

**IMPLANTAÇÃO DO SÍTIO CONTROLADO DE GEOFÍSICA RASA
APLICADO A ENGENHARIA DA UEG - CAMPUS HENRIQUE
SANTILLO, ANÁPOLIS – GO**

**IMPLEMENTATION OF THE CONTROLLED SITE OF RASA
GEOPHYSICS APPLIED ENGINEERING TO UEG - HENRIQUE
SANTILLO CAMPUS, ANÁPOLIS - GO**

ANTÔNIO LÁZARO FERREIRA SANTOS

Doutor, Universidade Estadual de Goiás
antoniolazaros@gmail.com

TULE CÉSAR BARCELOS MAIA

Doutor, Universidade Federal de Goiás
tulebarcelos@gmail.com

WELITOM RODRIGUES BORGES

Doutor, Universidade de Brasília
welitom@unb.br

EDSON NISHI

Mestre, Universidade Estadual de Goiás
nishi.edson@gmail.com

EDUARDO XAVIER SEIMETZ

Doutor, Universidade de Brasília
edu.seimetz@gmail.com

Resumo: A interpretação de dados de investigações geofísicas rasas pode ser complexa devido às incertezas a respeito dos alvos em subsuperfície. Para reduzir as ambigüidades e auxiliar a interpretação dos dados geofísicos de superfície foi instalado no Campus da UEG o Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicado a Engenharia SCGR-ENG da UEG. Diferentes alvos foram instalados em várias profundidades ao longo de 7 linhas. Os alvos instalados no Sítio Controlado simulam alvos encontrados em estudos geotécnicos, ambientais e arqueológicos. Neste artigo, são apresentadas as principais etapas envolvidas na construção do SCGR-ENG e resultado representativo do background da área de estudo, utilizando-se do GPR. Espera-se que, com o desenvolvimento dos trabalhos, a caracterização geofísica, sob condições controladas de campo, permitirá uma calibração das respostas geofísicas para os alvos nas 07 linhas implantadas. O SCGR-ENG, da UEG, constituirá numa ferramenta importante para o Ensino, Pesquisa e Extensão Universitária em Geofísica aplicada a Engenharia, e será de grande importância para a comunidade acadêmica.

Palavras-chave: SCGR-ENG-UEG, Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicado a Engenharia-UEG, GPR – *Ground Penetrating Radar*, Alvos.

Abstract: The data interpretation from shallow geophysical survey can be complex because the uncertainty about subsurface targets. To reduce the ambiguity and help in the interpretation of geophysical data, the Shallow Geophysical Test Site of UEG-CCET (*Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicado a Engenharia-SCGR-ENG da UEG-CCET*) was installed inside the câmpus at UEG. Different targets at various depths were installed along seven lines. The targets buried in the Test Site simulate targets found in geotechnical, archaeological, and environmental studies. This article presents the main steps involved in the construction of the SCGR-ENG and representative result of the study area background, using the GPR. SCGR-IAG will be an important tool for

teaching, research and extension activities in university related to Geophysics, and it will be very important to our community.

Keywords: SCGR-ENG, Shallow Geophysical Test Site-UEG, GPR-Ground Penetrating Radar, Targets.

INTRODUÇÃO

A criação de áreas controladas para a calibração de respostas geofísicas contribui com o aperfeiçoamento de recursos humanos nas áreas de geociências, de engenharia, arqueologia e de ciências forenses (GRANDJEAN et al., 2000). Nas áreas controladas, as geometrias, as propriedades físicas e as profundidades dos alvos e do meio são conhecidas, o que possibilita a determinação dos melhores parâmetros geofísicos para a obtenção de resultados eficientes (BORGES, 2007).

A maior parte das áreas controladas de testes geofísicos é criada para atender demandas de engenharia (SAUCK, 1996; GRANDJEAN *et al.*, 2000; SALEM *et al.*, 2002; PANIAGUA et al., 2004), de arqueologia (ISAACSON *et al.*, 1999; CONYERS, *et al.*, 1997) e de pesquisa forense (ISAACSON et al., 1999; BROWN *et al.*, 2004).

No Brasil a primeira área de testes geofísicos para fins geotécnicos, ambientais e arqueológicos foi criada dentro do câmpus da Universidade de São Paulo (PORSANI *et al.*, 2006; BORGES, 2007). Posteriormente aconteceram principalmente a implantação de áreas para fins forenses, como (SILVA *et al.*, 2008; NASCIMENTO, 2009), (BLUM e RUSSO, 2012), o SCGF (CAVALCANTI, 2018) e o SCGFR (CANATA, 2018).

Na área do Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás (UEG) em Anápolis, Goiás, iniciou-se em 2014, os primeiros trabalhos de geofísica aplicada a engenharia civil, com o intuito de determinar as espessuras das camadas do pavimento da rodovia do câmpus (SANTOS *et al.*, 2015). Em 2018, visando ampliar os estudos de geofísica rasa, foi proposta a criação de um Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicada a Engenharia (SCGRA-ENG) na UEG. Desta forma, a UEG, assinou um Convênio com o Tribunal de Contas do Estado de Goiás, visando a implantação do SCGRA-ENG e o desenvolvimento de pesquisas utilizando-se das metodologias do georadar e resistivímetro, para subsidiar fiscalizações de obras públicas. Com a instalação do SCGR-ENG foi dado um importante passo para melhorar o conhecimento relativo às respostas geofísicas de alvos rasos como os encontrados nos estudos de engenharia, ciências ambientais, e de arqueologia. O presente trabalho resume a metodologia de construção do Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicado a Engenharia – SCGR-ENG da UEG/CCET

onde são exibidas as principais atividades desenvolvidas antes e durante a instalação dos alvos no subsolo.

METODOLOGIA

- Atividades desenvolvidas “antes” da instalação do SCGRA da UEG

A área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa Aplicada a Engenharia da UEG é de 50 m × 30 m e localiza-se, no terreno do Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológica Henrique Santillo da UEG (figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: (Google Earth Pro, SIRGAS 2000 UTM 24 S)

O levantamento topográfico, na área do SCGRA-ENG, foi adquirido com um sistema integrado com uma estação total de varredura 5x10 e um par de receptores GNSS da marca Trimble, realizado, antes da instalação dos alvos, teve como objetivo a locação das 07 linhas e a delimitação da área de estudo. Na determinação do background, com o uso do GPR, foram adquiridos perfis de reflexão de GPR, utilizando-se da técnica: i) modo contínuo com antenas blindadas de 400 MHz. Os dados foram obtidos com o equipamento do Instituto de

Geociências da UnB, um SIR 3000 da GSSI e adquiridos ao longo de linhas de 30m, de direção N-S, com espaçamento 0,50 m.

A construção do SCGRA-ENG, seguiu os mesmos moldes do Sítio Controlado implementado na USP – Universidade de São Paulo (BORGES, 2007). Os alvos foram agrupados por tipos de materiais e distribuídos ao longo de sete trincheiras, com profundidades variando de 1,0 até 2,0 m.

Para a instalação dos alvos, o solo foi escavado utilizando-se uma retroescavadeira (figura 2) e os trabalhos de refinamento da base das trincheiras escavadas foram feitos com enxadas. Após a escavação do solo, foi realizado um levantamento topográfico para delimitar o contorno do topo e da base das trincheiras escavadas, visando um detalhamento da área perturbada. Os alvos foram instalados com orientações aproximadamente N-S ou E-W e quando necessário, foram horizontalizados com níveis.

Figura 2 – Aspecto da delimitação e escavação mecânica das trincheiras na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Durante a disposição dos alvos, ainda com as trincheiras abertas, foi realizado outro levantamento topográfico visando determinar com precisão o posicionamento e a profundidade dos alvos em relação à superfície do terreno. Após este levantamento topográfico sistemático, os alvos foram definitivamente enterrados. Este procedimento foi repetido para cada alvo e camadas instalado no SCGRA-ENG. Para o entendimento dos padrões de reflexão da área (background) foi realizada a caracterização e classificação do solo. A seleção do perfil de solo foi feita por meio de análise nas trincheiras abertas. Além da descrição morfológica visando sua caracterização, feita com base nas recomendações contidas no Manual de descrição e coleta de solos no campo (Santos et al., 2005) e do Manual técnico

de pedologia (Oliveira, 2005), foram coletadas amostras da terra fina, de concreções, que foram enviadas a laboratórios especializados.

O SCGRA-ENG é composto por sete linhas de 10,0 m cada, dispostas ao longo da direção aproximadamente N-S magnética. Um cano metálico de 2 cm de diâmetro externo foi instalado na posição central da área ao longo da direção aproximadamente E-W, servindo como alvo-guia que cruza todas as linhas instaladas no SCGRA-ENG. Cada uma das sete linhas é caracterizada com diferentes tipos de materiais. Os alvos foram escolhidos para terem respostas magnéticas, condutivas ou para gerarem reflexões nos perfis de GPR (*Ground Penetrating Radar*). As linhas 1, 2, 3 tiveram como objetivo contemplar estudos de infraestrutura rodoviária. Nas demais linhas (4, 5, 6 e 7), foram enterrados, em diferentes profundidades, muro de tijolos que simula a fundação de igrejas históricas e tubulações metálicas e de PVC, associados a interferências subterrâneas urbanas.

Na trincheira 1: Linha A (figura 3). Pavimento Flexível com inclinação. Composto de revestimento CBUQ de polímero, base granular, brita n° 02 e pedra; Linha B- Pavimento Flexível: Composto de revestimento CBUQ, base granular, Brita 02 e colchão drenante, geotêxtil e geomanta. Na aplicação do método GPR para a avaliação de pavimentos (ASTM D4748, 2010) serão utilizadas antenas com frequências que possibilitem a resolução da ordem de centímetros, a partir de 900 MHz.

Figura 3 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 01 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



(A)



(B)

Fonte: Autores, 2019.

Na trincheira 2: Linha A - Pavimento rígido, composto de concreto armado (com tubulações internas) aditivado, base granular, brita nº 02 e enrocamento; Linha B-Pavimento rígido: composto de concreto armado (com tubulações internas), base granular, brita nº 02 e colchão drenante, geotêxtil e geomanta (figuras 4 e 5).

Figura 4 – Aspectos nas trincheiras 02 A e 2B, camada intermediária de brita e rachão na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.

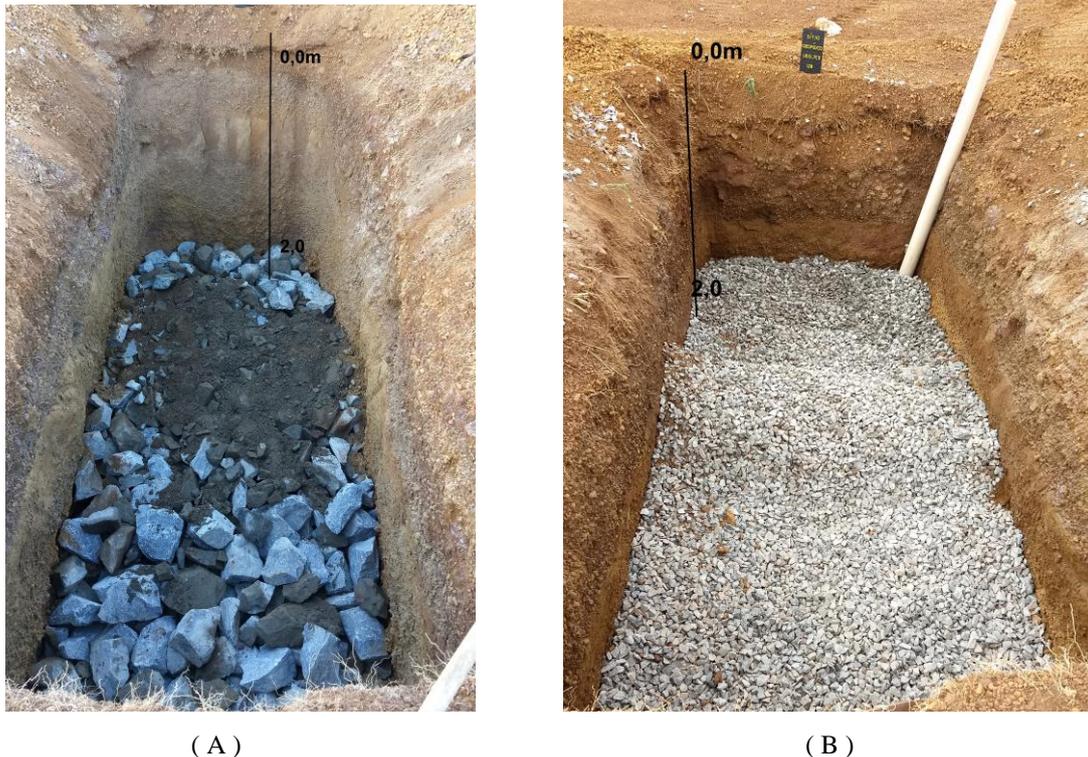
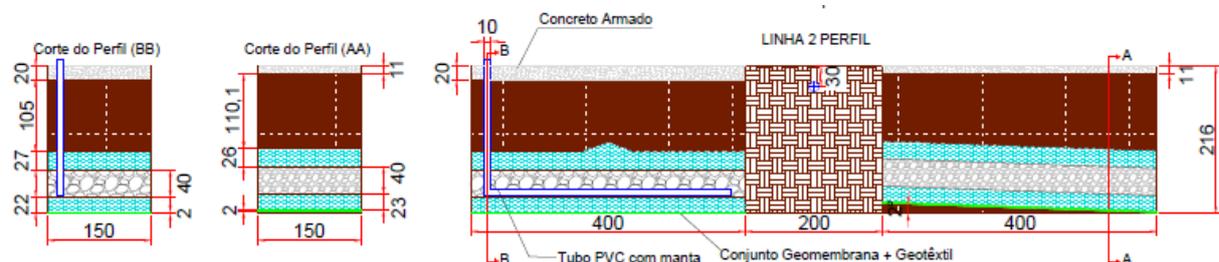


Figura 5 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 02 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

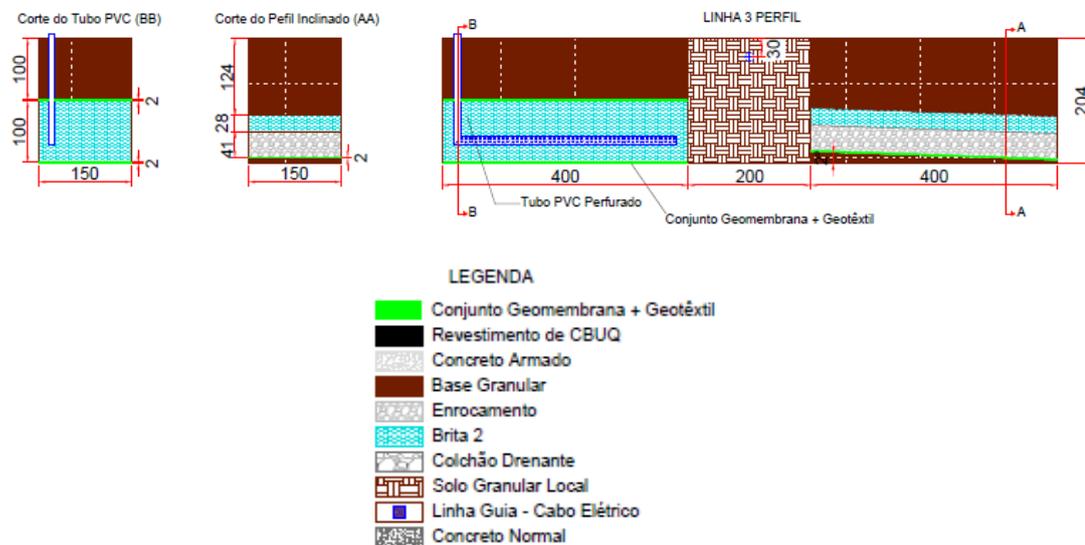
Na trincheira 3: Linha A - Pavimento granular: composto de solo granular, base granular, brita nº 02 e enrocamento; Linha B - Pavimento composto de solo granular, base granular, brita nº 02 e colchão drenante, geotêxtil e geomanta (figuras 6 e 7).

Figura 6 – Aspectos nas trincheiras, alvos dispostos nas trincheiras 03 A (base do pavimento) e B (parte intermediária do pavimento), em diferentes profundidades na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 7 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 03 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

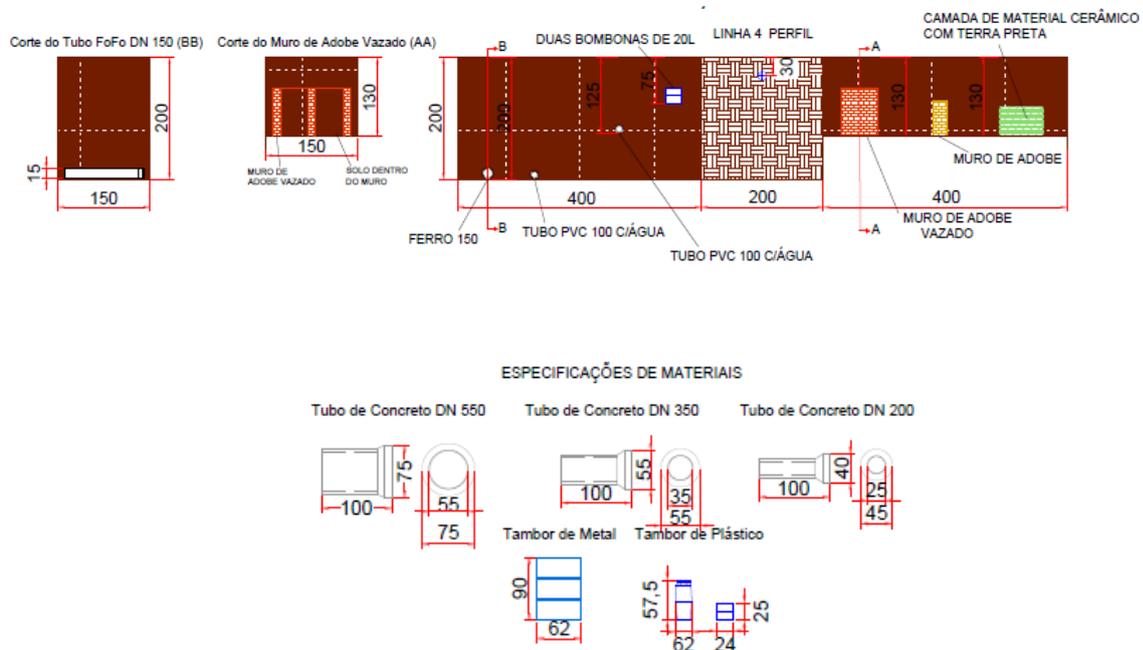
Na trincheira 4: Linha A - camadas de telhas cerâmicas com solo orgânico, muro de tijolos, compacto e vasado, dispostos transversais ao comprimento da trincheira; Linha B - dois galões de plásticos de 20 litros dispostos em pares na vertical e tubos de PVC de diâmetro de 100 mm um com água e outro vazio e tubo metálico de 150 mm (figuras 8 e 9).

Figura 8 – Aspectos dos alvos dispostos nas trincheiras 04 A e B, em diferentes profundidades na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 9 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 04 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.

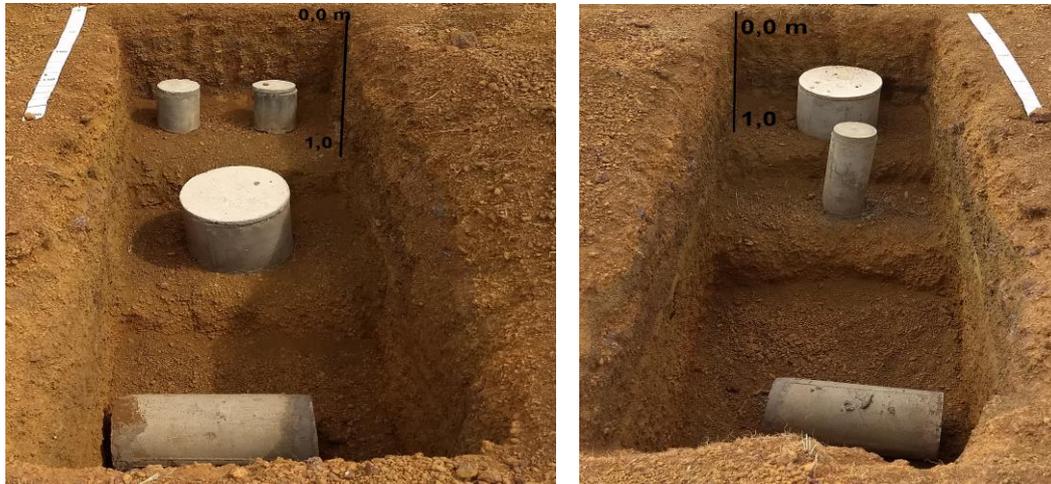


Fonte: Autores, 2019.

Na trincheira 5: Linha A - Manilhas de concreto de 250mm; 350mm e 550mm, dispostas conforme figura 10; Linha B - Manilhas de concreto de 250 e 550mm dispostas

verticalmente e de 350mm, dispostas horizontalmente, na base da trincheiras, com diferentes profundidades (figura 11);

Figura 10 – Aspectos dos alvos dispostos nas trincheiras 05 A e B, em diferentes profundidades na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.

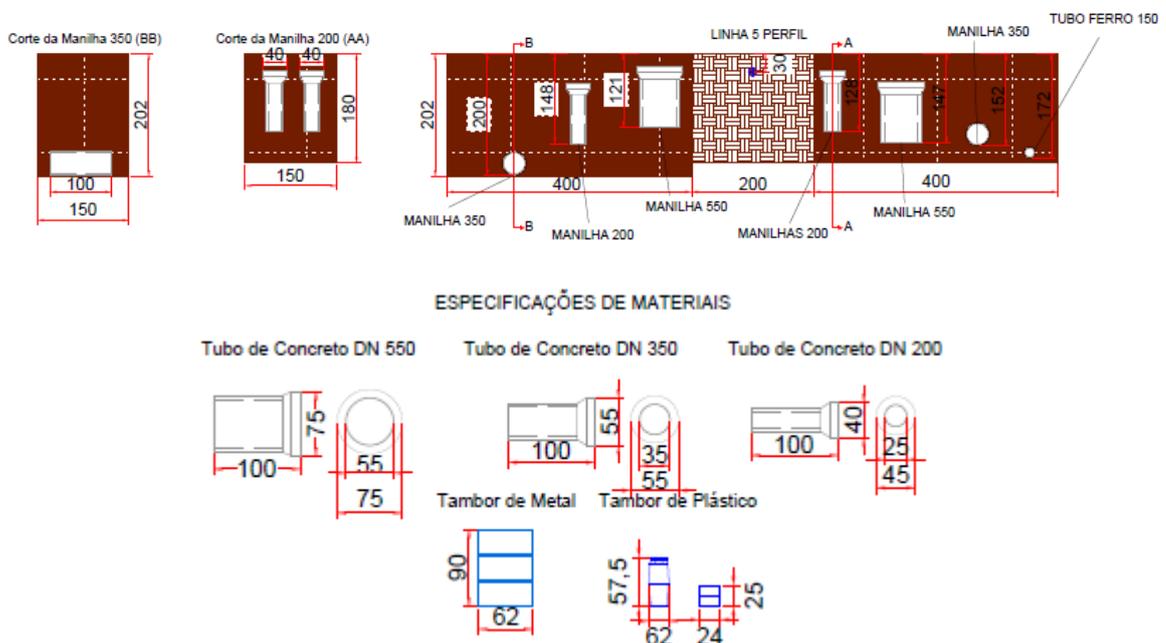


(A)

(B)

Fonte: Autores, 2019.

Figura 11 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 05 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.

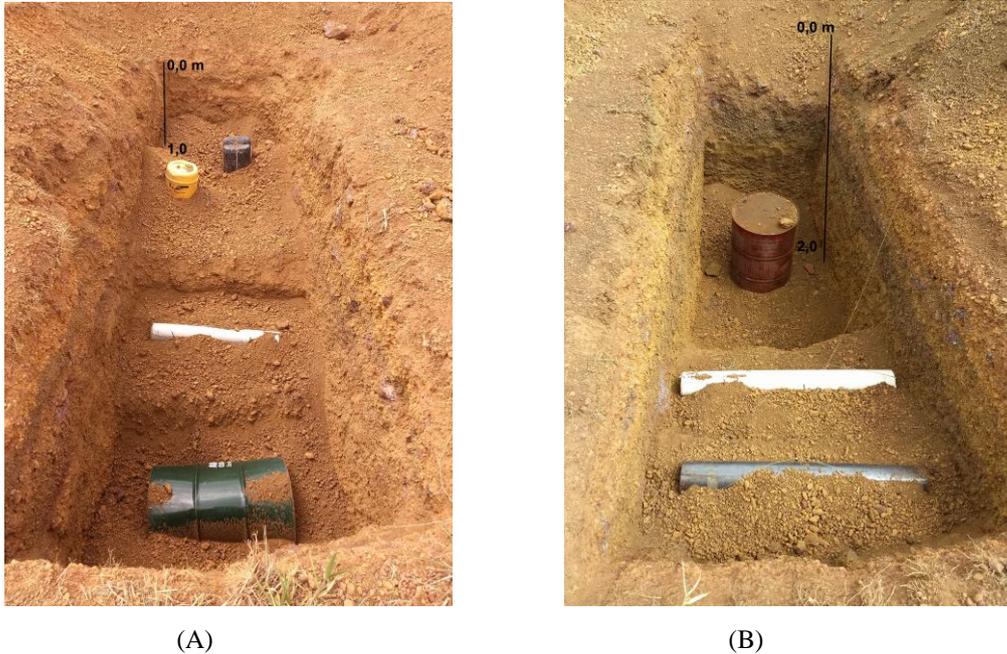


Fonte: Autores, 2019.

Na trincheira 6: Linha A - tambor metálico de aço de 200 litros disposto na horizontal e tubo de PVC de diâmetro de 100 mm dispostos transversais ao comprimento da

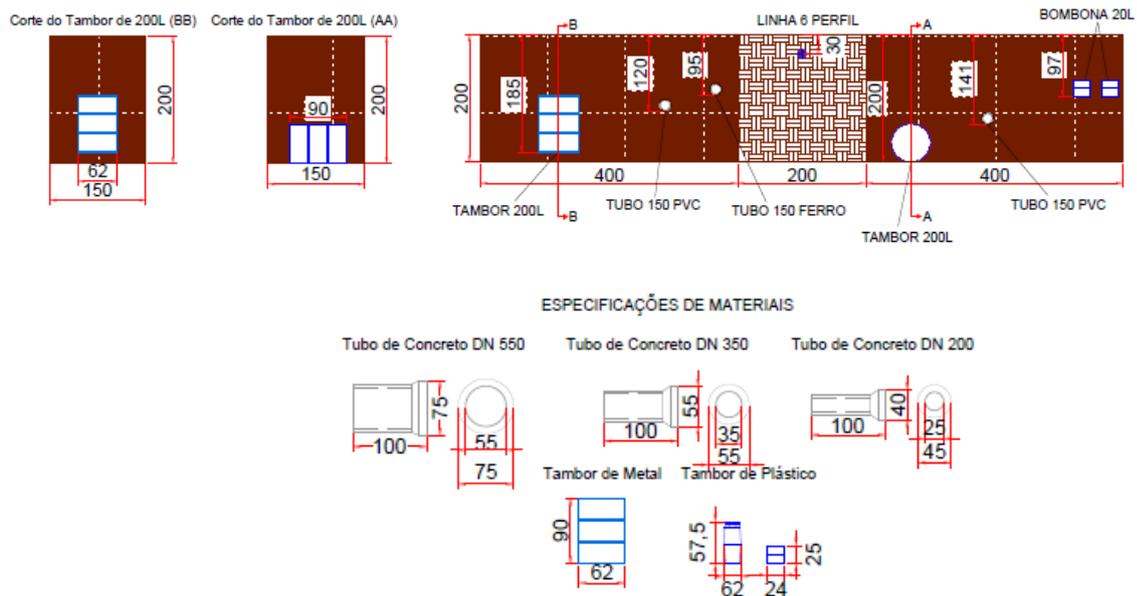
trincheira e dois galões de plástico de 20 litros em pares, e na vertical; Linha B, tambor metálico de aço de 200 litros disposto na vertical, tubos de PVC e metálico de diâmetros de 150 mm dispostos transversais ao comprimento da trincheira (figuras 12 e 13).

Figura 12 – Aspectos dos alvos dispostos nas trincheiras 06 A e B, em diferentes profundidades na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 13 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos nas trincheiras 06 A e B, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

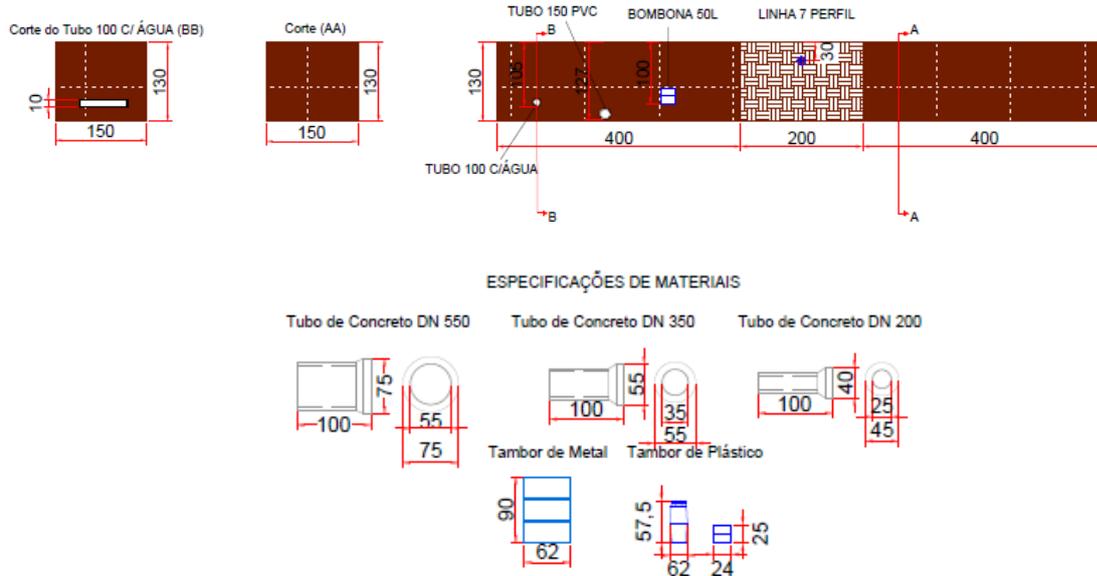
Na trincheira 7, Linha A, Solo granular in situ. Linha B, Tambor plástico de 50 litros, dispostos na horizontal, individuais e tubos de PVC de 100 mm dispostos transversais ao comprimento da trincheira (figuras 14 e 15).

Figura 14 – Aspecto dos alvos dispostos nas trincheiras 07 A, em diferentes profundidades na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 15 – Perfis esquemáticos dos alvos dispostos na trincheira 07 A, e suas dimensões na área do SCGRA-ENG da UEG/CCET.



Fonte: Autores, 2019.

Na área do SCGRA-ENG, foram realizados perfis geofísicos, visando recuperar o *background* do terreno, precedente as aberturas das trincheiras, ou seja, sem a interferência dos alvos em subsuperfície (figura 16).

Figura 16 – Fotos de algumas aquisições realizadas com o GPR na área do SCGR-ENG da UEG/CCET, antes da implantação dos alvos. a) Aquisição com antena GPR de 400 MHz blindada, (A) início da marcação (B) execução da linha sentido N-S.



(A)



(B)

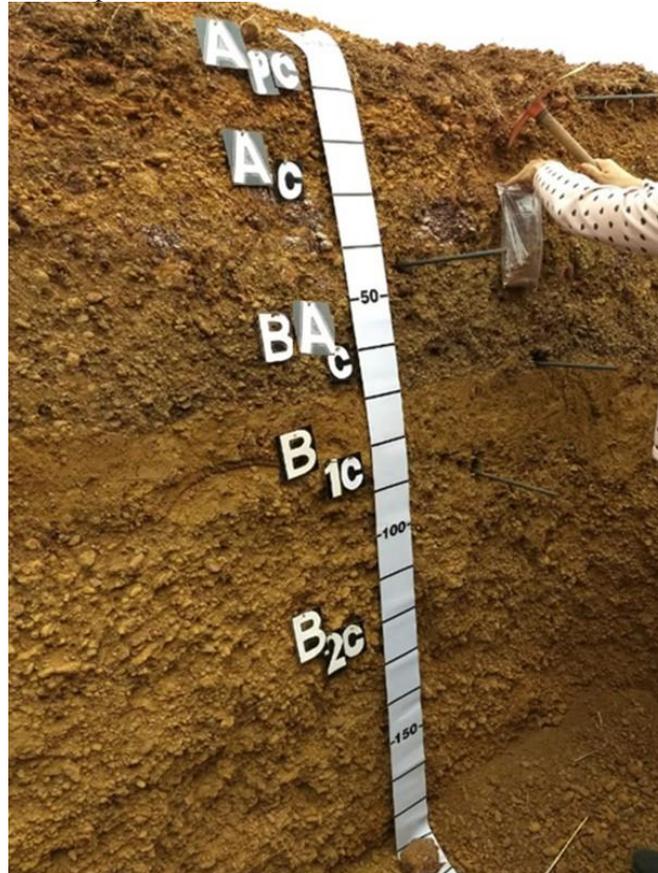
Fonte: Autores, 2019.

Os resultados apresentados foram obtidos com o GPR, método geofísico não destrutivo, de alta resolução, que permite obter uma imagem da subsuperfície rasa da Terra, utilizando reflexões de ondas eletromagnéticas de altas frequências (normalmente entre 10 MHz – 2,5 GHz). Uma antena transmissora emite um pulso eletromagnético para dentro da Terra. Havendo contrastes em pelo menos uma das propriedades físicas (condutividade elétrica, constante dielétrica e permeabilidade magnética) nos materiais em subsuperfície, parte do sinal é refletido, sendo recebido por uma antena receptora. O resultado obtido é uma imagem de alta resolução da subsuperfície, onde no eixo horizontal está a distância e no eixo vertical o tempo duplo da onda EM (ida e volta do sinal). Informações sobre este método podem ser encontradas na literatura de Davis e Annan (1989), Daniels (1996), Porsani (1999), dentre outras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área do sítio, o perfil de solo (figura 17), apresenta em todos os horizontes concreções de ferro, com cores que variam do vermelho ao amarelo, sendo a camada A mais escura graças a presença de matéria orgânica. O perfil como um todo possui boa drenagem, a classe textural é argilo-arenosa.

Figura 17 – Perfil do plintossolos pétrico



Fonte: Antonio Lázaro Ferreira Santos (2018)

As concreções ferruginosas possuem formato irregular e consistência dura. A quantidade de concreções é superior a 50% de volume o que garante o caráter concrecionário do perfil.

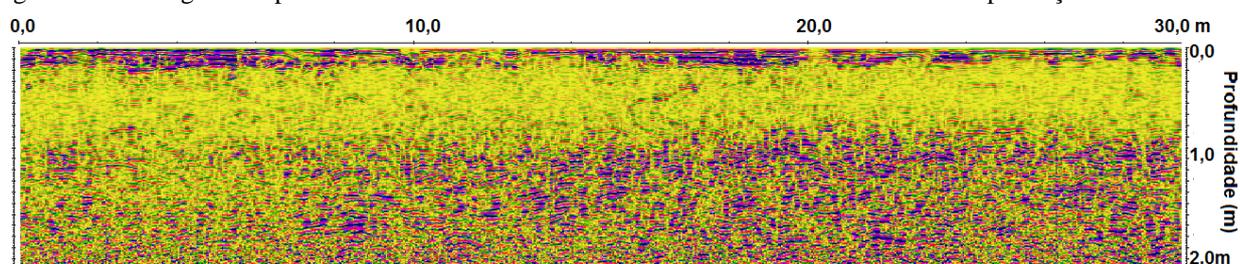
De acordo com o Sistema Brasileiro de classificação de solo-SiBCS, solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plântico ou litoplântico ou concrecionário, iniciando dentro de 40 cm são caracterizados como Plintossolo Pétrico.

Estudos realizados por Oliveira (1998) mostraram que os materiais petroplânticos (concrecionários) podem, ao endurecer, aprisionar substâncias minerais primárias em seu interior e que tais minerais com a reversão do processo de formação das concreções poderiam vir a ser liberados fornecendo elementos para o meio ambiente.

Em relação aos dados de GPR, até o presente momento, foram adquiridos perfis de reflexão de GPR, utilizando-se da técnica: i) modo contínuo com antenas blindadas de 400 MHz. Os dados foram obtidos com o equipamento do Instituto de Geociências da UnB, um SIR 3000 da GSSI e adquiridos ao longo de linhas de 30m, no sentido do comprimento das trincheiras, com espaçamento 0,50 m.

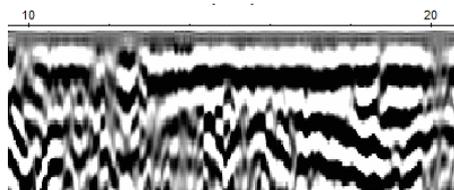
Durante a aquisição de dados com o SIR 3000, foram dados ganhos lineares, em intervalos regulares, para melhorar a visualização dos resultados em campo. A figura 18 ilustra o radargrama representativo do background da área do SCGR-ENG antes da implantação dos alvos.

Figura 18 - Radargrama representativo da área do SCGR-ENG da UEG/CCET antes da a implantação dos alvos.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 19 - Padrões de refletor marcados por feições de hipérboles, convexas para cima ou refletor fortemente inclinados, paralelos, às vezes cruzados em “X”. Materiais argilo-arenosa, bastante mosqueados e com presença de crosta de ferro.



Fonte: Autores, 2019.

Estudos realizados por Lopes (2009), na caracterização do substrato em trechos de pavimentos da cidade universitária da UFRJ, utilizando do uso do GPR, já teria verificado o padrão de refletor típicos de materiais mosqueados e com presença de crosta de ferro. O que vem a corroborar com os trabalhos em estudo (figura 19 acima).

CONCLUSÕES

Os objetos que foram enterrados simulam algumas situações reais em obras de engenharia, estudos de contaminação do meio ambiente e pesquisas arqueológicas. Portanto,

as respostas geofísicas a serem obtidas futuramente sobre alvos conhecidos poderão ser extrapoladas para locais onde não se têm informações da subsuperfície. Com o desenvolvimento das aquisições geofísicas dos objetos, as assinaturas, serão usadas como respostas padrões para cada tipo de material. Os resultados a serem obtidos com a aplicação de vários métodos geofísicos de investigação rasa numa área onde se conhecem as propriedades dos alvos enterrados contribuirão para a nossa habilidade de interpretar os dados geofísicos. Além disso, permitirá calibrar os métodos de campo para as aplicações da geofísica rasa em situações reais, como por exemplo, em estudos de problemas relacionados com as áreas de infraestruturas e em estudos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Ao Tribunal de Contas do estado de Goiás-TCE-GO, pelo apoio tendo como base o convênio nº 001/2018 UEG/TCE-GO.

REFERÊNCIAS

ANNAN, A. P.; DAVIS, J. L. 1997. Ground penetrating radar - Coming of age at last. Mississauga: Sensors; Software, Inc., 13p. (*Internal Report PEMD#157*).

BROWN, S.; AVERY, S.; AND GOULDING, M. (Org.) **Recent investigations at the Ebenezer Mission Cemetery**. In Harrison, R., and Williamson, C. (eds.), *After Captain Cook: The Archaeology of the Recent Indigenous Past in Australia*, Altamira, Lanham, MD, 2004.

BORGES, W. R. **Caracterização geofísica de alvos rasos com aplicações no planejamento urbano e meio ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP**. 2007. 256 f. Tese (Doutorado de Geofísica) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BUSO, A. S. O.; BLUM, M. L. B.; BORGES, W. R. Imageamento GPR 3D de alvos forenses na área sítio controlado de criminalística. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 7, 2016, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SITICRIM, 2016. Cd-rom.

CAVALCANTI, M. **Estudos da resposta geofísica em diferentes cenários de sepultamentos**. 2017. 197 f. Tese (Doutorado de Geofísica) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CONYERS, L.B.; GOODMAN, D. (Org). **Ground-Penetrating Radar. An Introduction for Archaeologists**. Altamira Press, 1997.

DANIELS, J. J. **Surface Penetrating Radar**. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 1996

DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. **Geophysical Prospecting**, v. 37, p. 531-55, 1989.

GRANDJEAN, G.; GOURRY, J. C.; BITRI, A. Evaluation of GPR techniques for civil-engineering applications: study on a test site. **Journal of Applied Geophysics**, v. 45, p 141-156, 2000.

ISAACSON, J.R.; HOLLINGER, E.; GUNDRUM, D.; BAIRD, J. A Controlled Archaeological Test Site Facility in Illinois: Training and Research in Archaeogeophysics. **Journal of Field Archaeology**, v. 26, n.2, p.227-236, 1999.

LOPES, O. A. **Uso do GPR (Ground Penetrating Radar) em trechos de pavimentos da cidade universitária da UFRJ**. 2009. 202 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto Alberto Luiz Coimbra-COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2009.

OLIVEIRA, V.A. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: Estado do Rio de Janeiro/IBGE, Coordenação de recursos naturais e estudos ambientais, 2015.

OLIVEIRA, V. A. de. **Estudo da relação com o substrato litológico, fertilidade potencial e grau de intemperismo dos principais latossolos do planalto central goiano**. 1998. 161 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

PANIAGUA, J.; DEL RÍO, M.; RUFO, M. Test site for the analysis of subsoil GPR signal propagation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND PENETRATING RADAR, 10, 2004, Delft. **Proceedings...** The Netherlands, 2004. p. 751-754.

PORSANI, J.L. **Ground Penetrating Radar (GPR): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado – SP**. 1999. 145 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999

PORSANI, J.L.; BORGES, W.R.; RODRIGUES, S.I.; RODRIGUES, S.I.; HODO, F.Y. O Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP: Instalação e Resultados GPR 2D-3D. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v.24, n.24, p. 24 – 49, 2006.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; & ANJOS, L. H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS/SNLCS, 2005.

SALEM, A.; RAVAT, D.; GAMEY, T. J.; USHIJIMA, K. Analytic signal approach and its applicability in environmental magnetic investigations. **Journal of Applied Geophysics, Elsevier**, v.49, p. 231-244, 2002.

SAUCK, W. Controlled Site for Shallow Geophysics. **Institute for Water Sciences**, Department of Geosciences, Western Michigan University. 1996.

SILVA, L. M. C.; NASCIMENTO, W. G.; LUIZ, J. G.; COSTA, A. A. S.; CATETE, C. P. FORAMB: campo de testes controlados para Geofísica Forense, Ambiental e de Resgate, Belém/PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA. 3, 2008, Belém. **Anais...** Belém, 2008. P. 15-30.

SOLLA, M.; RIVEIRO, B.; ALVAREZ, M. X.; ARIAS, P. Experimental forensic scenes for the characterization of ground-penetrating radar wave response. **Forensic Science International**, v.2, p. 50-58, 2012.