

IV-038 - MAPENAMENTO DO NÍVEL HIDROSTÁTICO COM MÉTODO GEOFÍSICO RADAR DE PENETRAÇÃO DO SOLO NO CEMITÉRIO DO TAPANÃ, BELÉM (PA), BRASIL

Clístenes Pamplona Catete⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Pará (UEPA). Mestre em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico em Pesquisa e Investigação Biomédica - Instituto Evandro Chagas (IEC) e professor da faculdade Estácio Belém - IESAM.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia BR-316 km 7 s/n - Levilândia - 67030-000 - Ananindeua / Pará / Brasil- Tel: (91) 3214-2169 - e-mail: clistenescatete@iec.pa.gov.br / clistenes.catete@estacio.br

RESUMO

Os cemitérios são considerados fontes potenciais de contaminação da água subterrânea. Desde que o uso da geofísica no mapeamento do Nível Hidrostático (NH) se tornou uma ferramenta muito importante para o monitoramento ambiental, tem sido possível verificar as áreas adequadas ou inadequadas para sepultamentos nos cemitérios. Neste trabalho, foram aplicados métodos geofísicos para mapeamento do NH em um cemitério. O Radar de Penetração do Solo (GPR) foi utilizado no mapeamento do NH em todo o cemitério do Tapanã. Os resultados obtidos com o GPR mostraram que a profundidade do NH no cemitério do Tapanã varia de 7 m, na parte mais alta do terreno, a 1 m, na parte mais baixa. Esses fatos mostram a necessidade de modificação da legislação para que seja substancialmente aumentado o tempo para inumação nos cemitérios rotativos bem como incentivada, do ponto de vista geológico, a vocação da região para crematórios. Ambos, mudança na legislação e construção de crematório reduziriam a carga de necrochorume e, consequentemente, de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

PALAVRAS-CHAVE: Geofísica Ambiental, Nível Hidrostático, Radar de Penetração do Solo (GPR), Cemitério.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e industrial sem planejamento gera um aumento dos problemas ambientais que, por sua vez, estimula a busca de ferramentas para estudo do meio ambiente, visando a sua preservação. Esse quadro fomenta tanto o aprimoramento quanto o desenvolvimento de ferramentas de investigação que possibilitem análises rápidas, eficientes e de baixo custo.

Entre os problemas ambientais, destaca-se a degradação das águas superficiais e subterrâneas (aquíferos), que tornam o aproveitamento da água cada vez mais oneroso para a sociedade. A contaminação de aquíferos é mais preocupante do que a das águas superficiais, visto que estas podem se renovar e se recuperar após cessar o lançamento de efluentes, enquanto a contaminação da água subterrânea é praticamente irreversível a curto e médio prazo, porque as técnicas de recuperação de aquíferos degradados são muito complexas, onerosas, demoradas e a autodepuração, por sua vez, é lenta.

As principais fontes de contaminação em áreas urbanas são: fossas sépticas, resíduos sólidos (chorume em lixões), postos de gasolina, efluentes industriais, cemitérios (necrochorume) e outros.

Uma ferramenta relativamente nova para a investigação desses tipos de contaminação é a Geofísica. A Geofísica Ambiental tem como objetivo prover uma ampla visão de subsuperfície, complementando informações provenientes de sondagens de maneira não invasiva. Os objetivos principais da Geofísica Ambiental são:

- i. Mapeamento da subsuperfície de áreas suspeitas de contaminação antrópica;
- ii. Prevenção de impactos ambientais, que se baseia na seleção de áreas adequadas à implantação de projetos potencialmente poluidores; e
- iii. Monitoramento ambiental de áreas com potencial de poluição dos recursos ambientais, tais como lixões, postos de gasolina, cemitérios, etc.

Estudos ambientais em cemitérios têm, comumente, dois objetivos. O primeiro é a detecção do nível freático ou hidrostático (NH) ou nível d'água (NA), que corresponde à profundidade a que a água se encontra numa determinada região, isto é, à profundidade do topo do chamado aquífero livre ou freático. Outro objetivo, cada vez mais comum, é a investigação de contaminação do meio pelo líquido resultante da decomposição de cadáveres, conhecido como necrochorume.

A contaminação do meio pelo necrochorume ocorre devido à implantação de cemitérios em locais que apresentam condições hidrogeoambientais desfavoráveis, como nível freático muito próximo da superfície (daí a importância de se conhecer o comportamento do NH na área), solos muito permeáveis e porosos, etc.

A investigação da situação de 600 cemitérios do país (75% municipais e 25% particulares) mostrou que 15% a 20% deles estavam contaminando a subsuperfície com o necrochorume produzido pela decomposição dos corpos. Desse percentual, cerca de 60% dos cemitérios problemáticos era municipal (SILVA, 1995).

Por isso, as aplicações de métodos geofísicos em cemitérios têm crescido. No cemitério do Tapanã, Damasceno (2001) utilizou método elétrico (Eletrorresistividade em caminhamentos elétricos e sondagens elétricas verticais) a fim de mapear e localizar as áreas mais próximas do aquífero livre, cuja profundidade é de aproximadamente 7 m a montante (oeste) do cemitério e cai acentuadamente para jusante (leste).

Segundo, Nascimento (2009) mostra um teste da aplicação do GPR na localização do NH no cemitério do Bengui. Esse é provavelmente o primeiro trabalho sobre a viabilidade do uso do GPR na localização do NH em cemitérios, a fim de se evitar sondagens excessivas para mapeá-lo (mais lentas e dispendiosas).

Esta pesquisa teve como objetivo principal o mapeamento do nível hidrostático em todo o cemitério do Tapanã, utilizando método geofísico Radar de Penetração do Solo (GPR).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O cemitério do Tapanã está localizado no km 5 da Rodovia do Tapanã, entre as rodovias Augusto Montenegro e Arthur Bernardes, no bairro do Tapanã, na região metropolitana de Belém, Estado do Pará, conforme figura 1.

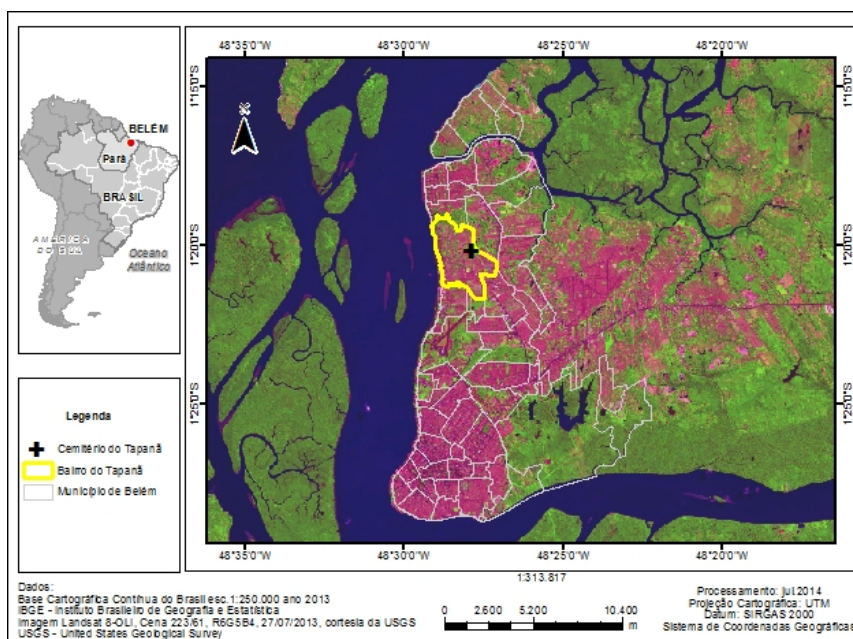


Figura 1: Mapa de localização do cemitério do Tapanã.

MÉTODO GPR

O Método do Radar de Penetração no Solo ou, abreviadamente, GPR (*Ground Penetrating Radar*) emprega a radiação de ondas eletromagnéticas (EM) de frequência alta (normalmente entre 10 MHz a 2,5 GHz) a partir de uma antena transmissora colocada às proximidades da superfície do terreno. As ondas se propagam nos materiais da subsuperfície, sofrendo reflexão, refração e difração. As ondas que retornam à superfície são detectadas pela mesma antena transmissora ou por outra antena colocada próximo à antena transmissora, fornecendo informações sobre a subsuperfície (DANIELS, 1996).

AQUISIÇÃO DOS DADOS

A aquisição dos dados de GPR foi realizada ao longo de cinco perfis mostrados em amarelo na figura 2.



Figura 2: Mapa de localização dos perfis Geofísicos no cemitério do Tapanã, Belém Pará.

O perfil 1 corta a porção central do cemitério do Tapanã, passando pela sua passarela principal de cimento de 650 m. Ele foi levantado de Oeste para Leste.

Um perfil maior, de 700 m, também levantado de Oeste para Leste, o perfil 5, passa pelo lado de fora da extremidade Sul do cemitério, em área sem calçamento do condomínio residencial Rio Volga.

Finalmente, outros 3 perfis foram levantado transversalmente à passarela principal, são eles o perfil 2 de 180 m (quarta passarela do cemitério), o perfil 3 de 170 m (oitava passarela) e o perfil 5 de 90 m (décima segunda passarela), todos sobre calçamento.

Os perfis de GPR foram executados com o sistema SIR-3000 da GSSI, com antena de 200 MHz. As medidas foram tomadas com afastamento comum no modo tempo, com posicionamento controlado pela inserção de marcas no registro a intervalo de 50 em 50 m.

Neste trabalho, o processamento dos dados de GPR foi realizado com o programa Reflex-Win 4.2 da Sandmeier Software.

Para tal, foi realizada a seguinte sequência de processamento foi utilizada: interpolação das marcas de posicionamento, correção estática, ganho, aplicação do filtro 1D (DEWOW), aplicação de filtro passa banda, conversão do tempo em profundidade e correção topográfica.

A figura 3 evidencia o trabalho de campo na necrópole do Tapanã em 2010.



Figura 3: Aquisição de dado geofísico com GPR no cemitério do Tapanã, Belém Pará.

RESULTADOS

Nos resultados foi destacado apenas o radargrama obtido no perfil 1 (representativo de toda a necrópole). No aspecto geral, observou-se macrofeições horizontais representadas, provavelmente, pela ocorrência descontínua de Grês do Pará e um refletor horizontal, também descontínuo, sugestivo do inferido nível hidrostático (conforme figura 4).

Neste sentido, para melhor entendimento este perfil foi analisando por parte:

Na extensão de 0 a 200 m, aparecem zonas descontínuas onde o sinal é mais forte, que alternam com zonas onde o sinal aparece mais atenuado. As zonas descontínuas podem ser interpretadas como um horizonte ferruginoso (plintito). Essa laterita alternaria com horizonte argiloso.

Abaixo disso, a ocorrência de argila atenuando o sinal dá lugar, localmente, ao sinal forte provavelmente de Grês do Pará, entre 3 a 4 m de profundidade.

Na sequência, observa-se, claramente uma zona marcada por refletores entre 320 e 370 m, a profundidade de 2 a 2,8 m, marca, provavelmente, o topo de Grês do Pará.

Sotoposto a essa camada, observa-se um refletor horizontal, provável nível hidrostático do local, a uma profundidade de aproximadamente 5 m.

Finalmente, no radargrama destaca-se a presença de refletores fortes entre a distância de cerca de 430 e 550 m do perfil, a uma profundidade que varia de 1,2 a 2,6 m.

A superfície irregular do refletor e a sua variação na espessura combinam com o modo de ocorrência da Grês do Pará.

Sotoposto a essa camada, a cerca de 3,4 m de profundidade, aparece um refletor horizontal, sugestivo do nível hidrostático.

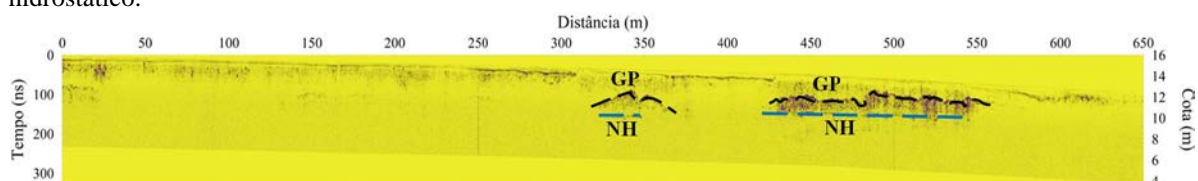


Figura 4: Perfil interpretado (macrofeições-Grês do Pará- GP e Nível Hidrostático-NH).

INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

O conhecimento do relevo tem grande importância na interpretação dos dados geofísicos, em especial quando o alvo do estudo é o nível freático, pois este, em geral, corresponde à imagem invertida da topografia (exceto quando o nível freático acompanha um paleorelevo).

A figura 5, portanto, atesta a utilidade do GPR no mapeamento do nível freático. As profundidades do nível freático estão também compatíveis com aquelas descritas em Damasceno (1996) e Nascimento (2009).

A associação do nível hidroestático à Grês do Pará (sotoposto a mesma ou entre a mesma, quando mais próximo à superfície), por outro lado, é consistente do ponto de vista geológico.

Essa rocha ferruginosa não-laterítica, composta de grânulos de quartzo na faixa de silte a seixos, em cimento marrom epigenético de oxi-hidróxidos de ferro (goethita e hematita) que, como a laterita, é resistiva e fornece um sinal marcante, sem atenuação, pode ser do tipo que é classificado segundo o modo de ocorrência e origem como rocha ferruginosa de interface.

Esse tipo específico é comumente encontrada como lentes na faixa de contato entre camadas arenosas e argilosas, onde há uma abrupta descontinuidade da permoporosidade, a qual se encontrava em zona aquosa oxidante (geralmente o lençol freático), rica em complexos de ferro solúveis (COSTA, 1991). Ela pode, consequentemente, servir como guia indireto da posição do nível hidroestático.

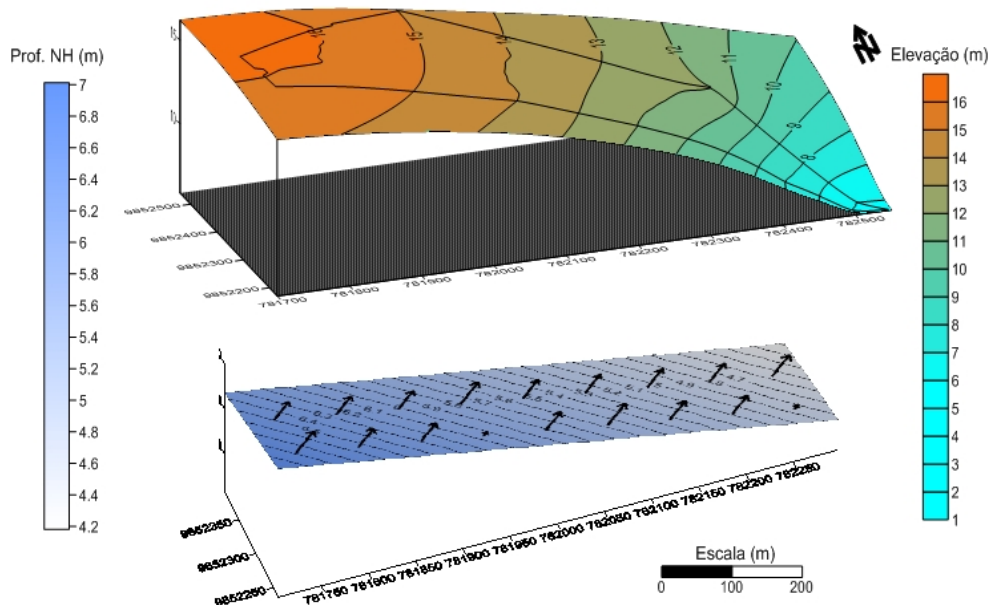


Figura 5: Representação do nível hidroestático (abaixo) e da topografia (acima) para a área do cemitério do Tapanã.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O estudo geofísico realizado com o GPR detectou o NH a aproximadamente 7 m na parte mais alta da necrópole, na parte média entre 5 m e 3 m e na parte mais baixa entre 2 m e 1 m.

Deve-se mencionar que os dados foram coletados em apenas um período do ano, pois a sazonalidade interfere na profundidade do nível d' água.

A representação tridimensional do NH é compatível com dados coletados e com a topografia, embora seu mapeamento tenha enfrentado as seguintes dificuldades: a presença do manto de intemperismo rico em argila e a existência de passarelas (calçadas) de cimento, materiais, ambos, que absorvem água e, consequentemente, atenuam a onda eletromagnética.

Neste contexto, de acordo com a legislação ambiental federal e estadual aplicada a cemitérios a parte mais baixa da necrópole é inadequada para a inumação.

Além dos aspectos conclusivos da geofísica propriamente dita, outras informações de cunho social são importantes para a sociedade. Por exemplo, o estudo dos impactos de um cemitério certamente não pode ser vistos apenas do ponto de vista técnico, foco deste trabalho.

Há também outras dimensões igualmente importantes, porque seu impacto é social, econômico, urbanístico e psicológico.

Por tudo isso, este trabalho contribui significativamente na área ambiental apresentando ferramentas relativamente nova no monitoramento do nível hidrostático em cemitérios, portanto, essa aplicação pode se estender a outros geoambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COSTA, M. L. Aspectos Geológicos dos Lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.
2. DAMASCENO, F. F. **Levantamento Geofísico do Cemitério do Tapanã**. 2001. 67 f. TCC (Graduação) - DGF/CG/UFPA, Belém, 2001.
3. DANIELS, D. J. **Surface Penetrating Radar**. Londres: The Institution of Electrical Engineers, 1996.
4. NASCIMENTO, W. G.; **Investigação Geofísica Ambiental e forense com os métodos radar e LIN nos cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém – Pa)**. 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) Programa de Pós-graduação em Geofísica, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2009.
5. SILVA, L. M. **Os cemitérios na problemática ambiental**. In: SEMINÁRIO NACIONAL CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE, 1995, São Paulo: SINCESP, ACEMBRA, 1995.