

**USO DE GPR PARA A IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO EM
SUBSUPERFÍCIE NA BARRAGEM DO CHASQUEIRO - ARROIO
GRANDE/RS/BRASIL****GPR USE FOR SUBSUPERFICIAL INSTRUMENTATION
IDENTIFICATION IN CHASQUEIRO DAM - ARROIO
GRANDE/RS/BRAZIL****UTILIZACIÓN DEL GPR PARA LA IDENTIFICIÓN DE LA
INSTRUMENTACIÓN SUBTERRÁNEA EN LA REPRESA CHASQUEIRO -
ARROIO GRANDE/RS/BRASIL**

Jeanderson Lima da Silva¹; Karina Retzlaff Camargo²; Gilberto Loguércio Collares³; Alexandre Felipe Bruch⁴.

¹ Universidade Federal do Rio Grande - jeandersonlima.s@outlook.com

² Universidade Federal do Rio Grande - karinaretzlaff@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas - gilbertocollares@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas - afbruch@gmail.com

Resumo: A Barragem do Chasqueiro, localizada em Arroio Grande/RS/Brasil, é uma barragem de terra e tem como objetivo principal aumentar a disponibilidade hídrica na região e garantir o aproveitamento racional de recursos de água e solos para o desenvolvimento da agricultura irrigada. Inaugurada em 1984 sob responsabilidade da antiga SUDESUL (Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul), desde 1994 passou a ser administrada pela ALM (Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim). Por isso, desde então, entre outras avaliações de monitoramento, a agência vem realizando medidas nos piezômetros instalados no barramento. Entretanto, eram previstos em projeto básico mais instrumentações do que as monitoradas pela ALM. Assim, este trabalho faz uso um equipamento do tipo *Ground Penetration Radar* (GPR), um equipamento geofísico que se utiliza da propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência em subsuperfície para a identificação de instrumentações previstas em projeto básico, mas não identificáveis através de inspeção visual na Barragem. O comprimento total analisado, considerando as direções longitudinal e transversal ao barramento, foi de 3.930 m. Os dados foram referenciados geodésicamente com o auxílio de um receptor geodésico, o que permitiu a identificação da localização das anomalias detectadas nos radargramas. Assim, com a realização desta pesquisa foram detectados um piezômetro e dois marcos de superfície que estavam enterrados. Estas instrumentações já foram incluídas no sistema de monitoramento do barramento.

Palavras-chave: Barragem do Chasqueiro. Georadar. Instrumentação. Barragem de Terra. Piezômetro. Marco de Superfície.

Abstract: The Chasqueiro Dam, located in Arroio Grande/RS/Brazil, is an earth dam whose main function is to increase water availability in the region and ensure the rational use of water and soil resources for the development of irrigated agriculture. Inaugurated in 1984 under the responsibility of SUDESUL (Southern Region Development Superintendence), since 1994 it has been administered by ALM (Mirim Lagoon Development Agency). Therefore, since then, among other monitoring assessments, the agency has been reading the piezometers installed on the dam. However, the initial project included more instrumentations than that monitored by ALM. Thus, this paper makes use of a Ground Penetration Radar (GPR), a geophysical equipment that uses the propagation of high frequency electromagnetic waves in the subsurface to identify instrumentation foreseen in the initial project, but not identifiable through visual inspection at the dam. The total length analyzed, considering longitudinal and transverse

directions to the dam, was 3930 m. The data were geodesically referenced with the aid of a geodetic receiver, which allowed the identification of the location of the anomalies identified on the radargrams. As a result, a piezometer and two surface markers that were buried were detected. These instrumentations have already been included on the dam monitoring system.

Key words: Chasqueiro Dam. Georadar, Instrumentation. Earth dam. Piezometer. Superficial mark.

Resumen: La Represa Chasqueiro, ubicada en el distrito de Arroio Grande/RS/Brasil, es una represa de tierra que tiene como principal objetivo aumentar la disponibilidad de agua en la región y garantizar el uso racional de los recursos hídricos y de suelo para el desarrollo de la agricultura irrigada. Inaugurada en el año 1984 bajo la responsabilidad de la antigua SUDESUL (Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul), y desde el año 1994 es administrado por la ALM (Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim). De esta manera, desde entonces, entre otras evaluaciones de seguimiento, la agencia viene realizando mediciones en los piezómetros instalados en la represa. Sin embargo, en el proyecto inicial se estimó mayor cantidad de equipamientos con la que cuenta actualmente la ALM, para el monitoreamiento. En este contexto, este trabajo utiliza un equipamiento del tipo *Ground Penetration Radar* (GPR), un equipo geofísico que utiliza la propagación de ondas electromagnéticas de alta frecuencia en el subsuelo, para la identificación de la instrumentación establecida en el proyecto inicial pero no identificable mediante la inspección visual en la represa. La longitud total analizada considerando los sentidos longitudinal y transversal a la represa, fueron de 3.930 metros. Los datos fueron referenciados geodésicamente con la ayuda de un receptor geodésico, el cual permitió identificar la ubicación de las anomalías identificadas en los radargramas. Por lo tanto, con esta investigación se detectó un piezómetro y dos marcadores de superficie que estaban enterrados. Estos instrumentos ya han sido incluidos en el sistema de monitoreo de la represa.

Palabras llave: Represa Chasqueiro. Georadar. Instrumentación. Represa de tierra. Piezómetro. Marcador de superficie.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de construídas com as melhores técnicas de engenharia da sua época, houve falhas em barragens ao longo do tempo e, devido a isso, essas estruturas tem recebido de forma crescente, por parte de autoridades e profissionais envolvidos, maior atenção com respeito à segurança (HARTFORD, 2004). De acordo com Teixeira (2013), segurança de barragens corresponde à capacidade da barragem de satisfazer exigências de comportamento necessárias, ou seja, apresentar desempenho capaz de evitar acidentes ou incidentes relacionados a aspectos estruturais, econômicos, ambientais ou sociais e, ainda, manter os riscos em níveis aceitáveis, já que não é possível manter a sua completa segurança.

A segurança de barragens, em seus primórdios, era realizada por um procedimento denominado "Inspeção Visual", no qual um profissional experiente se deslocava pelo barramento, verificando de forma visual a integridade estrutural externa ou no interior de galerias. Embora este

método, aplicado por profissional experiente e conhecedor do empreendimento, obtenha informações valiosas sobre a condição física da estrutura, os itens mais complexos, tais como percolação, poropressões e estado de tensões não podem ser determinados sem a utilização de equipamentos adequados, no caso a instrumentação (YANMAZ E ARI, 2011).

A *United States Society of Dams* (USSD, 2008) e o Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB, 2006) recomendam que os procedimentos de segurança contemplem inspeção e programas de monitoramento, baseados em instrumentos de auscultação adequados. Desta forma, o monitoramento de barragens é a principal ferramenta de avaliação de suas condições de segurança. Segundo Gaioto (2003), a instrumentação se refere ao conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações que tem como objetivo monitorar o desempenho das estruturas através da medição de parâmetros, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar as condições de segurança do empreendimento.

A Barragem do Chasqueiro (Figura 1), localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, no município de Arroio Grande (Figura 2) e o sistema de irrigação a ela associado são obras públicas, das quais a Fundação Universidade Federal de Pelotas é responsável pela administração, na forma do decreto Nº 1148 de 26 de maio de 1994. Segundo informações de relatório técnico da Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), ALM (2023), este distrito visa aumentar a disponibilidade hídrica na região e garante o aproveitamento racional de recursos de água e solos para a implantação da agricultura irrigada. A agência ainda entende que a existência deste barramento foi e é prioritária para o desenvolvimento da microrregião da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, a qual depende direta ou indiretamente desta forma de agricultura. Esta é uma barragem de terra, cujo projeto data da década de 1970.



Figura 1 - Barragem do Chasqueiro: (a) vista geral; e (b) detalhe do vertedouro.

Fonte: os autores

A equipe técnica da ALM é a responsável pelo monitoramento da barragem, sendo a administração e fornecimento de água terceirizados à Cooperativa dos Proprietários do Distrito de Irrigação da Barragem do Arroio Chasqueiro (COODIC). Por isso, ao longo dos anos, entre outras avaliações de monitoramento, a agência vem realizando medidas nos piezômetros instalados no barramento. Ao todo, seis piezômetros são monitorados pela ALM. Entretanto, conforme indicação do projeto básico (SONDOTÉCNICA, 1976), eram previstos mais piezômetros e marcos de superfície. Embora, a localização exata destas instrumentações não esteja indicada no projeto básico. Por isso, este trabalho utiliza um modelo de *Ground Penetration Radar* (GPR), ou Georadar, um equipamento geofísico que se utiliza da propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência em subsuperfície, para a identificação das instrumentações previstas em projeto básico, mas não identificáveis através de inspeção visual na Barragem do Chasqueiro, a exemplo dos trabalhos de Roncato *et al.* (2017), Rodrigues (2018), Albuquerque *et al.* (2019), entre outros.

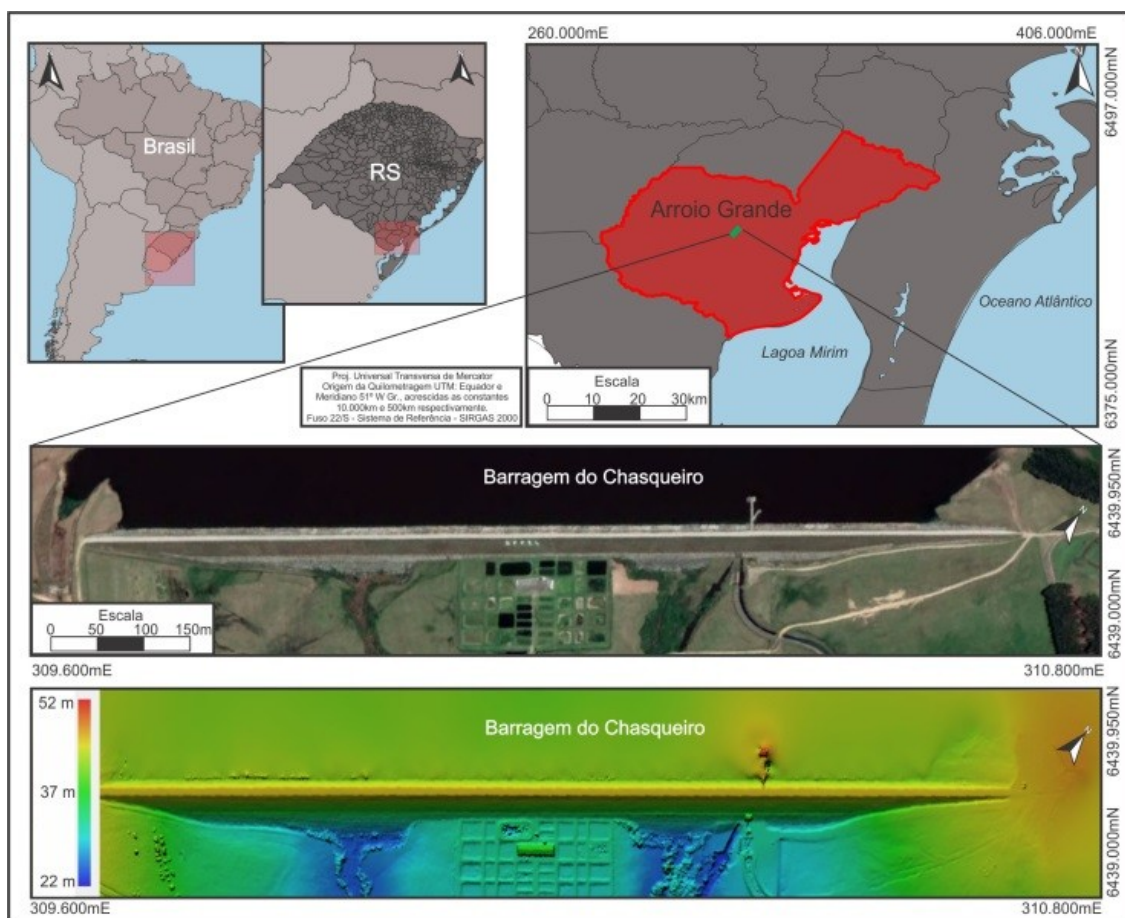


Figura 2 - Localização da Barragem do Chasqueiro.

Fonte: os autores

2. CENÁRIO DE ESTUDO

Segundo ALM (2023), a região agrícola na qual se insere a Barragem do Chasqueiro, é favorável à agricultura do arroz irrigado, a qual, juntamente com a pecuária, são as principais atividades econômicas desta região. Entretanto, antes da construção da barragem, ou seja, até o ano de 1985, a região possuía limitações ditadas principalmente pelo sistema de captação de águas fluviais e lagunares, o qual era baseado no sistema de elevação moto-mecânica. Este sistema foi substituído pela elevação por gravidade, com o intuito de eliminar a dependência de combustíveis fósseis e assim minorar a vulnerabilidade da região a crises energéticas. Portanto, foi implementado o projeto DIBAC (Distrito de Irrigação do Arroio Chasqueiro), o qual foi realizado em consonância com o Plano de Desenvolvimento Integrado da Bacia da Lagoa Mirim – São Gonçalo, possui caráter binacional e considera fundamentos, objetivos e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos. O DIBAC é constituído por terras irrigáveis às margens do Arroio Chasqueiro, distante cerca de 10 km da sede do município de Arroio Grande e 70 km de Pelotas, principal polo geoeconômico da zona sul do Estado do Rio Grande do Sul e a Barragem do Chasqueiro, parte do projeto e objeto de estudo deste trabalho, está em operação desde 1985 e localiza-se na Bacia Hidrográfica do Arroio Chasqueiro (BHAC).

A BHAC é uma das Sub-Bacias da Bacia Hidrográfica Mirim – São Gonçalo (Figura 3), possui uma área aproximada de 260 km², com área de montante da barragem de 240 km², sendo que destes, 115 km² correspondem ao próprio Arroio Chasqueiro e 125 km² ao Arroio Chasqueirinho (BONCZYNSKI, 2023).

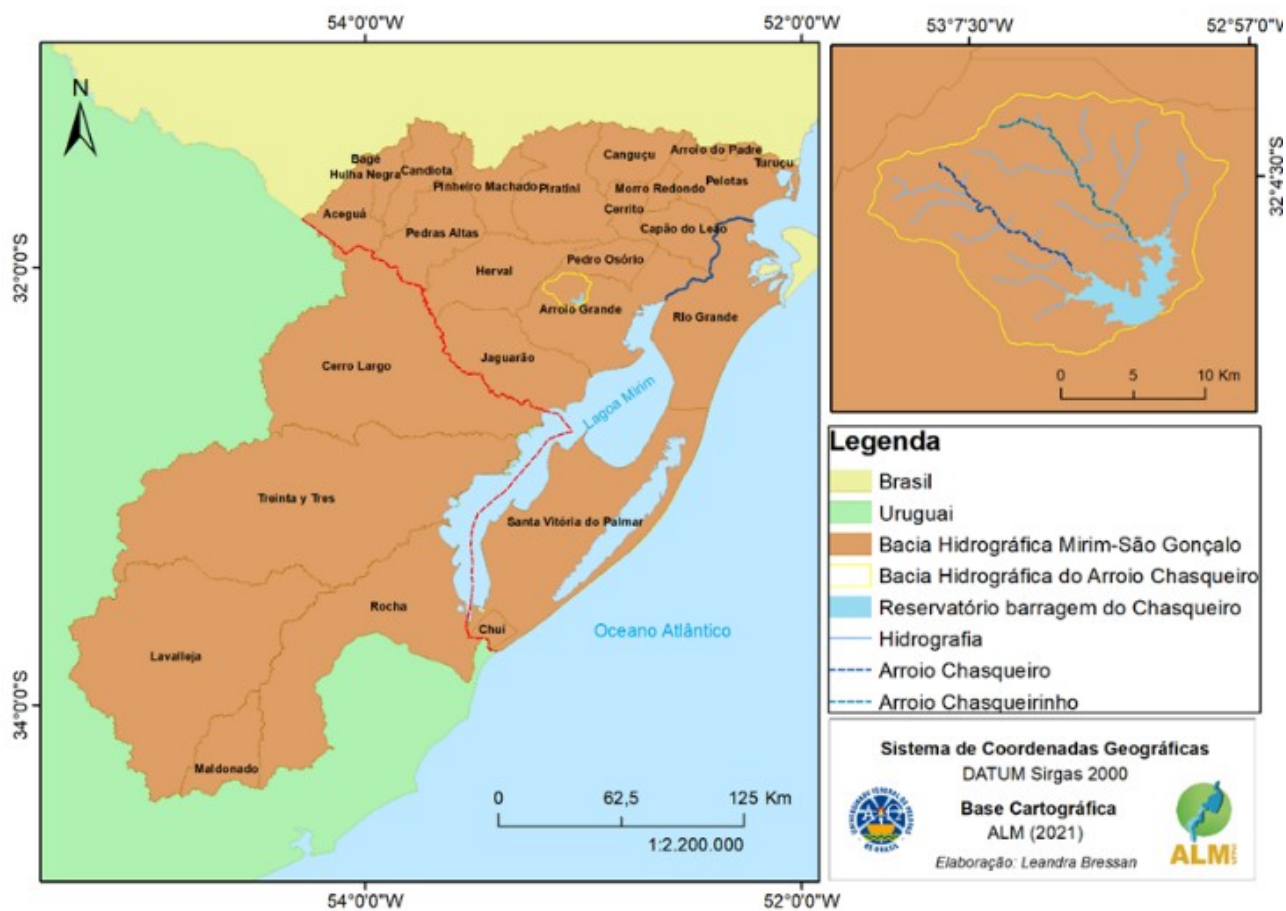


Figura 3 - Mapa de localização do médio-alto curso da Bacia do Arroio Chasqueiro
Fonte: ALM (2023)

De acordo com o projeto da Barragem do Chasqueiro, descrito em Sondotécnica (1976) e disponibilizado pela ALM para a realização deste trabalho, o Projeto Chasqueiro compreende uma barragem de terra e estruturas hidráulicas conexas, além do distrito de irrigação, constituídos de canais e obras pertinentes. O Quadro 1 apresenta dados do projeto básico, onde NA corresponde à nível d'água e TR à tempo de retorno.

De acordo com o projeto básico, além dos vertedores de serviço e emergência e da tomada de água, o sistema hidráulico foi concebido com uma barragem de terra, de seção homogênea de solo compactado proveniente da escavação dos vertedores e empréstimos, com filtros internos para drenagem e proteção dos taludes de montante e jusante, protegidos por *rip-rap*. O maciço incorpora, a montante, um tapete impermeável executado com solo compactado e, a jusante, ensecadeiras. O solo utilizado para a construção do maciço é silto-argiloso compactado, com largura de crista de 9 m pavimentado com macadame hidráulico. O talude de montante, com declividade 3:1 (h:v) é protegido das ondas do reservatório, no trecho compreendido entre a crista e o início do tapete impermeável, por enrocamento (*rip-rap*) separado do maciço por filtros de

transição. O talude de jusante, com inclinação 2:1 e 2,5:1 é protegido da ação erosiva das águas da chuva por enrocamento de pedras, separado do maciço por filtros de transição. Este talude possui na central do maciço, uma berma de equilíbrio para incorporar a ensecadeira de jusante prevista por ocasião do desvio.

QUADRO 1. Caracterização da Barragem do Chasqueiro

Característica	Dimensão
Cota de coroamento	45,60 m
Cota do NA máximo	43,54 m
Cota do NA normal	42,00 m
Cota do NA mínimo	32,16 m
Volume útil do reservatório	107 hm ³
Volume morto do reservatório	13 hm ³
Volume total do reservatório	146 hm ³
Altura máxima da barragem	22 m
Comprimento do coroamento	1.200 m
Volume do maciço compactado	1.300.00 m ³
Descarga máxima da tomada de água na barragem	9 m ³ /s
Capacidade do vertedouro de serviço (TR = 500 anos)	60 m ³ /s
Capacidade máxima dos vertedores	160 m ³ /s
Área do reservatório NA máximo	19 km ²
Área do reservatório NA mínimo	17 km ²

Fonte: SONDOTÉCNICA (1976)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 4 mostra um dos piezômetros detectáveis na crista da Barragem do Chasqueiro. Assim, presumiu-se que as instrumentações que se acreditava que estivessem enterradas deveriam ter a mesma geometria e material construtivo, em metal e com tampa, e estavam a pequenas profundidades da crista do barramento. Por isso, para a realização dos ensaios com GPR foi selecionado o modelo de equipamento DS 2000 produzido pela empresa *Leica®* e disponibilizado para esta pesquisa pela empresa rio-grandina Geotop e que é mostrado na Figura 5. Este é um equipamento com 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 até 5 m de profundidade. Assim, entende-se tratar-se do equipamento ideal para a identificação das instrumentações.

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), o qual também aparece na Figura 4. O receptor é da marca *Emlid*®, modelo *Reach RS2*, bandas L1 e L2 e multi-constelação (GPS, GLONASS, BeiDou e Galileo). 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/RS (RSPE) e foi utilizado para tal conexão via telefonia móvel. A base possui coordenadas conhecidas vinculadas ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro). O registro dos pontos de controle com o GNSS *rover* foi realizado após as ambiguidades serem resolvidas e a posição ser obtida através de solução fixa, ou seja, com precisões horizontais e verticais dentro dos limites de aceitação do fabricante. O sistema de referência geodésico utilizado foi o SIRGAS 2000 e a projeção utilizada é a UTM, em seu fuso 22S. Como referência para as altitudes, optou-se pelo modelo de conversão de altitudes *hgeoHNOR 2020* do IBGE, o qual foi inserido na coletora *Emlid Flow* para smartphone do receptor RS2, o que resultou, assim, em altitudes normais.



Figura 4 - Piezômetro detectável na crista da Barragem do Chasqueiro
Fonte: os autores

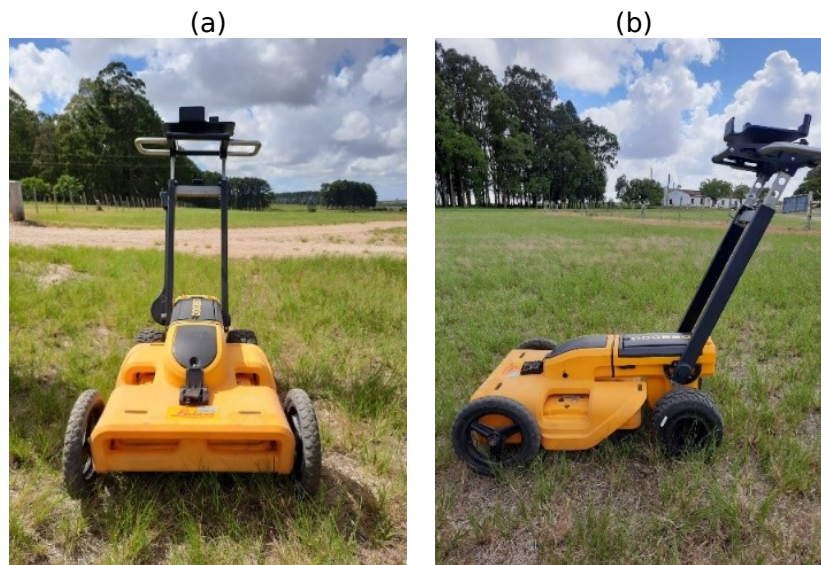


Figura 5 - GPR DS 2000: (a) vista frontal; e (b) vista lateral.
Fonte: os autores

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 (Figura 6). O equipamento possui uma fita milimetrada de 10 mm de largura, a qual é ligada a um sensor que ao ser introduzido nos poços piezométricos emite um sinal sonoro ao detectar o nível de água. Os sensores são constituídos de aço inoxidável e revestidos em polietileno.

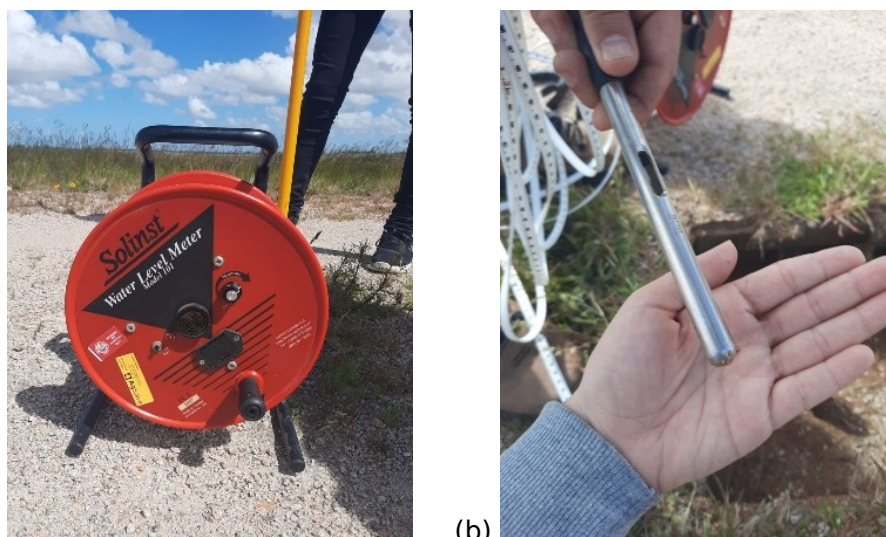


Figura 6 - Medidor de nível: (a) vista frontal; e (b) detalhe do sensor.
Fonte: os autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O caminhamento com o equipamento GPR foi realizado nas direções longitudinal e transversal ao barramento, conforme mostra a Figura 7. Para a realização do caminhamento na direção longitudinal, o comprimento do barramento foi dividido em três seções, chamadas de GC1, GC2 e GC3. A GC1 tem 441,5 m de comprimento, enquanto a GC2 tem 387 m e a GC3 tem 391,5 m. Para cada uma destas seções longitudinais foram realizados caminhamentos próximo ao talude de montante (LTM - longitudinal talude montante), ao talude de jusante (LTJ - longitudinal talude jusante) e na porção central da crista (LCC - longitudinal crista central), totalizando 3.660 m de caminhamento. Foram realizados 30 caminhamentos transversais (11 na GC1, 9 na GC2 e 10 na GC3), com comprimento aproximado de 9 m cada um. Assim, o comprimento total analisado transversalmente ao barramento foi de 270 m. O comprimento total analisado, considerando as direções longitudinal e transversal ao barramento, foi de 3.930 m. A Figura 8 apresenta, como exemplo, resultados típicos encontrados na área de estudo, como exemplo a seção LCC do trecho GC2.



Figura 7 - Caminhamento com o GPR nas direções: (a) longitudinal; e (b) transversal ao barramento.

Fonte: os autores

Apesar dos radargramas típicos exemplificados na Figura 8, em três posições, as quais puderam ser locadas uma vez que os perfis com GPR foram geodesicamente referenciados, sendo identificadas anomalias nos perfis analisados. Estas anomalias, exemplificadas na Figura 9, encontravam-se em seções LCC. Observa-se que, como as anomalias ocorrem próximo à superfície, elas puderam ser identificadas pelos

radargramas produzidos pelas duas antenas do equipamento (250 e 700 MHz).

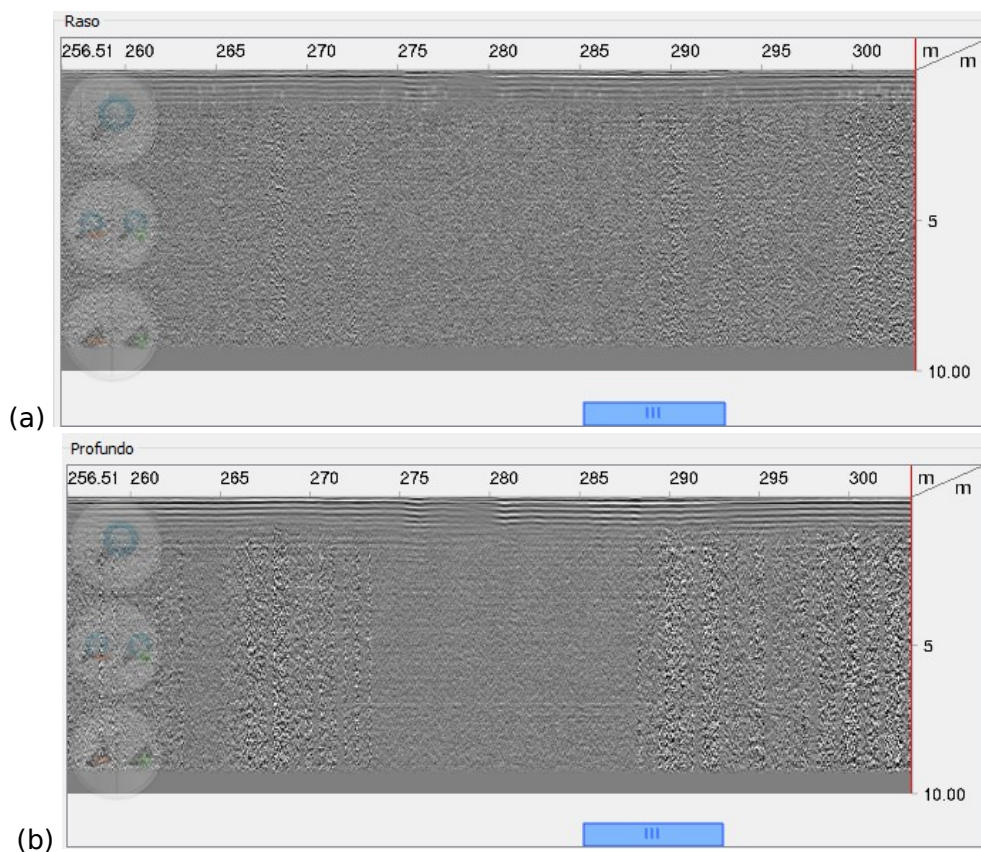


Figura 8 - Radargrama típico encontrado na região de estudo pela: (a) antena de 700 MHz; e de (b) antena de 250 MHz.

Fonte: os autores

Após a identificação das anomalias nos radargramas, assim como da sua localização, foi realizada uma nova saída de campo à Barragem do Chasqueiro. Assim, com o auxílio dos dados do georreferenciamento realizado na primeira etapa, as posições das anomalias na crista da barragem foram identificadas, conforme ilustra a Figura 10. Em seguida, com o auxílio de pás e picaretas, a crista da barragem, nas posições das anomalias, foi superficialmente escavada e foram encontrados um piezômetro e dois marcos superficiais, conforme mostra a Figura 11. A Tabela 2 apresenta as coordenadas projetadas UTM (fuso 22), das instrumentações encontradas com o auxílio dos dados de GPR.

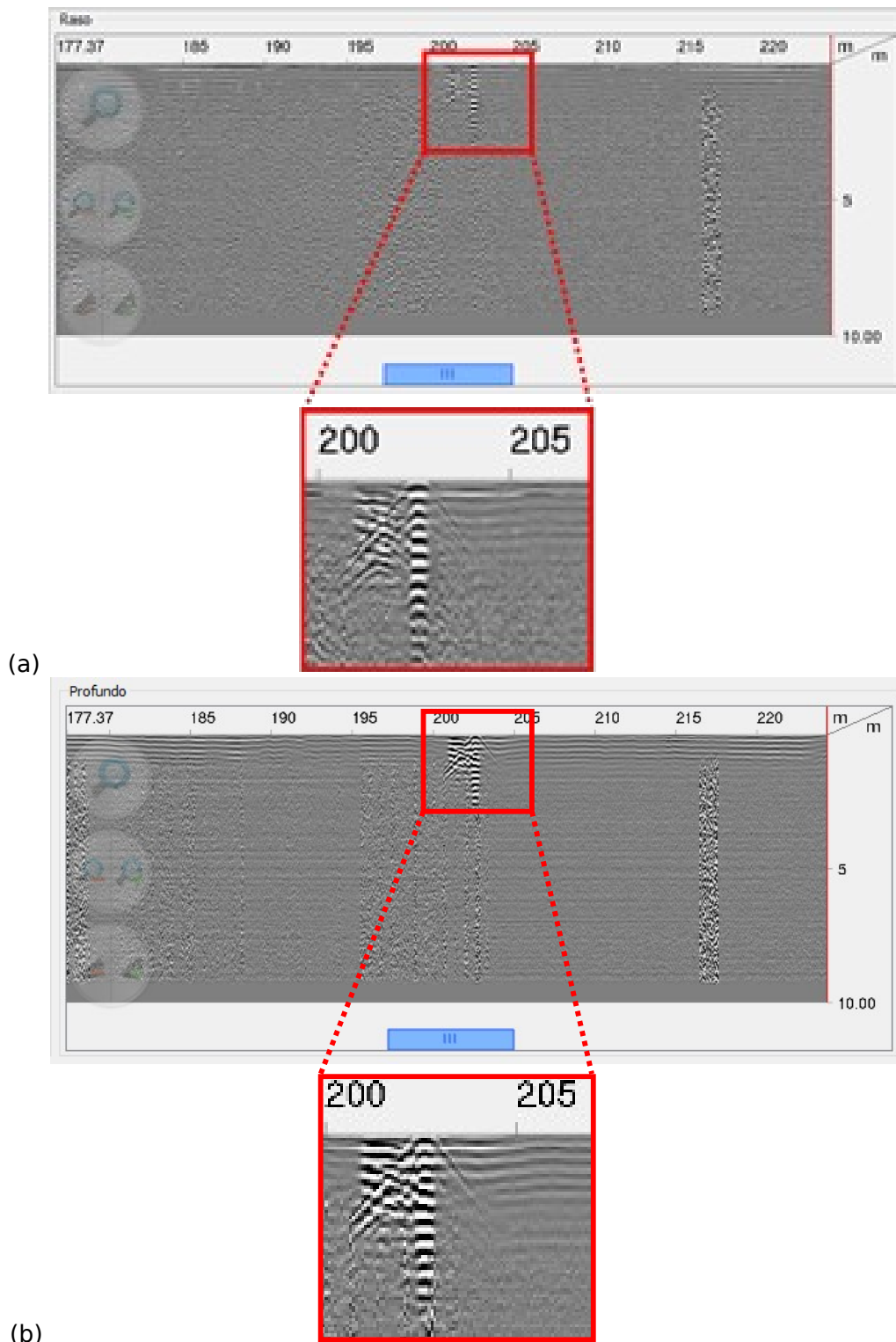


Figura 9 - Radargrama com anomalia encontrado na região de estudo pela: (a) antena de 700 MHz; e de (b) antena de 250 MHz.

Fonte: os autores

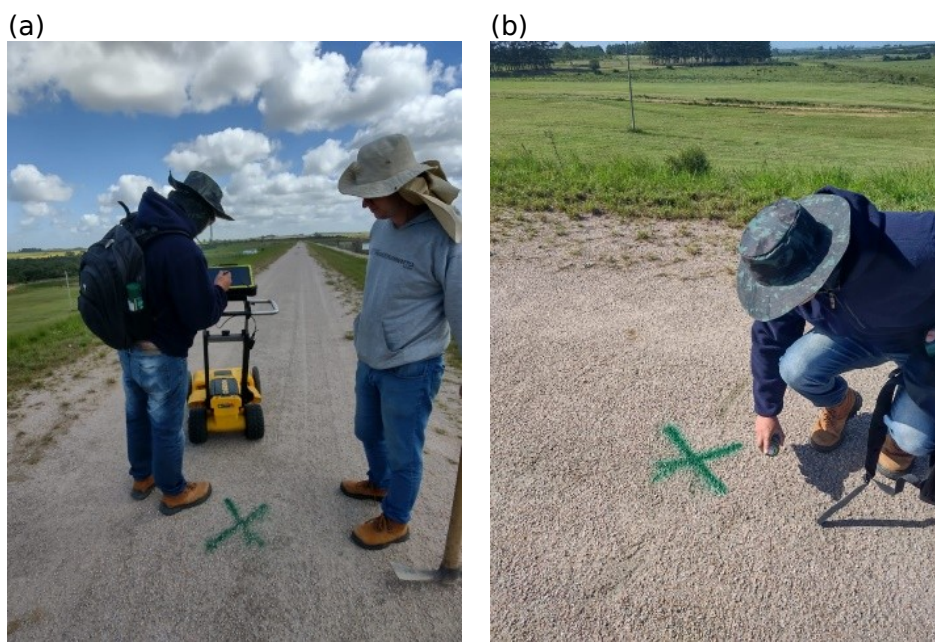


Figura 10 - Localização das anomalias identificadas nos radargramas.
Fonte: os autores

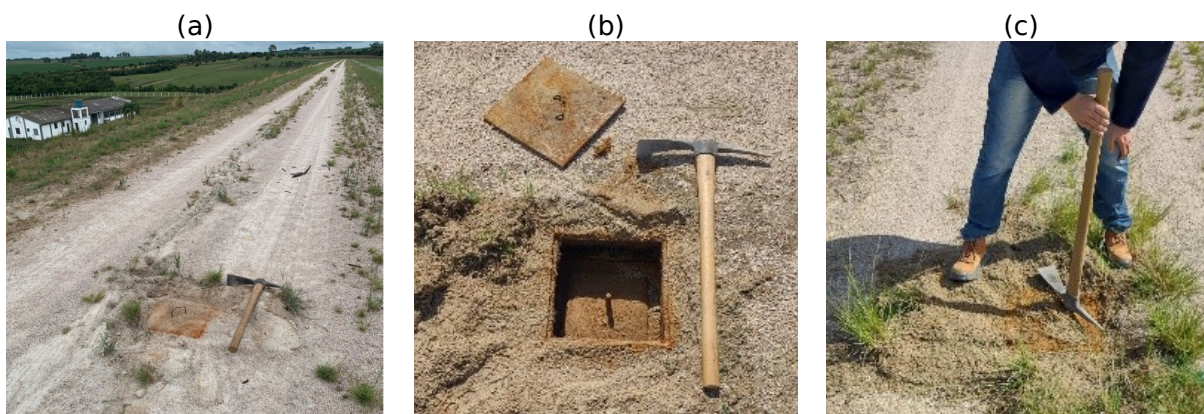


Figura 11 - Instrumentação encontrada com o auxílio do GPR: (a) piezômetro; (b) marco de superfície 01; e (c) marco de superfície 02.
Fonte: os autores

QUADRO 2. Coordenadas UTM das instrumentações encontradas com o auxílio do GPR.

Instrumentação	x (m)	y (m)	z (m)
Piezômetro	310204,3200	6439539,090 0	46,00
Marco de Superfície 01	310162,6550	6439512,726 0	46,05
Marco de Superfície 02	310076,96,3 0	6439459,496 0	46,15

Fonte: os autores

Segundo Sondotécnica (1983), em Relatório de Visita de Inspeção às Obras, o qual também foi disponibilizado para esta pesquisa pela ALM, os marcos de superfície previstos em projeto não haviam sido instalados. Entretanto, como tais marcos, em sua maioria pretendiam verificar eventuais sinais de instabilidade por cisalhamento da fundação durante a construção e a barragem, à época do relatório, já estava praticamente concluída, entendia-se como dispensáveis aqueles previstos no talude de montante e na berma de equilíbrio. Entretanto, o relatório sugeria a instalação de marcos de superfície na crista da barragem para verificação dos recalques e alinhamentos da mesma durante o enchimento do reservatório e ao longo da vida útil da obra. Assim, entende-se que os dois marcos de superfície encontrados com o auxílio dos dados de GPR foram instalados pós 1983, por indicação de Sondotécnica (1983).

O Quadro 3 apresenta os dados das leituras dos níveis piezométricos, indicados em termos de altitude, nas três saídas de campo à Barragem do Chasqueiro realizadas por este trabalho.

QUADRO 3. Altitude dos níveis piezométricos (m)

Piezômetro	Material	05/11/2022	27/01/2023	01/04/2023
1	Sedimento	35,10	35,11	35,10
2 (*)	Água		26,99	26,99
3	Água	27,66	28,36	27,83
4	Água	25,59	25,37	25,19
5	Água	24,46	24,41	24,39
6	Água	26,35	26,36	26,46
7	Sedimento	32,96	33,01	33,01

(*) encontrado com auxílio de dados de GPR.

Fonte: os autores

5. CONCLUSÕES

A Barragem do Chasqueiro tem significativa relevância socioeconômica na região em que se localiza, no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul. O equipamento GPR apresentou viabilidade técnica para identificar os instrumentos não possíveis de identificação por inspeção visual na crista da barragem, mediante identificação de anomalias nos radargramas. Com este procedimento foram encontrados um piezômetro e de dois marcos de superfície que estavam enterrados, os quais já passaram a integrar o programa de monitoramento realizado pela ALM. Assim, além das medidas dos níveis piezométricos, os dois marcos passaram a integrar o programa de monitoramento de recalques por nivelamento geométrico, com uso de nível laser digital e taqueômetro

eletrônico.

Destaca-se que o equipamento GPR escolhido para esta pesquisa, o modelo DS 2000 mostrou-se adequado para a detecção dos instrumentos e que ambas as antenas (de 700 e 250 MHz) foram capazes de detectar os instrumentos, tendo em vista a pequena profundidade da crista que estes estavam.

Convém destacar que este trabalho é composto por dados preliminares de um projeto maior que vem sendo desenvolvido por uma parceria estabelecida entre pesquisadores do Grupo de Geotecnia da Universidade Federal de Rio Grande - FURG, ALM da UFPel, NEPE-HidroSedi (Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Hidrometria e Sedimentologia) da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, pesquisadores do curso de Engenharia Geológica da UFPel e a empresa rio-grandina Geotop - Geotecnia e Topografia. Este grupo de estudos pretende fazer uso de ferramentas geotécnicas e geotecnologias, entre elas os métodos geofísicos e aerofotogramétricos, como ferramenta de auscultação da Barragem do Chasqueiro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA LAGOA MIRIM - ALM. Diagnóstico e Prognóstico do Distrito de Irrigação do Arroio Chasqueiro. **Relatório Técnico**. No prelo. 2023.

ALBUQUERQUE, R.; BRAGA, M. A.; OLIVEIRA, L. A.; DIAS, L. S. O.; ALMEIDA, L. A. P.; OLIVEIRA, A. H.; BRANDÃO, S. Caracterização de barragens de rejeitos usando geofísica rasa: aplicação na Barragem B1 de Cajati, São Paulo. **Anuário do Instituto de Geociências**. Vol. 42 - 1/2019. DOI: https://doi.org/10.11137/2019_1_567_579.

BONCZYNSKI, R.G. **Diagnóstico físico-conservacionista da bacia hidrográfica do Arroio Chasqueiro, Arroio Grande/RS**. Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Dissertação de Mestrado. No prelo. 2023.

BRASIL. **Decreto Nº 1.148 de 26 de maio de 1994**. Brasília - DF. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=1148&ano=1994&ato=20bkXTq1UNFpWTd68>. Acesso em 06 de abril de 2023.

COMITÊ BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS – CBGB. **Sistemas de monitoramento automático das barragens, recomendações e exemplos**. CIGB/ICOLD. Boletim 118. 2006.

GAIOTO, N. **Introdução ao Projeto de Barragens de Terra e Enrocamento**. Editora EESC-USP. São Carlos/SP. 2003.

HARTFORD. **Risk and uncertainty in dams safety**. ASCE Press. Reston. USA. 2004.

RODRIGUES, C. T. **Geofísica aplicada à investigação de barragem de rejeito BR, do Complexo de Mineração de Tapira, Minas Gerais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Graduação em Geologia. 2018.

RONCATTO, J.; PRODOCIMI, G.; MIRANDA, F.; VITORINO, J. Geophysical survey for the study of saturates zones in Earth Dam, Quadrilátero Ferrífero Region, Brazil. **Anais...** 15th International COngress of the Brazilian Geophysical Society e EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brasil. 2017.

SONDOTÉCNICA. Projeto Básico do Distrito de Irrigação do Arroio Chasqueiro. **Relatório Técnico**. 1976.

SONDOTÉCNICA. Relatório de visita de inspeção às obras do Distrito de Irrigação do Arroio Chasqueiro. **Relatório Técnico**. 1983.

TEIXEIRA, W.L. **Um estudo das condições de percolação e estabilidade em barragens de terra mediante métodos geofísicos: caso do dique de Sant Llorenç de Montgai - Espanha**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Tese. 188 p. 2013.

YANMAZ, M.A.; ARI, O.A. A study on dam instrumentation retrofitting. **Journal of Civil Engineering**. Nº 15, p 317 – 325. 2011.

UNITED STATES SOCIETY OF DAMS – USSD. Why include instrumentation in dam monitoring programs? **USSD Committee on Monitoring of Damns and Foundations**, Denver, CO, 13 p. 2008.