



O MÉTODO GPR APLICADO À ARQUEOLOGIA NO SÍTIO PA-ST-42: PORTO DE SANTARÉM, PARÁ.

Carla Patrícia Queiroz Furtado, CPGf/UFPA, Marcos Welby Correa Silva*, CPGf/UFPA, José Gouvêa Luiz, CPGf/UFPA, Denise Pahl Schaan, CFCH/UFPA, Odinei da Silva Matos Junior.

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th 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 study is part of the Rescue Program for the Archaeological Site PA-ST-42: Santarém's Port located in Santarém /PA. Measurements were performed in Area 2 and Area 2A - Field 1, 2 and 3 using Ground Penetrating Radar (GPR) as a methodology. The GPR was applied in order to test the feasibility of the method in archaeological research, demonstrating its ability to identify structures and/or artifacts buried on the sites. The processing and analysis of the data allowed the observation of three anomalous patterns, which later were related to the presence and/or concentration of artifacts found under some profiles, according to the excavations.

Introdução

Novas abordagens teórico-metodológicas da arqueologia promoveram a interação desta com outras disciplinas científicas, entre elas a geofísica. Essa nova abordagem resultou em maiores informações sobre os objetos e os artefatos encontrados nas áreas internas e no entorno dos sítios arqueológicos (SENNA; LOPES, 2008). Além disso, a interação multimetodológica é indicada para extinguir quaisquer inconsistências, evitando erros, desperdício de tempo e de investimento, em que diferentes métodos complementam-se e definem com maior precisão a localização, a profundidade, a geometria dos artefatos arqueológicos e feições, proporcionando maior compreensão do sítio arqueológico (NUZZO; LEUCCI; NEGRI, 2009).

Neste trabalho são descritos os resultados de investigações geofísicas desenvolvidas no Programa de Salvamento Arqueológico do Sítio PA-ST-42: Porto de Santarém, realizado pela Universidade Federal do Pará (UFPA) através do Convênio nº 02/2010 com a Companhia das Docas do Pará (CDP). Este programa visa compensar a perda do patrimônio arqueológico devido à atividade portuária e a liberação de áreas para posterior arrendamento pela CDP. A pesquisa foi autorizada através da Portaria nº 21 de 28/06/2011 e publicada no Diário Oficial da União (DOU) nº 123 de 29/06/2011, seção 1, página 8 (SCHAAN, 2012).

O Radar de Penetração do Solo ou *Ground Penetrating Radar* (GPR) foi utilizado como ferramenta de prospecção arqueológica, com o propósito de demonstrar sua viabilidade e capacidade em identificar estruturas, feições,

artefatos e/ou vestígios arqueológicos que caracterizem e/ou indiquem a presença humana na área de estudo.

A campanha de campo foi realizada no período de 23/06/2011 a 30/06/2011 no Sítio Arqueológico PA-ST-42, localizado no Porto de Santarém, Pará. O levantamento geofísico ocorreu na Área 2 e na Área 2A, sub-áreas *Campo 1*, *Campo 2*, *Campo 3* pertencentes ao sítio PA-ST-42: Porto de Santarém (Ver Figura 1). O levantamento ficou sob a coordenação do Prof. Dr. José Gouvêa Luiz e do Prof. Dr. Marcos Welby Correa Silva, ambos da Universidade Federal do Pará – UFPA. Participaram ainda Odinei da Silva Matos Junior, aluno de mestrado em Geofísica da UFPA e do técnico Anderson Marcio Amaral Lima, vinculado à UFPA.

Medidas com GPR

O GPR é uma técnica de investigação em profundidade cujos parâmetros de aquisição dependem do objetivo do levantamento. A parametrização utilizada para a aquisição de dados em cada área foi adequada às características peculiares de cada uma. Desse modo, tanto o espaçamento quanto o tamanho dos perfis foram estabelecidos de forma a promover o melhor levantamento possível. As medidas de GPR foram adquiridas com um levantamento de deslocamento comum (*common offset*), utilizando o sistema SIR-3000, produzido pela *Geophysical Survey Systems, Inc (GSSI)*. Os perfis foram adquiridos com antena biestática de 400 MHz e janela temporal de 70 ns. O espaçamento assumido entre os perfis foi 2 m na Área 2 e 1 m na Área 2A. As marcações inseridas nos registros para controle da posição das medidas foram realizadas com intervalo de 10 m.

O levantamento na Área 2 consistiu em 83 perfis de 64 m de extensão, orientados na direção oeste-leste. Já o levantamento geofísico na Área 2A compreendeu três regiões denominadas *Campo 1*, *2* e *3*. O *Campo 1* corresponde a um campo de futebol com dimensões de 62,5 m por 110 m. Nele foram realizados 55 perfis de 62,5m de comprimento, orientados segundo direção aproximada de N12E e executados no sentido SW-NE. No *Campo 2* as medidas realizadas compreenderam 51 perfis de 70 m, com orientação aproximada de N80E, sendo executados no sentido SW-NE. No *Campo 3* foram adquiridos 65 perfis de 64 m, orientados na direção aproximada de N7E e executados no sentido SW-NE.

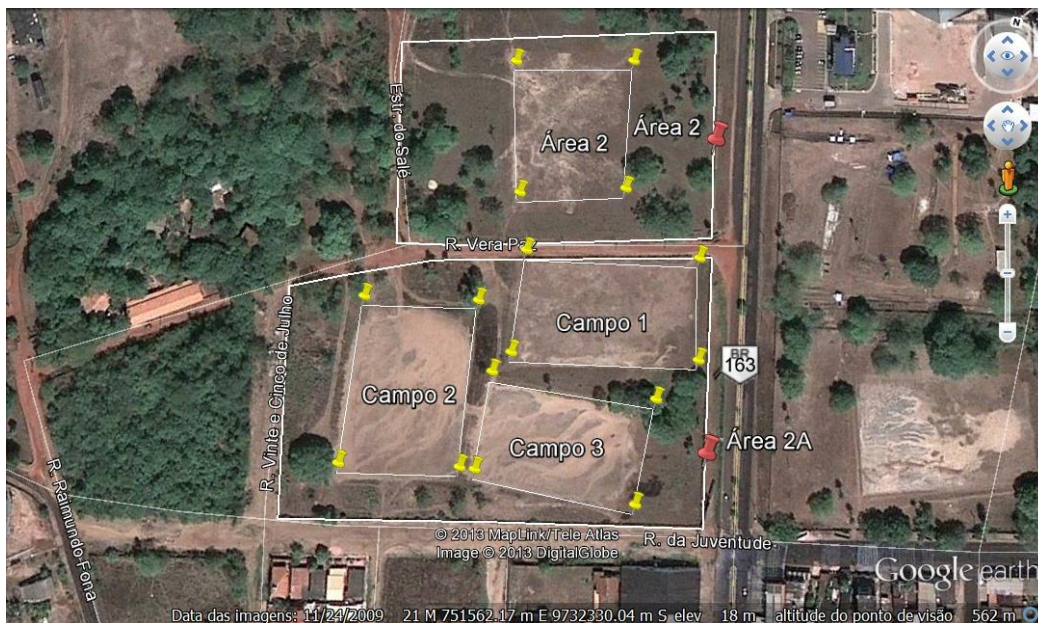


Figura 1: Localização da Área 2 e da Área 2A- Campo 1, Campo 2 e Campo 3 pertencentes ao sítio PA-ST-42: Porto de Santarém. Fonte: Imagem de Satélite, 2013. Software Google Earth™ Mapping Service.

Caracterização da área de pesquisa

A Área 2 está situada ao sul da área administrativa do Porto de Santarém e mede aproximadamente 26.741 m² (Figura 2). A área se manteve relativamente protegida até meados da década 1990 devido a sua vegetação. No entanto, com a retirada da vegetação e a ação direta de intempéries se iniciou o processo de erosão, resultando na exposição de centenas de objetos culturais. Posteriormente ocorreram processos como decapagem mecânica, limpeza e nivelamento do terreno para a utilização deste como campo de futebol. Dentre as interações sofridas, o processo de nivelamento do terreno promoveu a remoção de mais de 1 m de camada cultural, expondo e destruindo toda informação contextualizada (SCHAAN, 2012).

A Área 2A está localizada ao sul da Área 2 e mede 32.142,54 m². Durante meados da década de 90, a área sofreu perturbações contínuas, como utilização da área como campo de futebol (terra planagem) e para treinamento de motoristas por autoescola. Esses processos promoveram a destruição da maior parte da camada cultural, fato evidenciado pelo afloramento de solo de coloração amarela avermelhada. A área foi, ainda, utilizada para descarte de detritos metálicos, plásticos e vidros associados à camada cultural remanescente (SCHAAN, op. cit.).

Processamento dos dados

As seções de GPR adquiridas nas Áreas 2 e 2A do sítio PA-ST-42: Porto de Santarém foram processadas utilizando o software *Reflex-Win* versão 6.0 da *Sandmeier Software*.

As etapas de processamento aplicadas nas seções de GPR foram: interpolação das marcas de posicionamento

horizontal, ganho *energy decay*, aplicação de correção estática, filtros 1-D *subtract-mean* (*Dewow*) e *passabanda*, filtros 2-D *background removal* e *running average*. A determinação da velocidade do meio, para conversão de tempo em profundidade, foi realizada por meio da técnica de superposição de hipérbolas disponível no software *Reflex-win*. A velocidade estimada foi de 0,09 m/ns (SANDMEIER, 2008).

Escavações

As escavações nas Áreas 2 e 2A tiveram como objetivo investigar as anomalias apontadas pela geofísica e testar a confiabilidade e a aplicabilidade do método em levantamentos arqueológicos.

A metodologia adotada para as escavações consistiu na abertura de unidades de escavação de dimensões variáveis (1x1, 1x2 a 2x2) de acordo com a extensão dos fragmentos aflorantes ou das anomalias registradas pelo GPR. A malha para a escavação seguiu as linhas utilizadas pela geofísica a fim de facilitar a comparação destas com as anomalias identificadas nas imagens de radar (SCHAAN, 2012).

Foram realizadas decapagens nos Campos 1, 2 e 3 da Área 2A com a intenção de remover a camada superficial de areia e descobrir outras possíveis feições ou estruturas arqueológicas. No entanto, a decapagem mecânica nos Campos 2 e 3 não revelou evidências culturais significativas e se mostrou inadequada em depósitos discretos como observado no Campo 1.

As escavações da Área 2A foram realizadas no Campo 1. A metodologia utilizada posicionou as unidades escavadas sobre as anomalias geofísicas ou porções destas. As unidades escavadas foram centralizadas nas linhas geofísicas, de modo a ficar 50 cm para cada lado da linha.

Ao término da escavação de cada unidade foi realizada sondagem com cavadeira articulada no centro da base da escavação, a fim de confirmar a ausência de material arqueológico ou de identificar possíveis camadas de ocupação mais antigas (SCHAAN, 2012.).

Resultados

A análise dos tipos de anomalias apontadas pelo GPR no sítio arqueológico buscou observar um padrão para cada tipo de feição encontrada. A comparação entre os padrões anômalos permitiu avaliar a relação entre os tipos de alvos encontrados na área investigada, estimando tanto as dimensões quanto suas profundidades. Essa correlação se mostrou importante para indicar possíveis áreas de maior potencial arqueológico.

O uso do GPR possibilitou a detecção de anomalias relacionadas a artefatos arqueológicos na Área 2 e na Área 2A. Após o processamento e a interpretação foram

observados três tipos de padrões anômalos nos dados. Essas anomalias se configuram como vale, cavidades preenchidas com sedimentos; descontinuidade, caracterizada pela interrupção da continuidade horizontal da camada; hipérbole, a qual evidencia a presença de refletores pontuais com diferentes propriedades elétricas. No Perfil 1 da Área 2A é possível observar os três tipos de padrões anômalos (Figura 2).

O Perfil 1 da Área 2A possui 62,5 m de e exibe anomalia do tipo hipérbole entre os 27 e 29 m, em que é possível identificar algumas hipérbolas concentradas. Os primeiros 20 cm acima dessa anomalia parecem indicar perturbação no solo. Aos 38-40 m do perfil nota-se um vale com uma hipérbole. Entre os 44 e 47 m se observa uma anomalia do tipo vale. É possível identificar uma zona padrão de reflexão diferenciada aos 57 m a 61 m caracterizando uma descontinuidade. A mudança no padrão de reflexão pode estar associada ao acamamento de um material diferenciado.

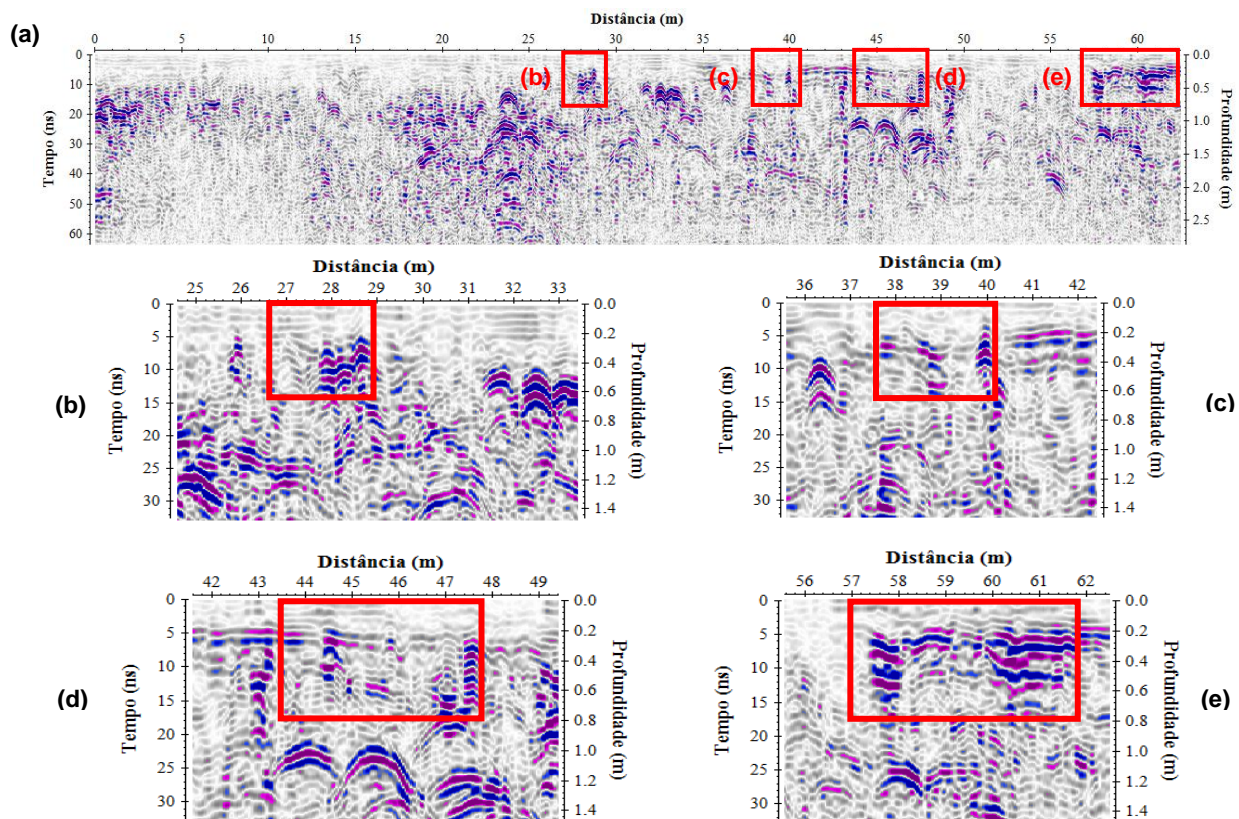


Figura 2- Perfil 1 da Área 2A (a) apresentando os três tipos de padrões anômalos: hipérbolas (b); vale com hipérbole(c); vale (d) e descontinuidade (e).

A correlação entre a análise dos 239 perfis adquiridos e as escavações nas anomalias apontadas pela geofísica nos permitiu identificar o vale como sendo o mais sugestivo dos três tipos de padrões. Assim como em ALVES (1989), neste estudo as feições mais importantes são as cavidades preenchidas por húmus, devido a grande concentração de fragmentos cerâmicos em seu interior. As anomalias do tipo vale por ser observadas no Perfil 1 da Área 2 e no Perfil 10 da Área 2A.

O Perfil 1 da Área 2 possui 64 m de extensão e é representado na Figura 3. Ao longo do perfil é possível identificar uma feição anômala do tipo vale. A feição se situa entre 34 m e 36 m do início do perfil, com profundidade aproximada de 15 cm a 35 cm.

A escavação realizada evidenciou que nos primeiros níveis da escavação ocorreram perturbações por material recente, dentre eles estão fragmentos de vidro e de louça, fragmentos de telha, prego e materiais plásticos. Foram observadas manchas no solo, variando a coloração de cinza

muito escuro, marrom muito escuro a marrom amarelado, e bioperturbações em toda a unidade (SCHAAN, 2012).

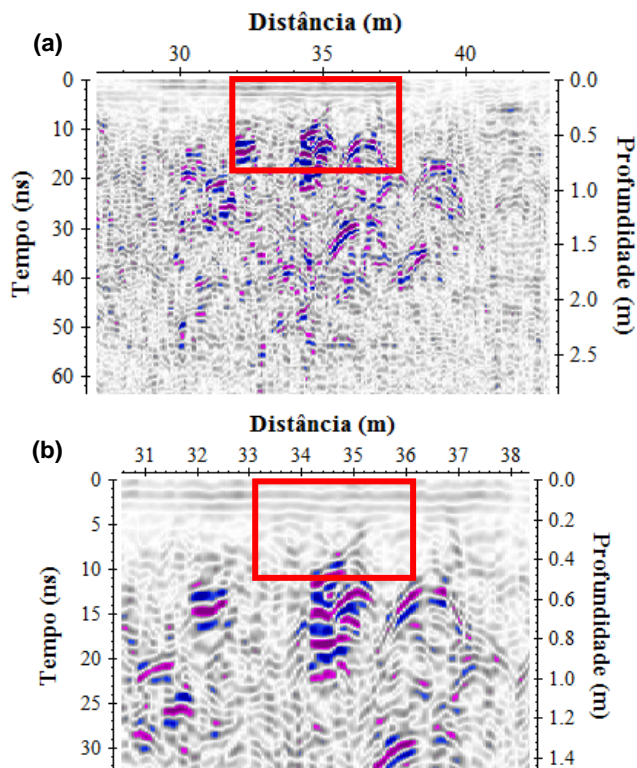


Figura 3- Parte do Perfil 1 da Área 2 (a) e detalhe da anomalia do tipo vale (b).

O material cultural encontrado nos primeiros níveis consistiu de pouco lítico, cerâmica e fragmentos de ossos aos 37 cm de profundidade. Devido a pouca quantidade de material cultural não foi possível caracterizar a anomalia do tipo vale como Feição. Para arqueologia, “Feição” é todo fato cultural contido no registro arqueológico. As feições são camadas residuais de Terra Preta Arqueológica (TPA) bastante perturbadas, as quais apresentam concentração de material cerâmico e de alguns artefatos líticos. No entanto, os fragmentos de borda encontrados possivelmente consistem em remanescentes de um bolsão (Figura 4) (SCHAAN, op. cit.).



Figura 4- Mancha escura aos 51 cm de profundidade destacada pelo círculo na figura.

A mancha de coloração mais escura, vista na Figura 4, representa a interface mapeada pelo GPR. A diferença na composição do solo da macha e do meio encaixante foi suficiente para delinear esses dois meios e ser detectada pela geofísica.

No Perfil 10 da Área 2A (Figura 5), com 62,5 m de extensão, é possível identificar uma anomalia do tipo vale no intervalo de 49,5 – 51 m do início do perfil. A anomalia apresenta profundidade estimada em 0,20 a 0,40 cm. O perfil evidenciou uma camada superficial com aproximadamente 20 cm com padrão de reflexão horizontal

Para investigar a anomalia geofísica, entre 50m e 52 m, foram escavadas duas unidades (L10 U51 e L10 U52) (Figura 6), nas quais 39 fragmentos cerâmicos e 2 líticos foram coletados. Aos 20 cm de profundidade, surgiu uma mancha escura, que foi denominada de Feição 7 (Figura 7).

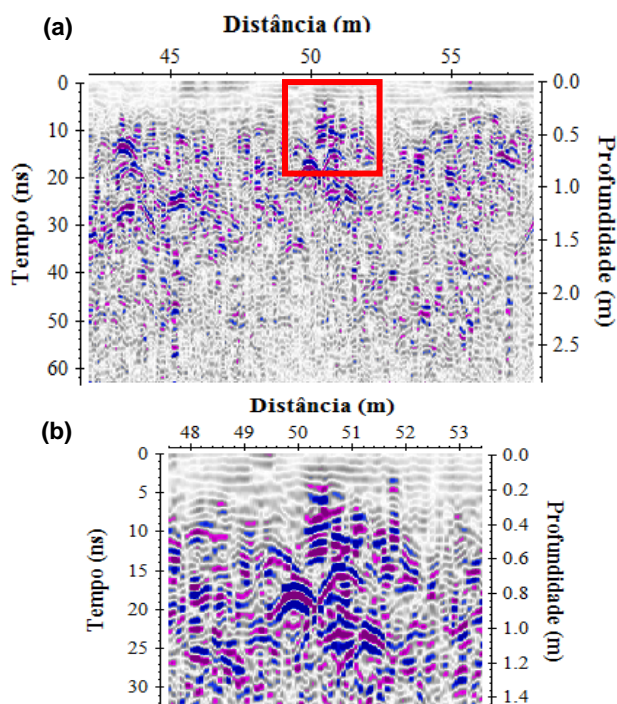


Figura 5- Parte do Perfil 10 da Área 2A-Campo 1 entre 50 m e 52 m (a). O quadrado destaca a anomalia do tipo vale associada a material arqueológico, detalhado em (b).

Notou-se na escavação laterita com cerâmica em decomposição, ossos e pequenos carvões. Houve maior concentração de material arqueológico entre 20 e 30 cm, sendo recolhidos 61 fragmentos cerâmicos e 16 líticos. Foram coletados fragmentos de cerâmica decorada e não decorada, material lítico (lascas e abrasadores) e 10 amostras de carvão, encontrados entre 30 e 93 cm de profundidade (SCHAAN, op.cit.).

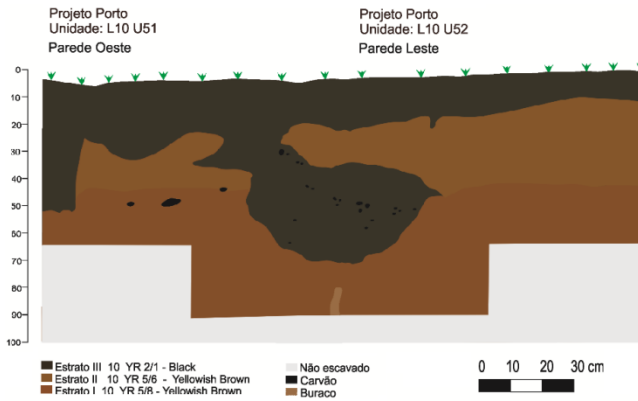


Figura 6- Perfil das unidades de escavação L10 U51 e L10 U52. Fonte: SCHAAN (2012)



Figura 7- Feição 7 aos 43 cm de profundidade na unidade de escavação L10 U52 (Linha 10, 52 m) no Perfil 10 na Área 2A. Fonte: SCHAAN (2012).

As reflexões horizontais identificados de 0 a 20 cm de profundidade no perfil 10 correspondem ao solo mais compacto e duro entre os 51 e 52 m do perfil. Segundo as escavações, a camada superficial apresentou espessura de 20 cm e era composta de solo arenoso, seco, compacto com coloração marrom escuro. A compactação do solo está relacionada ao pisoteamento que o Campo 1 da Área 2A sofreu ao ser utilizado como campo de futebol (SCHAAN, op.cit.).

Padrões de reflexão semelhantes aos encontrados na Área 2 e Área 2A–Campo 1 foram identificados nos Campos 2 e 3, como pode ser visto nas Figuras 8 e 9, respectivamente. No entanto, os Campo 2 e 3 não foram escavados, uma vez que se constatou a ausência de vestígios arqueológicos (SCHAAN, 2012).

As escavações na Área 2 se iniciaram antes da análise geofísica. Estas escavações iniciais tiveram como objetivo investigar afloramentos de bordas de vasilhas e fragmentos de cerâmica (Figuras 10 e 11). Em sua maioria, as vasilhas eram preenchidas com sedimentos em que se encontravam microfragmentos ósseos, os quais indicavam sepultamentos. As vasilhas estavam enterradas em camada estéril, abaixo da camada arqueológica. Através das escavações se observou que a camada de solo antrópico da

área havia sido retirada por processos mecânicos, como mencionado anteriormente.

O GPR não identificou com precisão a anomalia referente às vasilhas apesar do perfil passar sobre elas. As feições anômalas se encontravam na superfície e não puderam ser detectadas devido à chamada “zona de sombra” do GPR. A zona de sombra está relacionada à proximidade da fonte do GPR a superfície (JOL, 2009).

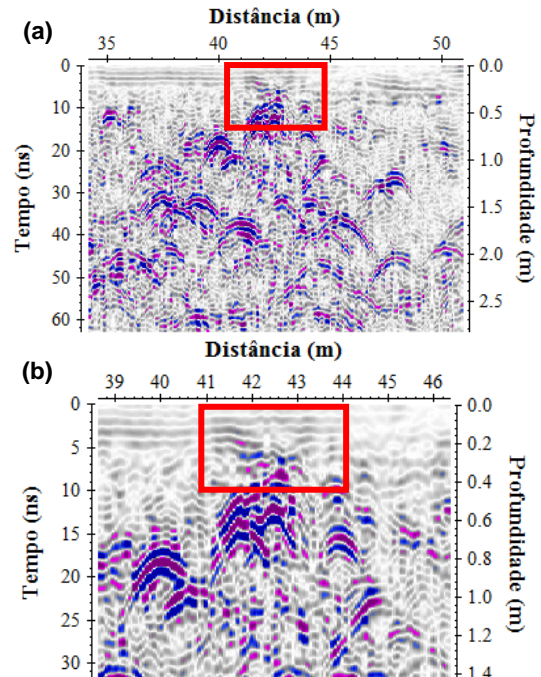


Figura 8- Parte do Perfil 11 da Área 2A-Campo 2 entre 34 m e 51 m (a) e detalhe do vale entre 41 m e 44 m (b).

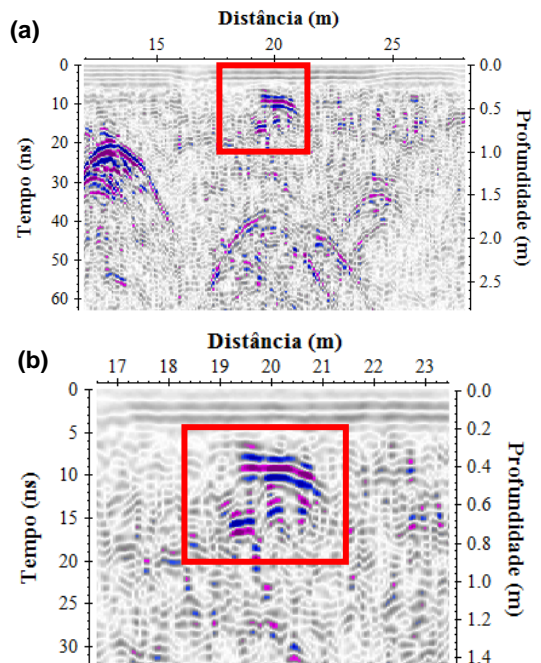


Figura 9- Parte do Perfil 38 da Área 2A-Campo 3 entre 12 m e 28m (a) e detalhe da descontinuidade entre 19 m e 21 m (b).



Figura 10- Exemplo de vasilha encontrada na Área 2. Vasilha 4 (Feição 4), ao 14 cm de profundidade do Perfil 42 da Área 2. Fonte: SCHAAN (2012).



Figura 11- Exemplo de vasilha encontrada na Área 2. Vasilha 6 (Feição 6), aos 4 cm de profundidade do Perfil 41 da Área 2. Fonte: SCHAAN (2012).

Conclusão

O GPR possibilitou a identificação de feições de origem arqueológica, baseado no comportamento geoeletrico diferenciado destas em relação ao meio encaixante. As escavações mostraram que a metodologia empregada permitiu em alguns casos a confirmação dos artefatos em profundidade, mostrando-se eficaz em estimar as dimensões destas no substrato.

A correlação entre os padrões anômalos identificados nos perfis da Área 2 e Área 2A nos permitiu estabelecer padrões de reflexão para feições com comportamento semelhante. As anomalias do tipo vale, descontinuidade e hipérbole se manifestaram nas duas áreas e conceberam uma boa representação do material em subsuperfície. Observou-se que entre os padrões anômalos, o padrão característico do tipo vale possui grande importância arqueológica. Uma vez que, essas feições são atribuídas a cavidades destinadas a diferentes propósitos como depósito de detritos e de lixo, armazenamento de comida, sepultamento, entre outras finalidades.

O processamento e a interpretação desses padrões de reflexão, aliadas a informações *a priori*, possibilitaram a

indicação dos possíveis pontos de interesse, permitindo a descoberta de artefatos arqueológicos. No entanto, ações pretéritas modificaram as condições de algumas áreas causando interferência nos dados e limitando a confiabilidade das informações dos dados do GPR. Desse modo, as feições evidenciadas pelo GPR, quando tomadas isoladamente, não parecem ser suficiente para indicar precisamente os locais onde podem ser encontrados os artefatos arqueológicos. Em alguns pontos indicados à escavação, se verificou que as respostas do GPR relacionado ao material recente e as bioperturbações foram semelhantes às respostas dos artefatos arqueológicos.

Os levantamentos no Sítio PA-ST-42- Porto de Santarém na Área 2 e na Área 2A-Campos 1, 2 e 3 revelaram antigos locais de queima (concentrações de carvão), feições, bolsões, vasilhas, fragmentos de cerâmica, entre outros.

Agradecimentos

As escavações na Área 2 e 2A ocorreram sob a coordenação da arqueóloga Denise Schaan com a assistência da arqueóloga Vera Portal, da geógrafa Antonia Barbosa e do técnico Anderson Lima. Juntamente com eles trabalharam uma equipe de arqueólogos, técnicos, estudantes e ajudantes.

Referências

- ALVES, J. J. A. **Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no Estado do Pará**. 1979. 55 p. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém. 1979.
- JOL, H. M. **Ground penetrating radar: theory and applications**. Amsterdam: Elsevier Science, 2009. 544 p.
- NUZZO, L.; LEUCCI, G.; NEGRI, S. **GPR, ERT and Magnetic investigations inside the martyrrium of St Philip, Hierapolis, Turkey**. *Archaeological Prospection*, v. 16, n.3, p. 177–192, julho- setembro. 2009.
- SANDMEIR, K. J. **Manual do software REFLEXW – version 6.0**. Karlsruhe, 2011. 543 p.
- SCHAAN, D. P. **Salvamento arqueológico do Sítio PA-ST-42: Porto de Santarém - Ano II**. 2012. 213p. Relatório Final - Volume 1.
- SENNA, C. do S. F.; LOPES, P. R. do C. **Conservação do patrimônio arqueológico no estuário amazônico no âmbito do Projeto Bauxita Paragominas/PA. Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999- 2008**. In: *Actas X CA. Internacional de Geocrítica*, Universidad de Barcelona, maio, 2008. p. 26- 30.