

GPR na identificação de instrumentações enterradas em barragem de terra - estudo de caso Barragem do Chasqueiro

LEONARDO ABREU HERNANDES¹; JEANDERSON LIMA DA SILVA²; KARINA RETZLAFF CAMARGO³; ALEXANDRE FELIPE BRUCH⁴

¹Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – leonardoabreuherndes@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – jeandersonlima.s@outlook.com

³Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – karinacamargo@furg.br (Orientadora).

⁴Universidade Federal de Pelotas (UFPEl) – afbruch@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As barragens desempenham um papel crucial na retenção de água ou qualquer outro líquido (rejeitos, detritos, entre outros). Os reservatórios podem ser destinados a diversas finalidades, como o controle de cheias, irrigação, geração de energia, dentre outros. Por isso a segurança dessas estruturas tem sido uma preocupação crescente ao longo do tempo. Inicialmente, a inspeção visual era o principal método utilizado para garantir a segurança das barragens. Entretanto, este método apresenta limitações para avaliar parâmetros complexos, como percolação e estado de tensões. Assim, atualmente, as diretrizes internacionais e nacionais recomendam o monitoramento de barragens também por meio de instrumentações adequadas, conforme SNISB (2016).

A Barragem do Chasqueiro, localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, é um exemplo desse tipo de estrutura e é administrada pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM). Entretanto, como o projeto original da barragem previa mais instrumentações do que aquelas detectáveis por inspeção visual na crista do barramento, este trabalho utiliza um modelo de *Ground Penetration Radar* (GPR), um equipamento geofísico que manuseia ondas eletromagnéticas de alta frequência para identificar anomalias em subsuperfície.

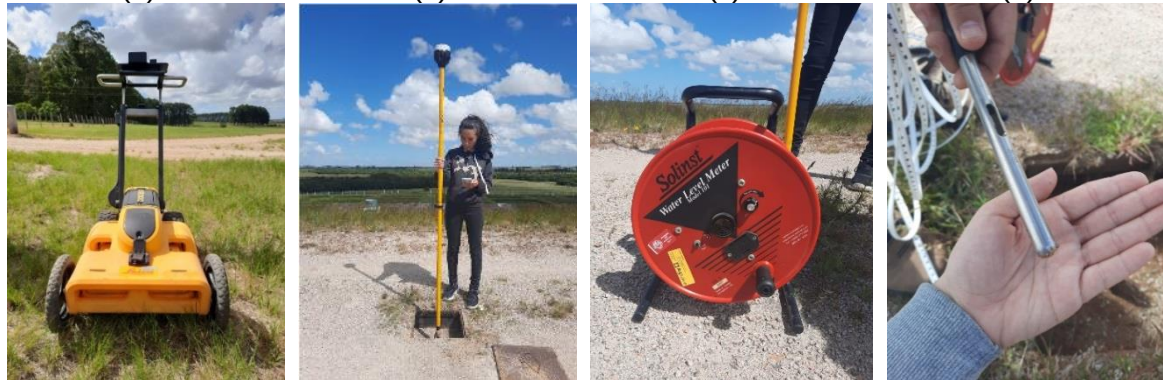
2. METODOLOGIA

O estudo envolveu a aplicação de um GPR, disponibilizado para esta pesquisa pela empresa riograndina Geotop. O modelo utilizado (Figura 1a), Leica **DS** 2000, possui uma antena de dupla frequência. Enquanto a antena de 700 MHz detecta alvos pequenos localizados em subsuperfície entre 2 e 3 m de profundidade, dependendo das condições do solo, a antena de 250 MHz detecta alvos maiores, os quais podem estar localizados a até 5 m de profundidade. Para o georreferenciamento das posições foi utilizado um receptor geodésico GNSS (*Global Navigation Satellite System*) com recepção de correções em tempo real – RTK/GSM (*Real Time Kinematic/Global System for Mobile*), ilustrado na Figura 2a. Foi utilizado o método relativo em tempo real, através da conexão móvel (*rover*) conectado a uma base geodésica conhecida do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), localizada no município de Pelotas e foi utilizado para tal conexão via telefonia móvel. A base possui coordenadas conhecidas vinculadas ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro).

A leitura da profundidade dos níveis piezométricos foi realizada com o auxílio de um medidor de nível de água fabricado pela empresa Solinst®, modelo *Water Level Meter 101*, o qual foi disponibilizado para esta pesquisa pela ALM e está

representado na Figura 1c. O equipamento possui uma fita milimetrada de 10 mm de largura, a qual é ligada a um sensor (Figura 1d) que ao ser introduzido nos poços piezométricos emite um sinal sonoro ao detectar o nível de água.

Figura 1 – Equipamentos utilizados: (a) GPR; (b) receptor GNSS; (c) medidor de nível piezométrico; e (d) detalhe do sensor de nível piezométrico.

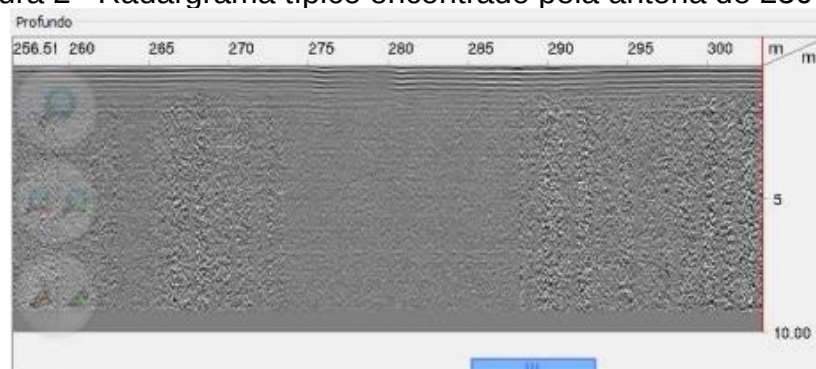


Fonte: Os Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

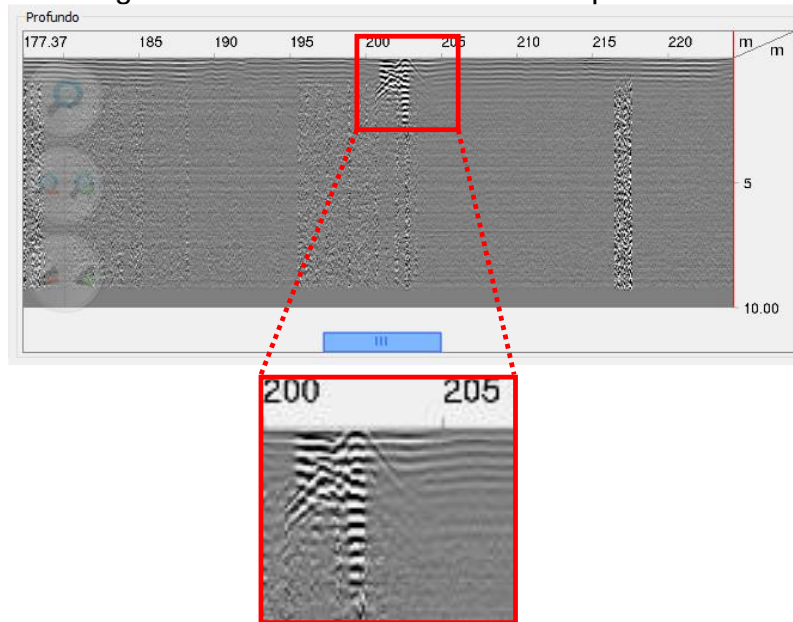
Foram realizados ensaios com caminhamentos nas direções longitudinal e transversal ao barramento. Longitudinalmente foram realizados caminhamentos ao longo da porção central da crista da barragem, na crista próximo ao talude de montante e na crista próximo ao talude de jusante e transversalmente foram realizados ensaios em 30 seções de cerca de 10 m de comprimento cada uma. Assim, considerando-se as duas direções, totaliza-se 3.930 metros de caminhada com o equipamento GPR. Apesar do radargrama típico (Figura 2), em nove posições, as quais puderam ser locadas uma vez que os perfis com GPR foram geodesicamente referenciados, foram identificadas anomalias nos perfis, as quais são exemplificadas na Figura 3. Como seis destas anomalias correspondem a piezômetros detectados por inspeção visual na crista da barragem, foi realizada uma nova saída de campo à Barragem do Chasqueiro para a verificação dessas 3 anomalias não identificadas, com o auxílio de pás e picaretas, foi escavados os pontos locados correspondentes as anomalias detectadas pelo GPR na crista do barramento e conforme ilustrado na figura 4 e 5 essas anomalias se tratavam de 2 marcos de superfície e 1 piezômetro (Figura 4 e 5). A Tabela 1 apresenta as coordenadas das instrumentações encontradas com o auxílio dos dados de GPR.

Figura 2– Radargrama típico encontrado pela antena de 250 MHz



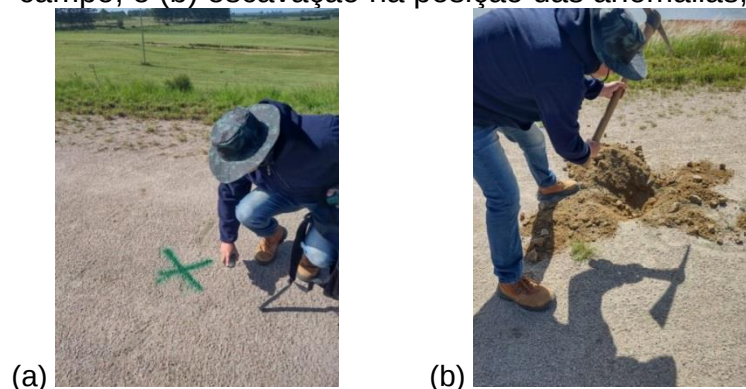
Fonte: Os Autores

Figura 3 – Radargrama com anomalia encontrado pela antena de 250 MHz



Fonte: Os Autores

Figura 4 – (a) Identificação das anomalias identificadas pelos radargramas em campo; e (b) escavação na posição das anomalias;



Fonte: Os Autores

Figura 5 – Instrumentações encontradas com o auxílio de GPR: (a) piezômetro; (b) marco de superfície 01; e (c) marco de superfície 02.



Fonte: Os Autores

Tabela 01: Coordenadas UTM das instrumentações encontradas

Instrumentação	x (m)	y (m)	z (m)
Piezômetro	310204,3200	6439539,0900	46,00
Marco de superfície 01	310162,6550	6439512,726	46,05
Marco de superfície 02	310076,9630	6439459,4960	46,15

A Tabela 02 apresenta os dados das leituras dos níveis piezométricos, indicados em termos de altitude, nas quatro saídas de campo à Barragem do Chasqueiro realizadas por este trabalho.

Tabela 02: Altitude dos níveis piezométricos (m)

Piezômetro	05/11/2022	27/01/2023	01/04/2023	11/07/2023
1	35,10	35,11	35,10	10,79
2(*)		26,99	26,99	19,37
3	27,66	28,36	27,83	18,54
4	25,59	25,37	25,19	20,80
5	24,46	24,41	24,39	21,49
6	26,35	26,36	26,46	19,32
7	32,96	33,01	33,01	12,24

(*) encontrado com auxílio de dados de GPR

4. CONCLUSÕES

O uso do GPR demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a identificação de instrumentações enterradas em barragem de terra. Isso permitiu a localização de um piezômetro e dois marcos de superfície que estavam ausentes no sistema de monitoramento da barragem. Além disso, essas instrumentações agora fazem parte do programa de monitoramento, auxiliando na avaliação da segurança e estabilidade da barragem ao longo do tempo. Destaca-se que este trabalho é parte de um projeto mais amplo que envolve a aplicação de técnicas geotécnicas e geotecnologias como ferramenta de auscultação da Barragem do Chasqueiro. O qual vem sendo desenvolvido pelo grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG e pesquisadores parceiros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB - **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens**. Brasília – DF ANA 2016