



FORAMB: campo de testes controlados para Geofísica Forense, Ambiental e de Resgate

Lúcia Maria da Costa e Silva¹, * Waldemir Gonçalves Nascimento², José Gouvêa Luiz¹, Anderson Antonio Santiago da Costa³ & Clístenes Pamplona Catete², 1 – Faculdade de Geofísica, 2 – Curso de Pós-Graduação em Geofísica, 3 – Faculdade de Geofísica, IG/UFPA

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Este trabalho resgata algumas das pesquisas que conduziram à criação do campo de testes controlados de Geofísica Forense, Ambiental e de Resgate (FORAMB) da Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), descreve a implantação do campo de testes e as investigações já realizadas.

Introdução

A partir do início da década de 90, várias pesquisas sobre cemitérios de Belém do Pará começaram a ser conduzidas na UFPA (Nascimento 1991, Fonseca 1994 e Braz et al. 1996, entre outros). Essa era uma tendência observada também em outras universidades, entre as quais se destaca a Universidade de São Paulo, com os trabalhos coordenados pelo geólogo Alberto Pacheco a partir de fins da década de 80.

Entre os diferentes impactos dos cemitérios, ganhava destaque o impacto ambiental relacionado à contaminação do solo e especialmente da água pelo necro-chorume, líquido rico em microorganismos que proliferam durante a decomposição dos corpos bem como pelos que já estavam alojados nos corpos e podem, inclusive, ter sido a causa mortis. A patogenicidade do necro-chorume é muito superior à do lixo hospitalar, mas os cuidados com restos humanos recebiam até recentemente pouca atenção no Brasil. Observa-se ainda que cemitérios, a princípio afastados, acabam, em espaços de tempo cada vez menores, ilhados dentro de bairros, e essa aproximação dos mortos aos vivos já resultou em várias epidemias como a da mortal febre tifóide de cemitérios da Alemanha (Berlim) e França (Paris e outras cidades).

Em 1995, o cemitério do Bengui, em Belém do Pará, começou a ser alvo de pesquisa geofísica da UFPA acompanhada pelo Ministério Público e a SEICOM (Secretaria Estadual de Indústria, Comércio e Mineração) (Carvalho Jr. & Silva 1996, Carvalho Jr. & Silva 1997, Carvalho Jr. 1997). Seus resultados tiveram consequências inéditas: i) motivaram o fechamento definitivo do

referido cemitério em 1º de janeiro de 1997 e ii) ajudaram na elaboração de lei estadual para a instalação de cemitérios horizontais ambientalmente corretos e inspiraram a previsão, nessa lei, da utilização da geofísica nos projetos de instalação (Damasceno et al. 1996). O modelo geofísico apontou que o cemitério poderia estar contaminando as águas que se dirigem para a zona habitada, permitindo compreender resultados de análises de água (Fonseca 1994, Braz et al. 1996) que, por sua vez, validaram o modelo geofísico, de modo que a base técnica para o fechamento do cemitério passou a existir. A lei estadual ilustra a viabilidade de se perseguir o reconhecimento da Geofísica e do profissional em Geofísica no Brasil por meio da previsão de serviços geofísicos nas leis pertinentes. Em 1996, a UFPA premiou esta pesquisa geofísica como a pesquisa de maior impacto social do ano. De 1995 até a atualidade, passaram a ser oferecidas práticas de Geofísica para a Pós-Graduação em Geofísica e a Graduação em Geofísica e Geologia em cemitérios.

A pesquisa do Bengui produziu mapas de potencial espontâneo (método de potenciais) e de eletrorresistividade (caminhamento elétrico Wenner) e bloco diagrama construído com resultados da inversão unidimensional de dados de eletrorresistividade (sondagens elétricas verticais Schlumberger). Os trabalhos seguintes foram também conduzidos com métodos elétricos e mais recentemente com métodos eletromagnéticos (EM).

Geralmente, as investigações geofísicas em cemitérios são conduzidas com métodos elétricos e EM. Os trabalhos visam, em geral, conhecer os aquíferos, em especial a profundidade do aquífero livre bem como a direção e o sentido do fluxo da água nele presente. Alguns trabalhos, contudo, indicam que a pluma de contaminação por necro-chorume pode ser detectada por meio de sua condutividade (Barreira et. al. 2008). Por outro lado, recentemente, começou-se a suspeitar que a condutividade dessa pluma varia com o tempo da inumação.

Criação do FORAMB

A necessidade de estudar a condutividade da pluma de contaminação do necro-chorume ao longo do tempo no ambiente amazônico, assim como de oferecer aulas práticas com métodos diversos conduziu ao projeto de instalação do campo de testes controlados de Geofísica no Cemitério do Tapanã (FORAMB), em Belém do Pará.

A Prefeitura Municipal de Belém, através do Departamento de Necrópoles (DANE) da Secretaria Municipal de Administração (SEMAD), permitiu que se escolhesse uma área no Cemitério do Tapanã, bem como procedeu aos contatos com o Instituto Médico Legal (IML) para a cessão de cadáver de indigente para os trabalhos.

A criação do FORAMB permitirá que se desenvolvam estudos dirigidos tanto à Geofísica Ambiental, como à Geofísica Forense, à Geofísica de Resgate e, ainda, à Geofísica Antropológica.

A Geofísica Forense lida com a localização de corpos e restos humanos enterrados, túneis e outros espaços ocultos camuflados na subsuperfície e em construções (caso de paredes e pisos falsos), assim como objetos diversos escondidos na subsuperfície e em construções (armas ilegais, etc.). A Geofísica de Resgate envolve o resgate de corpos soterrados por avalanches de terra ou neve e desabamentos naturais e provocados. Finalmente, a Geofísica Antropológica está voltada à descoberta de sepultamentos antigos e, com frequência, é absorvida pela Forense ou pela Arqueologia. No Brasil, há poucos trabalhos nessas áreas, conduzidos pela UNB e pela UFMG a partir de 2000, embora essas aplicações da Geofísica experimentem crescimento mundial acelerado.

A construção de campos de testes geofísicos – provisórios ou perenes - tem crescido nos últimos tempos, tamanha a sua utilidade para fins didáticos e de pesquisas. Campos perenes possuem múltiplos fins, ao contrário dos campos provisórios. No Brasil, os primeiros campos perenes são o da USP e o da UFPA. Não há notícias de campos de testes geofísicos nem provisórios nem perenes em cemitérios ou envolvendo cadáveres no Brasil. O uso de cemitérios como campos de testes geofísicos já é, contudo, registrado pelo menos desde 1991 (Bevan 1991) e a sua finalidade tem sido o aprimoramento na detecção de sepulturas. Além disso, campos de testes geofísicos envolvendo cadáveres, em geral de animais (frequentemente suínos, porque possuem peso, razão gordura/músculos e quantidade de pelos equivalentes aos humanos) e muito mais raramente humanos, também aparecem na literatura voltados à localização de sepulturas e de vítimas de soterramento.

Construção do FORAMB

Primeiramente, no dia 13 de julho de 2007, foram feitos vários testes com o radar nas áreas sem inumeração do Cemitério do Tapanã, para a escolha da área para implantar do campo de testes. Entre as áreas pesquisadas, a que se mostrou com menos ruídos culturais e geológicos foi uma área pequena vizinha aos ossuários (Fig. 1).

A área selecionada possui na sua base seixos derivados de Grés-do-Pará (arenitos com matriz ferruginosa), sotopostos por sedimentos areno-argilosos e aterro argiloarenoso.

Foi projetado um perfil com 13 m e, perpendicularmente, foram enterrados três alvos: Cadáver (C), Túnel (T) e Armamentos (A) (Fig. 1).

O cadáver de 55 kg de massa e 1,60 m de altura foi enterrado em uma cova de 0,8 m de profundidade e 0,6 m de largura, localizada entre as posições 3,8 m e 4,4 m do perfil (Fig. 1 e Foto 1). A profundidade inferior aos dos sepultamentos em cemitérios coincide com a profundidade das covas clandestinas de interesse forense. Não foi utilizado caixão, mas a armação de transporte do IML de tábuas brancas de consumo rápido com as laterais vazadas e sem tampa, o que aproxima ainda mais o experimento da área forense. Corpos estudados pelo IML perdem uma quantidade significativa de líquidos, seja pela autópsia, seja pelo congelamento a que são submetidos, o que reduz a produção do necro-chorume, alvo do estudo de interesse ambiental. Essa redução, contudo, foi relativamente compensada pelo uso da armação de madeira do IML no lugar de caixão, porque o caixão impede parcialmente a liberação do necro-chorume para o ambiente. Por outro lado, a umidade excessiva do ambiente amazônico propicia a sua re-hidratação e conseqüente preservação cadavérica pela saponificação, o que conduz a um tempo longo e intermitente de liberação do necro-chorume.

O túnel foi simulado por uma caixa oca de madeira com 0,5 m x 0,5 m x 2,2 m (largura x altura x comprimento), que foi enterrada em uma cova de 1 m de profundidade entre as posições 7,5 m e 8,0 m do perfil (Fig. 1 e Foto 2).

Finalmente, uma caixa de 0,3 m x 0,45 m x 0,8 m (largura x altura x comprimento) foi preenchida com restos de ferro retorcidos e amarrados com 0,54 kg, 1,3 kg e 4,1 kg, para simular uma caixa de armamentos com, respectivamente, granada, pistola e fuzil convencionais. A caixa de armamentos foi enterrada a 0,8 m de profundidade entre as posições 11,9 m e 12,2 m. (Fig. 1 e Foto 3).

A construção do FORAMB, não se contando o transporte propiciado aos participantes pela UFPA bem como uma ajuda simbólica a coveiros, teve custo zero.

Investigações Realizadas

Os testes do dia 13 de julho de 2007 forneceram o radargrama do background (BG). No dia 30 de agosto foram levantados o BG com os seguintes métodos: elétricos - eletrorresistividade (ER), polarização induzida (IP) e potencial espontâneo (SP) -, eletromagnético (LIN), magnetométrico (MAG) e radiométrico (RAD).

Após a colocação dos alvos, os levantamentos passaram a ser realizados periodicamente como mostra a tabela 1 até 26 de março de 2008. Apenas os levantamentos de 30 de agosto são de interesse da Geofísica de Resgate. A partir de 26 de março, os trabalhos continuarão mais espaçadamente e o interesse, ainda da Geofísica Ambiental e da Geofísica Forense, passará a migrar ao longo dos anos da Geofísica Forense para a Geofísica Antropológica.

O equipamento de radar (GPR) utilizado foi o modelo SIR-3000 da GSSI com a antena monoestática blindada de 400 MHz. Os levantamentos no perfil foram todos realizados no modo tempo com a posição das medidas controlada por marcas inseridas no registro a intervalos de 2 m. (Foto 4).

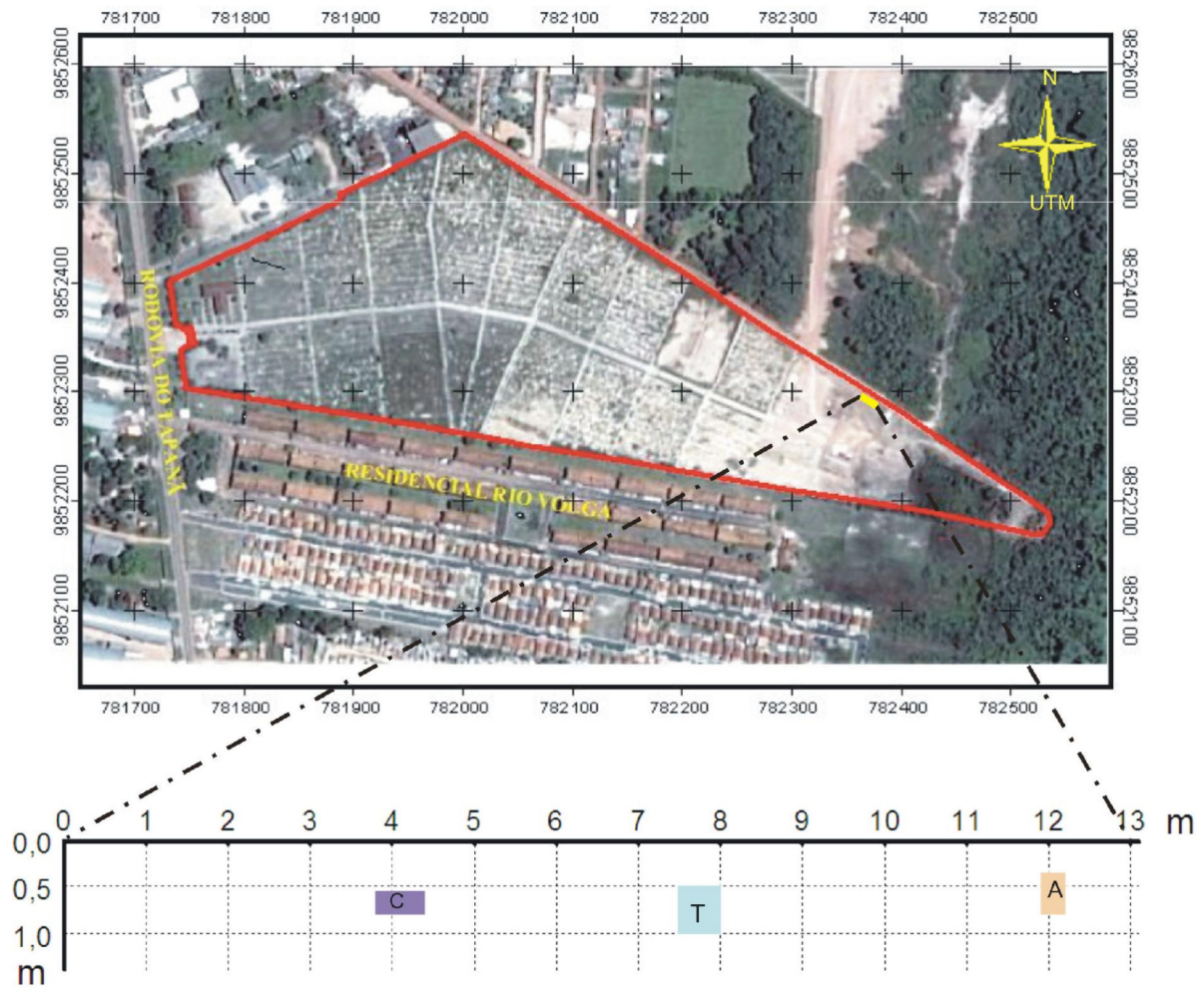


Figura 1 – Acima: Mapa do cemitério do Tapanã (adaptada de CODEM, 1996).
 Abaixo: Perfil com os alvos. C: corpo humano. T: túnel. A: caixa com simulados de armas.



Foto 1 – Alvo C.



Foto 2 – Alvo T.



Foto 3 – Alvo A.

Tabela 1 – Datas das medições e métodos utilizados.

Data	Método Geofísico – Obs.
13/07/2007	GPR – Background
30/08/2007	SP, ER, IP, LIN, MAG e RAD – Background
19/10/2007	GPR, SP, ER, IP, LIN, MAG e RAD
16/11/2007	GPR, SP, ER, IP, LIN, MAG e RAD
14/12/2007	GPR, SP, ER, IP, LIN, MAG e RAD
11/01/2008	GPR, SP, ER, IP, LIN, MAG e RAD
20/02/2008	GPR, ER, IP, LIN e MAGN
26/03/2008	GPR, LIN e MAG

O equipamento de potencial espontâneo (SP) usado foi construído pelo Prof. Geraldo Alves da Faculdade de Geofísica. O método de levantamento dos dados é o de Potencial. Um eletrodo foi mantido fixo a cerca de 10 m da primeira estação de leitura, enquanto o eletrodo móvel percorreu as estações espaçadas de 1 m.

O levantamento de resistividade (ER) e polarização induzida (IP) foi realizado com o Imageador fabricado pela empresa paraense Geotest. Foram utilizados 20 eletrodos metálicos espaçados de 0,7 m ao longo de 13,30 m e investigados sete níveis de profundidade com o arranjo Wenner-Schlumberger (Foto 5).

As medidas com Slingram (LIN) foram realizadas com o único equipamento disponível, o EM34-3 da Geonics. As bobinas foram dispostas segundo os arranjos coplanar horizontal e coplanar vertical (Foto 6) e as medidas realizadas a cada 1 m. A separação entre as bobinas foi de 10 m (Foto 6).

As medidas de magnetometria (MAG) foram realizadas em estações espaçadas de 1 m com magnetômetro da Geotest. Foi usada uma estação de referência afastada de 10 m do perfil para controles diversos.

As medidas de radiometria (RAD) foram tomadas com um cintilômetro SPP2, que conta a radiação total, em estações espaçadas de 1 m, com o sensor do equipamento em contato com a superfície do terreno.

Os resultados dessas medições e outros obtidos tanto no cemitério do Tapanã como no do Bengui fazem parte de uma dissertação de mestrado (Nascimento, 2008) e um trabalho de conclusão de curso (Costa, 2008), além de vários outros.

Agradecimentos

A Sra. Meyre Esther Mendes Chagas, diretora do DANE (SEMAD) e ao Dr. Oséas Batista da Silva Jr., secretário municipal (SEMAD), pela concessão da área para os testes e ao Dr. Luis Carlos de Araújo Loureiro, coordenador de Perícia no Morto do IML, pela liberação de material para o estudo. Ao Prof. Nélio Fonseca pelo acompanhamento dos testes com o Imageador da Geotest. Ao técnico Paulo Sérgio Pereira Magalhães e aos colegas Danusa Mayara de Souza e Alex Raiol Cardoso Medeiros, além de vários outros, pelo apoio nos testes.

Referências

Barreira, C., Dinis, P. & Figueiredo, P. O., 2008. Estudo de plumas de contaminação por cemitérios. Caso de estudo no cemitério de Fonte de Angeão, Vagos. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 9. Estoril. Anais. 15 p.

Braz, V. N.; Menezes, L. B. C.; Berredo, F., 1996. Contaminação de Águas resultantes do uso Inadequado do Solo, na Instalação de Cemitérios: Estudo do Caso da Cidade de Belém-PA, BR. In: SIM. ÍTALO - BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 3, Gramado. Disquete 11p.

Carvalho Jr., M.A.F. & Silva, L. M. C., 1996. Métodos Geofísicos aplicados ao Estudo do Fluxo da Água Subterrânea sob Cemitério. In: WORKSHOP DE GEOFÍSICA APLICADA AO MEIO AMBIENTE, 1, Belém. p. 47-49.

Carvalho Jr., M. A. F., 1997. Aplicação de Métodos Geofísicos ao Estudo de Águas Subterrâneas na Grande Belém (Caso Cemitério do Bengui). Trabalho de Conclusão de Curso, DGF/CG/UFPA, Belém. 64 p.

Carvalho Jr., M. A. F. & Silva, L. M. C., 1997. SP e Eletroresistividade aplicados ao Estudo Hidrogeológico de um Cemitério. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA



Foto 4 – Levantamento com o radar.



Figura 5 – Levantamento de IP.



Figura 6 – Levantamento com o LIN.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 5. V. 1. São Paulo. Anais. p. 471-474.

CODEM, 1988. Ortofotos do Município de Belém – Áreas urbana e de expansão urbana. Prefeitura Municipal de Belém/Pará.

Costa, A. A. S., 2008. Resistividade, Potencial Espontâneo e Radiometria aplicados a investigações ambiental e forense no campo de testes do cemitério do Tapanã (Belém/PA). Trabalho de Conclusão de Curso, FGF/IG/UFPA, Belém. inédito.

Fonseca, D. R. M., 1994. Contaminação das Águas Periféricas a Cemitérios de Belém. Trabalho de Conclusão de Curso, DHS/CT/UFPA, Belém. 25p.

Nascimento, A. F., 1991. Meio Ambiente Urbano, a Qualidade de Vida da População do Bairro do Bengui - O caso do Cemitério. Trabalho de Conclusão de Curso, CCS/UFPA, Belém. 64 p. + anexos.

Nascimento, W. G., 2008. Investigação Geofísica Ambiental e Forense com os Métodos Radar e LIN nos Cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém, PA). Dissertação de Mestrado. CPGF/IG/UFPA, Belém. Inédito.

Pires, A. C. B., 2001. Pesquisando em subsuperfície. Revista de Perícia Federal, Ano III, nº10 (setembro): 24-29.