



Uso de GPR 3D no mapeamento de tambores metálicos na área do SITCRIM

Daniel Sobreira de Oliveira Buso (danielbuso.geo@gmail.com – Graduando em Geofísica do IG/UnB)
Marcelo de Lawrence Bassay Blum (blum.mlbb@dpf.gov.br – Perito Criminal Federal INC/DPF)
Welitom Rodrigues Borges (welitom@unb.br – Docente do IG/UnB)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14th 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

This paper presents results of a geophysical survey carried out in the Controlled Criminalistics Test Site (SITCRIM), created in 2012 by the National Institute of Forensic Science, from the Department of Federal Police (INC / DITEC / DPF), located in Brasília-DF. The aim of this study was to provide reflection patterns of some buried forensic targets such as metallic barrels, plastic drums by using GPR.

Introdução

Um dos campos da investigação forense prende-se com a localização de provas ocultadas no subsolo onde as buscas através de escavações são inviáveis (estruturas complexas, risco de destruição de evidências, dimensão das áreas de investigação, etc.). A investigação em geociências forense tem por missão localizar, identificar, recolher e catalogar essas provas (físicas) com a finalidade de apresentá-las em tribunal (LOURENÇO, 2009).

A geofísica, dentro das geociências possui um importante papel na pesquisa forense, uma vez que investiga o meio sem modificá-lo. Dentre os métodos geofísicos usados em perícias forenses, destaca-se o radar de penetração no solo (Ground Penetrating Radar – GPR).

Com o objetivo de minimizar as ambiguidades de investigações forenses e de possibilitar o treinamento contínuo de peritos brasileiros, o Instituto Nacional de Criminalística do Departamento de Polícia Federal (INC/DITEC/DPF), implantou em 2012, o Sítio Controlado de Criminalística (SITCRIM, **Figura 1**; BLUM e RUSSO, 2012).

O SITCRIM compreende uma área de 625 m² e dispõe de seis trincheiras contendo objetos diversos cujo intuito é de simular situações corriqueiras das áreas de aplicação da geofísica forense, como ossadas bovinas, cerâmicas e artefatos arqueológicos, projéteis e armamentos, entre outros.



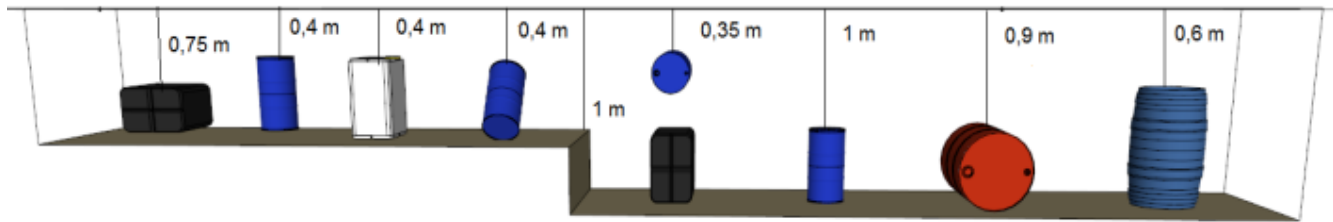
Figura 1 – Imagem com a localização do SITCRIM, Brasília/DF (quadrado branco).

Metodologia

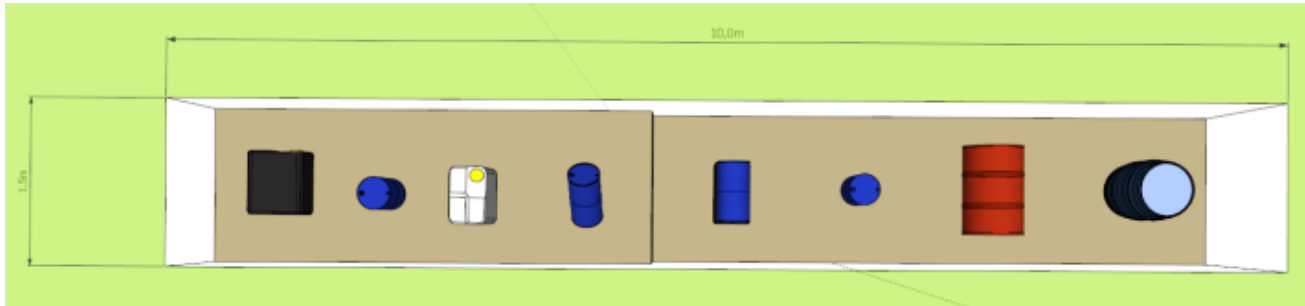
O GPR é um método geofísico eletromagnético que se baseia na propagação de ondas de rádio em altas frequências (10 MHz a 3 GHz) para identificar estruturas rasas (DAVIS e ANNAN, 1989; PORSANI, 1999). O sistema consiste em uma unidade de controle e um conjunto de antenas. Uma antena transmissora que irradia pulsos eletromagnéticos em direção ao subsolo, e uma antena receptora que capta o sinal refletido. Os sinais refletidos são registrados por sistemas digitais em função do tempo de percurso medido em nanossegundos (ns), entre a onda emitida e a recebida (DAVIS e ANNAN, 1989).

A propagação das ondas eletromagnéticas depende da frequência do sinal transmitido e das propriedades elétricas (condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética) dos materiais presentes no meio.

O objetivo desta pesquisa foi verificar os padrões de reflexão de barris metálicos e tambores plásticos, com resultados 3D de GPR, dispostos em diferentes posições e profundidades em uma das trincheiras cuja dimensão é 1,5 metros de largura por 10 metros de comprimento e 1,5 metros de profundidade (**figuras 2 e 3**).



(a)



(b)

Figura 2 – Croqui da trincheira com os tambores metálicos e plásticos dispostos na área do SITCRIM. (a) vista lateral. (b) vista em planta.



Figura 3 – Foto evidenciando os tambores metálicos e plásticos enterrados na área do SITCRIM.

Aquisição

Na aquisição de dados de GPR usou-se o sistema SIR3000 acoplado a antenas blindadas de 400MHz. Usou-se a frequência de 400MHz em função da otimização de boa profundidade e boa resolução, e por ser a frequência mais utilizada na perícia forense.

Optou-se por realizar as aquisições paralelas ao eixo principal da trincheira, em função da disposição dos alvos ao longo da mesma. Em campo, realizaram-se perfis equidistantes em 10cm, ao longo de uma área de 34m² (3,4m x 10m), o que totalizou em 34 perfis de GPR 2D (**Figura 4**).

Os parâmetros de aquisição de dados de GPR foram: janela temporal de 80ns, frequência de amostragem de 6375MHz, amostragem espacial de 2cm, amostragem temporal de 0,078ns, e 1024 amostras por traço.

No processamento de dados usou-se o software REFLEXW, versão 7.5 (Sandmeier, 2015). No processamento de dados 2D utilizou-se o Módulo *2D-dataanalysis* e as respectivas etapas: ajuste do tempo zero (identificação da primeira chegada da onda direta no solo, para situar os refletores com relação ao tempo no solo), aplicação de ganhos para recuperação da perda de energia provocada pelo espalhamento geométrico da onda eletromagnética no solo (*energy decay*), filtragem 1D dos ruídos aleatórios de baixa e alta frequência (*bandpass trapezoidal*), filtragem 2D para remoção dos ruídos coerentes (em função das características do alvo em questão, a remoção de refletores contínuos e

horizontais auxilia na determinação dos alvos pontuais – difrações), migração dos refletores hiperbólicos para disposição dos refletores em sua posição correta.

Com o conhecimento das profundidades dos alvos, e o tempo de ocorrência das difrações relacionadas aos mesmos, calculou-se a velocidade de propagação da onda eletromagnética a partir da Equação 1.

$$v = \frac{2p}{\Delta t} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que p é a profundidade e Δt é o tempo em ns de propagação do sinal. As velocidades obtidas para o meio variaram entre 0,07 a 0,09m/ns, o que confirma a variabilidade do solo em função do atual grau de compactação.

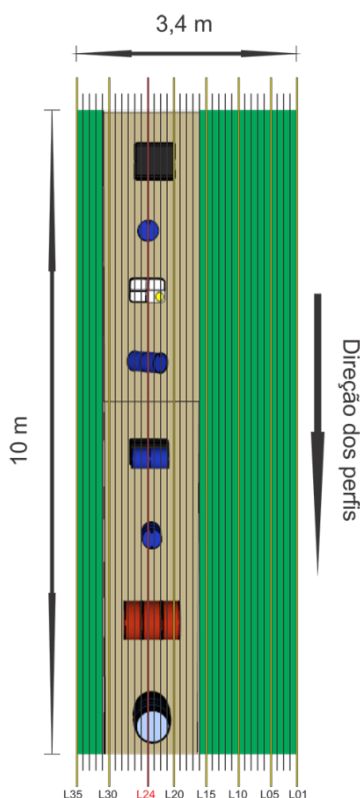


Figura 4 – Croqui com a disposição dos perfis e a posição da trincheira e respectivos alvos.

Resultados

Inicialmente para verificar os resultados de GPR optou-se pela análise do processamento realizado em 2D. Deste modo usou-se a L24 para esta análise em função da mesma cruzar o centro dos alvos dispostos na trincheira. Na **Figura 5a** notam-se as hipérbóles relacionadas a cada alvo, as maiores hipérbóles representam os maiores alvos. Na migração todas as hipérbóles colapsaram, o que evidenciou com maior clareza o posicionamento correto dos alvos (**Figura 5b**).

No bloco de GPR 3D realizaram-se vários cortes para verificar o posicionamento dos alvos, bem como se os

mesmos encontram-se na profundidade estimada. Efetuaram-se os cortes nas profundidades dos alvos.

Em função da composição mineralógica do solo (argiloso), todos os alvos mostram alta impedância elétrica, principalmente porque encontram-se vazios. Os alvos metálicos refletiram na superfície do tambor, já os alvos plásticos refletiram na interface solo/ár. Na **Figura 6**, corte realizado na profundidade de 0,6 metro, nota-se a anomalia relacionada ao tambor posicionado de modo vertical. Na **Figura 7**, corte realizado na profundidade de 0,9 metro, registram-se as anomalias relacionadas a dois tambores (um metálico e um plástico). No corte realizado na profundidade de 1,1 metro notam-se as anomalias relacionadas a um tambor quadrado, e outros dois tambores verticalizados (**Figura 8**). Na **Figura 9**, corte realizado na profundidade de 1,4 metro, notam-se dois tambores plásticos, um quadrado e outro horizontalizado.

Conclusão

Os resultados de GPR obtidos neste trabalho, confirmam a aplicabilidade do método na identificação de alvos forenses (tambores plásticos e metálicos com possíveis resíduos), visto que todos os alvos foram identificados nos registros realizados com a antena blindada de 400MHz. Todavia, nota-se que a forma dos alvos não foi bem mapeada, principalmente pelo erro causado pelo mal posicionamento dos perfis de GPR 2D.

Notou-se também que o croqui desenhado, durante a implantação do SITCRIM possui erros nas profundidades dos alvos.

Agradecimentos

Ao Departamento de Polícia Federal do Instituto Nacional de Criminalística por autorizar o desenvolvimento da pesquisa na área do SITCRIM.

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) pela disponibilização dos equipamentos.

Referências

BLUM, MLB. e RUSSO, D. 2012. SITICRIM - Brazilian Test Site for Forensic Geophysical Research. In: European Academy of. Forensic Science Conference, The Hague: EAFS 2012.

DAVIS, J.L; ANNAN, A.P., 1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical prospecting*, Vol. 37: 531-551.

LOURENÇO, VL. 2009. Utilização do Radar de Penetração nos Solos (GPR) na detecção de estruturas no âmbito nas Ciências Forenses. Trabalho de Conclusão de Curso (Centro de Geofísica), Universidade de Évora, Portugal, 44pp.

PORSANI, J. L., 1999. Ground Penetrating Radar (GPR): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descativado – SP, *Tese de Doutorado*, Instituto de

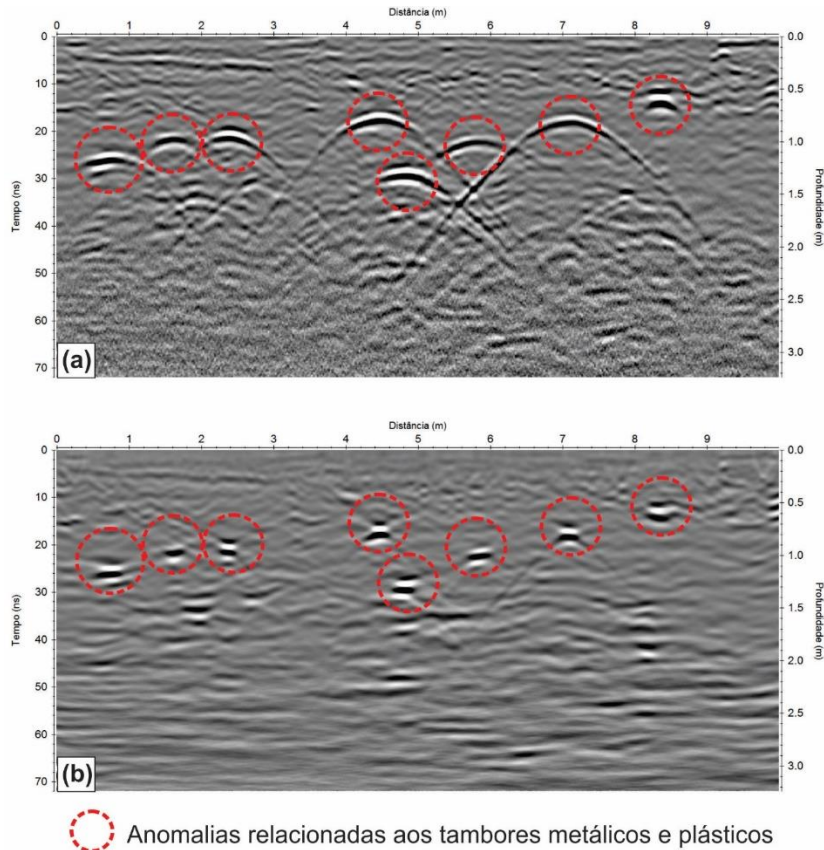


Figura 5 – Seção de GPR (L24) que cruza o centro dos tambores metálicos e plásticos enterrados na trincheira do SITCRIM. (a) Seção não migrada. (b) Seção migrada.

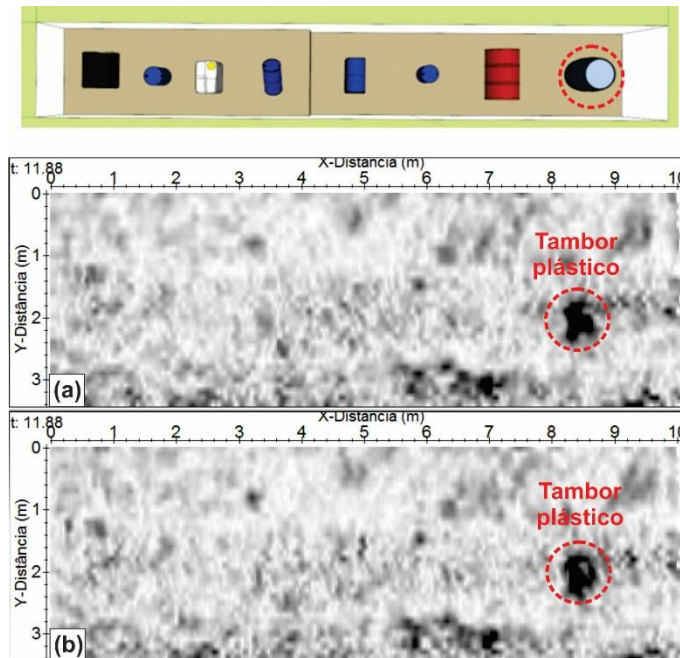


Figura 6 – Cortes na profundidade de 0,6 metros, realizados no bloco de GPR 3D, com a anomalia relacionada ao tambor plástico. (a) Dado não migrado. (b) Dado migrado.

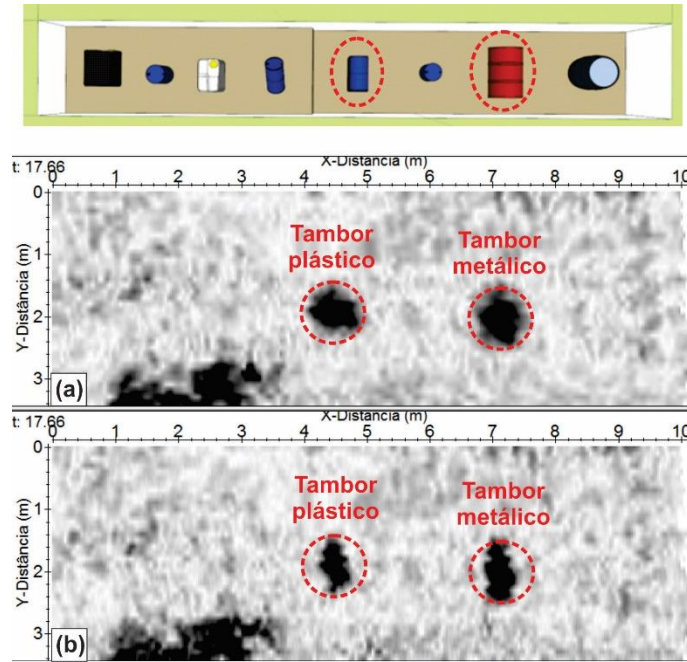


Figura 7 – Cortes na profundidade de 0,9 metros, realizados no bloco de GPR 3D, com a anomalia relacionada ao tambor plástico. (a) Dado não migrado. (b) Dado migrado.

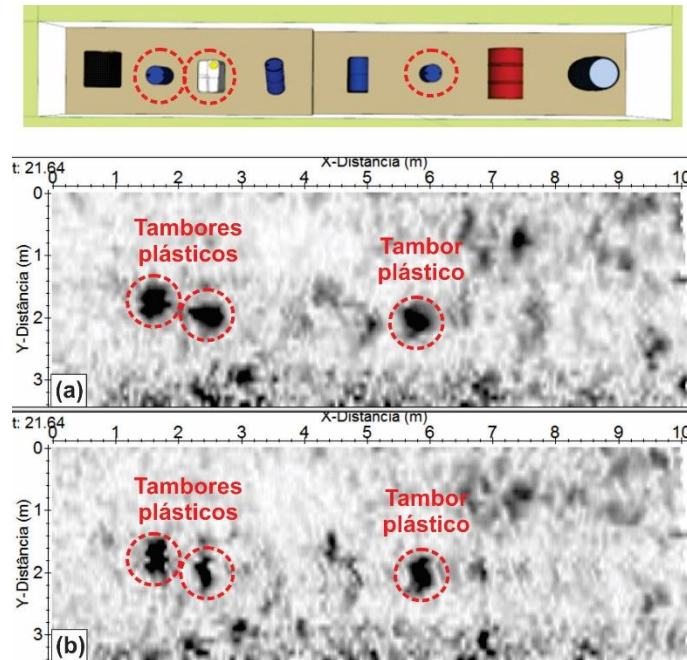


Figura 8 – Cortes na profundidade de 1,1 metros, realizados no bloco de GPR 3D, com a anomalia relacionada ao tambor plástico. (a) Dado não migrado. (b) Dado migrado.

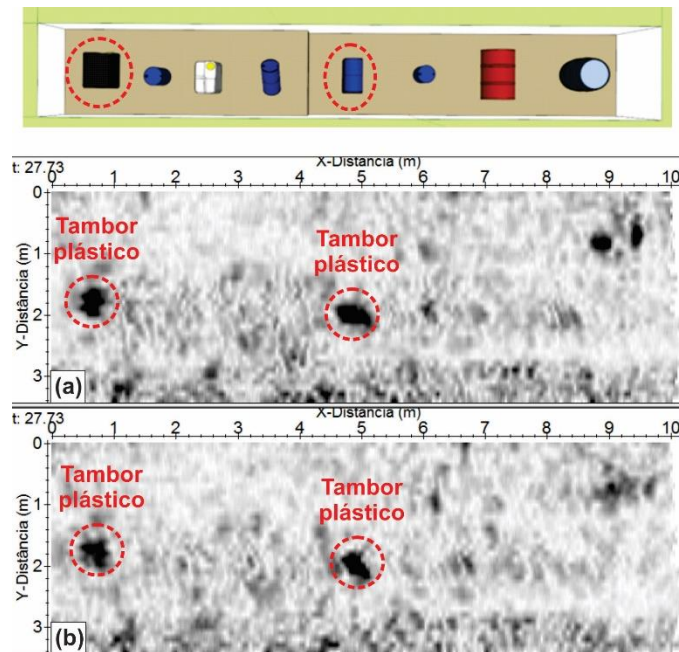


Figura 9 – Cortes na profundidade de 1,4 metros, realizados no bloco de GPR 3D, com a anomalia relacionada ao tambor plástico. (a) Dados não migrados. (b) Dados migrados.