAMENTO (MACIÇO E FUNDAÇÕES) | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | ESTABILIDADE DE TALUDES VIZINHOS | | 5 | | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 | |
| | CARGAS NAS ESTRUTURAS | | | | | 5 | | | | | | |

Finalmente, os custos de um programa de instrumentação devem ser avaliados em detalhe, pois sabe-se que em obras de engenharia custos elevados podem ser fatores restritivos à utilização de tecnologia mais avançada. Cada instrumento componente de um programa de instrumentação no campo deve ter uma justificativa clara e objetiva.

De acordo com a literatura, pode-se considerar que a razão entre os custos usuais da instrumentação e da construção de barragens deve situar-se

entre 0,5 e 1,0%. Desvios significativos em relação a esta faixa podem ser aceitos em função dos problemas locais e da filosofia de projeto.

Deve-se também atentar para o fato de que um orçamento de instrumentação não pode se restringir ao mero custo de aquisição e instalação dos instrumentos, mas deve incluir os custos de equipes especializadas e habilitadas para o acompanhamento e interpretação dos dados medidos. Nessas condições, considera-se que investimentos em programas de instrumentação da ordem de 1 a 3% do custo da obra são normais em obras de barragens (CBDB, 1996).

3.4. Frequência de leitura

As frequências das leituras da instrumentação devem ser adequadas aos desempenhos previstos no projeto para as fases de construção da barragem, primeiro enchimento do reservatório e operação. Deve-se possibilitar o acompanhamento das velocidades de variação das grandezas medidas, considerando a precisão dos instrumentos e a importância dessas grandezas na avaliação do desempenho da obra.

A literatura recomenda frequências mínimas de leituras, devendo ser intensificadas ou ajustadas quando da ocorrência de fatores especiais, tais como:

- tendências desfavoráveis à segurança da obra;
- fenômenos naturais desfavoráveis à segurança;
- alterações nos procedimentos construtivos;
- subida ou rebaixamento muito rápido do reservatório;
- alteração das condições geológicas ou geotécnicas previstas em projeto.

Deve-se assegurar que os leituristas atuem também como inspetores visuais, percorrendo os diversos trechos e galerias da barragem, no mínimo uma vez por semana. Esta recomendação é especialmente válida para o período operacional.

Após a fase de instalação é recomendável que cada instrumento seja lido preferencialmente na mesma hora do dia: os instrumentos devem então ser divididos em grupos de observação em um mesmo dia e suas leituras devem ser programadas com seqüência e itinerário fixo.

Outra recomendação importante é que os leituristas de um determinado tipo de instrumento sejam sempre os mesmos, evitando-se trocas freqüentes nas equipes de leitura, o que acaba tendo reflexo na precisão dos dados adquiridos. Em caso de substituições programadas do leiturista, é recomendável que o substituto o acompanhe por algumas campanhas de leituras, de forma a minimizar a possibilidade de erro.

Na Tabela 6, as freqüências recomendadas para o período de enchimento do reservatório basearam-se em condições normais, ou seja, que demandam cerca de dois a seis meses para se completar. No caso de enchimentos muito rápidos, ou muito lentos, os valores recomendados poderão variar.

Tabela 6 - Freqüências mínimas recomendadas para a instrumentação de barragens de terra-enrocamento (CBDB, 1996).

| Tipo de Observação | Período Construtivo | Enchimento Reservatório | Início de operação | Período de operação |
|--|---------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
| Deslocamentos superficiais (topografia) | mensal | semanal | mensal | semestral |
| Deslocamentos internos (verticais e horizontais) | semanal | semanal | quinzenal | mensal |
| Deformação | semanal | semanal | quinzenal | mensal |
| Pressão total/efetiva | semanal | 2 semanais | semanal | mensal |
| Poropressão | semanal | 2 semanais | semanal | quinzenal |
| Subpressão | semanal | 3 semanais | 2 semanais | quinzenal |
| Nível d'água | semanal | 3 semanais | semanal | quinzenal |
| Vazão de Infiltração | - | diárias | 3 semanais | semanal |

3.5. Projeto de Lei para Segurança de Barragens

Nos últimos anos, a quantidade e a gravidade dos acidentes com barragens no Brasil tem aumentado de forma preocupante. Para comprovar esta afirmativa, basta citar os seguintes fatos:

- Rompimento da barragem de rejeitos da Mineração Rio Verde, em São Sebastião das Águas Claras, distrito de Macacos, Minas Gerais, 22 de Janeiro de 2001. Deixou um rastro de cinco quilômetros de destruição e cinco operários mortos. A lama e os resíduos, depositados pela mineradora, danificaram uma das adutoras da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que abastece parte da região metropolitana de Belo Horizonte, além de assorear extensas faixas dos ribeirões Taquaras e Fechos, contribuintes do Sistema Alto Rio das Velhas;
- Colapso da barragem de rejeitos da Cia. Florestal Cataguazes, Minas Gerais, em 29/03/2003. O acidente ambiental trouxe graves prejuízos financeiros e econômicos;
- Rompimento da barragem de Camará, na cidade de Alagoa Grande, Paraíba, em 17 de Junho de 2004. A barragem, em concreto, rompeu com um orifício de 20 metros de altura por 15 metros de largura no seu ponto mais extenso, provocando um vazamento de cerca de 17 milhões de metros cúbicos de água, ou seja, 64% da capacidade total do reservatório. O saldo final foi de 06 mortos, 4 mil desabrigados e milhões de reais em prejuízos financeiros.

Entende-se que estes acidentes poderiam ter sido minimizados, ou mesmo evitados, caso houvesse um acompanhamento adequado do comportamento dos maciços das barragens, através da instrumentação geotécnica usual.

A partir desta motivação, um Projeto de Lei está em fase de elaboração, para estabelecer uma política nacional de segurança de barragens para fins de acumulação de água, em aproveitamentos de potenciais hidráulicos, para disposição de estéril e de rejeitos de mineração e para acumulação de resíduos industriais líquidos. Este projeto foi redigido por deputados federais, em conjunto especialistas do CBDB e de outras entidades ligadas ao tema.

Tal projeto estabelece o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), coordenado pelo Conselho Nacional de

Segurança de Barragens (CNSB), o qual atuará como organismo de articulação entre os órgãos licenciadores de barragens no país.

Dentre os instrumentos de controle instituídos pelo Projeto de Lei, reportado pelo Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB, 2004), destacam-se:

- Classificação das barragens por categorias de risco;
- Elaboração, por parte do proprietário da barragem, de projeto final como construído (*as built*);
- Plano de operação e manutenção da barragem, que deve compreender a definição da equipe de manutenção, a capacidade técnica dos profissionais envolvidos, a identificação dos instrumentos empregados e os manuais de procedimento;
- Vistorias anuais que consistem na verificação visual das condições de segurança da barragem por equipe especializada;
- Inspeções de segurança, conduzidas por engenheiro civil, para verificação da estabilidade e condição de segurança da barragem, cuja periodicidade será determinada pelo CNSB de acordo com a categoria de risco da barragem;
- Revisões de segurança, realizadas por empresa sem vínculo com o proprietário da barragem, observada a periodicidade máxima de 10 anos para barragens classificadas como de risco muito baixo. A periodicidade e o conteúdo mínimo da revisão de segurança também serão estabelecidos em função da categoria de risco da barragem;
- A implantação de barragens somente será permitida caso o processo esteja instruído por estudos e projetos que contemplem as normas aplicáveis e que detalhem o plano de monitoramento da obra por intermédio de instrumentação e inspeção visual.

Cabe à população em geral e aos profissionais militantes nesta área acompanhar a tramitação deste Projeto de Lei, cobrando sua aprovação no Congresso, para criar um instrumento legal de garantia da segurança das grandes barragens.