



## ANÁLISE FORENSE DE DADOS DE GPR 3D USADOS PARA IDENTIFICAR OSSADAS ANIMAIS E RECIPIENTES DE VIDRO

Kamylla de Lima Alves ([limaalves.k@gmail.com](mailto:limaalves.k@gmail.com) – Graduada em Geofísica do IG/UnB)

Welitom Rodrigues Borges ([welitom@unb.br](mailto:welitom@unb.br) – Docente do IG/Unb)

Marcelo de Lawrence Bassay Blum ([blum.mlbb@dpf.gov.br](mailto:blum.mlbb@dpf.gov.br) – Perito Criminal Federal INC/DPF)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> 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 14<sup>th</sup> 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.

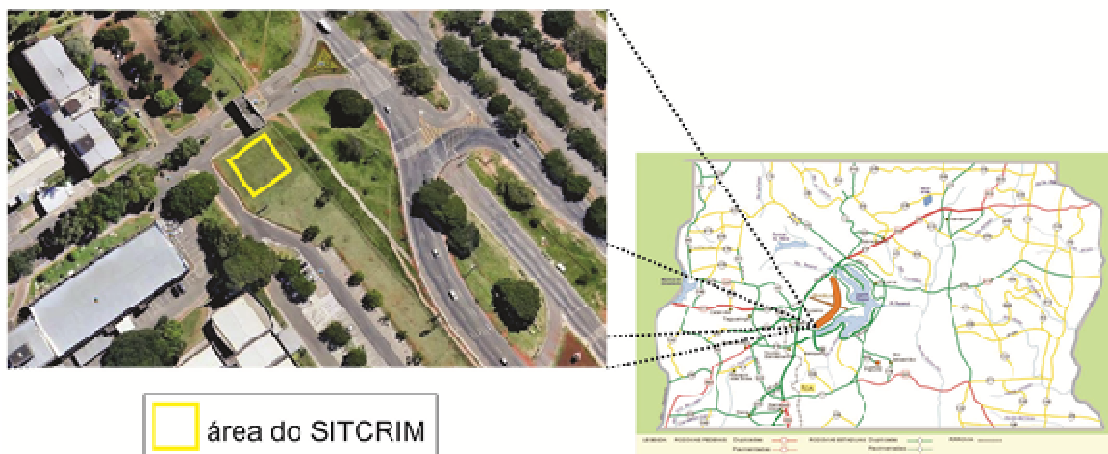
### Resumo

In 2012 the National Institute of Forensic Science, from the Department of Federal Police (INC / DITEC / DPF) built the Controlled Criminalistics Test Site (SITCRIM) to create a template for forensic targets. This study show the results of GPR 3D in a small area into SITCRIM, 11.4m<sup>2</sup> (3.3m x 3.0m). In that area were buried some known objects, such as, bovine bones and three glass bottles. The results show

### Introdução

Os métodos geofísicos são ferramentas extremamente importantes na condução de investigações que buscam evidências de crimes, principalmente em função da agilidade na aquisição, processamento e interpretação dos métodos (PRINGLE et al., 2008).

A implantação do Sítio Controlado de Criminalística (Sitcrim) ocorreu em 2012, no terreno da Polícia Federal, Brasília-DF (**Figura 1**). O principal objetivo do Sitcrim é a estimativa dos padrões anômalos de alvos forenses em solos brasileiros, bem como o treinamento dos peritos e agentes federais que desenvolvem atividades relacionadas a geofísica forense (BLUM e RUSSO, 2012).



**Figura 1** – Croqui com a localização da área do Sitcrim, INC/DPF, Brasília/DF.

Na área do SITCRIM instalaram-se alvos forenses em seis principais trincheiras e recentemente, em 2014, enterrou-se um cadáver de um porco na parte central do mesmo. Nas trincheiras instalaram-se alvos que simulassem os principais objetos ou estruturas identificadas em perícias forenses relacionadas a ocultação de objetos no subsolo (ex., munições, armamentos, túnel de presídio, tambores metálicos simulando descarte de resíduos, garrafas preenchidas com líquidos, ossadas de boi, artefatos arqueológicos).

Este trabalho é parte integrante das atividades desenvolvidas no Sitcrim desde a sua implantação, que é de verificar os padrões de anomalia para os alvos dispostos na área. Assim apresentam-se neste resumo, resultados de radar de penetração do solo (GPR) obtidos na trincheira onde se enterraram garrafas de vidro preenchidas com substâncias líquidas (que simulam a ocultação de resíduos usados em refino de drogas) e ossos de animais (ossos de bovino, que simulam a ocultação de parte de um cadáver humano).

## Metodologia

Dentre os métodos utilizados em estudo de geofísica forense, um que apresenta maior eficiência é o *Ground Penetrating Radar* (GPR). Neste método irradiam-se ondas eletromagnéticas a partir de uma antena transmissora, a propagação destas ondas no meio sofrem reflexões e difrações em meios com impedância elétrica distinta. Este sinal então é registrado na antena receptora, armazenado e visualizado em uma unidade de controle (PORSANI, 1999)

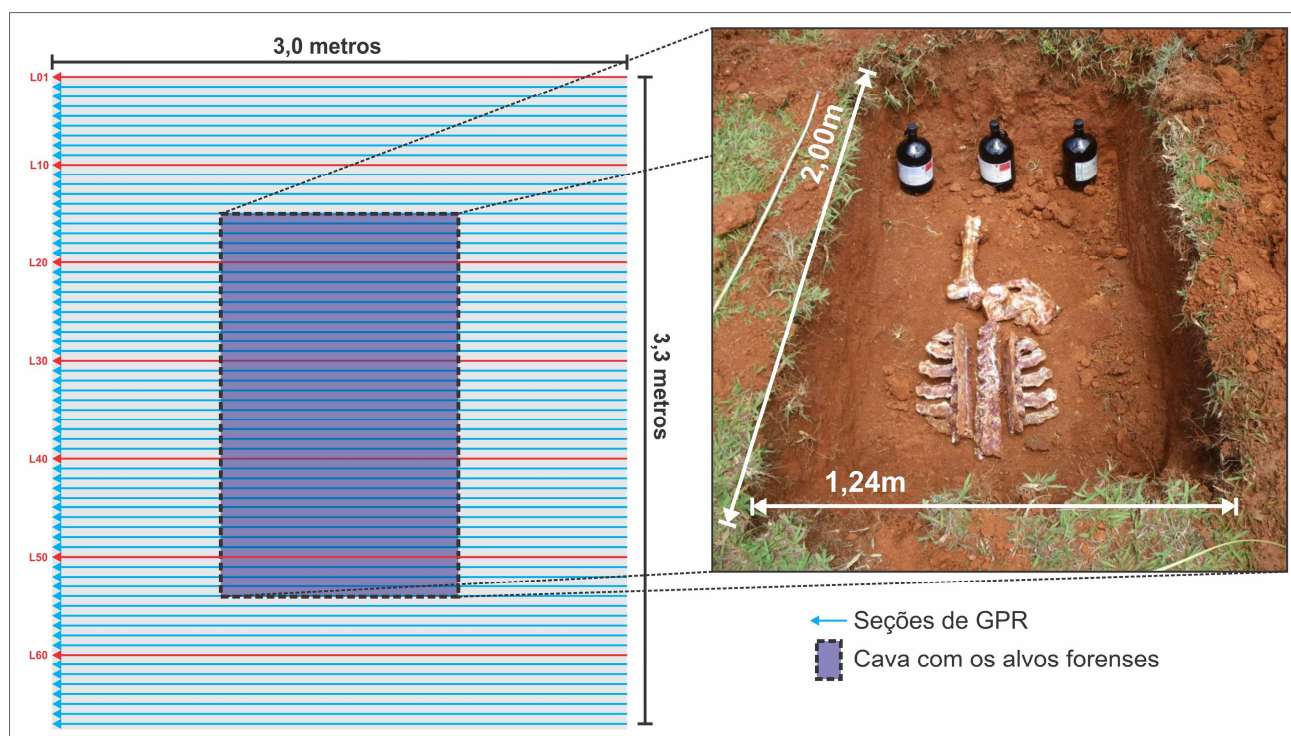
O GPR é um método comumente usado em investigações arqueológicas e forenses. Fiedler et al, (2009) mostra que o método é confiável para determinar a localização exata de sepulturas. Embora o levantamento seja relativamente rápido e não invasivo, se não calibrado de acordo com as propriedades físicas do solo, pode causar interpretações errôneas. Embora o método não permita estabelecer o estágio de decomposição dos corpos, é possível determinar com precisão a localização das sepulturas, tornando o método ideal e conveniente quando se tem dúvidas na escavação.

Na aquisição de dados usou-se o sistema GPR SIR 3000 da GSSI, acoplado a uma antena blindada de 900MHz (Figura 2). O registro dos dados de GPR ocorreu através da técnica do afastamento constante (*common offset*). Para a elaboração de um volume de dados em 3D, adquiriram-se 77 perfis paralelos, equidistantes em 5cm,

ao longo de uma área de 3,8x3,0m (11,4m<sup>2</sup>). Os parâmetros de aquisição usados na configuração do equipamento foram: 1024 amostras por traço, intervalo de amostragem espacial de 0,01m, e janela temporal de 40ns.



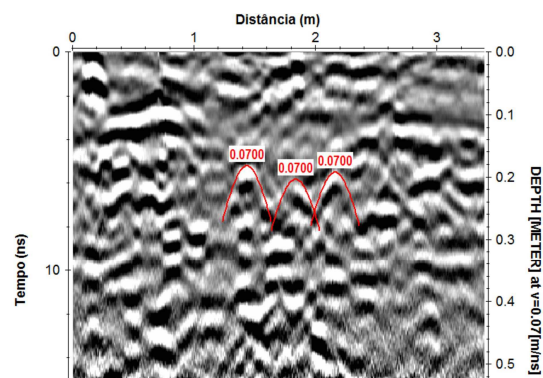
**Figura 2:** Foto evidenciando a aquisição de dados GPR com a antena de 900MHz na área do SITCRIM.



**Figura 3:** Croqui com o posicionamento e direção das seções de GPR, contorno da área escavada, e fotografia com a localização dos alvos enterrados na trincheira.

O processamento de dados ocorreu no módulo 2D-data analysis do software Reflexw 7.0 (SANDMEIER, 2014). A rotina de processamento consistiu em: verificar a chegada da onda direta no solo (ajuste do tempo zero), aplicação de filtro 2D para a retirada de ruídos horizontais (*background removal*), ganho de decaimento de energia, filtragem 1D, e migração das difrações em 3D (*3D fk migration – Stolt*).

Calculou-se a velocidade de propagação da onda eletromagnética (0,07 m/ns) através das informações diretas das profundidades dos alvos e do tempo de percurso das anomalias evidenciadas nos radargramas (**Figura 4**). Usou-se esta velocidade na rotina de migração das difrações e na conversão da seção de tempo para profundidade.



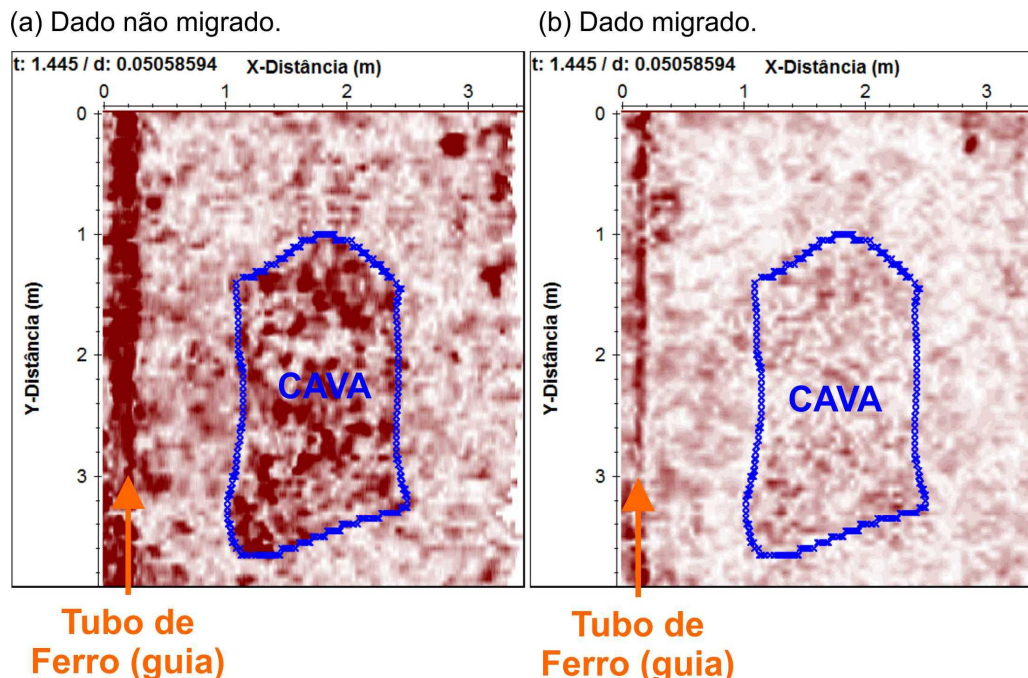
**Figura 4:** Seção de GPR sobre as garrafas de vidro, evidenciadas pelas hipérbolas com velocidade de 0,07m/ns.

## Resultados

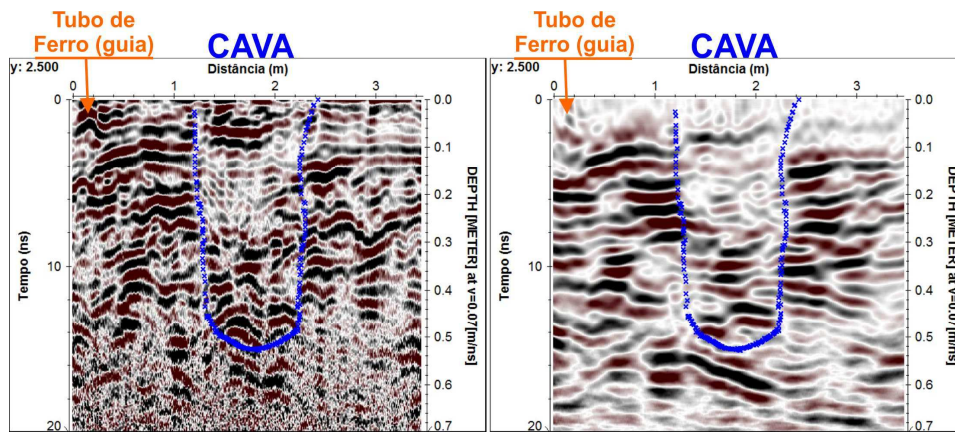
Neste trabalho, mostram-se os resultados de GPR em seções 2D e em cortes em profundidades realizadas no bloco de dados de GPR 3D.

Como os alvos possuem baixo contraste elétrico entre o solo, buscou-se primeiro a determinação dos limites da

cava. Os cortes realizados na profundidade de 5cm, evidenciam o contorno da cava, bem como o tubo guia (tubo de ferro) enterrado nesta profundidade para auxílio no georreferenciamento dos alvos (**Figura 5**). Na seção, executada na posição de 2,5 metros, nota-se também as paredes e a base da cava (**Figura 6**).



**Figura 5:** Cortes nos blocos de dados 3D, evidenciam os limites da cava, na profundidade de 5cm. (a) corte no bloco não migrado. (b) corte no bloco migrado.



(a) Dado não migrado.

(b) Dado migrado.

**Figura 6:** Seções de GPR extraídas na posição  $y=2,5$  metros, nos blocos de dados 3D. Ambas evidenciam as paredes e a base da cava. (a) Seção do bloco não migrado. (b) Seção do bloco migrado.

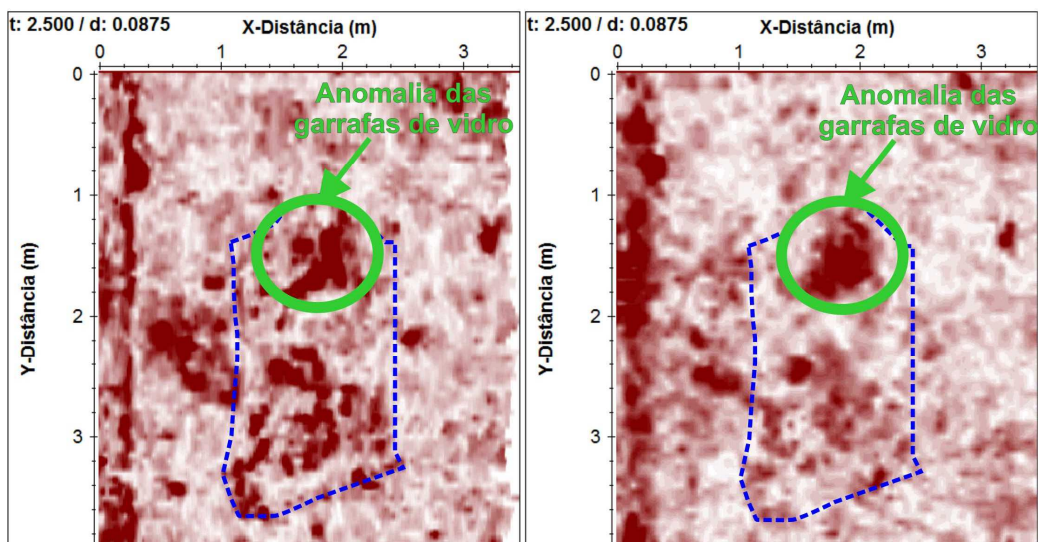
As garrafas de vidro mostram baixo contraste de impedância elétrica com o meio. Apesar de evidentes na seção 2D (**Figura 4**), nos dados 3D as mesmas ocorrem como uma anomalia contínua e não diferenciada (**Figura 7**). No primeiro momento, discutiu-se a possibilidade de aplicação de um operador de interpolação 3D que alterasse a forma da anomalia, todavia nos dados sem migração não se utilizou nenhum tipo de interpolação, ao passo que nos dados migrados, o próprio operador de migração suaviza as anomalias.

As ossadas animais, em função de possuir uma maior densidade que a ossada humana, e em função do pouco tempo inumado, possuir a composição original de cálcio e

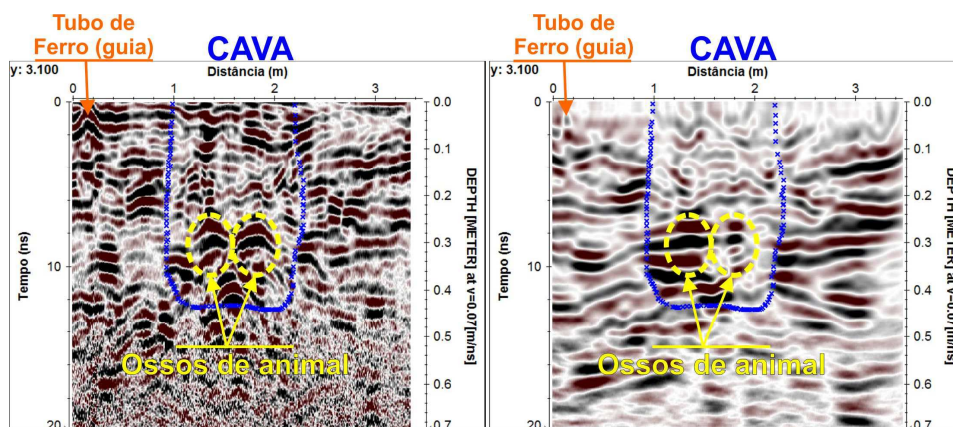
fosfato, possuem uma alta impedância elétrica com o meio. Na **Figura 8**, seção 2D realizada na posição de 3,1 metros, notam-se duas anomalias hiperbólicas (**Figura 8a**) relacionadas aos ossos das espinhas. Na seção migrada as hipérboles tornam-se refletores pontuais (**Figura 8b**). Estas mesmas ossadas, nos cortes realizados nos blocos 3D, na profundidade de 0,26 metros, aparecem como refletores de alta amplitude, mas com a forma aproximadamente arredondada (**Figura 9**).

(a) Dado não migrado.

(b) Dado migrado.



**Figura 7:** Cortes nos blocos de dados 3D, evidenciam anomalias no local onde se encontram os frascos de vidro com líquidos químicos. Cortes realizados na profundidade de 8,5cm. (a) corte no bloco não migrado. (b) corte no bloco migrado.



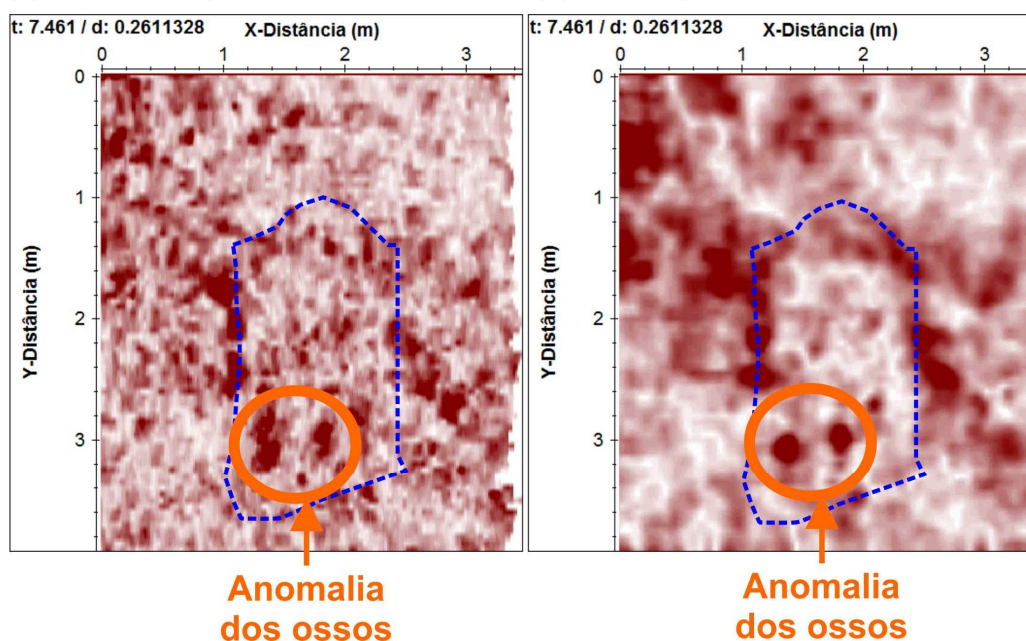
(a) Dado não migrado.

(b) Dado migrado.

**Figura 8:** Seções de GPR extraídas na posição  $y=3,1$  metros, nos blocos de dados 3D. Ambas evidenciam as paredes cava e os dois refletores relacionados às espinhas das ossadas. (a) Seção do bloco não migrado. (b) Seção do bloco migrado.

(a) Dado não migrado.

(b) Dado migrado.



**Figura 9:** Cortes nos blocos de dados 3D, evidenciam anomalias no local onde se encontram as ossadas de animais. Cortes realizados na profundidade de 26,1cm. (a) corte no bloco não migrado. (b) corte no bloco migrado

### Conclusões

Os resultados aprovam a eficácia do radar de solo na localização de objetos forenses, todavia, o baixo contraste elétrico entre os alvos e o meio, dificultou na interpretação das seções. Pretende-se realizar novas aquisições de dados com antenas de 1500 e 2600MHz na área para confirmar se existe um baixo contraste de impedância ou se houve problemas na frequência

utilizada, bem como nas rotinas de processamento aplicadas aos dados.

### Agradecimentos

A bolsista agradece a Diretoria de Fomento à Iniciação Científica da Universidade de Brasília pela oportunidade de desenvolver a Pesquisa de PIBIC.

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) da UnB pela disponibilização dos equipamentos.

### Referências

- BLUM, MLB; CAVALCANTI, MM; RUSSO, D; BORGES, WR. 2013. First Brazilian Federal Police Test Site for Forensic Geophysical Research. 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro.
- BLUM, MLB; RUSSO, D. 2012. SITCRIM - Brazilian Test Site for Forensic Geophysical Research. In: European Academy of Forensic Science Conference, The Hague: EAFS.
- BORGES, WR. 2007. São Paulo Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas; IAG/USP,
- FIEDLER, S; ILLICH, B; BERGER, J; GRAWC, M. 2009. The effectiveness of ground-penetrating radar surveys in the location of unmarked burial sites in modern cemeteries. *Journal of Applied Geophysics*, v 68, p 380-385.
- JOL, HM. 2009. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Ed Elsevier. Cap1, p 4-14.
- PORSANI JL. 1999. Ground Penetrating Radar (GPR): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado - SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro/SP.