

# Proposta de Desenvolvimento de um Sistema para a Coleta Automatizada de Dados em Processos de Instrumentação em Segurança de Barragens

Willian Zalewski<sup>1,2,3</sup>, Armando Albertazzi Gonçalves Jr.<sup>1,2</sup>, Hwei Diana Lee<sup>2,3</sup>,  
Feng Chung Wu<sup>2,3</sup>, Renato Bobsin Machado<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Metrologia e Automatização (LABMETRO)  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
Caixa Postal 5053 – 88040-970 – Florianópolis, SC – Brasil

<sup>2</sup>Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens (CEASB)  
Parque Tecnológico Itaipu (PTI) – Foz do Iguaçu, PR – Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Bioinformática (LABI)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Foz do Iguaçu, PR – Brasil

{wza,albertazzi}@labmetro.ufsc.br

**Abstract.** *Ensuring the integrity of dams becomes important as the exploration of hydroelectric power plants has been increased and problems related to the ageing process of the structures are observed. Thus, the instrumentation plays an important role in monitoring various parameters used for the detection of possible anomalies. These procedures involve the collection and analysis of a large amount of data, which in many cases are present errors due to the manual reading of these data. Therefore, in this work is proposed the development of an automated system to perform the data collection of instruments installed in the structure of dams.*

**Resumo.** *A importância da segurança de barragens tem sido bastante evidenciada nos últimos anos em virtude do aumento da exploração de usinas hidrelétricas e de problemas decorrentes do processo de envelhecimento das obras que estão em operação. Nesse contexto, a instrumentação desempenha um importante papel na monitoração de diversas grandezas utilizadas para a detecção de possíveis anomalias. Essa tarefa envolve a coleta e a análise de uma grande quantidade de dados, a qual em muitos casos implica no surgimento de erros devido ao processo de leitura manual. Neste trabalho é apresentada uma proposta para o desenvolvimento de um sistema automatizado para realizar a coleta de dados na instrumentação de barragens.*

## 1. Introdução

Nos últimos anos, a segurança de barragens tem se tornado um tema de grande interesse devido ao crescente número de barragens em exploração<sup>1</sup> e ao processo de deterioração, com o passar do tempo, em uma quantidade significativa dessas obras [Portela 2003]. No

---

<sup>1</sup><http://www.icold-cigb.org>

Brasil, esse tema possui maior relevância, principalmente, considerando-se a existência de um elevado número de barragens, com grande importância estratégica do ponto de vista energético, abastecimento de água e irrigação, e também com grande potencial de perdas, em caso de acidentes, em função, de suas localizações [Kuperman et al. 2003a].

Em grandes aproveitamentos hidrelétricos geralmente é empregada uma numerosa quantidade de instrumentos de auscultação, com o objetivo de supervisionar as condições de segurança da obra. O trabalho despendido na aquisição, processamento, armazenamento e análise de uma grande quantidade de leituras mensais constitui uma operação que requer um planejamento adequado, para assegurar que as informações obtidas sejam confiáveis. Nesse sentido, a automatização da instrumentação em barragens, a qual teve maior viabilidade com o desenvolvimento dos equipamentos de informática e de transmissão de dados, possibilita a análise dos dados com maior velocidade e a redução de possíveis erros que possam ser geradas durante o processo de leitura manual [Silveira et al. 1994].

No entanto, é importante ressaltar que o fato de uma barragem possuir instrumentos de auscultação não é suficiente para garantir que ações visando a sua segurança sejam tomadas em tempo hábil. É necessário que as leituras sejam feitas com frequência adequada a cada instrumento, seus dados sejam tratados e os resultados sejam convenientemente analisados. Outro ponto importante com relação à instrumentação é que esta permite a monitoração de um número limitado de regiões em uma barragem, as quais são instrumentadas de modo mais completo, pois foram consideradas pontos críticos pelos projetistas. Essa característica implica no fato de que em determinadas regiões da barragem que possam vir a ser comprometidas, não seja possível detectar anomalias [Rocha et al. 1992]. Nesse sentido, a inspeção visual, por se estender a toda a barragem, permite monitorar áreas pouco instrumentadas, sendo possível detectar deteriorações em potencial e alertar sobre condições que podem comprometer a segurança das estruturas das barragens [Balbi et al. 2003].

Este trabalho em andamento tem como objetivo apresentar uma proposta para o desenvolvimento de um sistema automatizado para realizar a coleta de dados de instrumentos para auscultação em barragens de modo a preservar a realização de inspeções visuais das estruturas.

A organização desse trabalho foi estruturada da seguinte maneira: na seção 2 é abordada a proposta de solução para o desenvolvimento do sistema, na Seção 3 é apresentada a discussão do trabalho e na Seção 4 são apresentadas as conclusões.

## **2. Proposta de Desenvolvimento do Sistema**

Este trabalho faz parte de um projeto de parceria entre o Laboratório de Metrologia e Automatização (LABMETRO) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens (CEASB) do Parque Tecnológico Itaipu (PTI).

Para o desenvolvimento do sistema automatizado de coleta de dados em instrumentos de auscultação de barragens, é proposta a realização do trabalho em três principais etapas:

1. Estudo do ambiente e de tecnologias aplicáveis;

2. Desenvolvimento de um protótipo do sistema;
3. Estudo de caso em piezômetros e pêndulos.

Na primeira etapa pretende-se realizar um estudo das condições do ambiente onde será realizado um estudo de caso com o sistema proposto. Este estudo envolve uma análise das características físicas existentes, tais como a influência da temperatura e umidade, limitações de acesso aos locais instrumentados, dos procedimentos de leitura, armazenamento e transferência dos dados coletados e também de possíveis incertezas envolvidas nesses procedimentos atualmente. Ainda nessa etapa deverá ser realizado um estudo sobre as principais tecnologias de transmissão de dados existentes atualmente. Nesse sentido, serão analisadas, principalmente as soluções comumente empregadas em condições semelhantes a desse problema na literatura e avaliadas em termos de desempenho e confiabilidade no ambiente proposto. Dentre as possíveis tecnologias de transmissão de dados que poderão ser utilizadas para o desenvolvimento da solução citam-se Wifi, BlueTooth, ZigBee, Infra-Vermelho e RFID [Montebeller 2006].

Na segunda etapa será gerado um protótipo do sistema de coleta dados, para o qual pretende-se desenvolver dois módulos:

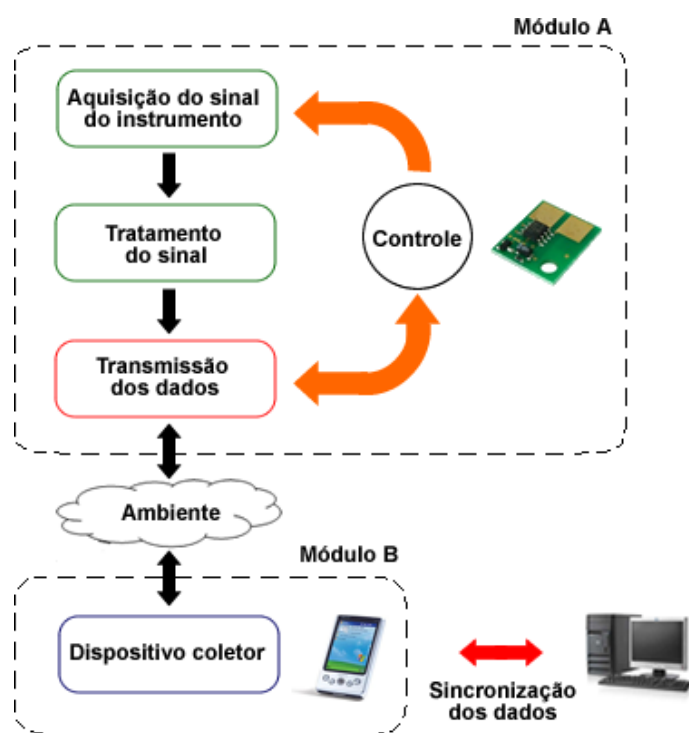
- A. Módulo de Leitura e Transmissão de Dados e
- B. Módulo Coleta de Dados.

Para o módulo A será construído um dispositivo automatizado, o qual permitirá controlar a realização das leituras dos instrumentos seguindo agendas programadas ou por meio de solicitações provenientes do módulo B. Também será responsável pelo tratamento do sinal adquirido, bem como seu armazenamento e transmissão. Nesse sentido, serão analisadas os possíveis fatores que possam influenciar na confiabilidade do sinal tratado pelo dispositivo, tais como interferências, ruídos, impedâncias e condições físicas do ambiente envolvidas.

No módulo B será desenvolvido um sistema computacional, que deverá ser utilizado em um equipamento para a coleta dos dados, o qual deverá ser construído ou implantado em outro dispositivo já existente, tal como um Personal Digital Assistant (PDA). Conjuntamente, essas duas soluções a serem desenvolvidas deverão contemplar, principalmente, os seguintes requisitos:

- O equipamento deverá ser portátil, no sentido de permitir o seu transporte através das galerias de drenagem, poços e escadas de circulação interna existentes em uma barragem;
- Coleta dos dados no campo, junto aos instrumentos ou em suas centrais de leitura;
- Armazenamento das leituras realizadas durante um período estabelecido;
- Comparação das últimas leituras com as anteriores;
- Transferência dos dados obtidos diretamente para os computadores de mesa, empregados no processamento e análise;
- Identificação automática de cada instrumento.

No caso do sistema computacional a ser desenvolvido pretende-se adequar esse sistema aos procedimentos envolvidos na coleta de dados na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional, onde será realizado o estudo de caso deste trabalho. Na Figura 1 é apresentada uma representação esquemática da solução proposta.



**Figura 1. Representação esquemática da solução proposta.**

Após a elaboração do protótipo, na terceira etapa será realizado um estudo de caso no qual o sistema será aplicado na coleta de dados de instrumentos como piezômetros e pêndulos diretos e invertidos. Os pêndulos são instrumentos de auscultação frequentemente instalados em barragens com o objetivo de se monitorar os movimentos de inclinação dos blocos (pêndulos diretos) e as deformações cisalhantes da fundação (pêndulos invertidos). Por sua vez, os piezômetros são empregados para monitorar a subpressão no ponto onde estão instalados [Silveira 2006].

A automatização e melhoria desses instrumentos são trabalhos em desenvolvimento e também fazem parte do projeto de parceria entre o CEASB e o LABMETRO.

### **3. Discussão**

O controle de segurança da barragens caracteriza-se pela manipulação de um grande volume de informação, que cresce constantemente ao longo do tempo, de tal modo que o seu tratamento e análise em tempo útil poderá ser inviabilizado, caso não se disponha das ferramentas adequadas para a sua exploração [Portela 2003].

Nesse sentido, a instrumentação tem como objetivo a mensuração das ações atuantes na estrutura e seus efeitos, por meio da disponibilidade de dados que longo do tempo possibilitem a detecção precoce de problemas potenciais. No entanto, algumas vezes a ocorrência de anomalias na barragens não pode ser observada pela instrumentação devido ao número limitado de blocos e regiões [Kuperman et al. 2003b].

As inspeções em campo e a instrumentação de auscultação das estruturas devem ser consideradas mutuamente complementares. Os dados provenientes dessas inspeções devem ser analisados conjuntamente, pois muitas vezes os problemas surgem em regiões não instrumentadas, onde apenas inspeções em campo podem detectá-las. Estas

inspeções associadas a uma análise criteriosa dos dados fornecidos pela instrumentação de auscultação da barragem, constituem a mais importante e eficiente ferramenta para a avaliação do comportamento das estruturas civis em geral. Outra premissa relevante, segundo os especialistas da área de segurança de barragens, consiste no fato de que a monitoração por um sistema exclusivamente automatizado não é recomendável. Desse modo, o plano de auscultação deve contemplar um equilíbrio entre inspeções com registro documentado das observações, instrumentação tradicional, sistemas automatizados e métodos avançados de monitoramento e investigação [Balbi et al. 2003, Piasentin 2003].

Baseando-se nas considerações mencionadas, na proposta de desenvolvimento do sistema para a coleta de dados de instrumentos discutida nesse trabalho, foi estruturado um esquema de semi-automatização da operação de aquisição de dados no campo por meio do uso de dispositivos portáteis. Com essa abordagem, espera-se eliminar os procedimentos tradicionais de anotação dos dados em folhas de papel no campo, os quais necessitam ser posteriormente transcritos de modo manual para os sistemas de análise de dados. Outra vantagem é uma maior confiabilidade por meio da redução de possíveis erros envolvidos nos processos manuais e a garantia da consolidação dos procedimentos de medição por meio do sistema computacional. Esse sistema poderá comportar as rotas de inspeção com o objetivo garantir o acompanhamento visual das estruturas e um histórico das últimas medições para orientação os técnicos durante a coleta dos dados.

#### **4. Conclusão**

Nesse trabalho foi apresentada uma proposta de um sistema automatizado para realizar a coleta de leituras de instrumentos de monitoração de barragens, tais como piezômetros e pêndulos. Nessa proposta optou-se por uma solução de automação parcial da coleta de dados da instrumentação, de maneira a continuar exigindo dos técnicos de leitura a circulação pela barragem e suas fundações, para a realização de inspeções visuais de rotina.

Desse modo, com o desenvolvimento desse trabalho, espera-se contribuir para a melhoria das condições de trabalho dos técnicos que realizam as leituras dos instrumentos e para a minimização dos erros de transcrição e processamento de dados. Também pretende-se que a solução gerada represente uma alternativa viável de implantação em novas usinas hidrelétricas e para as que já estão em operação.

#### **5. Agradecimentos**

Ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico Avançado (PDTA-FPTI/BR) e ao Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens (CEASB), pelo auxílio por meio da linha de financiamento de bolsas.

#### **Referências**

- Balbi, D. A. F., Fusaro, T. C., and Magalhães, R. A. (2003). Inspetor - sistema inteligente de controle e segurança de barragens. In *XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 230–248.
- Kuperman, S. C., Cifu, S., Moretti, M. R., Re, G., Pereira, P. N., dos Santos, R. P., and Ferreira, V. V. F. (2003a). Reavaliação da segurança e dos valores de controle da

- instrumentação das estruturas civis da uhe juruminim. In *XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 164–180.
- Kuperman, S. C., Moretti, M. R., Cifu, S., Celestino, T. B., Re, G., and Zoeller, K. (2003b). Critérios para fixação de valores limites da instrumentação civil de barragens de concreto e de terra. In *XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 81–96.
- Montebeller, S. J. (2006). Estudo sobre o emprego de dispositivos sem fios na automação do ar condicionado e de outros sistemas prediais. Master's thesis, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, Brasil.
- Piasentin, C. (2003). Considerações sobre a importância das observações visuais na auscultação de barragens. In *XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 149–163.
- Portela, E. A. (2003). Sistemas de apoio à decisão: aplicação ao controle de segurança de grandes barragens. In *XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 287–302.
- Rocha, R., Sacoda, G. M., da Silva, G. G., Quintanilha, J. A., Fuks, J. L., and Nakandakari, M. K. (1992). Aplicação de um sistema computacional para tratamento e análise quantitativa de resultados de instrumentação de barragens. In *XX Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 71–78.
- Silveira, J. F. A. (2006). *Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Entroncamento*. Oficina de Textos, 1 edition.
- Silveira, J. F. A., de Souza, R. B., de Castro Oliveira, T., and Lopes, A. M. (1994). A automação da instrumentação da uhe de xingó e os custos envolvidos. In *XXI Seminário Nacional de Grandes Barragens*, pages 111–119.