

Investigação de Objetos Contendo Substância Tóxica com o Uso do GPR. Estudo de Caso: Florianópolis, Brasil

BLUM, Marcelo de Lawrence Bassay (Brazilian Federal Police, National Institute of Criminalistics, Environmental Forensics Section)

RUSSO, Daniel (Brazilian Federal Police, National Institute of Criminalistics, Environmental Forensics Section)

LAYBAUER, Luciano (Brazilian Federal Police, Regional Superintendence Of Santa Catarina, Technical and Scientific Section)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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

During examinations of finding environmental damage, experts from the Brazilian Federal Police investigate the presence of buried transformers containing toxic substances near Florianópolis, Brazil. Employing ground penetrating radar (GPR) with a 400 MHz antenna, the experts examined a suspicious area in a residential district.

Introdução

A fim de investigar a presença de objetos contendo substância altamente tóxica (ascarel) em subsuperfície, equipe de peritos se deslocou ao local suspeito no município de São José – SC, para reconhecimento, tomada de providências (retirada de obstáculos, definição de áreas a serem investigadas) e testes e calibração de GPR (Radar de Solo). Devido ao grande acúmulo de objetos (transformadores, carretéis de fiações, tubos corrugados e outros insumos elétricos) a presença de obstáculos (contêineres, oficina e edícula com alguns cômodos), a equipe selecionou uma área retangular de aproximadamente 32m x 22m.

Método

A aquisição de dados de Ground Penetrating Radar (GPR) no polígono no pátio de estocagem da Santa Rita Materiais Elétricos, foi efetuada de acordo com a distribuição dos obstáculos e aproveitando o máximo de recobrimento possível e preferencialmente paralelo ou perpendicular aos limites da área. No polígono, foram adquiridas 82 seções de GPR, somadas a 3 seções para testes de parametrização. Além dessas, mais 9 seções foram adquiridas fora do polígono em uma pequena área suspeita a aproximadamente 1,5 metro do polígono (Figuras 1, 2 e 3). Nas aquisições de dados foi utilizado o equipamento GPR SIR3000 (fabricado pela empresa americana Geophysical Survey Systems – GSSI),

acoplado a antena blindada de 400 MHz (Figura 4). As seções de GPR foram coletadas a cada 0,5 metro no interior do polígono e a cada 0,2 metro na pequena área suspeita.



Figura 1 – Localização do Polígono coberto por seções GPR e da pequena área suspeita também levantada com seções GPR. Imagem do satélite Quickbird disponível na internet por meio do programa Google Earth®, na forma definida no End User License Agreement.

Os parâmetros de campo utilizados foram: espaçamento entre os traços de 0,02 metro, 1024 amostras por traço, janela temporal de 50 ns e a frequência de amostragem de 2400 MHz. Os traços foram registrados continuamente com o auxílio de uma roda odométrica (Figura 3).

Os dados foram processados no software ReflexW, versão 5.0 (desenvolvido por Sandmeier. K.J., 2009 – Sandmeier software, Alemanha). A rotina de processamento consistiu em conversão de formato do arquivo, ajuste do tempo zero, filtros temporal (dewow e passa-banda), ganho (decaimento de energia), migração no domínio do tempo (fk migration – Stolt) e conversão de tempo de propagação em profundidade utilizando velocidade constante (baseada em parametrização). Todas as seções sofreram correções de posicionamento no espaço, tendo como referência o muro dos fundos da empresa, o seu canto sudoeste e o vértice entre o muro e o telhado do puxado lateral da empresa (Figura 2; coordenadas geodésicas aproximadas 27°35'19,4"S, 48°36'39,5"W, datum horizontal WGS-84).

Para a obtenção da velocidade eletromagnética no meio, foi enterrada uma barra metálica a 0,45 m de profundidade no local. Sobre este objeto foram efetuados três perfis GPR (o melhor é apresentado na Figura 5) e conhecendo-se a profundidade real do mesmo, bem como o evento hiperbólico relacionado à barra metálica, obteve-se a velocidade de propagação da onda eletromagnética no meio.

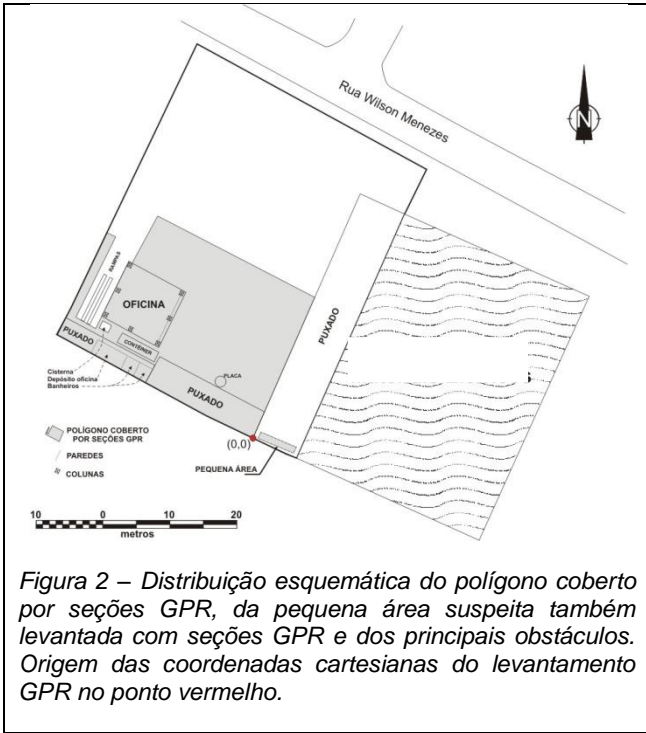


Figura 2 – Distribuição esquemática do polígono coberto por seções GPR, da pequena área suspeita também levantada com seções GPR e dos principais obstáculos. Origem das coordenadas cartesianas do levantamento GPR no ponto vermelho.

A velocidade obtida foi de 0,08 m/ns, utilizada na inversão dos dados (de tempo para profundidade). Com a janela temporal de 60 ns foi possível investigar até uma profundidade aproximada de 3 m.

As etapas de processamento foram aplicadas de acordo com as características dos dados e dependem, fundamentalmente, do intérprete. Uma vez escolhido o fluxo de processamento para uma seção GPR, o mesmo é aplicado às outras seções.

Além de processamento bidimensional (seção por seção), o conjunto de dados GPR realizado com a mesma antena foi posicionado e interpolado, possibilitando a geração de um novo conjunto de dados, agora com informação tridimensional (3D) do subsolo para a área.

Resultados

Os resultados do levantamento GPR foram analisados através de seções 2D individualmente, bem como através de cortes em profundidade (depth slices) efetuados no conjunto 3D dos dados, produzindo diversos mapas de amplitude de sinal (cerca de 300, o que equivaleria a um mapa a cada 0,02 m de profundidade). Vale mencionar

que a geração de mapas a partir de seções espaçadas e com mais de uma orientação acarreta sempre em uma redução de resolução espacial. Isso ocorre devido à interpolação (independente do método utilizado, que nesse caso foi o de mínima curvatura).

Na análise das seções 2D e do conjunto 3D, observou-se a presença de tubulações e outras anomalias sem significado para o objeto deste exame (Figura 6). Todavia, verificou-se uma pequena área suspeita, com anomalia geofísica, localizada entre o contêiner (situado sob a área coberta, disposta lateralmente ao galpão da empresa) e o muro da face sul do terreno.

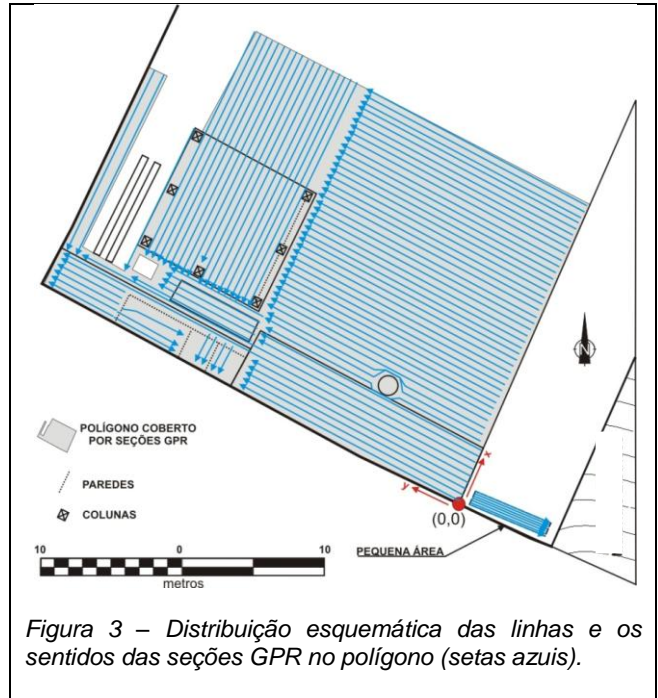


Figura 3 – Distribuição esquemática das linhas e os sentidos das seções GPR no polígono (setas azuis).

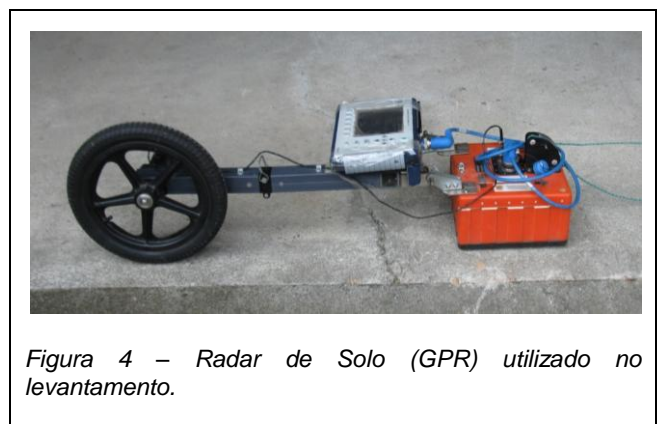


Figura 4 – Radar de Solo (GPR) utilizado no levantamento.

Essa anomalia (Figura 7) encontra-se sob a laje de concreto (aparentemente a tampa de um reservatório de uma cisterna desativada), cuja superfície apresenta uma "cicatriz" com forma retangular (3,50m x 2,70m), que foi cimentada posteriormente. Objetivando investigar as

características do material anômalo disposto sob essa área, tentou-se cortar o piso empregando uma serra circular com disco diamantado. Devido à espessura da laje e as limitações do equipamento utilizado (especialmente o diâmetro do disco de corte) não foi possível transpassar o piso.

Empregando-se um martelo elétrico a laje foi rompida, abrindo-se uma janela (0,85m x 0,50m) sob o piso, que possibilitou as sondagens na área anômala. Foram realizados 4 (quatro) furos com trado manual, sendo dois furos verticais e dois inclinados (ângulos em torno de 60°) em direção ao contêiner (Figura 8).

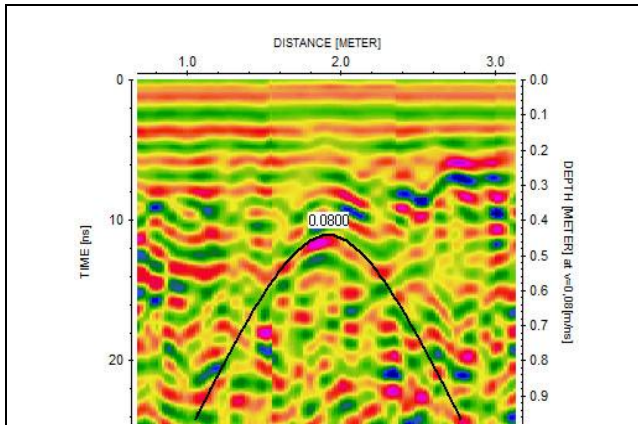


Figura 5 – Parametrização: ajuste de velocidade em software ao evento hiperbólico gerado pela barra metálica.

Conclusões

Além de padrões típicos da presença de tubulações, os resultados do levantamento com GPR não revelou outros padrões anômalos ou qualquer alteração que indicasse a presença de grandes objetos em subsuperfície.

Mesmo assim, os peritos procederam a investigação do material abaixo da laje na pequena área suspeita efetuando sondagens.

As sondagens possibilitaram constatar que o material presente sob o piso é uma areia inconsolidada, com textura média a grossa, característica de sedimentos fluviais. Todos os furos atingiram uma superfície rígida (possivelmente a base de concreto da cisterna) na profundidade de 1,35m. Não foi identificado qualquer material suspeito durante as sondagens ou vestígios visíveis de óleo, que pudessem ter vinculação com o material procurado na área (transformadores, bombonas e óleo ascarel).

Referências

Sandmeier, K.J., 2009. Sandmeier Software, Alemanha.

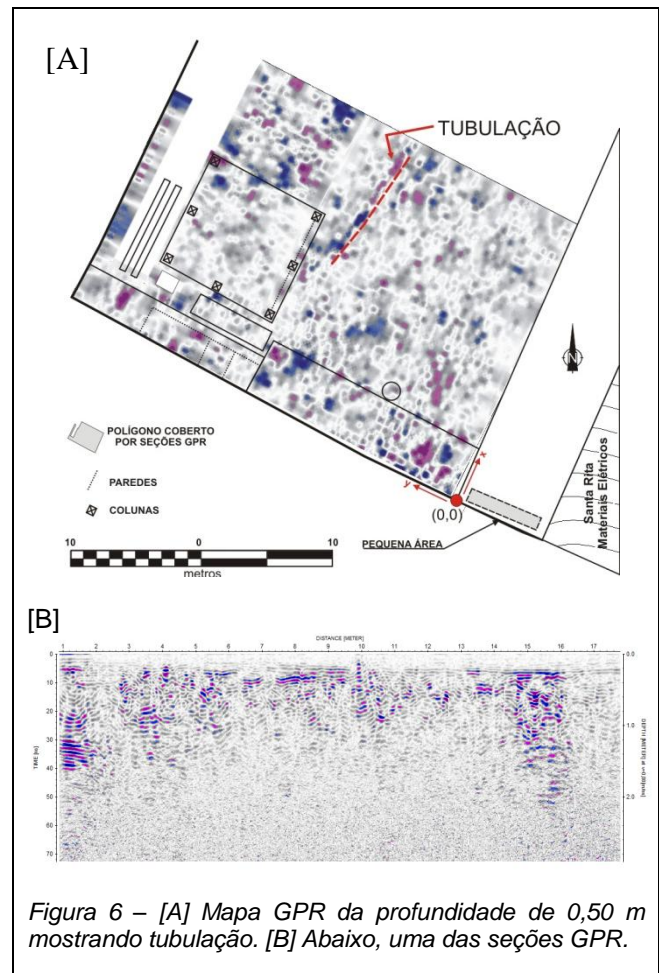


Figura 6 – [A] Mapa GPR da profundidade de 0,50 m mostrando tubulação. [B] Abaixo, uma das seções GPR.

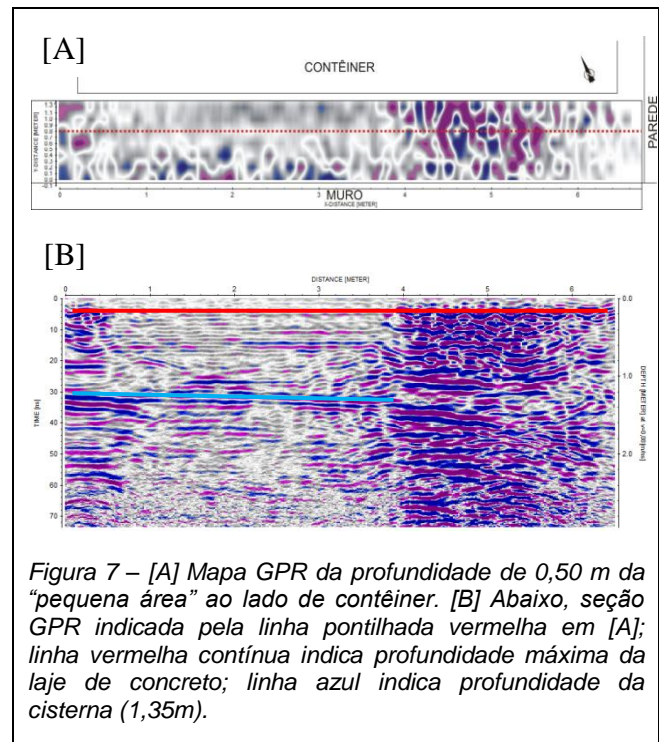


Figura 7 – [A] Mapa GPR da profundidade de 0,50 m da “pequena área” ao lado de contêiner. [B] Abaixo, seção GPR indicada pela linha pontilhada vermelha em [A]; linha vermelha contínua indica profundidade máxima da laje de concreto; linha azul indica profundidade da cisterna (1,35m).



Figura 8 – Posição do corte na laje (esquerda). Furos de trado efetuados no substrato arenoso (área anômala sob o piso de concreto; direita).