



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007

SETEMBRO / 2007

ISBN: XXXXXXXXX

@ 2007 - IBRACON



Alternativas para a automação dos medidores triortogonais de junta de barragens de concreto da UHE Tucuruí

Alternatives for the automation of triorthogonal measurer of joints of concrete dams of Tucuruí HEP

Luís Augusto Conte Mendes Veloso (1); Remo Magalhães de Souza (1); Dênio Raman Carvalho de Oliveira (1); José Walton de Brito Bichara (2); Gilson Machado da Luz (3);

(1) *Professor Doutor, Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Civil.*

(2) *Técnico de Instrumentação, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.*

(3) *Engenheiro Civil, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A..*

Rua Augusto Correa N01, Centro Tecnológico, sala 232, Belém-Pa, CEP 66075-710. E-mail: lveloso@ufpa.br.

Resumo

Este trabalho consiste em estudar alternativas para automação dos medidores triortogonais de junta de barragens de concreto da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE-Tucuruí). Esse estudo faz parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico – P&D – regulamentado pela ANEEL, intitulado “Sistema de Segurança de UHE Tucuruí: Automação da Instrumentação das Estruturas Civas da Usina” que tem como objetivo propor soluções para a automação da instrumentação das obras civis da usina, tendo em vista as grandes vantagens de um sistema de monitoração on-line em relação à coleta manual de dados da instrumentação. Para a automação dos instrumentos já instalados na barragem é necessário adaptar sensores óticos ou elétricos na instrumentação existente de sorte que o sinal gerado possa ser lido automaticamente por um sistema de aquisição automático de dados. Para tanto, foi feito um modelo geométrico tridimensional do medidor triortogonal de juntas em plataforma CAD a fim de se propor adaptações para esse instrumento. A partir deste estudo pode-se verificar a viabilidade da proposta de automação descrita para esse tipo de instrumento.

Palavra-Chave: Barragens de Concreto, Instrumentação, Automação, Medidor Triortogonal de Juntas.

Abstract

This paper consists in studying alternatives for the automation of triorthogonal measurers of joints of concrete dams of the Tucuruí Hydroelectric Plant (HEP-Tucuruí). This study is a part of a research and development project – P&D – regulated by ANEEL, titled “Security System of Tucuruí HEP: Automation of the Instrumentation of the Plant’s Civil Structures” that has as objective to propose solutions for the automation of instrumentation of civil structures of the plant, in view of the great advantages of an on-line monitoring system in respect to the manual collecting of data of the instrumentation. For the automation of instruments already installed at the dam it is necessary to adapt optical or electrical sensors in the existent instrumentation in a way that the generated signal could be read automatically by an automatic data acquisition system. With this purpose, a threedimensional geometrical model of the triorthogonal measurer of joints was made in a CAD platform to propose adaptations for this instrument. From this study it was possible to verify the viability of the automation proposal described for this type of instrument.

Keywords: Concrete Dams, Instrumentation, Automation, Triorthogonal Measurer of Joints.



1 Introdução

Segundo FRAZÃO (2002), a observação e a instrumentação de barragens datam de meados da década de 50. Desde então, tem se observado um contínuo avanço no campo de instrumentação de barragens, bem como nas técnicas de auscultação.

Nas grandes barragens brasileiras, tais como UHE Tucuruí e Itaipu, a instrumentação dessas construções é dotada de milhares de instrumentos instalados na fundação (rocha), na interface concreto-rocha, bem como no próprio corpo da barragem (maciço de concreto). A obtenção periódica da leitura desses instrumentos, bem como a análise desses dados, aliada a inspeção visual por meio de pessoal especializado constitui os procedimentos de verificação da segurança das barragens denominado de auscultação de barragens.

Tradicionalmente no Brasil e no mundo, essas leituras têm sido realizadas manualmente por pessoal especializado da equipe de auscultação. Entretanto, o grande avanço tecnológico na área de instrumentação e automação tem propiciado, com um custo cada vez menor, o desenvolvimento de novos tipos de sensores e sistemas de aquisição de dados. Por isso, a automação da instrumentação é uma nova tendência que vem sendo buscada nos países desenvolvidos e, mais recentemente, no Brasil.

Para o caso de barragens já em operação com instrumentação convencional, a automação poderá ser realizada a partir da instalação de sensores elétricos ou óticos, de forma que o sinal gerado por esses sensores possa ser lido automaticamente por um sistema de aquisição de dados. Essa foi a metodologia escolhida para a UHE Tucuruí, onde se está desenvolvendo um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico – P&D – regulamentado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica - intitulado: “Sistema de Segurança de UHE Tucuruí: Automação da Instrumentação das Estruturas Civas da Usina” que visa propor soluções para a automação da instrumentação existente das obras civis da usina, VELOSO et al (2007).

Este trabalho faz parte do P&D que está sendo desenvolvido em Tucuruí e apresenta um estudo sobre as alternativas para a automação dos medidores triortogonais de junta das barragens de concreto da usina.

2 Medidores triortogonais de junta

2.1 Aspectos do funcionamento

Os medidores triortogonais de junta tradicionais são instrumentos utilizados para medir deslocamentos relativos entre dois blocos adjacentes de uma barragem, deslocamentos esses que podem ocorrer na região entre a junta desses blocos. Os medidores triortogonais são constituídos por duas hastes metálicas com um sistema de base de

leituras, instaladas em blocos distintos. Os deslocamentos relativos entre essas hastes são medidos por meio de relógios comparadores ou micrômetros, figura 1.

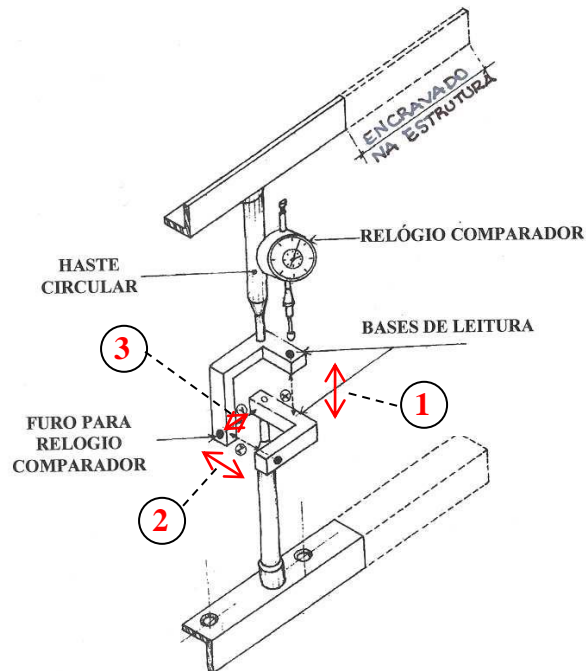


Figura 1 – Medidor triortogonal de junta (FRAZÃO (2002))

As bases de leitura possuem três posições para a instalação do relógio comparador ou micrômetro, de forma que possam ser medidos os deslocamentos nas direções 1, 2 e 3, figura 1, ou seja, deslocamentos de abertura e fechamento da junta, recalques diferenciais entre os blocos e deslocamentos relativos na direção horizontal.

2.2 Automação – trabalhos realizados

MORAIS et al. (2003) iniciaram um estudo para desenvolver um equipamento para monitorar fissuras ocorridas no concreto ou deslocamentos de juntas de barragem de concreto. O objetivo principal do trabalho foi desenvolver um novo equipamento de baixo custo que permita a aquisição automática dos dados. O primeiro protótipo desenvolvido permite somente a obtenção de deslocamentos em uma direção, figura 2.

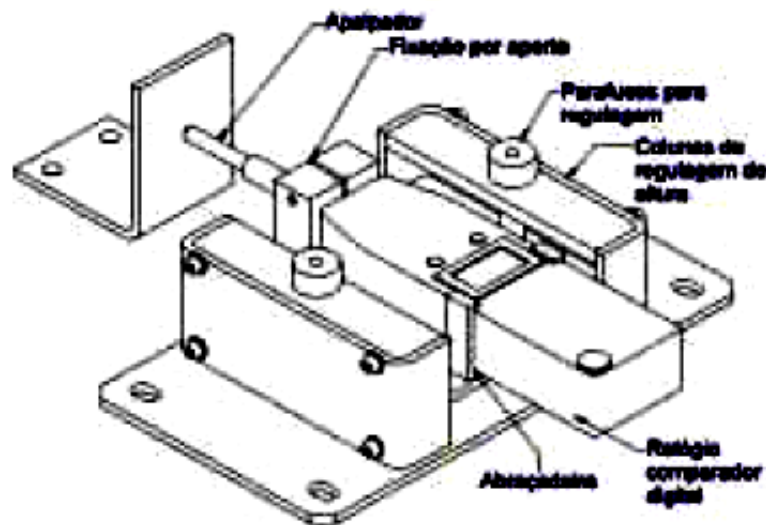


Figura 2 – Protótipo desenvolvido por (MORAIS et. al (2003)) para a monitorar fissuras no concreto e deslocamentos entre juntas de barragens de concreto

Nesse estudo, os autores fizeram um estudo comparativo entre os vários tipos de transdutores de deslocamento disponíveis comercialmente a fim de se definir o mais adequado a ser utilizado no novo equipamento proposto. Os tipos de transdutores estudados foram os seguintes:

- LVDT (linear variable differential transformer);
- transdutores do tipo corda vibrante;
- transdutores de deslocamento baseados em fibra ótica;
- relógio comparador digital.

No estudo foi observado o custo dos transdutores, bem como as características técnicas dos sensores, a saber:

- precisão;
- exatidão;
- curso máximo;
- sensibilidade,
- questões relativas à durabilidade.

Dentre os transdutores estudados, o LVDT e o relógio comparador se mostraram como as alternativas mais viáveis, sendo que o relógio comparador digital foi o transdutor escolhido por apresentar um custo inferior ao LVDT. Segundo o levantamento de custo realizado pelos autores, o custo do protótipo com LVDT e com relógio comparador digital foi de R\$ 14.000,00 e de R\$ 2.700,00, respectivamente.



Verifica-se que o custo do medidor constituído de LVDT foi muito superior ao constituído com relógio comparador. Provavelmente porque neste custo, os autores incluíram, também, o sistema de aquisição para o LVDT, equipamento que não é necessário para o relógio comparador digital.

Em cotações realizadas para o projeto de P&D de automação da instrumentação de Tucuruí, obteve-se o custo de cerca de R\$ 3.000,00 para transdutores tipo LVDT (sem os impostos de importação). Neste custo está incluído o sensor, a fonte alimentação, o sistema de condicionamento de sinais e mostrador de leituras analógicas. Porém não está incluso a unidade de aquisição que permite o armazenamento de leituras ou a comunicação com microcomputadores.

Cabe ressaltar uma diferença quanto à utilização dos tipos de transdutores. No caso dos relógios comparadores digitais disponíveis comercialmente, normalmente esses transdutores permitem a realização de leituras automáticas, sendo que essas leituras são armazenadas no próprio relógio comparador, necessitando da intervenção humana para que as leituras possam ser “descarregadas” em um microcomputador. Nem sempre é possível a comunicação desses transdutores com unidades de aquisição de dados, por isso, fica impraticável a utilização desses transdutores para monitoramentos do tipo on-line.

No caso do LVDT, as leituras desses transdutores podem ser facilmente realizadas por sistemas de aquisição de dados, o que permitiria a utilização do novo medidor dotado de LVDT para monitorações on-line.

2.3 Novas perspectivas para automação

Os medidores triortogonais de junta tradicionais são instrumentos concebidos para que as leituras de deslocamento possam ser realizadas por meio de relógio comparador ou micrômetro. Por isso, a alternativa mais imediata para a automação deste sensor consiste na troca do relógio comparador ou micrômetro por um outro tipo de transdutor onde as leituras possam ser lidas automaticamente por um sistema de aquisição de dados.

Entretanto, o custo de automação por instrumento deve ser considerado para que não se inviabilize o processo de automação da instrumentação.

Segundo FIORINI et al (2006) o custo de automação da instrumentação da instrumentação das obras civis da barragem de Itaipu foi estimado de U\$ 4.000,00 a U\$ 6.000,00 por instrumento, tomando-se como referência as automações realizadas em Xingo no Brasil e Bath Country nos Estados Unidos. No caso de Itaipu onde foram instalados 270 sensores, o custo da automação por instrumento instalado ficou em U\$ 1.636,00, considerando exclusivamente o custo dos sensores e das unidades de aquisição e um custo de U\$ 2.370,00, se considerado todo o resto.

Para a automação de um único medidor triortogonal de junta são necessários três transdutores de deslocamento. Considerando os custos unitários dos transdutores do tipo



LVDT e o de corda vibrante de cerca de respectivamente, R\$ 3.000,00 e R\$ 700,00, segundo as cotações realizadas (não incluindo-se os impostos de importação dos sensores), verifica-se que a automação desse tipo instrumento empregando transdutores de deslocamento, implica em um elevado custo de automação por instrumento.

Uma alternativa para a redução radical desses custos poderá ser conseguida com a substituição dos transdutores de deslocamento por pequenos filamentos instrumentados com extensômetros elétricos (strain gages), de acordo como mostrado na figura 3.

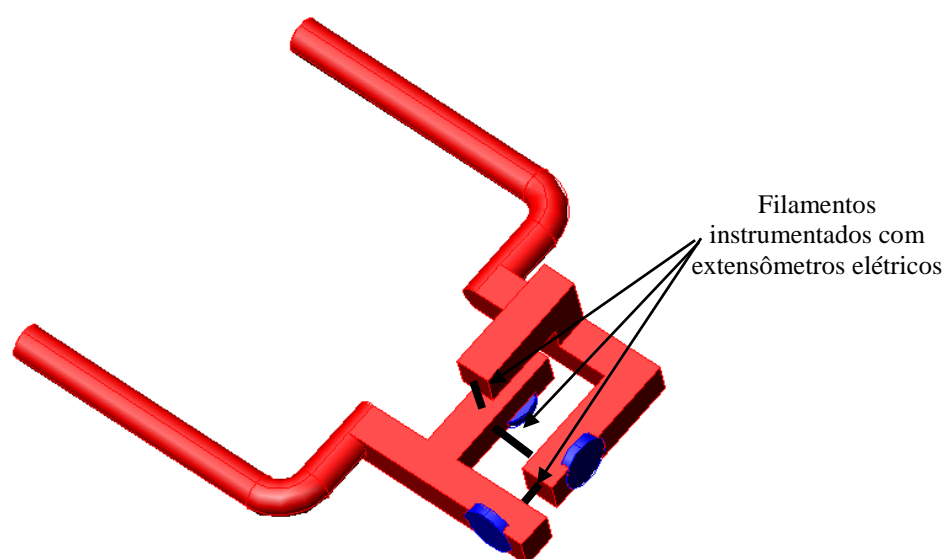


Figura 3 – Modelo geométrico tridimensional do medidor triortogonal de junta utilizado na barragem de Tucuruí

Considerando que a sensibilidade do extensômetro é da ordem de 1×10^{-6} m/m e que o maior filamento usado tem cerca de 50 milímetros de comprimento, a adaptação proposta permite facilmente a obtenção de leituras com sensibilidade menor que 0,001 milímetros. Neste caso, o sinal gerado pelos extensômetros deverá ser amplificado adequadamente e também o sistema de aquisição deverá possuir resolução compatível.

Por meio da figura 4, que mostra os deslocamentos obtidos por meio de um dos medidores triortogonais de junta do bloco BGII de Tucuruí, pode-se verificar que esse nível de sensibilidade atende perfeitamente, uma vez que os maiores deslocamentos registrados são da ordem de 1 milímetro.

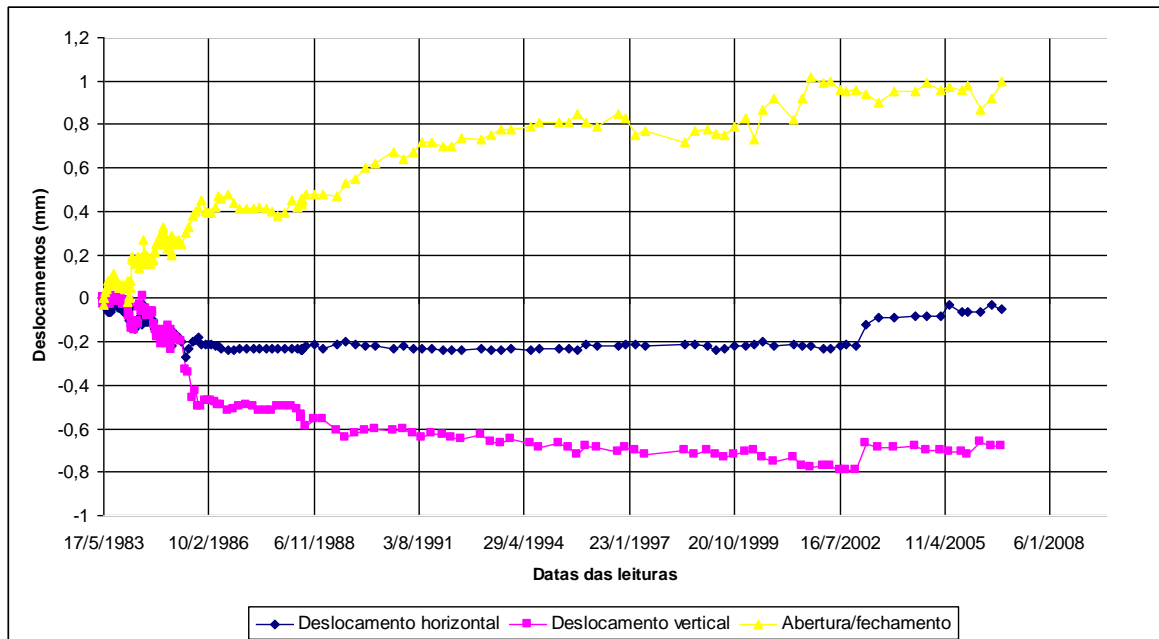


Figura 4 – Deslocamentos entre juntas do bloco BGII de Tucuruí

3 Conclusões

A automação dos medidores triortogonais de junta pode ser realizada a partir da substituição de relógios comparadores ou micrômetros por transdutores de deslocamento que permitam a realização de leituras automáticas. Entretanto, essa metodologia resulta em grandes custos de automação por instrumento, uma vez que o custo de transdutores de deslocamento é elevado e são necessários três transdutores para a automação do instrumento.

A nova metodologia proposta neste trabalho para a automação do medidor mostrou-se tecnicamente viável e com possibilidades de apresentar um custo radicalmente menor do que a solução de automação com transdutores de deslocamento. Entretanto, a nova solução ainda precisa ser testada para que possa ser implantada nas barragens de Tucuruí.



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007
SETEMBRO / 2007
ISBN: xxxxxxxxxx
@ 2007 - IBRACON



4 Referências

FIORINI, A. S; PORTO, E. C; LOPEZ P; M. A.; SILVEIRA, J. A. **ADAS – o sistema de aquisição automática de dados da instrumentação civil da barragem de Itaipu.** III Seminário sobre instrumentação de barragens, São Paulo, 2006.

FRAZÃO, S. M. **Avaliação de instrumentos para auscultação de barragem de concreto. estudo de caso: deformímetros e tensômetros para concreto na barragem de Itaipu.** Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2002.

MORAIS, E. L; ORLOWSKY, A. G; FUTAI, M. M; CHAMECKI, P. R. **Desenvolvimento de um medidor triortogonal instrumentado para monitoração de fissuras e de juntas de barragens de concreto.** II CITINEL – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2003.

SILVEIRA, J. F. A. **Instrumentação e comportamento de fundações de barragens de concreto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

VELOSO, L. A. C. M; de SOUZA, R. M; BICHARA, J. W. de B; LUZ, G. M. **Projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (P&D) para a automação da instrumentação das obras civis da UHE Tucuruí.** XXVII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belém, 2007.