
REDES GEODÉSICAS APLICADAS NO MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS CIVIS ESTUDO DE CASO USINA HIDROELÉTRICA DE SALTO CAXIAS

RICARDO VILAR NEVES
PEDRO LUIS FAGGION

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas - CPCG
ricvilar@yahoo.com.br, faggion@ufpr.br

ABSTRACT - In Brazil the geodesics techniques of dams monitoring are not well known, applied and developed. Due this, it seeks to develop a new methodology to the structural control using geodesics techniques. A network with six control points were projected and established at the dams region to realize the tracking of stability in this region and also tracking of clefts (fissures). Two monitoring external network were defined, one downstream and the other upstream. The external network on downstream has four pillars to track downstream fissures and the second external network is composed with two pillars and a third point above the dams to monitor the upstream fissures.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente uma das tarefas mais importantes nas Usinas Hidroelétricas é o monitoramento de pontos para determinar mudanças em corpos deformáveis, seja em forma, dimensão ou posição. Estes deslocamentos são detectados, principalmente pelas variações de coordenadas dos pontos observados.

Monitorar uma estrutura do ponto de vista do posicionamento geodésico significa determinar e comparar as coordenadas de pontos em duas épocas distintas, e verificar se, dentro de certo nível de confiabilidade (significância), houveram variações significativas nestas coordenadas (SILVEIRA, 2003).

Existem vários métodos para avaliar estes movimentos sendo que os mais conhecidos são os métodos geodésicos e os estruturais.

No caso em estudo, uma rede de monitoramento foi implantada na Usina Hidroelétrica de Salto Caxias, isto é existem seis marcos com centragem forçada nos quais são medidos ângulos e distancias.

Considerando que a barragem de Salto Caxias é uma das maiores do Brasil construída utilizando Concreto Compactado a Rolo (CCR), iniciou-se um projeto de pesquisa e desenvolvimento financiado pela Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANNEL) e pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) objetivando determinar a estabilidade da mesma utilizando técnicas geodésicas.

Na bibliografia pesquisada sobre redes de monitoramento de estruturas, os procedimentos são divididos em quatro etapas (GRANEMANN, 2005).

A primeira, denominada especificação, requer um conhecimento a priori da grandeza dos movimentos, o qual é também, uma condição para estabelecer quais equipamentos devem ser utilizados.

A segunda etapa, denominada concepção, visa atingir a melhor configuração da rede de controle e dos pontos a serem monitorados.

A terceira etapa, denominada implementação, é a etapa de maior custo, pois envolve técnicas de medição e implantação de sistemas de centragem forçada para a instalação dos instrumentos.

A quarta etapa, denominada análise, é a etapa na qual as observações são calculadas e estatisticamente analisadas visando determinar as reais variações das coordenadas.

2 DESCRIÇÃO DA REDE EXTERNA DE MONITORAMENTO

2.1 Rede de Monitoramento Externa à Jusante

A rede externa de monitoramento da UHE Salto Caxias situa-se a jusante da barragem, sendo formada por 6 pilares com sistema de centragem forçada.

No entanto, é necessário primeiramente realizar o levantamento geodésico da rede, para avaliar a estabilidade da estrutura, onde os pilares que a materializam estão engastados e obter as coordenadas

planimétricas dos seus vértices, materializados pelos pilares.

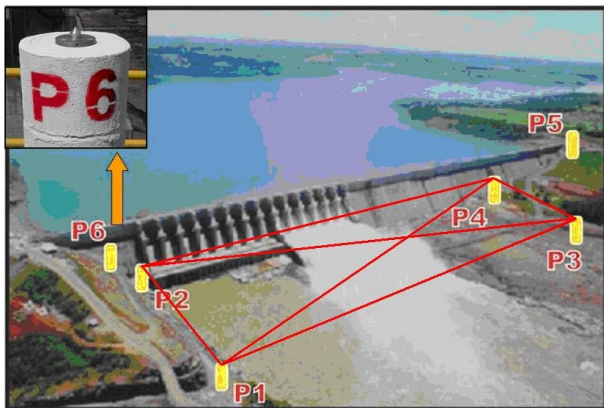


Figura 1 – Rede Externa de Monitoramento

Esta rede é utilizada para avaliar a estabilidade da região onde está localizada a barragem e para o monitoramento das fissuras (Blocos) a jusante a partir do pilar 3.

Como não é possível monitorar as fissuras a montante a partir dos pilares da rede externa à jusante, implantou-se um novo ponto definindo uma rede complementar denominada de rede externa à montante.

2.2 Rede de Monitoramento Externa à Montante

A rede externa de monitoramento à montante é composta por 3 pontos: P1, P3 e MGE06. Realiza-se o levantamento e determinam-se as coordenadas do ponto MGE06 que serve de apoio para a realização do monitoramento das fissuras a montante. Este ponto foi implantado sobre a barragem na lateral esquerda da comporta 14. Utilizou-se esta posição tendo em vista que as comportas foram construídas com concreto convencional, o qual é mais resistente que o concreto compactado a rolo (CCR).



Figura 2 – Rede Externa de Monitoramento das fissuras a Montante

2.3 Equipamento Utilizado para o Levantamento da Rede Externa

O levantamento geodésico é realizado empregando-se uma estação total TRIMBLE ZEISS ELTA S20, com precisão nominal angular de 3" e linear de $\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm})$.



Figura 3 – Estação Total TRIMBLE ELTA S20

As medições das direções que compõem a rede são realizadas através de três séries completas de observações (posição direta e inversa da luneta). As distâncias são medidas em ambas as direções de visadas, como por exemplo: P1P3 (do pilar P1 para o pilar P3) e P3P1 (do pilar P3 para o pilar P1), a fim de confirmar as distâncias mensuradas e obter dados para o ajustamento das observações, fornecendo ao fim deste as coordenadas (x, y) dos vértices da rede.

3 DESCRIÇÃO DO MONITORAMENTO DAS FISSURAS

O monitoramento das fissuras está dividido da mesma maneira que a da rede externa, em jusante e montante.

Na estrutura da barragem da UHE Salto Caxias existem pontos de controle a serem monitorados, pontos estes definidos pela equipe técnica da COPEL. Trata-se de fissuras, blocos da estrutura, a montante e jusante da barragem, devendo ser monitorados de modo a verificar se há ou não movimentação significativa.

3.1 Monitoramento das Fissuras à Jusante

Para monitorar os pontos das fissuras localizados a jusante da barragem é necessário ocupar o pilar P3 e realizar uma visada de ré em P1 da rede externa de monitoramento, posteriormente realiza-se as visadas nos pontos às fissuras medindo-se ângulos verticais, direções horizontais e distâncias inclinadas.

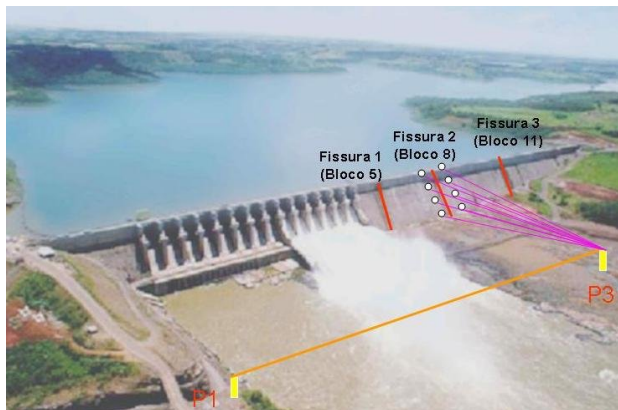


Figura 4 – Monitoramento das Fissuras a Jusante

Foram nomeados os pontos das fissuras (blocos) a jusante da barragem, onde na fissura 1 (bloco 5) estão implantados os pontos MGE 09 a MGE 16, na fissura 2 (bloco 8) estão implantados os pontos MGE 19 a MGE 26 e na fissura 3 (bloco 11) estão implantados os pontos MGE 29 a MGE 36.

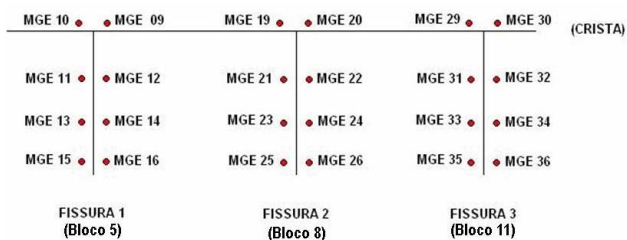


Figura 5 – Disposição das Fissuras a Jusante

3.2 Monitoramento das Fissuras à Montante

Para monitorar os pontos das fissuras localizados a montante ocupa-se um vértice da rede externa a montante localizado sobre a comporta C14 denominado de MGE 06, o qual tem suas coordenadas planimétricas diretamente ligadas ao referencial local adotado para a rede externa.

Foram nomeados os pontos das fissuras (blocos) a montante da barragem, onde na fissura 1 (bloco 5) estão implantados os pontos MGE 07 e MGE 08, na fissura 2 (bloco 8) estão implantados os pontos MGE 17 e MGE 18 e na fissura 3 (bloco 11) estão implantados os pontos MGE 27 e MGE 28.

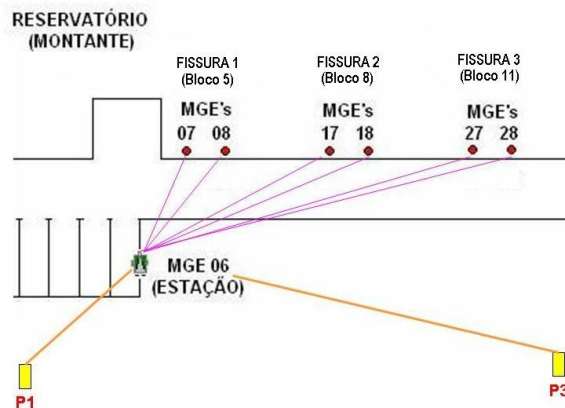


Figura 6 – Disposição das Fissuras a Montante

3.3 Equipamento Utilizado para o Levantamento das Fissuras

Para a realização do levantamento das fissuras (blocos) emprega-se a Estação Total Robotizada Leica TCRA 1205, com precisão nominal angular de 5" e linear de $\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm})$.



Figura 7 – Estação Total LEICA TCRA 1205

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANNEL), a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

GRANEMANN, D. **Estabelecimento de uma Rede Geodésica para o Monitoramento de estruturas: estudo de caso na Usina Hidrelétrica Salto Caxias.** Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

SILVA, A. S. (1997). **Optimisation of surveying monitoring networks.** University of Nottingham: Thesis for the degree of Doctor of Philosophy.