



Investigação do conteúdo de sepultura por meio de Geofísica

Lúcia Maria da Costa e Silva (Serviço Geológico do Brasil, SUREG-BE)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The remains of those buried at the Tapanã Municipal Cemetery in Belém, in the state of Pará, Brazil, are removed to public or private ossuaries after five years. Due to saponification, this is not always possible, as was the case with the body buried on July 24, 2002 in grave 70/SQ10/Q18. On December 13, 2014, the family of the buried party discovered that another body also occupied said grave, without the prior return of their family member's remains. The use of GPR, at the request of the Public Ministry and City Hall, showed that the 2014 burial took place over the body buried in 2002.

Introdução

No Cemitério do Tapanã (Pará), Quadra 18, Subquadra 10, Sepultura 70, que aqui passará a ser referida como S70, foi realizado um sepultamento no dia 24 de julho de 2002.

Nesse cemitério rotativo, os restos de adultos são removidos das sepulturas após cinco anos e encaminhados para o ossuário geral ou particular. A exumação, contudo, nem sempre é possível porque o clima úmido da região e o manto de intemperismo rico em argila favorecem o fenômeno da saponificação, responsável pela preservação do corpo da putrefação.

No dia 3 de janeiro de 2013, o cemitério emitiu declaração que a exumação do sepultado na S70 continuava impossível, devido a sua preservação. No dia 23 de janeiro de 2015, contudo, a família do sepultado deparou-se com outro sepultamento na S70 realizado em 13 de dezembro de 2014, sem que os funcionários do cemitério soubessem informar o destino dos restos do seu familiar.

Ministério Público acionado conduziu a prefeitura, devido à impossibilidade legal de escavação da S70 antes de completados cinco anos do último sepultamento, a solicitar o apoio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em face ao reconhecimento deste como parceiro para investigações de subsuperfície em diferentes escalas.

Método

O método geofísico padrão para esse tipo de investigação é o Radar de Penetração do Solo ou simplesmente GPR, que é não destrutivo e não invasivo do meio e

fornece alta resolução. O método é tratado em detalhe em Annan (2001), Daniels (2004) e outros.

O GPR emprega a propagação no meio de pulsos eletromagnéticos de frequência entre 10 MHz a 4 GHz (Georadar, 2005). Uma antena emite o pulso direcionado ao terreno. Contrastes nas propriedades elétricas do terreno e de alvos (em especial permissividade dielétrica e condutividade elétrica) causam padrões de reflexões dos pulsos distintos, que permitem caracterizar diferentes meios. O pulso refletido é recebido por outra antena (ou pela mesma antena), gerando um registro na vertical sob a forma de uma onda eletromagnética lançada com a amplitude e o tempo (da ordem de nanossegundos) decorrido entre a transmissão e a reflexão do pulso. O tempo pode ser convertido em profundidade, conhecendo-se a velocidade da onda eletromagnética na subsuperfície.

Hipóteses sobre o conteúdo da S70

Para o conteúdo da cova S70 duas hipóteses foram levantadas: ela abrigaria um só corpo ou dois corpos.

No primeiro caso, o corpo sepultado em 2014 estaria localizado aproximadamente no centro da área que abriga a S70 a sete palmos (1,6 m) de profundidade com seu topo cerca de 20 cm acima de 1,60 m.

No caso em que a S70 abrigasse dois corpos, o corpo enterrado em 2002 estaria a 1,6 m de profundidade. O topo desse corpo, provavelmente já sem a maior parte da massa mole, estaria cerca de 10 cm acima de 1,60 m. O corpo enterrado em 2014, por sua vez, estaria disposto sobre o anterior, mas pouco acima do mesmo (logo, sua base estaria acima de 1,50 m) até a profundidade rasa típica dos enterramentos criminosos que é cerca de 0,5 m, pois o odor do necrochorume é facilmente perceptível em profundidade inferior (seu topo, portanto, estaria a profundidade de 0,5 m ou abaixo desta).

Era possível também que os dois corpos tivessem sido colocados lado a lado a 1,6 m de profundidade. Uma combinação dessas situações seria também plausível, ou seja, os dois corpos estarem dispostos um sobre o outro, mas com alguma distância lateral entre eles, além de inclinados em relação a horizontal e a vertical.

Outras complicações no caso da S70 abrigar dois corpos poderiam existir. O corpo sepultado em 2014, por exemplo, como não teria atingido a fase de esqueletização, atenuaria muito mais a penetração da onda do que o corpo mais antigo, podendo blindar o sinal deste último, como a argila fartamente visível pela superfície do cemitério.

A investigação com o GPR de um só corpo é simples em termos de detecção e resolução. A presença de dois corpos nas condições da S70 e na presença de argila,

contudo, pode tornar a investigação difícil, não tendo sido encontrada na bibliografia.

Equipamentos e levantamento de dados

Foram testados o GPR SIR-3000 da Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI) (EUA) com antenas de 400 MHz (modelo 5.103) adquirido pela UFPA bem como o ProEx com monitor XV e antenas de 250 MHz da MALÅ Geoscience (Suécia) adquirido pelo Serviço Geológico do Brasil. Em ambos, as antenas transmissora e receptora estão dispostas a uma distância fixa (afastamento comum) em caixa blindada.

A profundidade de penetração para a frequência central de 400 MHz é estimada em até 4 m pela GSSI (GSSI, 2015). MALÅ Geoscience não fornece esse tipo de informação. A GSSI, contudo, estima que antenas de 270 MHz atinjam até 6 m e as de 200 MHz, até 9 m. Logo, para 250 MHz, a profundidade de penetração seria, no máximo, pouco superior a 6 m.

A resolução vertical teórica para o meio de 0,075 m/ns (Nascimento, 2009) de velocidade, ou seja, a menor distância em profundidade entre dois corpos para eles poderem ser distinguidos antes de passarem a ser visualizados como apenas um alvo, é 4,7 cm usando-se a antena de 400 MHz e 7,5 cm com 250 MHz. A resolução horizontal, distância mínima entre dois objetos paralela à superfície para que o GPR possa distingui-los, varia com

a profundidade e é inferior à resolução vertical. A 0,5 m de profundidade é igual a 22 cm com a antena de 400

MHz e 27 cm com 250 MHz; já a 1,5 m de profundidade, ela aumenta para 38 cm com 400 MHz e para 47 cm com 250 MHz (Annan, 2001).

Os dados aqui considerados foram obtidos com o SIR-3000 no dia 4 de fevereiro de 2016 por equipe composta pelos geofísicos do Serviço Geológico do Brasil Marcus Ferreira, Bruce Chiba e a autora deste, com apoio da Agência Distrital de Icoaraci e da Guarda Municipal.

Foram levantadas no modo tempo 14 linhas de 1,54 m transversais à posição do sepultamento mais recente, espaçadas de 20 cm, nomeadas de 0 a 260, de acordo com sua distância em centímetros à base, nomeada como a linha mais distante da passarela (Fig. 1). Como os corpos são sepultados com os pés mais próximos das passarelas, as linhas de 0 a 260 deveriam rastrear corpos na ordem cabeça aos pés.

Tratamento dos dados

O pré-processamento envolveu:

- 1) conversão de formato;
- 2) interpolação de traços e
- 3) ajuste de tempo zero/correção estática.



Figura 1 – Levantamento. Linha amarela cheia: 1ª. linha, com o equipamento em seu final. Linha amarela tracejada: última linha. O sentido do levantamento é dado pelas setas nas duas linhas. Passarela ao fundo.

O processamento, por sua vez, constou de:

- 1) representação tempo-espaco voltada à identificação da profundidade máxima de interesse, tendo sido usado 0,085 m/ns a partir de ajuste de hipérbole obtido sobre objeto enterrado;
- 2) remoção do ganho automático para estudo de índice superficial de abertura de cova recente;
- 3) filtragens (dewow e mediana);
- 4) aplicação de ganho desenhado manualmente para:
 - i) preservar parcialmente índice superficial de abertura de cova recente;
 - ii) preservar um primeiro alvo e, especialmente,
 - iii) enfatizar sinal abaixo deste, caso existisse, até o limite da profundidade de interesse.

A figura 2(a) mostra exemplo de radargrama bruto e a figura 2(b), o mesmo radargrama após o processamento. A posição dos retângulos mostrados nas figuras 2(b) e 2(c) foram obtidas após remoção de ganho (item 2 acima) e repassadas para o radargrama resultante de todo o processamento. Os resultados permitiram construir gráficos com radargramas brutos, tratados sem ganho de 0 a 60 cm (para estudo de abertura da cova superficial), para facilitar a interpretação minuciosa exigida pelo presente trabalho.

Finalmente, a Figura 2(d) ilustra linha sem a presença das assinaturas para efeitos de comparação. Deve ser observado que o terreno já havia sido revolvido antes de 2002, pois sua inauguração e, portanto, ocupação das sepulturas data de 1996.

Interpretação

Os radargramas mostram, após as ondas diretas, a presença de acamamento até cerca de 30 cm, truncado de S70-060 a S70-200 pela cova recente, como exemplificada pelos radargramas das figuras 4(b), (c) e (d).

Entre cerca de 30 e 80 cm, o solo provavelmente mais coeso, rico em argila, blinda o sinal. Isso vai ocorrer de novo abaixo de cerca de 1,60-1,70 m.

Após 2 m, o sinal é sugestivo da presença de Grês do Pará, cuja existência é constatada na área. Essa rocha ferruginosa não-laterítica, composta de grânulos de quartzo em cimento de oxí-hidróxidos de ferro, é resistiva, por isso fornece sinal sem atenuação.

Entre cerca de 80 cm a 1,60 m, ocorre uma zona de sinais heterogêneos. A assinatura 1 é encontrada de S70-060 a -180 e é correlacionável a diferentes partes de corpo, tomando-se como base resultados de estudos teóricos e de campo (Hammon et al., 2000, Nascimento, 2009 e Brasil, 2013). A figura 2(b) e a 2(c) mostram, por exemplo, sinal correlacionável a tronco e tronco com membros, respectivamente. A profundidade do topo desse corpo é incontestavelmente muito rasa: ela varia de cerca de 0,78 a 0,85 m.

A assinatura 2 remete a material disperso e descontínuo nos radargramas S70-040 até, provavelmente, S70 -220. A profundidade do topo de todos os vestígios varia de

1,35 a 1,45 m, o que estaria de acordo com sepultamento na profundidade padrão de 1,60 m.

A interpretação permitiu tabelar o posicionamento e identificação das partes do corpo 1 e o posicionamento dos restos do corpo 2.

Finalmente, deve ser mencionado que a velocidade encontrada para o subsolo de 0,085 m/ns é muito próxima daquela determinada por Nascimento (2006). A diferença reside, provavelmente, na área da S70 estar menos próxima do nível hidrostático (menor umidade) do que a área de Nascimento (op. cit.).

Conclusões

Após os trabalhos efetivados, concluiu-se que a assinatura 1 foi gerado por sepultamento a profundidade que varia de cerca de 0,78 a 0,85 m, pois depende da parte do corpo responsável que a provocou. Os radargramas permitiram, inclusive, diferenciar zonas de posicionamento de cabeça, tronco, tronco e membros e membros.

Essa profundidade rasa sugere que algum tipo de obstáculo impediu o seu aprofundamento, mas essa área não apresenta dificuldade para a escavação.

Por outro lado, a assinatura 2 é compatível com restos esparsos de um segundo corpo com topo entre 1,35 e 1,45 m, este sim enterrado à profundidade de 1,60 m.

Os trabalhos mostraram também que largura e comprimento da cova são muito inferiores ao padrão exigido. Para identificar as dimensões praticadas, a remoção de ganho (item 2 do processamento) mostrou-se extremamente útil.

A despeito das condições amazônicas (umidade excessiva e argila abundante) e da dificuldade que representa a detecção e a resolução de dois alvos na S70, o GPR com antena de 400 MHz logrou êxito na tarefa.

Agradecimentos

Aos geofísicos Marcus Ferreira e Bruce Chiba pelo levantamento de dados, à Agência Distrital de Icoaraci, na figura de sua assessora Maria José de Souza Rodrigues, pela organização do apoio ao levantamento de dados por parte do pessoal do cemitério bem como da Guarda Municipal, bem como a estes. Os dados deste trabalho foram liberados para divulgação por todos os órgãos envolvidos, aos quais agradecemos também. Finalmente, à Geofísica da UFPA pelo empréstimo do equipamento GSSI para comparação com os resultados do MALÃ.

Referências

- ANNAN, A.P.** 2001. Ground Penetrating Radar Workshop Notes. Ontario, sensor & Sof-tware Inc. 192 p.
- BRASIL, D.L.** 2013. *Investigação geofísica forense e antropológica com o método GPR no cemitério do*

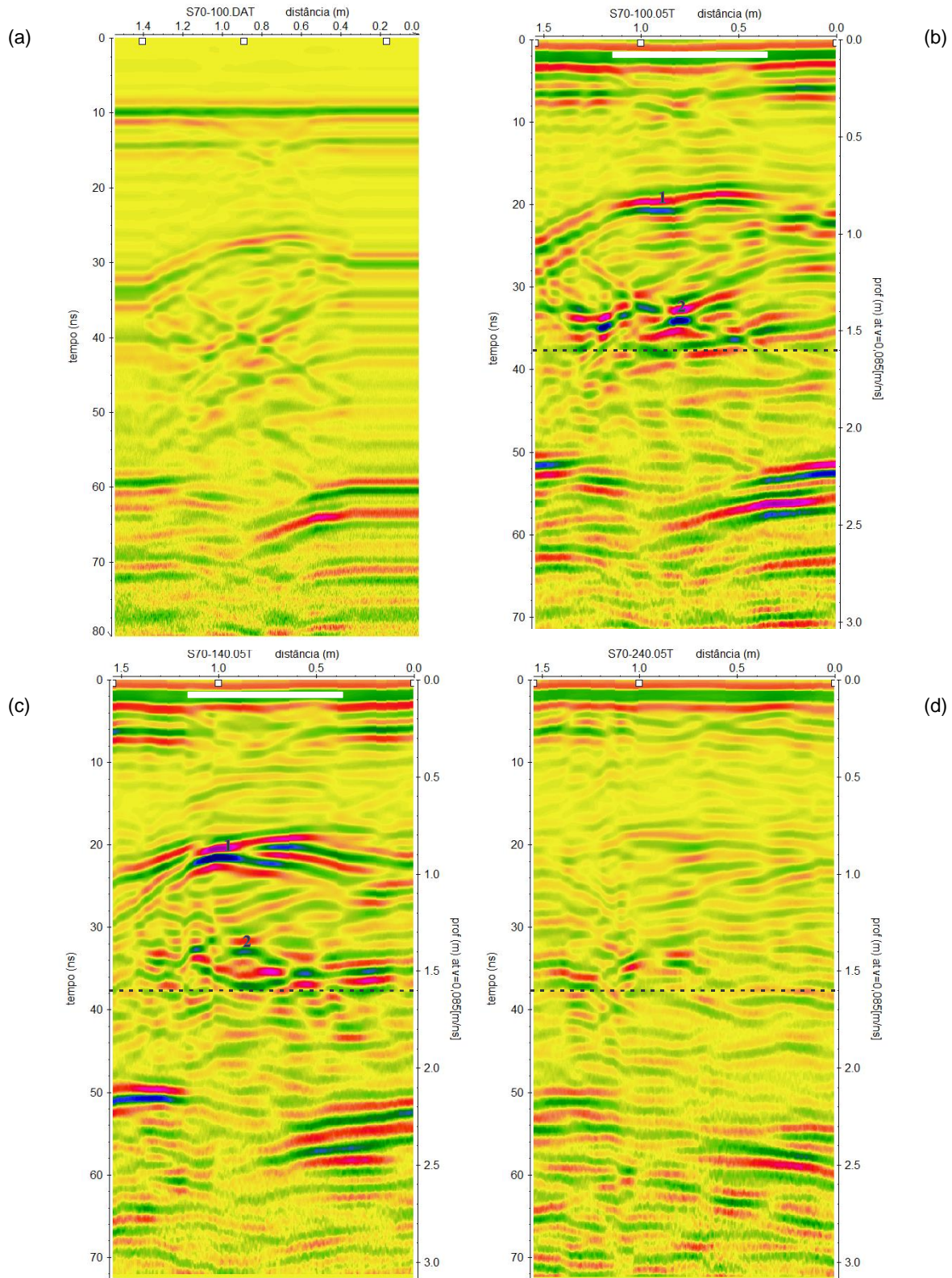


Figura 2 – Radargramas. Bruto: (a) 100. Processados: (b) 100, (c) 140 e (d) 240. Pequenos quadrados brancos: 0m, 1 m, 1,54 m após interpolação. Linha tracejada: profundidade máxima de interesse. Retângulo branco: indício superficial de abertura de cova recente. Índícios de corpos: 1 e 2.

Tapanã e no cemitério perdido de Mosqueiro (Belém, Pará). Dissertação de Mestrado em Geofísica – Programa de Pós-Graduação em Geofísica, IG/UFGA. Belém. 94 p.

DANIELS, J.D. 2004. Ground Penetrating Radar. 2nd ed. London, The institution of Electrical Engineers. 734 p.

Geo-radar. 2005. GPR- How it Works? Disponível em www.georadar.pl/en/methods/geo-radar/working/. Acesso em 03/05/2016. 1 p.

GSSI. 2015. Antennas. Disponível em www.geophysical.com/Documentation/Brochures/GSSI-AntennasBrochure.pdf. Acesso em 03/05/2016. 4 p.

HAMMON III, W.S.; McMECHAN, G.A.; ZENG X. 2000. Forensic GPR: Finite-Difference Simulations of Responses from Buried Human Remains. *Journal of Applied Geophysics*, 45: 171-186.

NASCIMENTO, W.G. 2009. *Investigação geofísica ambiental e forense com os métodos radar e LIN nos cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém, Pa)*. Dissertação de Mestrado em Geofísica – Programa de Pós-Graduação em Geofísica, IG/UFGA. Belém. 153 p.