



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA

CARLA PATRÍCIA QUEIROZ FURTADO

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

BELÉM

2013

CARLA PATRÍCIA QUEIROZ FURTADO

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

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Geofísica da Universidade Federal do Pará – UFPA em cumprimento às exigências para a obtenção de grau Mestre em Geofísica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Welby Correa Silva

BELÉM

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

F992m Furtado, Carla Patrícia Queiroz

O Método GPR aplicado à arqueologia no Sítio PA-ST-42: porto de Santarém, Pará / Carla Patrícia Queiroz Furtado; Orientador: Marcos Welby Correa Silva – 2013

77 f.: il.

Dissertação (Mestrado em geofísica) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Belém, 2013.

1. Geofísica na Arqueologia – Santarém (PA). 2. Radar de Penetração no Solo. 3. Sítios arqueológicos – Santarém (PA). 4. Arqueologia – Santarém (PA). I. Silva, Marcos Welby Correa, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22^a ed.: 930.10155

CARLA PATRÍCIA QUEIROZ FURTADO

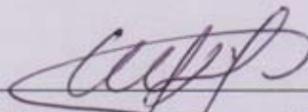
O MÉTODO GPR APLICADO À ARQUEOLOGIA NO SÍTIO PA-ST-42: PORTO DE
SANTARÉM, PARÁ.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção de grau Mestre em Geofísica.

Data de aprovação: ___/___/___

Conceito: _____

Banca examinadora:



Prof. Marcos Welby Correa Silva – Orientador

Doutor em Geofísica

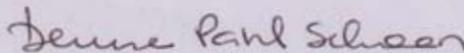
Universidade Federal do Pará



Prof. José Gouvêa Luiz – Membro

Doutor em Geofísica

Universidade Federal do Pará



Profa. Denise Pahl Schaan – Membro

Ph.D. em Antropologia Social

Universidade Federal do Pará

Ao meu amado irmão, Frank Furtado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Marcos Welby Correa Silva (Chefe), pelos ensinamentos, esclarecimentos, incentivo, apoio, e principalmente, pela compreensão.

À arqueóloga Denise Pahl Schaan pela compreensão e pelas informações e relatórios fornecidos.

Ao Prof. José Gouvêa Luiz pela compreensão e ajuda.

A todas as pessoas que participaram do levantamento geofísico e das escavações.

Aos meus professores da Faculdade de Geofísica pela ajuda e contribuições na minha formação.

Aos funcionários da Geofísica, especialmente a Benildes Souza, pela ajuda.

À minha família Patrícia, Admar e Frank pelo incentivo, confiança, sermões, ajuda incondicional e amor.

À Celianne (Cé), Renato, Queiroz (Di) e Iva pelo incentivo.

Ao meu namorado Saulo Martins (Broto) pela paciência, incentivo, apoio, sugestões e contribuições relacionadas ao processamento dos dados.

À Danusa Mayara (Dandan) pela amizade, ajuda imensurável, paciência e dedicação.

À Vanessa Martins pelas correções.

Aos meus amigos Patcheca, Tchelo, Camelo, Boneco, Ciro Lee, Odin-sama, Cleiton, Daniel Mutuca, Diego Filhão, Wildney e todos os demais pelo super apoio, carinho e momentos de descontração.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Anderlon, Elias Maluco, Rodrigo Velho, Ariele, Carlos o “Mestre”, Franklim e Paula pelo incentivo.

“No fim tudo dá certo. Se ainda não deu certo é porque não chegou o fim.”

Fernando Sabino (1923 – 2004)

RESUMO

O presente estudo faz parte do Programa de Salvamento Arqueológico do Sítio PA-ST-42: Porto de Santarém situado em Santarém/PA. Realizou-se levantamento geofísico na *Área 2 e 2A–Campos 1, 2 e 3* e empregou-se o Ground Penetrating Radar (GPR) como metodologia. O GPR foi aplicado com o propósito de testar a viabilidade do método na investigação arqueológica, demonstrando sua capacidade em identificar estruturas e/ou artefatos enterrados nos sítios. O processamento e a análise dos dados permitiu a observação de três padrões anômalos característicos, os quais posteriormente foram relacionados à presença e/ou concentração de artefatos encontrados sob alguns perfis, de acordo com as escavações realizadas.

Palavras-chave: 1. Geofísica aplicada na Arqueologia. 2. Radar de Penetração no Solo. 3. Sítios arqueológicos. 4. Arqueologia.

ABSTRACT

This study is part of the Rescue Program for the Archaeological Site PA-ST-42: Santarem'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 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 in 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.

Keywords: Geophysics applied in the archaeology. Ground Penetrating Radar. Archaeological Site. Archaeology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da Área 2 e 2A (Campo 1, 2 e 3) do Sítio PA-ST-42. Os limites das áreas são definidos pelos pontos de coordenadas (UTM e precisão 2 m). Área 2: 1 (0751515-9732474), 2 (0751585-9732493), 3 (0751538-9732396) e 4 (0751600-9732415). Área 2A - Campo 1: 0751558-9732301, 0751551-9732363, 0751668-9732325 e 0751654-9732385. Área 2A - Campo 2: 0751464-9732311, 0751531-9732326, 0751476-9732212 e 0751546-9732228. Área 2A - Campo 3: 0751555-9732229, 0751550-9732287, 0751652-9732233 e 0751649-9732296.	13
Figura 2- Perfil 1 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale destacada em (b).	29
Figura 3- Mancha escura aos 51 cm de profundidade destacada pelo círculo na figura.	30
Figura 4- Perfil 2 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 27,5 m a 29 m (b).	31
Figura 5- Perfil 3 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 26 m e 27,5 m (b).	31
Figura 6- Perfil 4 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale de 24,5 m a 25,5 m destacada em (b).	32
Figura 7- Perfil 5 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale destacada em (b).	33
Figura 8- Feição 13 entre 27m e 28 m do Perfil 4.....	33
Figura 9- Feição 13, pequena concentração de fragmentos cerâmicos e prováveis fragmentos ósseos.	34
Figura 10- Perfil norte da Unidade de escavação N197 L 227/228.	34
Figura 11- Perfil 35.	35
Figura 12- Localização das vasilhas aflorantes entre os 18 e 19 m do Perfil 35.....	35
Figura 13- Disposição das Vasilhas 1, 2 e 3 localizadas no Perfil 35 da Área 2 aos 4,5 cm de profundidade. N 167 L 219, N 167 L 220, N 166 L 219 e N 166 L220 correspondem às denominações das unidades de escavação da arqueologia.....	36
Figura 14- Vasilha 3, aos 14 cm de profundidade.....	37
Figura 15- Localização da cavidade aflorante cheia de humús no Perfil 42 (a) e Vasilha 4 entre 23 m e 25 m (b).	38
Figura 16- Vasilha 4- Feição 4.	38
Figura 17- Feição 9.	38
Figura 18- Localização da Feição 5 entre 19 m e 21 m nos Perfis 32 (a) e 33 (b).	39
Figura 19- Feição 5 (Vasilha 5).....	39
Figura 20- Localização da Feição 6 entre 24 m e 25 m nos Perfis 41 (a) e 42 (b).	39
Figura 21- Feição 6, aos 4 cm de profundidade.	40
Figura 22- Feição 6- Vasilha 6, face antropomorfa (a) e Gargalo da vasilha de face antropomorfa (b).	40
Figura 23- Localização da Feição 7 aflorante aos 19 m a 21 m nos Perfis 30 (a), 31(b) e 32 (c).	41
Figura 24- Localização da Feição 8 no Perfil 45 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m.	41
Figura 25- Feição 8, aos 15 cm de profundidade (a) e machado lítico encontrados após retirada de ...	42
Figura 26- Localização da Feição 10 nos Perfis 33 (a) e 34 (b) entre 23 e 24 m.	42
Figura 27- Feição 10, Vasilha 11, aos 4 cm de profundidade.	42
Figura 28- Feição 11 aos 80 cm de profundidade na unidade N157 L219 (a) e aos 68 cm de profundidade na unidade N156 L219 (b).	43
Figura 29- Fragmentos cerâmicos encontrados na Feição 11.	44
Figura 30- Perfil 44 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m (b).	44
Figura 31- Perfil 45 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m (b).	45
Figura 32- Perfil 1 (a) com anomalias do tipo hipérbole (b), vale (c), vale (d) e descontinuidade (e).	47
Figura 33- Fragmento de borda encontrada na escavação.....	48

Figura 34- Anomalia aos 28 m do Perfil 1 com destaque para a camada cultural (a); base da camada de transição aos 55 cm (b) e término da escavação aos 90 cm de profundidade (c).....	49
Figura 35- Perfil das unidades I0 U47 e L1 U47.	50
Figura 36- Vista oeste da Feição 1 aos 78 cm de profundidade.....	51
Figura 37- Perfil 10 (a) e anomalia do tipo vale entre 50 e 52 m destacada em (b).....	53
Figura 38- Feição 7 aos 43 cm de profundidade.	53
Figura 39- Perfil das unidades L10 U51 e L10 U52 abertas no Perfil 10.	54
Figura 40- Perfil 12 da Área 2A (a) exibindo hipérbole (b), vale (c) e vale com hipérbole (d).....	55
Figura 41- Fragmento de borda encontrada entre 20-30 cm de profundidade na unidade L12 U46.....	56
Figura 42- Vale encontrado nas Unidades L12 U46 e L12 U47 entre 20 cm e 30 cm de profundidade.	57
Figura 43- Perfil das unidades L12 U46 e L12 U47.	57
Figura 44- Perfil 14 (a) com anomalia do tipo descontinuidade com hipérbole (b e c) e descontinuidade (d).....	58
Figura 45- Carvão encontrado no quadrante SO aos 13 cm de profundidade da L14 U42.....	59
Figura 46- A linha amarela destaca a base da camada de coloração mais escura, correspondente às camadas de TPA e de transição, observada nas unidades L14 U42 e L4 U43 aos 132 cm de profundidade.	60
Figura 47- Perfil 17 (a) com anomalias do tipo descontinuidade (b e d), hipérbole (c) e descontinuidade com hipérbole (e).	61
Figura 48- Entulho encontrado na L17 U27 aos 10 cm de profundidade.	62
Figura 49- Perfil da Unidade L17 U27 com localização do material recente.	63
Figura 50- Perfil 28 (a) com anomalia tipo descontinuidade (b), vale (c) e descontinuidade (d).	64
Figura 51- Tijolo e barra de ferro encontrados nas unidades de escavação L28 U18 e L28 U19.....	65
Figura 52- Perfil 08 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade (b), hipérbole (c) e 66	66
Figura 53- Perfil 14 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo hipérbole (b), vale (c), (d) e (e) e descontinuidade (f) e (g).	67
Figura 54- Perfil 28 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade (b), (c) e (d).....	68
Figura 55- Perfil 41 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade com hipérbole (b), descontinuidade (c), vale (d) e descontinuidade (e).	69
Figura 56- Perfil 1 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo vale com hipérbole (b) e descontinuidade (c).	70
Figura 57- Perfil 13 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo hipérbole (b) e descontinuidade (c).	70
Figura 58- Perfil 38 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo descontinuidade (b) e (c).	71
Figura 59- Perfil 45 (a) com anomalias do tipo hipérbole (b), descontinuidade (c) e vale (d) e (e).	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 GEOFÍSICA APLICADA A ARQUEOLOGIA	14
2.1 GPR	14
2.2 BREVE HISTÓRICO DA GEOFÍSICA APLICADA À ARQUEOLOGIA NO ESTADO DO PARÁ	17
3 METODOLOGIA	20
3.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
3.2 PROPRIEDADES ELÉTRICAS DOS MATERIAIS	21
3.2.1 Permeabilidade magnética.....	21
3.2.2 Permissividade dielétrica.....	22
3.2.3 Condutividade elétrica.....	23
4 RESULTADOS	24
4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO	24
4.1.1 Caracterização da área de pesquisa	24
4.1.2 Descrição da área do levantamento	25
4.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	26
4.3 PADRÕES DE REFLEXÃO	27
4.4 INVESTIGAÇÕES DA ÁREA 2.....	27
4.4.1 ESCAVAÇÕES ARQUEOLÓGICAS.....	27
4.4.2 PERFIS GEOFÍSICOS.....	29
4.5 INVESTIGAÇÕES DA ÁREA 2A.....	45
4.5.1 ESCAVAÇÕES ARQUEOLÓGICAS.....	45
4.5.2 PERFIS GEOFÍSICOS.....	46
5 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

A arqueologia de salvamento ou contrato no Brasil teve origem nos estudos arqueológicos realizados com base na Lei 3.924/61 (Lei de Proteção dos Monumentos Arqueológicos e Pré-Históricos). Seu desenvolvimento se deu principalmente quando vinculada à avaliação ambiental de projetos de engenharia civil. Isso ocorreu através da efetivação da avaliação de impacto ambiental com a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), assinada em 23/02/1986. Na Resolução Conama nº 001/86, os estudos arqueológicos foram incorporados aos estudos de impacto ambiental (EIAs) e aos relatórios de impacto ambiental (RIMAs) (CALDARELLI; SANTOS, 2000).

Os EIAs/RIMAs, por sua vez, são solicitados a fim de diagnosticar e avaliar os impactos sobre o patrimônio arqueológico, deferindo a conveniência ou não da liberação das áreas da União para projetos exploratórios e de utilização. De modo que todos os levantamentos arqueológicos devem atender as leis vigentes na legislação brasileira sobre proteção do patrimônio arqueológico, histórico e cultural, bem como as portarias normativas do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (CALDARELLI; SANTOS, *op.cit.*).

Com a Resolução Conama nº 001/86, se instituiu a obrigatoriedade dos estudos de impacto ambiental em obras de grande porte, tornando a participação do arqueólogo mais frequente e, assim, contribuindo para o aumento dos estudos arqueológicos no Brasil. No Pará, os primeiros projetos de salvamento arqueológico foram o Projeto Trombetas, 1981, e o Projeto Carajás, 1983, os quais estavam vinculados ao Museu Paraense Emílio Goeldi por convênio, respectivamente, entre a Mineração Rio do Norte e a Companhia Vale do Rio Doce (CALDARELLI; SANTOS, *op.cit.*).

De modo geral, a aplicação da arqueologia de salvamento se resume à tentativa de resgatar qualquer vestígio de interesse arqueológico proveniente da intervenção humana na área de estudo. Seus objetivos podem ser sintetizados em realizar estudos de diagnóstico de patrimônio arqueológico, histórico e cultural dos sítios arqueológicos e produzir conhecimento científico sobre a arqueologia e história da área (BANDEIRA, 2001).

Os levantamentos arqueológicos seguem etapas distintas. O processo tem início com o reconhecimento superficial da área, a fim de identificar e localizar remanescentes arqueológicos aflorantes e obter maiores informações sobre o tipo de solo. Em seguida temos a delimitação do sítio e a demarcação dos lugares em potencial para as escavações pelo

arqueólogo responsável. Por fim, ocorre a escavação com base nos critérios definidos para o levantamento (ARAGÃO, 2006).

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).

Em algumas escavações não são observadas relações entre os artefatos arqueológicos encontrados em superfície com o material encontrado em subsuperfície. Nesses casos, a interação multimetodológica é indicada para extinguir quaisquer inconsistências, evitando erros, desperdício de tempo e de investimento. 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).

Esta dissertação apresenta 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 estudo se baseou no levantamento geofísico realizado no período de 23/06/2011 a 30/06/2011 nos Campo 1, Campo 2, Campo 3 pertencentes a Área 2A, localizada no Sítio Arqueológico PA-ST-42, situado ao sul da área administrativa do Porto de Santarém, Pará; e na Área 2, localizada ao norte da Área 2A, como ilustrado na Figura 1.

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.

Esta dissertação aborda a aplicação do GPR na arqueologia preventiva e apresenta uma breve compilação da geofísica aplicada à arqueologia no estado do Pará, além das particularidades e os principais parâmetros do GPR aplicado à arqueologia. Em seguida, apresentar-se-ão os fundamentos teóricos do método e a relação das propriedades elétricas nos dados obtidos. Serão relatadas, ainda, as características dos levantamentos geofísicos, a

descrição das áreas investigadas e as etapas de processamento aplicadas. Por último, os resultados obtidos e uma breve discussão dos mesmos.

Figura 1- Localização da Área 2 e 2A (Campo 1, 2 e 3) do Sítio PA-ST-42. Os limites das áreas são definidos pelos pontos de coordenadas (UTM e precisão 2 m). Área 2: 1 (0751515-9732474), 2 (0751585-9732493), 3 (0751538-9732396) e 4 (0751600-9732415). Área 2A - Campo 1: 0751558-9732301, 0751551-9732363, 0751668-9732325 e 0751654-9732385. Área 2A - Campo 2: 0751464-9732311, 0751531-9732326, 0751476-9732212 e 0751546-9732228. Área 2A - Campo 3: 0751555-9732229, 0751550-9732287, 0751652-9732233 e 0751649-9732296.



Fonte: Imagem de Satélite, 2013. Software *Google Earth™ Mapping Service*.

2 GEOFÍSICA APLICADA A ARQUEOLOGIA

A prospecção geofísica consiste em um conjunto de procedimentos, tais como, reconhecimento da área, avaliação dos possíveis métodos geofísicos aplicáveis, preparação da área para o levantamento, realização de medidas, processamento e interpretação dos dados coletados. O objetivo da prospecção geofísica é o reconhecimento, detalhamento e avaliação de uma área para obtenção de informações sobre a subsuperfície. As principais aplicações são prospecção de hidrocarbonetos, avaliação ambiental, exploração de depósitos minerais, apoio em obras de engenharia, mapeamento de artefatos arqueológico, dentre outros (DANIELS, 2004).

Para a prospecção geofísica existem vários métodos disponíveis, na qual a aplicação de um método individualmente ou métodos associados depende, principalmente, do objetivo do levantamento. A escolha de um método geofísico requer, *a priori*, informações sobre as condições topográficas, geológicas, culturais e históricas da região a ser investigada. O método geofísico escolhido deve proporcionar o melhor imageamento da subsuperfície possibilitando, assim a melhor interpretação do alvo de interesse.

Os métodos geofísicos mais aplicados na arqueologia são os métodos geoeletricos, geomagnéticos e eletromagnéticos. Através da aplicação destes é possível detectar materiais cerâmicos (vasilhas, urnas, fragmentos), fornos, pisos, alicerces de construções e túneis e fornecer informações sobre a estratigrafia do subsolo e a camada de ocupação (LUIZ, 2009).

2.1 GPR

Os métodos EM possuem em geral baixa resolução. Contudo, dentre estes, o GPR possibilita um melhor imageamento e, assim, uma boa interpretação da subsuperfície em várias profundidades, através de levantamentos rápidos e de fácil realização. Estes fatos, juntamente com o caráter não invasivo do método, tornam o GPR amplamente usado nas investigações, como estudos em patrimônios históricos e em sítios arqueológicos (NUZZO; LEUCCI; NEGRI, 2009).

A aplicabilidade do GPR aos propósitos arqueológicos, no entanto, é comprometida por alguns fatores como as características geoarqueológicas da área de estudo, etapas no processo de aquisição e de processamento dos dados. Para contornar esses fatores é

necessário realizar um planejamento de aquisição, estabelecer etapas de processamento e critérios de mapeamento dos dados conforme o objetivo do estudo (ORLANDO, 2007).

No contexto arqueológico, as limitações do método do GPR se devem à profundidade de penetração limitada em ambientes com condutividade moderada, como quando ocorrem folhelhos e argilas, que atenuam o sinal do alvo; à baixa amplitude de reflexão, devido ao baixo contraste da constante dielétrica entre os artefatos arqueológicos e o material adjacente e às condições heterogêneas do terreno (NUZZO; LEUCCI; NEGRI, 2009). Em meios eletricamente heterogêneos, o sinal do GPR pode ser comprometido por algum evento geológico, por escavações e por remoção do material sobrejacente. Sedimentos revolvidos e reorganizados podem produzir ruídos. Estes ruídos podem ser aleatórios, os quais diminuem a relação sinal/ruído, ou coerentes, os quais se mesclam com as anomalias arqueológicas (ORLANDO, *op. cit.*).

O estabelecimento da metodologia de um levantamento geofísico voltado às escavações arqueológicas se baseia na configuração e nos parâmetros de aquisição. Estes podem ser melhor estabelecidos quando se tem conhecimento das superfícies heterogêneas destinadas às atividades humanas, das estruturas geológicas do sítio, da espessura da camada antropogênica e das propriedades litológicas (HASEK; KRAJÍC; NEKUDA, 2001).

A aplicação do GPR na prospecção arqueológica proporciona um melhor entendimento espacial dos alvos nos sítios, através da aquisição de dados em perfis igualmente espaçados, gerando uma malha. O refinamento da malha se dá de acordo com a dimensão dos alvos arqueológicos investigados. Em que quanto menor for o alvo, menor deve ser a distância entre os perfis. Além disso, outros parâmetros a serem observados são a frequência da antena e o tempo de amostragem.

A escolha adequada da antena transmissora é um fator muito importante, pois depende do objetivo do levantamento. Cada frequência corresponde aproximadamente a uma profundidade de investigação, que por sua vez, depende do meio geológico. Quanto ao tempo de amostragem, o valor assumido deve ser condizente com as dimensões dos alvos investigados, porém levando em conta o nível de ruído para tempos de amostragens muito longos. Por exemplo, se a investigação deseja alcançar 1,5 m de profundidade o tempo de amostragem deve alcançar, considerando a velocidade do meio, uma profundidade um pouco maior, evitando que o alvo investigado esteja na região do ruído do radargrama.

Em relação à profundidade dos alvos, o GPR não consegue imagear alvos próximos da superfície, devido uma zona sem registro nítido relacionada à proximidade da fonte do GPR a superfície. Essa zona é denominada de “zona de sombra”. Como no GPR os

campos são gerados por transmissores de tamanho finito e são detectados através de sensores de medida, sua fonte é normalmente implantada perto do solo. Nesses casos em que o limite da fonte é na interface, a onda incidente e a onda refletida não são claramente separadas no espaço e no tempo, e com isso a separação dos eventos torna-se turva, prejudicando a resolução e gerando a zona de sombra (JOL, 2009).

A resolução do GPR pode ser vertical (profundidade) e lateral (deslocamento lateral). A resolução vertical consiste na capacidade de discriminar dois eventos distintos em profundidade e é determinada pelo comprimento do pulso e a velocidade do meio em que este se propaga. A resolução horizontal, por sua vez, se refere à capacidade de identificar a continuidade lateral de um ou mais eventos, sendo influenciada pela distância da fonte a superfície, pela dispersão e atenuação da onda EM (JOL, op.cit.).

O GPR opera no domínio do tempo, medindo a amplitude do campo EM após um período de excitação. A faixa de medição está relacionada com a resolução vertical que, por sua vez, se relaciona ao “transmitter blanking” ou zona de sombra do transmissor. A zona de sombra do transmissor ocorre quando o receptor é incapaz de detectar sinais até após o transmissor terminar de transmitir. No caso do GPR, o sinal transmitido é muitas ordens de grandeza maior do que a resposta do meio e assim o receptor, que está muito próximo do transmissor, recebe um sinal direto transmitido muito grande. Caso este sinal seja muito grande, o receptor pode sofrer sobrecarga e assim não detectar os sinais refletidos nos níveis mais superficiais (JOL, op.cit.).

O processamento dos dados de GPR busca promover a melhor visualização para o entendimento das relações espaciais entre as zonas anômalas e a interpretação arqueológica. O tipo de processamento empregado deve atentar aos tipos de anomalias observadas. A aplicação de uma ou outra etapa do processamento deve ser estudada, de modo que esta não venha mascarar as anomalias.

Os alvos arqueológicos são representados geralmente nas imagens do GPR como hipérboles, descontinuidades, vales, difrações e reflexões padrões. A análise e a correlação dos perfis adquiridos permitem ao intérprete atribuir determinadas anomalias detectadas a artefatos arqueológicos. O resultado da interpretação depende da complexidade da estratigrafia no sítio, da experiência do intérprete e do tempo de análise dos dados. Além disso, a dificuldade de interpretação das imagens é proporcional à complexidade e do grau de preservação das estruturas ou dos artefatos arqueológicos em subsuperfície.

Segundo Nuzzo (2005), os dados podem ser contaminados por sinais espúrios ocasionados por obstáculos sobrejacentes e/ou adjacentes, tais como, construções, árvores,

cercas ou linhas de transmissão, caracterizando o fenômeno da superfície "*scattering*". Este fenômeno pode mascarar a visibilidade das anomalias de interesse, causando interpretações errôneas.

2.2 BREVE HISTÓRICO DA GEOFÍSICA APLICADA À ARQUEOLOGIA NO ESTADO DO PARÁ

Os primeiros experimentos geofísicos no estado do Pará, e no Brasil, foram realizados em 1977 pelo Prof. José Seixas Lourenço (UFPA) e seu aluno de mestrado José Jerônimo de Alencar Alves. O estudo foi realizado nos sítios arqueológicos PA-SA-4 e PA-JO-21 localizados, respectivamente, na Fazenda Camará na Vila de Bacuriteua no município de Marapanim, no nordeste do estado do Pará e em Teso dos Bichos, na Fazenda Taperebá, no município de Cachoeira do Arari, no leste da Ilha de Marajó, Pará. A metodologia utilizada no sítio PA-SA-4 se baseou na aplicação do método magnético e no sítio PA-JO-21 foram aplicados os métodos magnético e elétrico (eletroresistividade) a fim de detectar feições arqueológicas no subsolo. O método eletroressistivo permitiu determinar a camada de ocupação, estimar a profundidade e detectar espessas camadas de argila compactada de origem arqueológica. O método magnético, por sua vez, conseguiu determinar com precisão os limites da camada de ocupação, detectar antigos locais de queima no solo argiloso e feições arqueológicas de argila cozida e, ainda, possibilitou prever as dimensões aproximadas dessas estruturas. Este método permitiu localizar cavidades preenchidas com sedimentos, principalmente quando preenchidas com matéria orgânica (ALVES, 1979).

Entre os anos de 1987 e 1988, o geofísico Bruce Bevan empregou os métodos magnético, eletroressistivo e de sísmica de refração no sítio Guajará às margens do Rio Anajás, no município de Anajás, parte central da Ilha de Marajó. Os levantamentos geofísicos tiveram como objetivo localizar, estimar a profundidade e o tamanho de alguns depósitos no sítio arqueológico, além de identificar estratos, feições, artefatos e estruturas dentro do sítio a fim de obter as informações arqueológicas desejada, permitindo uma redução do custo da escavação, em termos de tempo e dinheiro. Com a aplicação dos métodos foi possível estimar a localização de fornos no sítio. Foram realizadas 10 escavações preliminares nos locais indicados pela geofísica, as quais descobriram aglomerados de lajeiras de barro cozido em pisos estabelecidos sob uma tampa de lixo de solo negro, local em que foram encontradas urnas funerárias grandes e pequenas (BEVAN; ROOSEVELT, 2003).

Em 1999, Barradas et al. realizaram um levantamento no sítio PA-JO-49 Cacoal, localizado em Ananás, Ilha do Marajó, Pará. A metodologia empregada consistiu em medidas magnéticas e eletromagnéticas (GPR), com o objetivo de identificar locais para escavação arqueológica. O método magnético apresentou bons resultados, devido à composição da argila dos alvos investigadas e o processo de queima desses materiais. Os resultados do GPR forneceram a profundidade e a extensão das anomalias identificadas pelo método magnético; no entanto, os resultados apresentados foram considerados insatisfatórios e se conclui que apenas o uso do GPR não seria suficiente para identificar anomalias na área de estudo.

O sítio PA-AT-247 Domingos situado no município Canaã dos Carajás, Pará, foi investigado por Prof. José G. Luiz e Edithe da S. Pereira. O levantamento consistiu em medidas de resistividade aparente, magnéticas e GPR. O objetivo do levantamento se resume no auxílio à prospecção arqueológica, através de indicações de locais para as escavações, a fim de detectar artefatos cerâmicos. Através das medidas magnéticas foi possível encontrar material cerâmico fragmentado, vasilhames inteiros e lâminas de machado, além de blocos de rochas máficas misturadas com uma grande quantidade de material cerâmico, os quais serviram de guia para a localização do material cerâmico. As medidas de GPR, por sua vez, evidenciaram feições anômalas, que em alguns casos correspondiam às anomalias magnéticas e também serviram de guia para as escavações (LUIZ; PEREIRA, 2005).

Aragão (2006) realizou levantamentos em três sítios no estado Pará: sítio PA-BA-83 Bittencourt, situado no município de Abaetetuba; sítio PA-BA-85 Jambuaçu, localizado em Moju; e, sítio PA-AM-06 Jaburu do Rio Paru, localizado em Almeirim. O levantamento consistiu na aplicação dos métodos eletromagnético (GPR), radiométrico e magnético. O estudo teve como objetivo indicar locais de interesse arqueológico para a escavação e mapear os solos de Terra Preta Antropológica (TPA). Através das anomalias magnéticas detectadas pelo método magnético foi possível encontrar durante as escavações alguns artefatos arqueológicos. Os perfis de GPR foram correlacionados com as anomalias magnéticas e auxiliaram este método ao diminuir os erros na identificação das anomalias de interesse. A cintilometria, por sua vez, associou medidas mais baixas de cintilometria com áreas com maior espessura de TPA, as quais foram comparadas com o mapa magnético e mostraram relação entre os valores cintilométricos mais baixos e áreas indicadas para escavação.

Em 2007, Marina Melo realizou medidas de magnetometria e de GPR na área do antigo Engenho Murutucu, Belém, Pará. O estudo teve como objetivo indicar os locais mais prováveis para a localização de alicerces de construções e vestígios de ocupação no sítio do Engenho Murutucu. Através da análise dos dados magnéticos e dos perfis de GPR e da

correlação destes, os resultados indicaram a possível localização de alicerces de construção antiga e de artefatos para as escavações (MELO et al, 2007).

Em 2008, LUIZ (2008) realizou um levantamento geofísico aplicado à arqueologia com medidas de GPR no sítio PA-JO-46 Joanes, município de Salvaterra, Ilha do Marajó no Pará. Nos resultados foram identificadas diversas feições anômalas, as quais foram recomendadas às escavações. No mesmo ano foram realizadas medidas de GPR e medidas magnéticas no sítio PA-ST-24 Pacoval, Município de Prainha, Pará. Foram identificadas e indicadas para as escavações diversas anomalias magnéticas, as quais correspondiam às feições anômalas no GPR (LUIZ, 2008, apud LUIZ, 2009, p. 5).

Em 2009, Danusa Souza realizou levantamentos em duas áreas do Pará: o Palacete Faciola situado na Rua Dr. Moraes, esquina com Av. Nazaré em Belém/PA e o sítio arqueológico PA-ST-42, situado no Porto de Santarém. O objetivo do levantamento consistiu em auxiliar a prospecção arqueológica, indicando áreas de possível interesse arqueológico. A metodologia utilizada foi o GPR. No Palacete Faciola, os perfis de GPR identificaram feições anômalas, tais como hipérboles e estruturas alongadas, as quais podem estar associadas tanto com sepultamentos, com tubulações ou relacionadas à presença de alicerces de edificações. Na segunda área investigada as imagens de GPR revelaram hipérboles de pequena abertura que podem estar associadas tanto a fragmentos cerâmicos quanto a tubulações. As escavações no sítio PA-ST-42 revelaram estruturas e fragmentos arqueológicos (SOUZA, 2012).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada no presente estudo consistiu de medidas eletromagnéticas utilizando o GPR no domínio do tempo. Em que os dados adquiridos registram o tempo de trânsito do pulso de energia eletromagnética desde sua geração até o retorno à superfície, após a propagação na subsuperfície.

3.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O GPR é um método eletromagnético baseado na propagação das ondas eletromagnéticas. Este método se fundamenta nas Equações de Maxwell, as quais relacionam os campos elétricos e os campos magnéticos (JOL, 2009).

As Equações de Maxwell descrevem matematicamente os fenômenos físicos dos campos eletromagnéticos (EM), cuja resposta do meio corresponde à propagação de ondas. A intensidade dos campos depende das propriedades eletromagnéticas (condutividade (σ), da permissividade dielétrica (ϵ) e da permeabilidade magnética (μ)), as quais consistem em propriedades intrínsecas do meio (KEAREY; BROOKS; HILL, 2002; JOL, op. cit.).

As propriedades eletromagnéticas ditam o comportamento da onda EM, influenciando a sua velocidade e a atenuação. A equação da onda para o campo elétrico ao se propagar na direção z pode ser representada por:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \mu\epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (1)$$

em que E é o campo elétrico e t é o tempo.

As variações de velocidade observadas em uma subsuperfície, pouco condutiva e não magnética, refletem as variações dielétricas do meio. Estas caracterizam as interfaces entre as camadas e são representadas por modificações nos padrões de reflexão no GPR. A velocidade de propagação (v), em um meio não magnético, é então estimada por:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

em que c é a velocidade da luz no vácuo ($3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$) e ϵ_r é a permissividade relativa ou constante dielétrica, a qual é a razão entre a permissividade do meio (ϵ) e a permissividade no vácuo (ϵ_0).

Durante a propagação da onda EM ocorrem sucessivas reflexões, refrações e difrações em que a quantidade de energia EM refletida será proporcional ao coeficiente de reflexão entre esses meios. Estes coeficientes, por sua vez, são controlados pelas impedâncias intrínsecas ou propriedades elétricas do meio. A impedância intrínseca (Z) é definida por (ANNAN, 2001):

$$Z = \frac{\sqrt{i\omega\mu}}{\sqrt{\sigma + i\omega\epsilon}}. \quad (3)$$

A interação da onda EM no meio resulta em perda e/ou dissipação de energia através dos processos conhecidos como atenuação e dispersão de energia. Estes processos limitam a profundidade de penetração do GPR, que é controlada pela frequência de operação do GPR e a resistividade do meio. A profundidade de penetração (δ) pode ser estimada por:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad (4)$$

(δ também é conhecido por *skin depth*). Por esta medida, quanto maior for a frequência do sinal eletromagnético menor será a penetração da onda no subsolo, limitando a profundidade de investigação. Contudo, o comprimento de onda será menor e o sinal terá maior resolução. Outro fator que governa a profundidade de investigação é a condutividade elétrica (σ) do meio: quanto menor for esta grandeza, maior será o *skin depth* e a onda alcançará maiores profundidades.

3.2 PROPRIEDADES ELÉTRICAS DOS MATERIAIS

3.2.1 Permeabilidade magnética

Na prospecção geofísica aplicada à Arqueologia, as anomalias magnéticas observadas, comumente, estão associadas a artefatos cerâmicos (fornos, vasos cerâmicos e urnas funerárias). A detecção dessas anomalias se realiza com base no contraste da permeabilidade magnética entre os alvos e o meio. Altos valores de permeabilidade magnética

estão associados à grande quantidade de minerais ferromagnéticos, dentre eles, a magnetita, a pirrotita e a ilmenita. Estes minerais são responsáveis pela magnetização da argila e, quando em grande quantidade, podem produzir anomalias detectáveis na prospecção (GRANT; WEST, 1965).

A magnetização da argila resulta do processo de preparação dos artefatos cerâmicos. O aquecimento durante o preparo da cerâmica promove o alinhamento ao campo magnético da Terra dos momentos magnéticos dos minerais presentes, processo denominado de magnetização termo-remanente. A magnetização ocorre, não só nos artefatos, mas também em seus arredores produzindo zonas de diferente magnetização Leute (1987) e Klinken (2001).

Além da magnetização termo-remanescente dos artefatos, as anomalias magnéticas de origem arqueológica podem estar associadas ainda à matéria orgânica. Durante as primeiras prospecções magnéticas se observou que anomalias magnéticas, da mesma ordem de grandeza dos fornos, estavam relacionadas com cavidades preenchidas com sedimentos ou detritos, principalmente quando estas estavam preenchidas com matéria orgânica. Estas cavidades preenchidas eram destinadas a diferentes propósitos, tais como: guardar alimentos, dejetos de lixo doméstico e sepultamento (ALVES¹ apud AITKEN, 1961).

A Permeabilidade magnética não é o principal fator nas medidas do GPR, uma vez que, a intensidade de magnetização e as pequenas dimensões dos alvos magnetizados não afetam a propagação da onda por serem quase desprezíveis.

3.2.2 Permissividade dielétrica

A permissividade dielétrica está relacionada com a propagação da onda eletromagnética no meio. A energia refletida é proporcional ao coeficiente de reflexão (R), o qual é determinado pelo contraste de velocidade (v) da onda EM ou pelo contraste de permissividade dielétrica relativa do meio. Quanto maior for o coeficiente de reflexão melhor será a visualização das interfaces e dos alvos de interesse (Equação 5).

$$R = \frac{(v_1 - v_2)}{(v_1 + v_2)} \text{ ou } R = \frac{\sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}}}{\sqrt{\epsilon_{r2}} + \sqrt{\epsilon_{r1}}}, \quad (5)$$

em que os índices 1 e 2 estão relacionados aos meios.

¹ALVES, J. J. A. **Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no Estado do Pará**. 1979. 55 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 1979.

3.2.3 Condutividade elétrica

Assim como a permissividade dielétrica, a condutividade elétrica está diretamente relacionada com a atenuação e a propagação da onda EM (ANNAN, 1996). Materiais com valores de condutividade elétrica moderada a alta podem atenuar e/ou mascarar o sinal do GPR, limitando a profundidade de investigação, comprometendo a detecção das anomalias de interesse e o mapeamento das interfaces de reflexão.

A detecção de artefatos arqueológicos em subsuperfície com base no contraste das propriedades elétricas consiste em uma das maiores dificuldades da geofísica aplicada à arqueologia. As feições arqueológicas tem comportamento geométrico diferente das camadas que compõem as formações geológicas da região. No entanto é importante que haja contraste suficiente para que possa ser detectado.

Artefatos cerâmicos inseridos em meios argilosos, por exemplo, apresentam contraste praticamente desprezível, dificultando assim a identificação desses alvos nos radargramas. As cavidades, por sua vez, quando preenchidas com sedimentos possuem alta condutividade devido à umidade e quando inseridas em um meio com propriedades elétricas diferentes, meio resistivo, podem ser identificadas mais facilmente (ALVES, 1979).

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

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 de amostragem de 70 ns. O espaçamento entre os perfis foi 2 m na Área 2 e de 1 m na Área 2A. As marcações inseridas nos registros ao longo do caminhamento para controle da posição das medidas foram realizadas com intervalo de 10 m.

O levantamento geofísico se iniciou com o reconhecimento prévio da área, a fim de identificar possíveis vestígios aflorantes e observar as condições e a elevação do terreno. Em seguida, a demarcação da área foi inserida, através do traçado dos perfis de acordo com as condições de cada área. Os dados coletados foram processados e as informações obtidas foram interpretadas, a fim de se identificarem e indicarem os melhores locais para a escavação.

4.1.1 Caracterização da área de pesquisa

As informações sobre as áreas foram obtidas de Schaan (2012), relatório elaborado pela arqueóloga que acompanhou os levantamentos e é responsável pela prospecção arqueológica.

Área 2

A Área 2 está situada ao sul da área administrativa do Porto de Santarém e mede aproximadamente 26.741 m² (Figura 1). Esta área é caracterizada por: topografia ligeiramente inclinada na direção sul; solo úmido com granulometria arenosa; compactação variando de macia a semicompactada, a compacta; e com coloração variando em vários pontos entre preta e marrom acinzentado escuro, típico de Terra Preta Arqueológica (TPA).

Segundo Nimuendaju (apud SCHAAN, 2012, p.13), a camada cultural possuía 1,40 m de espessura em 1920. A área se manteve relativamente protegida até meados da década 1990 devido a sua vegetação. Segundo Schaan (2010), as escavações realizadas na Área 1 Sul, área ao norte da área 2, confirmaram as informações de Nimuendajú com o

registro de 1,25 m de camada cultural na Área 2. 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.

Na Área 2 são observadas ainda ruínas das estruturas de casa, compostas por tijolos, concreto armado, ladrilhos, fossa séptica e poço na porção sudeste da área; além de lixo doméstico como vidros, pregos, plásticos e moedas descartado no período de ocupação.

Área 2A

A Área 2A está localizada ao sul da Área 2 e mede 32.142,54 m² (Figura 1). A área se caracteriza por: topografia plana, solo úmido com granulometria arenosa; compactação dura à macia; coloração do solo em vários pontos nos tons de marrom a marrom amarelado, o qual caracteriza o latossolo estéril.

Durante meados da década de 90, a Área 2A sofreu perturbações contínuas, como utilização da área como campo de futebol (terraplanagem) 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 dejetos metálicos, plásticos e vidros associados à camada cultural remanescente.

4.1.2 Descrição da área do levantamento

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* e *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 - UFPA e do técnico Anderson Marcio Amaral Lima, vinculado à UFPA.

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 imageamento possível.

O levantamento na Área 2 consistiu em 83 perfis de 64 m de extensão, espaçados em 1 m e orientados na direção oeste-leste.

Como mencionado acima, o levantamento geofísico na Área 2A compreendeu três regiões denominadas *Campo 1, 2 e 3*. O espaçamento utilizado entre os perfis nos três campos foi de 2 m. O *Campo 1* corresponde a um campo de futebol com dimensões de 62,5 m por 110 m. Nele foram realizados 55 perfis de 62,5 m 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 50 perfis de 60 m, orientados na direção aproximada de N7E e executados no sentido SW-NE.

4.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento de dados de GPR é realizado com o objetivo de melhorar a qualidade e a resolução temporal das camadas sobre a subsuperfície, a fim de facilitar a visualização e a interpretação dos dados.

As seções de GPR adquiridas nas quatro regiões do sítio PA-ST-42: Porto de Santarém foram processadas utilizando o *software Reflex-Win* versão 6.0 da *Sandmeier Software*. Devido à natureza arqueológica do levantamento, buscou-se através do processamento melhorar a visualização das anomalias presentes nos perfis que, possivelmente, representem artefatos e/ou estruturas arqueológicas.

As seções de GPR foram processadas através da aplicação da interpolação das marcas de posicionamento horizontal, para uniformizar a escala horizontal; aplicação de ganho *energy decay*, para compensar os efeitos da atenuação do sinal do radar; aplicação de correção estática, para realizar o ajuste do tempo-nulo com a profundidade zero; aplicação dos filtros 1-D *subtract-mean (Dewow)* para eliminar ruídos de baixa frequência e *passabanda* para eliminar ruídos de baixas e altas frequências, simultaneamente, através de uma banda específica de frequência (200 a 600 Hz); aplicação de filtros 2-D *background removal*, para eliminar os refletores horizontais, e assim tornar mais visíveis alguns refletores inclinados e pontuais e *running average*, a fim de suavizar os refletores e melhorar a visualização das continuidades. 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 (SANDMEIER, 2011). A velocidade estimada foi de 0,09 m/ns.

4.3 PADRÕES DE REFLEXÃO

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 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 objetos bidimensionais ou tridimensionais com diferentes propriedades elétricas.

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 (1979), neste estudo as feições mais importantes são as cavidades preenchidas por húmus, devido a grande concentração de fragmentos cerâmicos em seu interior.

De acordo com informações das escavações nas Áreas 2 e 2A, o fato das feições anômalas procuradas se encontrarem nos primeiros níveis investigados ou aflorantes pode ser atribuída à remoção de parte da TPA por ações já citadas.

Dentre os 239 perfis adquiridos, apenas alguns serão apresentados neste capítulo. Os perfis escolhidos exibem os padrões anômalos identificados de modo mais evidente que, possivelmente, sugeriam a presença e/ou concentração de artefatos enterrados.

4.4 INVESTIGAÇÕES DA ÁREA 2

4.4.1 ESCAVAÇÕES ARQUEOLÓGICAS

O salvamento arqueológico na Área 2 ocorreu entre os meses de julho e agosto de 2011. As escavações ficaram 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 (SCHAAN, 2012).

As escavações tiveram como objetivo: compreender a estrutura dos depósitos arqueológicos; atestar a confiabilidade do método GPR na identificação de possíveis feições e estruturas arqueológicas; investigar áreas de atividade do sítio e coletar amostras de material orgânico carbonizado. É considerada “Feição” todo fato cultural contido no registro arqueológico. As feições são camadas residuais de TPA bastante perturbadas, as quais apresentam concentração de material cerâmico e de alguns artefatos líticos (SCHAAN, op.cit.).

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. 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. Desse modo, foram escavadas 19 unidades na Área 2, nas quais foram reveladas 13 feições arqueológicas (SCHAAN, op.cit.).

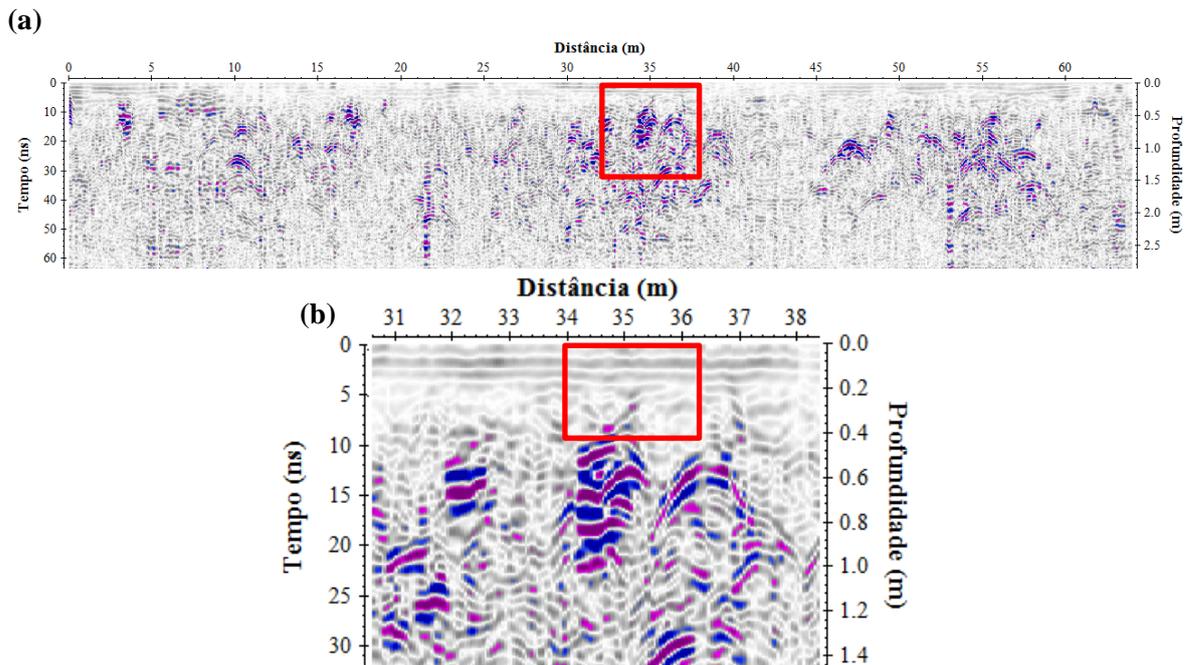
As feições encontradas eram, em sua maioria, vasilhas preenchidas com sedimentos em que se encontravam microfragmentos ósseos, os quais indicavam sepultamentos. As vasilhas estavam enterradas em camada estéril, abaixo da camada arqueológica. Através das escavações se observou que a camada de solo antrópico da área havia sido retirada por processos mecânicos, como mencionado anteriormente. As feições e os fragmentos de artefatos encontrados estavam enterrados abaixo da camada antrópica ou haviam “intrudido” nesta camada por processos pós-deposicionais. Observou-se ainda muita bioperturbação, atribuída ao material cultural e provavelmente à presença anterior de terra preta, o que ocasionou a intrusão de solo mais escuro em camadas inferiores e ainda a intrusão de latossolo em camadas superiores (SCHAAN, op.cit.).

4.4.2 PERFIS GEOFÍSICOS

Perfil 1

O Perfil 1 executado na Área 2 possui 64 m de extensão e é representado na Figura 2. Ao longo do perfil é possível identificar uma zona com padrões de reflexão horizontais nos primeiros 60 cm de profundidade, relacionado às características dos níveis superficiais do solo da região; hipérboles com profundidades e aberturas variáveis são observadas, caracterizando objetos de pequeno porte com propriedades elétricas diferentes das do meio, mas não necessariamente de interesse; no centro do perfil nota-se uma feição anômala do tipo vale de possível interesse arqueológico. A feição se situa entre 34 m e 36 m do início do perfil, com profundidade aproximada de 15 cm a 35 cm. Logo abaixo desta feição, entre 35 cm e 80 cm de profundidade se encontra um padrão anômalo diferenciado.

Figura 2- Perfil 1 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale destacada em (b).



A anomalia detectada pelo GPR mostrada na Figura 2(b) é atribuída à diferença de propriedades elétricas entre dois meios. Neste caso, a interface mapeada pelo GPR evidencia um vale. Como feições deste tipo projetam a ideia de cavidades preenchidas com sedimentos, a anomalia foi apontada como de possível interesse arqueológico.

Uma escavação investigou a anomalia geofísica apontada entre 34 m e 36 m do Perfil 1, evidenciada na Figura 2(b). Nos primeiros níveis da escavação se observaram

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).

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*. No entanto, os fragmentos de borda encontrados possivelmente consistem em remanescentes de um bolsão (Figura 3) (SCHAAN, op. cit.).

A mancha de coloração mais escura, vista na Figura 3, 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.

Figura 3- Mancha escura aos 51 cm de profundidade destacada pelo círculo na figura.



Fonte: Schaan (2012)

Perfis 2 e 3

No Perfil 2 com 64 m de extensão é possível identificar uma zona com padrões de reflexão horizontal, com profundidades variando em cerca de 30 cm a 40 cm. Nos primeiros 12 m e nos últimos 6 m do perfil a reflexão da camada superficial se torna mais evidente, possivelmente relacionada à deposição de um material mais condutivo. Entre 21 m e 23 m se

nota uma perturbação da camada superficial. O perfil apresenta uma anomalia de interesse entre 27,5 e 29 m. A anomalia é do tipo vale e está localizada entre 20 cm e 30 cm de profundidade (Figura 4).

No Perfil 3 de 64 m de comprimento nota-se uma hipérbole aos 18 m do início do perfil e uma descontinuidade entre 37 m e 38 m. No entanto, o que chama a atenção é o vale presente entre 26 m e 27,5 m, o qual corresponde a anomalia apontada no Perfil 2 (Figura 5).

Figura 4- Perfil 2 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 27,5 m a 29 m (b).

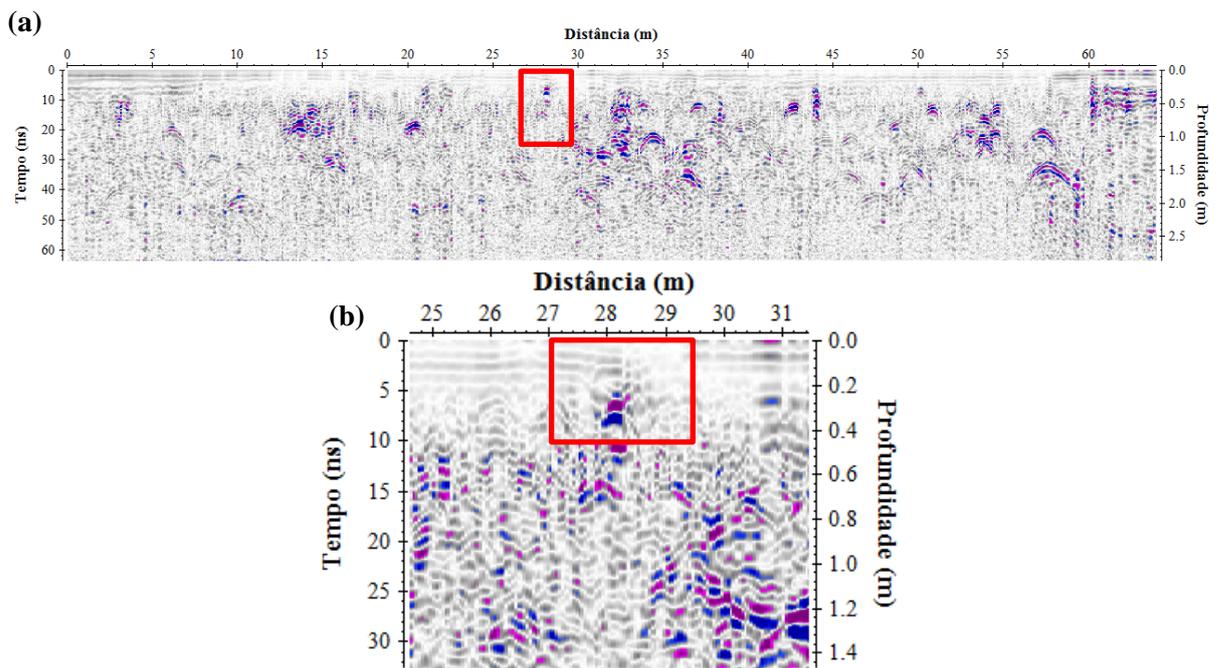
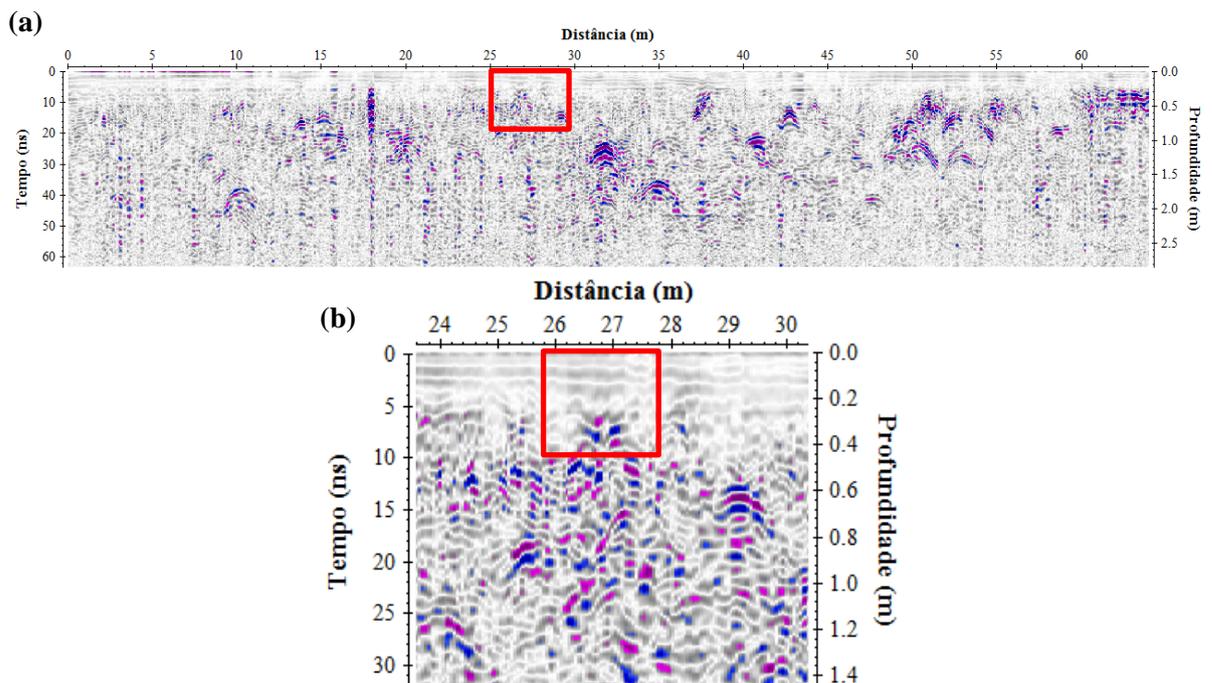


Figura 5- Perfil 3 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 26 m e 27,5 m (b).



Para a investigação das anomalias geofísicas tipo vale apontadas nos Perfis 2 e 3 foram abertas duas unidades de escavação (N197 L227 e N97 L228). As quais foram equivocadamente abertas entre as Linhas 4 e 5. O solo nessas unidades se apresentava arenoso, seco e solto. Foram observadas ainda muitas radículas e material cultural. Nos primeiros níveis de escavação da primeira unidade se notou uma mancha com coloração mais escura com cerâmica, a qual se revelou como sendo um bolsão e foi denominada de *Feição 12*. Entre os objetos encontrados temos os fragmentos minúsculos de ossos, carvão, cerâmica e lítico. Na segunda unidade de escavação, a leste, se notou uma mancha de 14 cm de profundidade com concentração de fragmentos cerâmicos e prováveis fragmentos ósseos com carvão, a qual foi denominada de *Feição 13* (SCHAAN, 2012).

As anomalias apontadas pelo GPR e indicadas à escavação nos Perfis 2 e 3 parecem corresponder a anomalia do tipo vale identificada entre 24,5 m e 25,5 m do Perfil 4 (Figura 6). No Perfil 5 (Figura 7) é possível identificar uma reflexão mais forte entre 24,5 m e 26 m em aproximadamente 30 cm de profundidade, no entanto não podemos afirmar a correlação com os demais.

Figura 6- Perfil 4 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale de 24,5 m a 25,5 m destacada em (b).

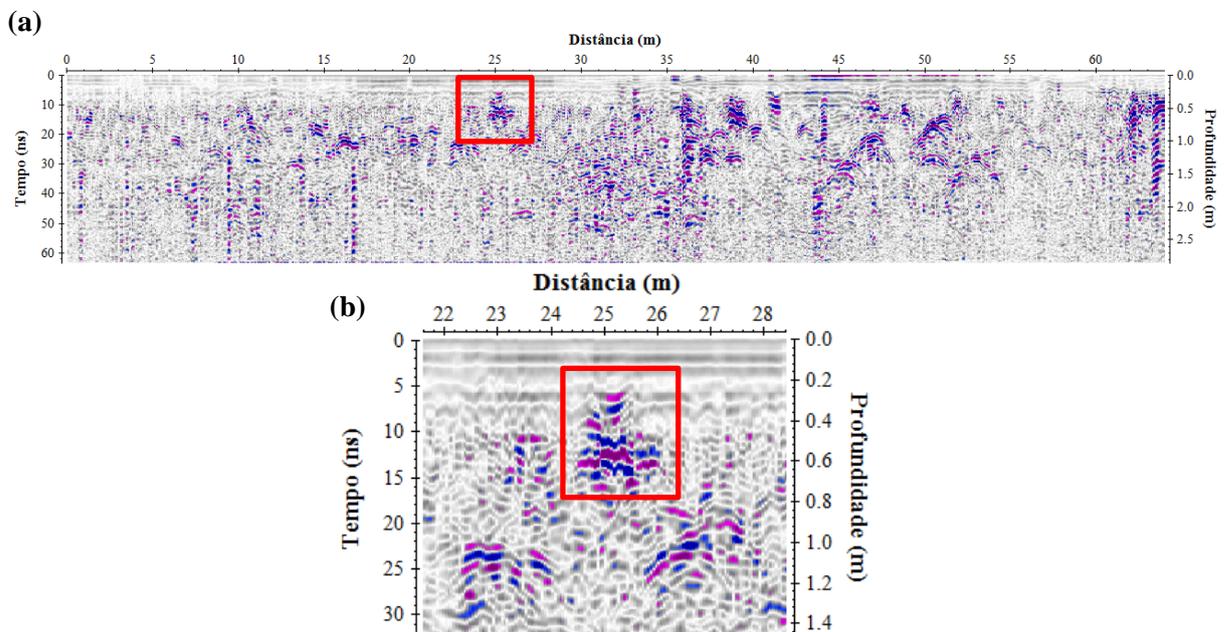
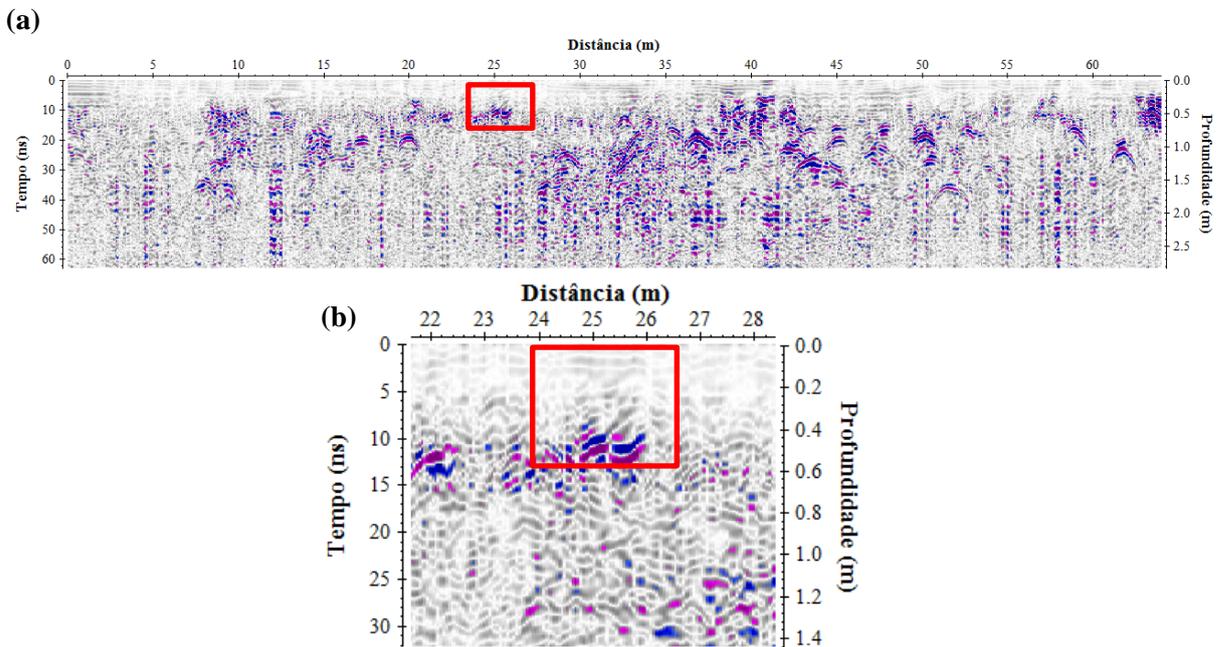


Figura 7- Perfil 5 (a) da Área 2 com anomalia do tipo vale destacada em (b).



A Feição 13, a princípio, aparentou ser um buraco de estaca posteriormente preenchido com fragmentos de cerâmica realojados. Contudo, no final da escavação a feição foi interpretada como um buraco de raiz, devido seu formado irregular como pode ser visto nas Figuras 8, 9 e 10 (SCHAAN, 2012).

Figura 8- Feição 13 entre 27m e 28 m do Perfil 4.



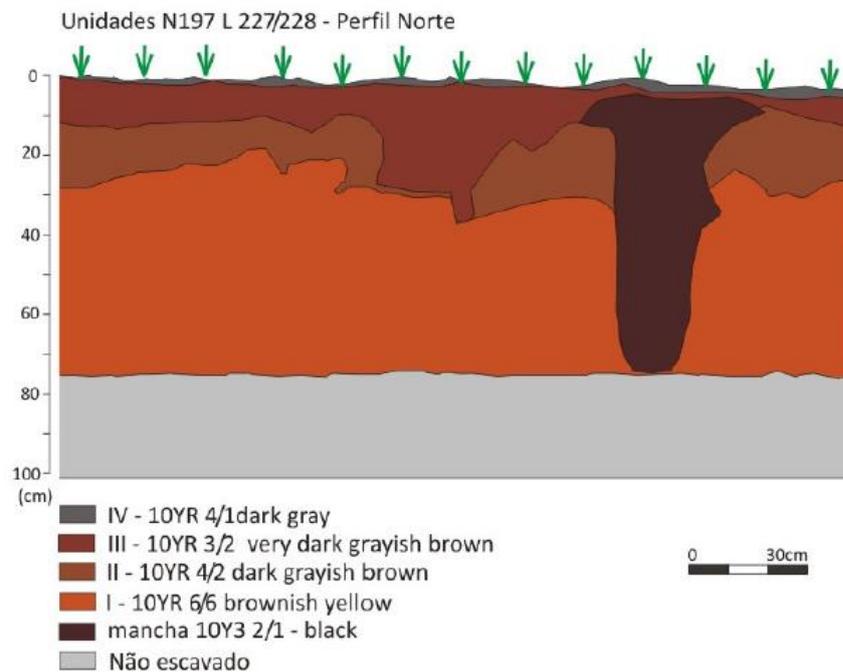
Fonte: Schaan (2012)

Figura 9- Feição 13, pequena concentração de fragmentos cerâmicos e prováveis fragmentos ósseos.



Fonte: Schaan (2012)

Figura 10- Perfil norte da Unidade de escavação N197 L 227/228.



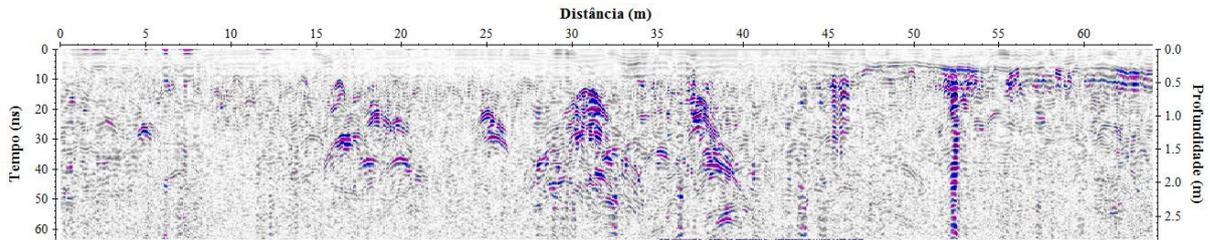
Fonte: Schaan (2012)

Perfil 35

No Perfil 35 (Figura 11) de 64 m de extensão observamos uma descontinuidade entre 6 e 8 m do início do perfil estendendo de 0 a 40 cm de profundidade, nota-se uma camada superficial mais tênue com padrão de reflexão horizontal variando de 30 cm a 50 cm

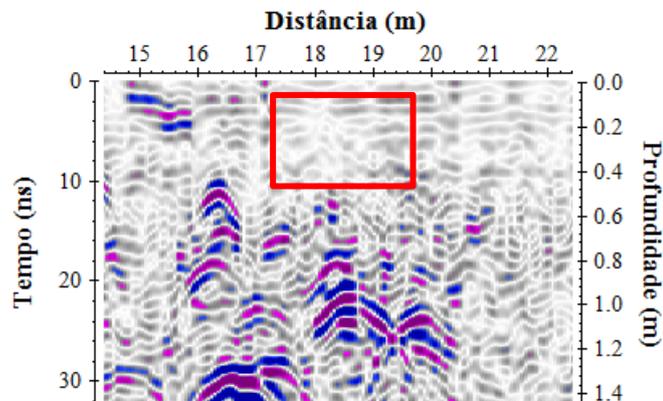
de espessura. Esta camada mostra uma reflexão mais forte entre 42 a 64 m e apresenta descontinuidades entre 46 e 47 m, 54 m e 56 m e 58 e 60m.

Figura 11- Perfil 35.



As escavações no Perfil 35 ocorrem antes do processamento. As áreas investigadas tiveram como objetivo investigar os afloramentos cerâmicos de forma circular, os quais pareciam ser 3 vasilhas. Os afloramentos estavam localizados entre 18 e 19 m do início do perfil (Figura 12). Foram realizadas três unidades de escavação de 1 x 1 m (N 167 L 219, N 167 L 220, N 166 L 219) (Figura 13) (SCHAAN, 2012).

Figura 12- Localização das vasilhas aflorantes entre os 18 e 19 m do Perfil 35.

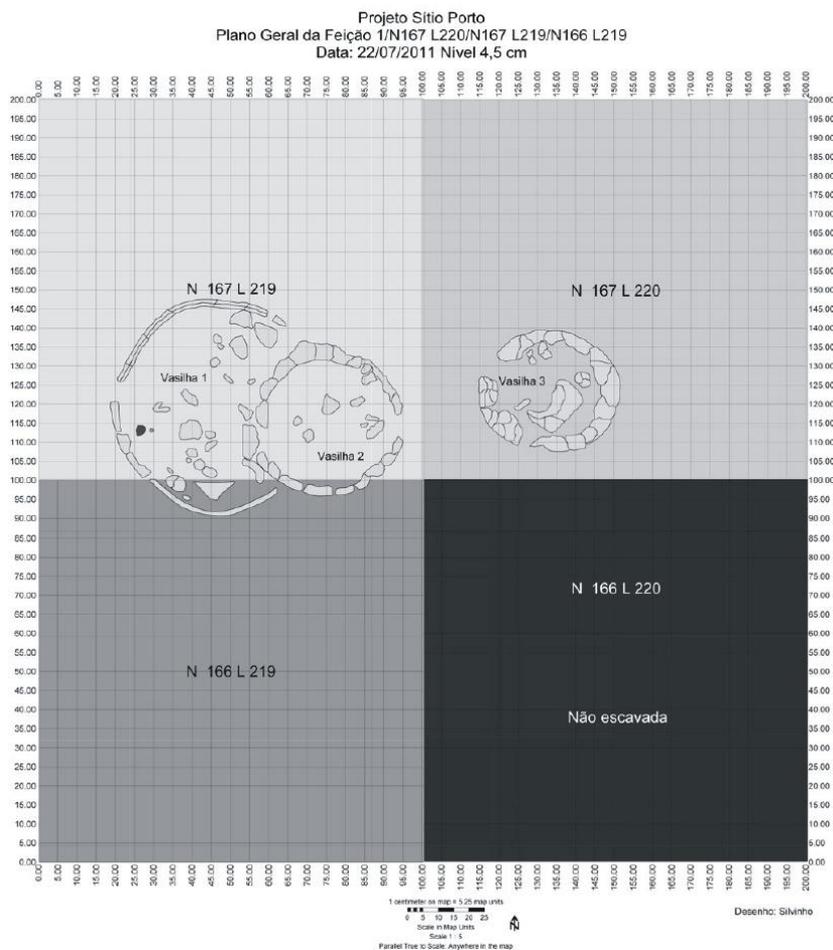


A primeira concentração de cerâmica foi denominada de *Feição 1* e consistia de duas vasilhas, uma de 40 cm (Vasilha 1) e a outra com 33 cm de diâmetro (Vasilha 2). A Vasilha 3 com 30 cm de diâmetro foi chamada de *Feição 3*. Aos 5 cm de profundidade, no entorno da Vasilha 3, foram encontrados prováveis fragmentos ósseos associados a fragmentos de carvão caracterizando a *Feição 2* (Figura 14). Os fragmentos de carvão estavam posicionados em círculo de 12 cm de diâmetro, em que ao meio se localizava fragmento de ossos. A disposição das vasilhas pode ser vista na Figura 13 (SCHAAN, 2012).

Durante as escavações, o solo se revelou bastante compacto, seco e acinzentado nos primeiros 4 cm de profundidade e mais úmido, solto e matizado (marrom e amarelo) entre 4 cm a 61 cm de profundidade. A escavação terminou aos 61 cm de profundidade, em que o

solo se apresentou muito seco, compacto e muito matizado (SCHAAN, op. cit.). A diferença entre as composições dos solos observados entre de 0 a 61 cm de profundidade e o solo a partir desse ponto corresponde a zona de reflexão mais tênue evidenciada nos primeiros 50 cm do perfil.

Figura 13- Disposição das Vasilhas 1, 2 e 3 localizadas no Perfil 35 da Área 2 aos 4,5 cm de profundidade. N 167 L 219, N 167 L 220, N 166 L 219 e N 166 L 220 correspondem às denominações das unidades de escavação da arqueologia.



Fonte: Schaan (2012)

As escavações coletaram fragmentos de cerâmica geralmente engobados de vermelho, lascas de sílex, abrasadores sulcados, arenitos e lateritas, microfragmento de carvão e de ossos, os quais devido ao tamanho diminuto impossibilitaram sua identificação (SCHAAN, 2012).

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”. A zona de sombra está relacionada à proximidade da fonte do GPR a superfície (JOL, 2009), como já mencionada anteriormente. Além disso, o contraste das propriedades elétricas entre o material cultural e a camada superficial não foi suficiente para ser detectado.

Figura 14- Vasilha 3, aos 14 cm de profundidade.



Fonte: Schaan (2012)

Assim como observado no Perfil 35, o GPR não conseguiu detectar outras vasilhas aflorantes na Área 2. Dentre as vasilhas estão a Vasilha 4 entre 24 m a 25 m do Perfil 42 (Figura 15), denominada de Feição 4 (Figura 16) e cavidade aflorante cheia de húmus com concentração de fragmentos cerâmicos, possivelmente de uma vasilha, entre 23 e 24 m do Perfil 42, denominada de Feição 9 (Figura 17); Vasilha 5 entre 19 m e 21 m do início do Perfis 32 e 33 (Figura 18), a qual representa a Feição 5 (Figura 19); Vasilha 6 entre 24 m e 25 m do Perfil 41 e 42 (Figura 20), representa a Feição 6 (Figura 21 e 22); e Vasilha 9 dos 19 m a 20 m dos Perfis 30, 31 e 32 (Figura 23), a qual consiste na Feição 7; Vasilha 10 no Perfil 45 (Figura 24) entre 17 m e 19 m, denominada de Feição 8 (Figura 25); e Vasilha 11 no Perfil 33 e 34 (Figura 26) entre 23 m e 24 m, como Feição 10 (Figura 27).

Figura 15- Localização da cavidade aflorante cheia de humús no Perfil 42 (a) e Vasilha 4 entre 23 m e 25 m (b).

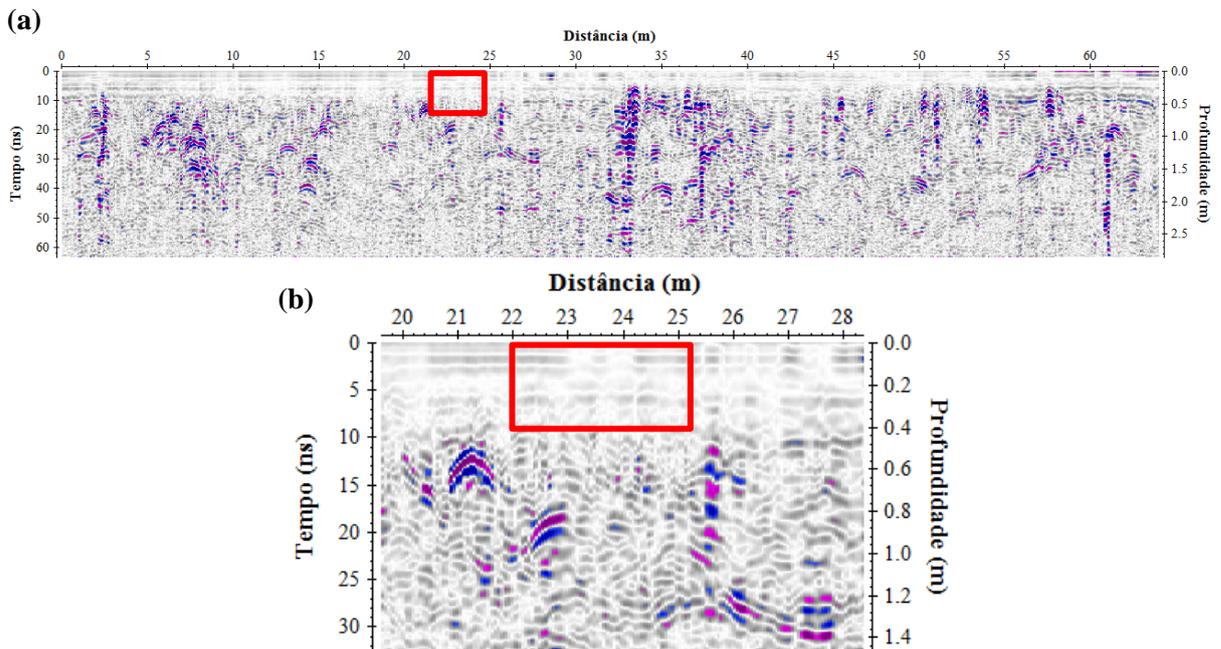


Figura 16- Vasilha 4- Feição 4.



Fonte: Schaan (2012)

Figura 17- Feição 9.



Fonte: Schaan (2012)

Figura 18- Localização da Feição 5 entre 19 m e 21 m nos Perfis 32 (a) e 33 (b).

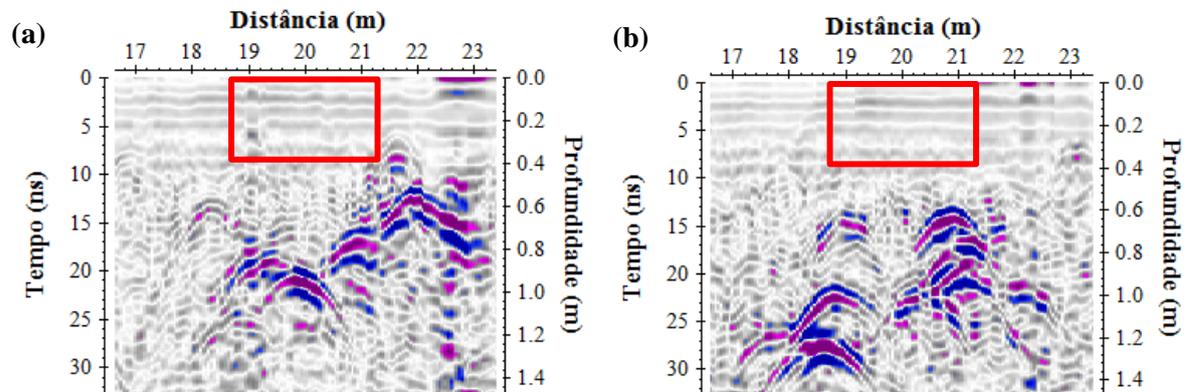


Figura 19- Feição 5 (Vasilha 5).



Fonte: Schaan (2012)

Figura 20- Localização da Feição 6 entre 24 m e 25 m nos Perfis 41 (a) e 42 (b).

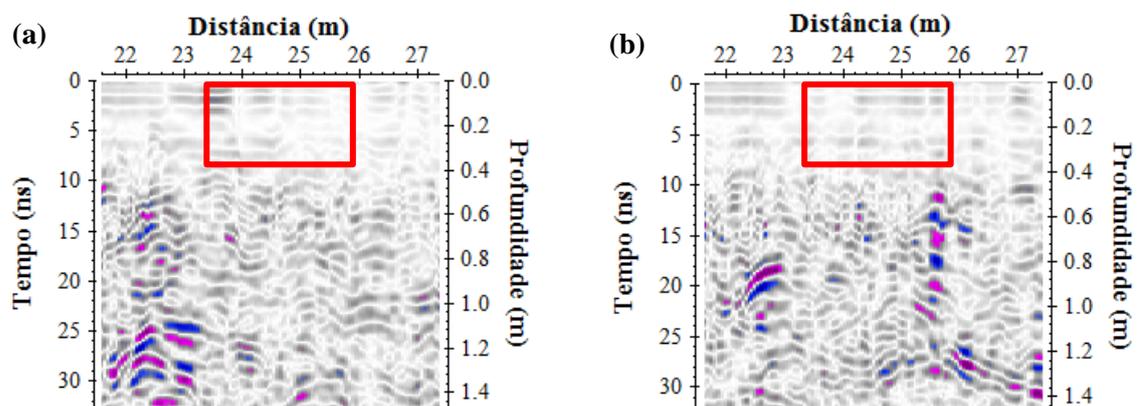


Figura 21- Feição 6, aos 4 cm de profundidade.



Fonte: Schaan (2012)

Figura 22- Feição 6- Vasilha 6, face antropomorfa (a) e Gargalo da vasilha de face antropomorfa (b).



Fonte: Schaan (2012)

Figura 23- Localização da Feição 7 aflorante aos 19 m a 21 m nos Perfis 30 (a), 31(b) e 32 (c).

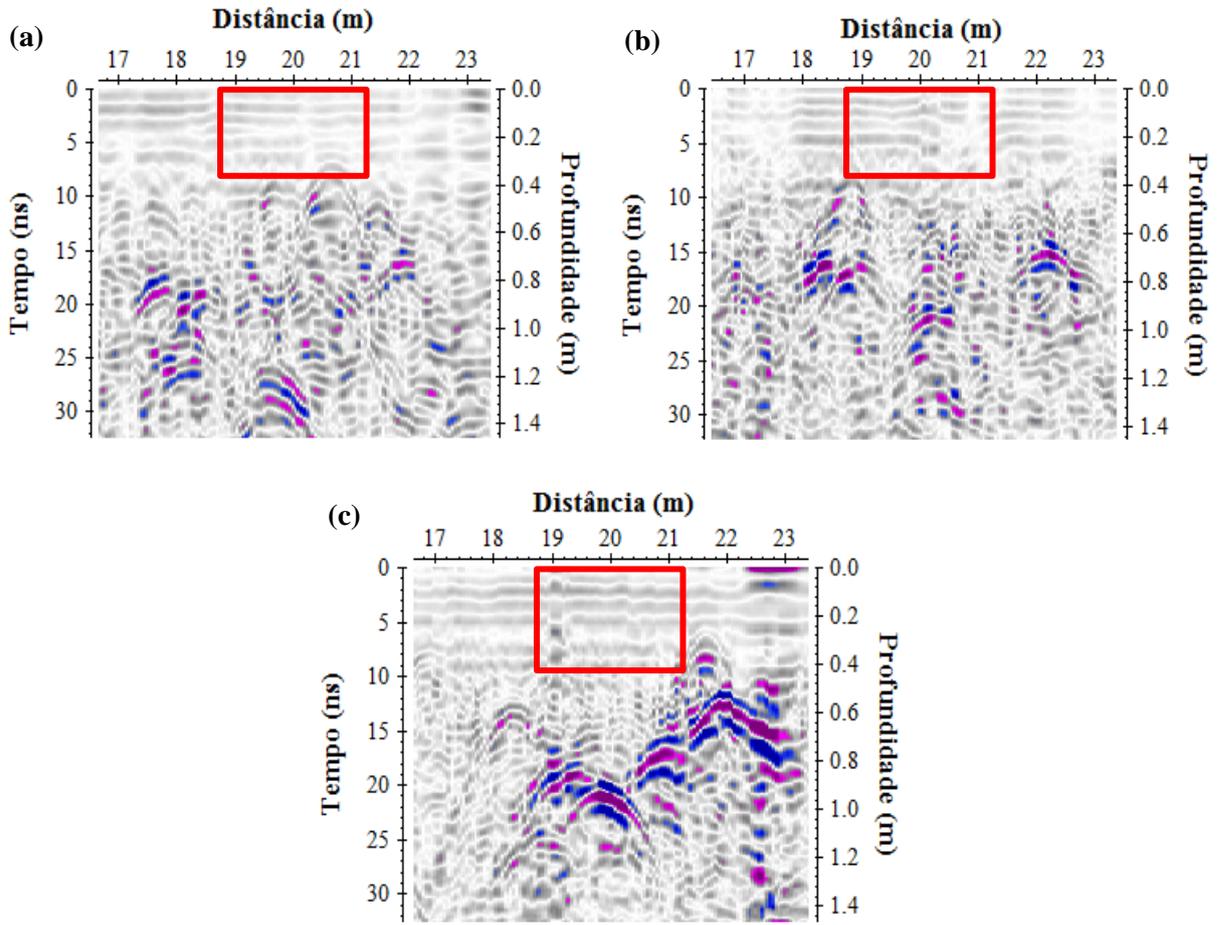


Figura 24- Localização da Feição 8 no Perfil 45 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m.

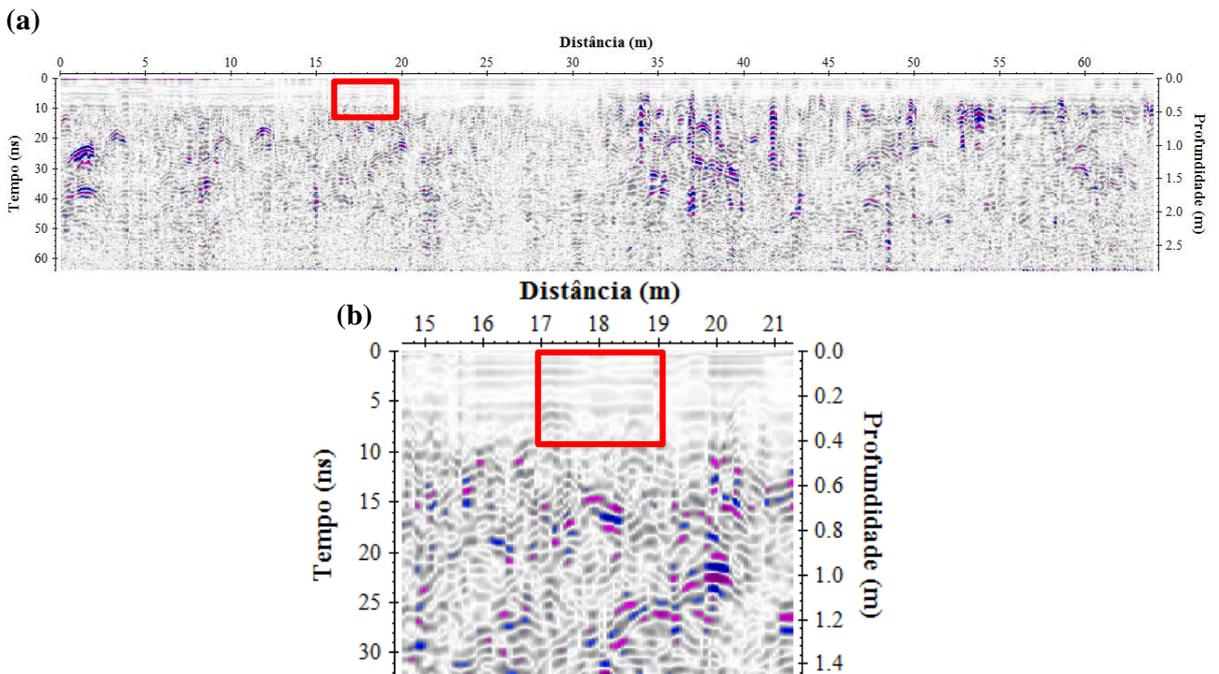


Figura 25- Feição 8, aos 15 cm de profundidade (a) e machado lítico encontrados após retirada de fragmentos (b).



Fonte: Schaan (2012).

Figura 26- Localização da Feição 10 nos Perfis 33 (a) e 34 (b) entre 23 e 24 m.

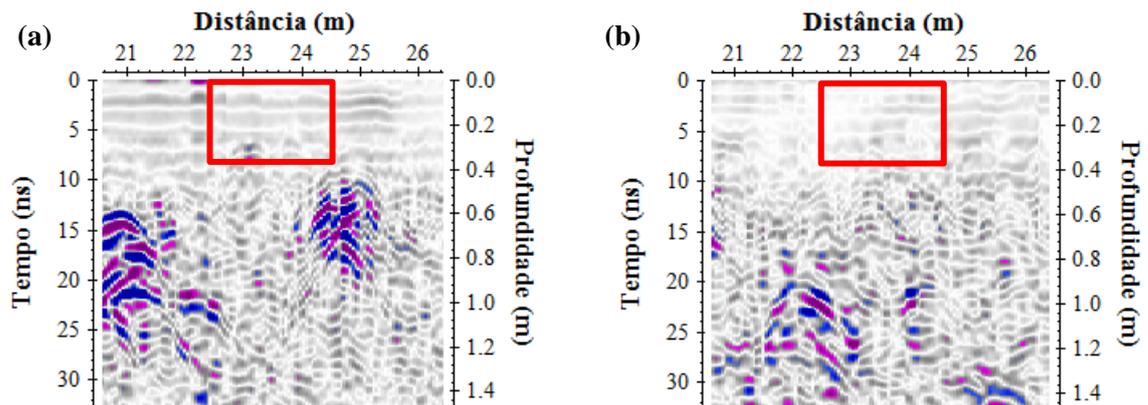


Figura 27- Feição 10, Vasilha 11, aos 4 cm de profundidade.



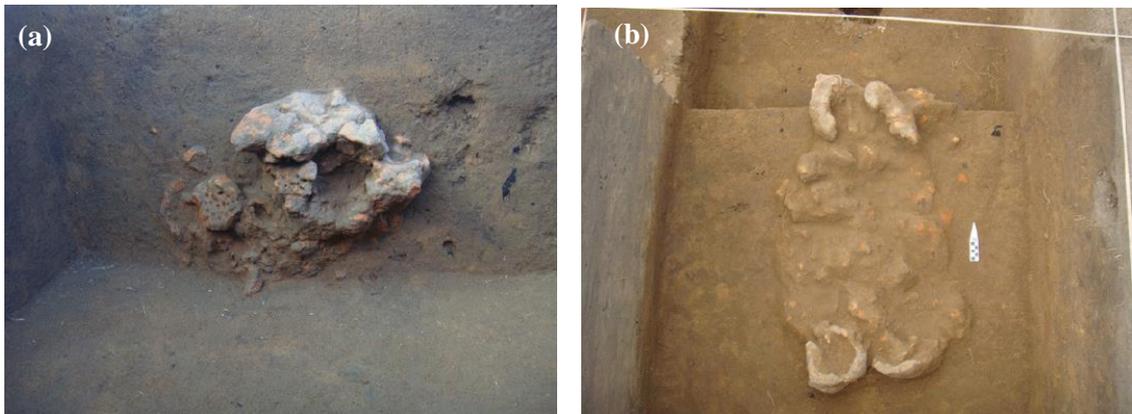
Fonte: Schaan (2012)

Perfil 44

As unidades N157 L218 e N157 L219 foram abertas para investigar uma concentração de cerâmica aflorante denominada de Vasilha 10, Feição 8, entre 18 m e 19 m do início do Perfil 44. A Vasilha 10 foi exposta totalmente aos 15 cm de profundidade. As escavações continuaram e aos 45 cm de profundidade surgiu uma concentração de cerâmica e uma pequena concentração de carvão, sendo coleta uma amostra aos 55 cm de profundidade (SCHAAN, 2012).

A concentração de fragmentos ficou exposta aos 80 cm de profundidade na parede sul e consistia de fragmentos de argila queimada disformes, levemente achatados e com furos, sendo denominada de Feição 11 (Figura 28 e 29). Com o objetivo de investigar a concentração de fragmentos uma nova unidade, N156 L219, foi aberta ao sul. Na unidade N156 L219 aos 50 cm de profundidade surgiu à concentração de fragmentos de forma alongada. A feição provavelmente representa uma espécie de forno desmoronado, devido a grande quantidade de fragmentos de carvão e microfragmentos ósseos encontrados em toda a área (SCHAAN, op.cit.).

Figura 28- Feição 11 aos 80 cm de profundidade na unidade N157 L219 (a) e aos 68 cm de profundidade na unidade N156 L219 (b).



Fonte: Schaan (2012)

Figura 29- Fragmentos cerâmicos encontrados na Feição 11.



Fonte: Schaan (2012)

Como mencionado anteriormente, o GPR não conseguiu detectar vasilhas aflorantes, tal como a Vasilha 10, devido a zona de sombra. Analisando os Perfis 44 e 45 (Figuras 30 e 31) também não foi possível detectar anomalias associadas à concentração de fragmentos cerâmicos, uma vez que, não houve contraste suficiente das propriedades elétricas entre esta e o meio. Os artefatos cerâmicos estavam inseridos em solo marrom amarelado matizado, o que contribuiu para diminuição do contraste, dificultando assim a identificação desses alvos.

Figura 30- Perfil 44 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m (b).

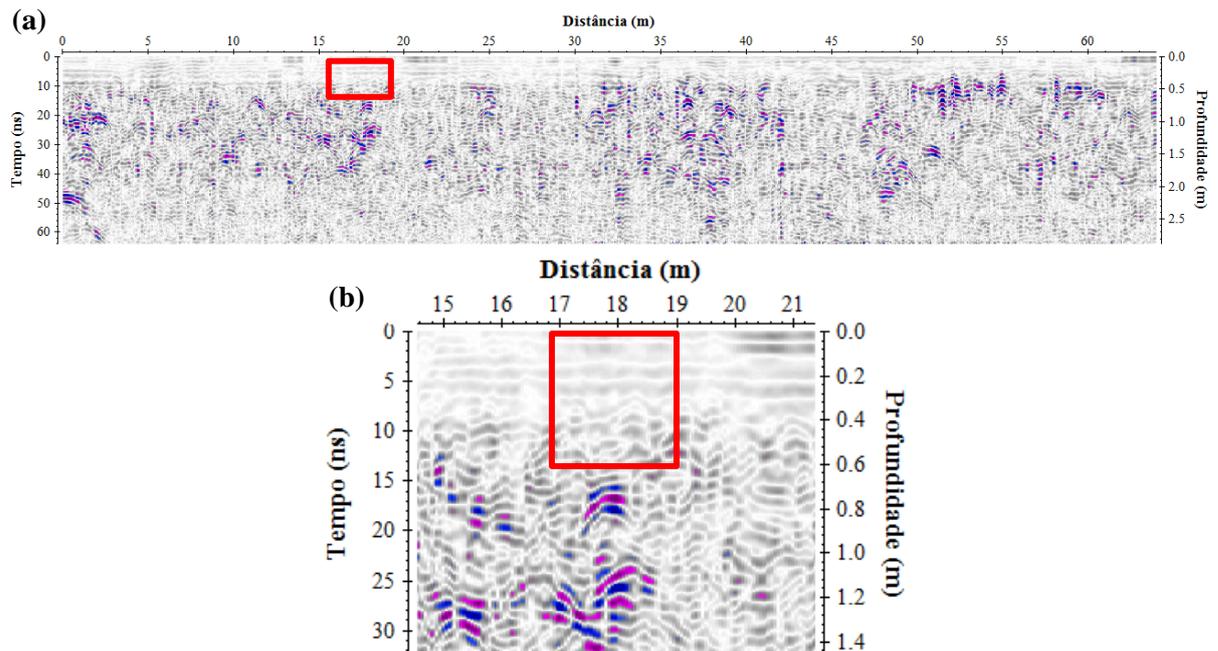
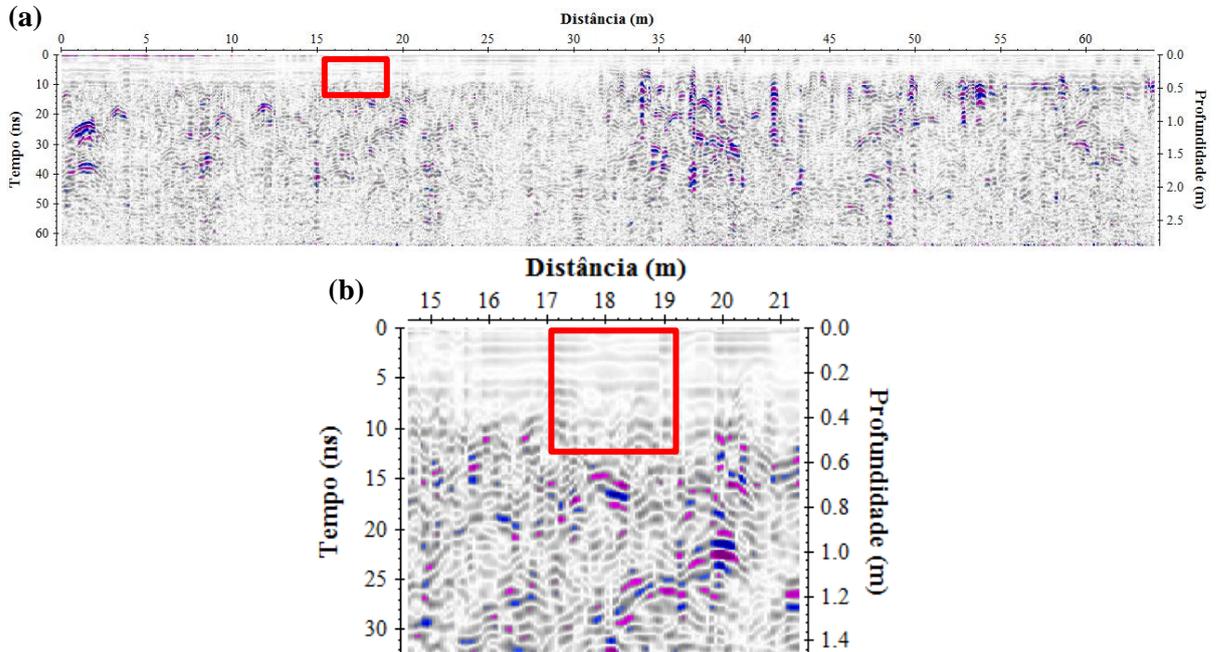


Figura 31- Perfil 45 (a) com destaque para anomalia do tipo vale entre 17 m e 19 m (b).



4.5 INVESTIGAÇÕES DA ÁREA 2A

4.5.1 ESCAVAÇÕES ARQUEOLÓGICAS

O salvamento arqueológico na Área 2A ocorreu em quatro etapas sob a coordenação da arqueóloga Denise Schaan. A primeira etapa foi realizada de 12/09/2011 a 04/10/2011 e teve como objetivo investigar as anomalias apontadas pelo GPR e testar a confiabilidade e a aplicabilidade deste método em levantamentos arqueológicos (SCHAAN, 2012).

As escavações da Área 2A foram realizadas no Campo 1. A metodologia adotou o posicionamento das linhas da malha geofísica e posicionou as unidades escavadas sobre as anomalias ou porções destas. As unidades escavadas foram centralizadas nas linhas geofísicas, de modo que ficasse 50 cm para cada lado da linha. Tradagens foram realizadas a cada 15 m ou 20 m em todas as linhas, tanto nas anomalias quanto em áreas não apontadas (SCHAAN, op. cit.).

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

Decapagens mecânicas foram realizadas 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 (SCHAAN, op. cit.).

4.5.2 PERFIS GEOFÍSICOS

CAMPO 1

Na primeira etapa de escavações na Área 2A- Campo 1, a interpretação geofísica apontou pontos de interesse arqueológico, dos quais 21 unidades de escavação foram abertas e apenas 6 revelaram três feições culturais (SCHAAN, 2012).

Perfil 1

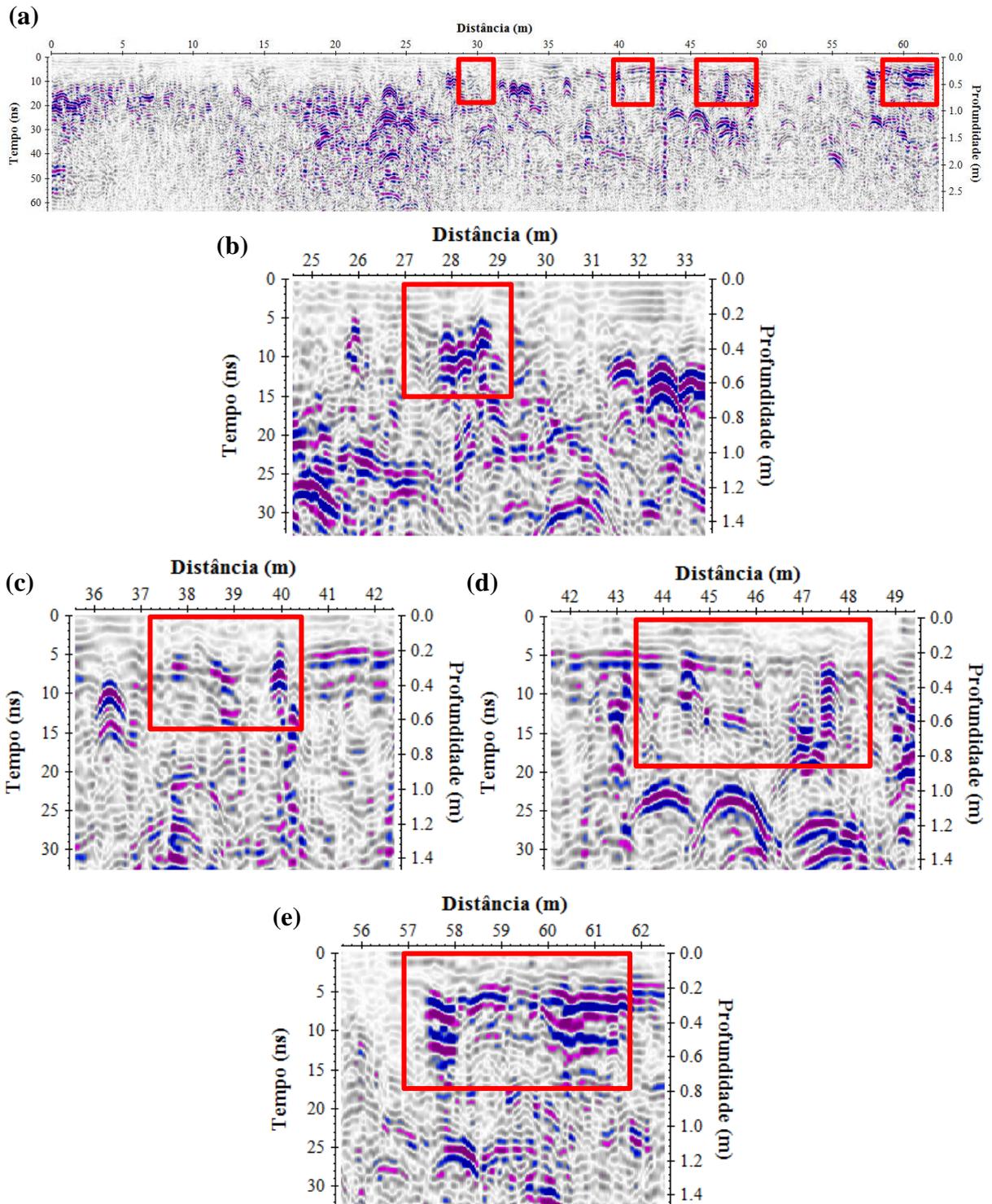
O Perfil 1 da Área 2A possui 62,5 m de extensão e é representado na Figura 32. O perfil apresenta uma descontinuidade entre os 27 m e 29 m e dos 38 m a 40 m exibe um vale e uma hipérbole. Nota-se um acamamento com forte reflexão e comportamento ondular entre 34 m e 50 m do início do perfil, aproximadamente. Um vale é observado entre os 44 m a 47 m, aproximadamente entre 30 cm e 70 cm de profundidade, e é possível identificar uma zona padrão de reflexão diferenciada dos 57 m a 61 m caracterizando uma anomalia do tipo descontinuidade.

Para investigar as anomalias apontadas primeiramente foi aberta uma unidade de escavação aos 28 m do Perfil 1, no centro da anomalia apontada. A escavação apontou três camadas principais, são elas: a camada cultural, a camada de transição e a camada de latossolo.

A camada cultural possui 26 cm espessura e se divide em dois níveis. Esta se caracteriza por solo areno-argiloso, cinza muito escuro, seco, muito compacto e com granulação fina nos primeiros 10 cm de profundidade. Neste primeiro nível ocorreram intrusões recentes, como piçarra, fragmentos de vidro, saco plástico, raízes e radículas e quatro fragmentos cerâmicos pequenos e dispersos; dos 10 cm a 26 cm de profundidade

ocorreu pequena quantidade de material cerâmico, em que foram coletados um fragmento de osso aos 18 cm, sete fragmentos de líticos lascados e um abrasador (SCHAAN, 2012).

Figura 32- Perfil 1 (a) com anomalias do tipo hipérbole (b), vale (c), vale (d) e descontinuidade (e).



A camada de transição se estendeu de 26 a 55 cm de profundidade. Esta se caracteriza por solo areno-argiloso, marrom amarelado, seco, compacto e de granulação fina. Foram coletados um lítico lascado e oito fragmentos de cerâmica. Observou-se uma mancha de solo mais escuro que se estendeu do topo do nível até os 41 cm de profundidade no quadrante NO. A mancha não apresentou vestígio arqueológico associado, se tratando de uma intrusão de raiz apodrecida (SCHAAN, op.cit.).

A camada de latossolo se estendeu de 55 a 75 cm de profundidade. Esta apresentou as mesmas características litológicas do solo de transição. A coloração se tornou mais escura na base do nível até 69 cm de profundidade e não apresentou vestígio arqueológico. A tradagem central não evidenciou vestígios arqueológicos e a unidade foi encerrada (SCHAAN, op.cit.).

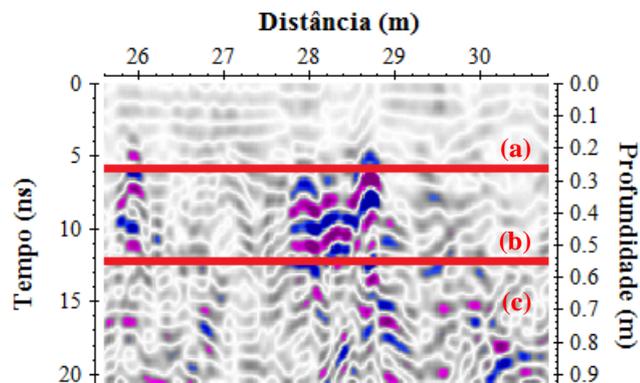
A escavação aos 28 m do início do Perfil 1 evidenciou pequena quantidade de fragmentos encontrados (Figura 33). Através da correlação das informações provenientes desta com o perfil geofísico nota-se que é possível visualizar as interfaces mencionadas acima. Observa-se uma camada entre 0 e 26 cm de profundidade que apresenta padrão de reflexão diferenciado em relação a camada subjacente, a qual se estende de 26 cm a aproximadamente 55 cm de profundidade. A camada entre 55 cm e 90 cm apresenta padrão similar à camada anterior, como pode ser visto na Figura 34.

Figura 33- Fragmento de borda encontrada na escavação.



Fonte: SCHAAN (2012)

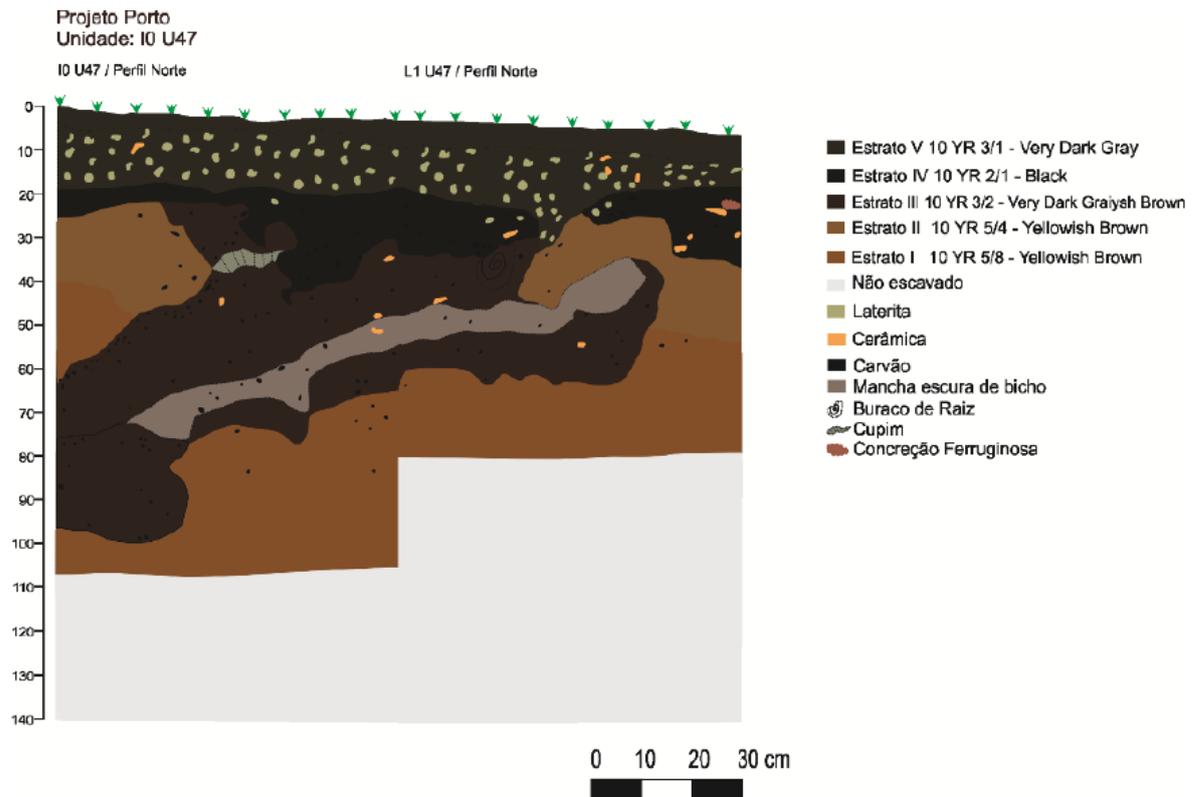
Figura 34- Anomalia aos 28 m do Perfil 1 com destaque para a camada cultural (a); base da camada de transição aos 55 cm (b) e término da escavação aos 90 cm de profundidade (c).



Posteriormente se abriu uma unidade de escavação (L1 U47) para investigar o vale apontado entre 44 e 47 m do início do perfil. Aos 20 cm de profundidade, esta unidade foi estendida (IOU47), pois surgiu o que parecia ser uma feição (mancha) e esta tendia para o lado oeste. As duas unidades foram descritas conjuntamente (SCHAAN, 2012).

Segundo SCHAAN (op.cit.), a primeira camada de 0-10 cm de profundidade se caracterizava pelo solo arenoso, compacto, seco e com coloração marrom escuro acinzentado e com grande quantidade de material recente (plásticos, fragmentos de telha, seixo e cimento). No próximo nível, 10-20 cm, se observou ainda a presença de materiais recentes, agora com seixos ferruginosos e com solo mais claro. Neste foram encontrados materiais mais antigos, tais como 2 fragmentos de faiança e 10 fragmentos cerâmicos. Dos 20 aos 28 cm, o solo torna-se de coloração marrom muito escuro, compacto, arenoso e seco, no qual se percebem fragmentos de carvão e cerâmica. Ocorreram bioperturbações ocasionadas por casulos de insetos e radículas e uma quantidade menor de pedregulhos. Dos 28 cm em diante, o solo se apresenta arenoso, seco, semicompacto e com coloração marrom muito escura. Neste são encontradas maior quantidade de materiais culturais, notadamente na parte oeste da unidade. A mancha então assume contornos mais definidos na unidade IOU47 aos 38 cm de profundidade. A mancha foi interpretada como bolsão e definida como *Feição 1*, uma vez que foi grande a quantidade de cerâmica e carvão encontrada. A escavação da Feição 1 prosseguiu na unidade L1U47 por mais 20 cm e na unidade IOU47 até os 128 cm de profundidade. Aos 118 cm a feição desapareceu (Figura 35).

Figura 35- Perfil das unidades I0 U47 e L1 U47.



Fonte: SCHAAN (2012)

A *Feição 1* apresentou maior quantidade e diversidade em relação às demais camadas. Nesta os materiais culturais ocorreram até os 78 cm de profundidade (Figura 36). Os materiais coletados foram, em sua maioria, cerâmica tipicamente marajoara com fragmentos com engobo vermelho e alaranjado incisões e ponteados, duas flanges decoradas e um fragmento zoomorfo, duas lascas de sílex, fragmentos de abrasadores, grande quantidade de carvão e pequenos fragmentos ósseos (SCHAAN, 2012).

Figura 36- Vista oeste da Feição 1 aos 78 cm de profundidade.



Fonte: SCHAAN (2012)

Foi aberta ainda uma unidade LIU48 (48m do Perfil 1) para melhor entendimento da *Feição 1*. Assim como nas duas outras unidades de escavação, a primeira camada (0- 20 cm de profundidade) se caracterizou por solo arenoso, seco, compacto e coloração marrom escuro acinzentado. Durante as escavações se observaram muitos pedregulhos, raízes e material recente. Entende-se que esta camada consistia de uma camada de aterro, em que o material arqueológico coletado consistiu em quatro fragmentos cerâmicos. O próximo nível com 10 cm de espessura apresentou solo arenoso, compacto, seco e com coloração mais escura em relação à camada suprajacente. Ocorreram pedregulhos ferruginosos, maior quantidade de material arqueológico e a presença de microfragmentos de carvão no canto SO, no entanto, estes não foram coletados (SCHAAN, 2012).

A *Feição 1* se tornou evidente entre os 48 a 78 cm de profundidade na unidade, no quadrante SO. Ocorreu maior quantidade de material cerâmico nesta feição, em relação às demais camadas, os quais consistiram de fragmentos cerâmicos, carvão e alguns líticos. Os fragmentos estavam concentrados na mancha de solo escuro e formato circular. Esta desapareceu aos 78 cm de profundidade (SCHAAN, op.cit.).

As escavações nas três unidades mencionadas nos permitiram correlacionar à *Feição 1* encontrada com a anomalia do tipo vale apontada entre 44 m a 47 m do Perfil 1. A profundidade estimada pelo GPR também se mostrou próxima da observada. A diferença das propriedades elétricas do solo mais escuro e o solo argiloso possibilitou a identificação da interface entre esses dois meios pelo GPR. Como os primeiros 25 cm das unidades apresentaram bastante material recente e pedregulhos é possível que estes tenham ocasionado a hipérbole observada. O GPR não conseguiu visualizar com precisão as camadas observadas na unidade de escavação, uma vez que não houve um contraste significativo entre suas propriedades elétricas.

Segundo SCHAAN (2012), a *Feição 1* consiste de um buraco intencionalmente escavado com o objetivo de descartar ou acumular materiais culturais fragmentados, no qual estavam presentes grande quantidade de carvões e algum material ósseo friável.

Perfil 10

O Perfil 10 (Figura 37) possui 62,5 m de extensão e exibe uma anomalia do tipo vale no intervalo 50 – 52 m do início do perfil. A anomalia apontada reflete um alvo com profundidade estimada em 0,20 a 0,30 cm, possivelmente associada a uma *feição* de interesse. O perfil evidencia uma camada superficial com aproximadamente 20 cm de espessura com padrão de reflexão horizontal.

De acordo com as escavações, a superfície entre os 51 e 52 m consistia em um solo bastante compacto e duro, atribuído ao pisoteamento que o Campo 1 da Área 2 sofreu ao ser utilizado como campo de futebol. Além disso, esta camada superficial apresentou espessura de 20 cm e era composta de solo arenoso, seco, compacto com coloração marrom escuro. Cerca de 39 fragmentos cerâmicos e 2 líticos foram coletados. Aos 20 cm de profundidade, surgiu uma mancha escura, a qual foi denominada de *Feição 7*. Notou-se 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. Aos 30 cm o solo ao redor da *feição* assumiu coloração marrom amarelado. A *feição* assumiu formato circular bastante nítido (Figura 38) e depois desapareceu aos 76 cm de profundidade. Foram escavadas duas unidades (L10 U51 e L10 U52) nas quais 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 (Figura 39) (SCHAAN, 2012).

Figura 37- Perfil 10 (a) e anomalia do tipo vale entre 50 e 52 m destacada em (b).

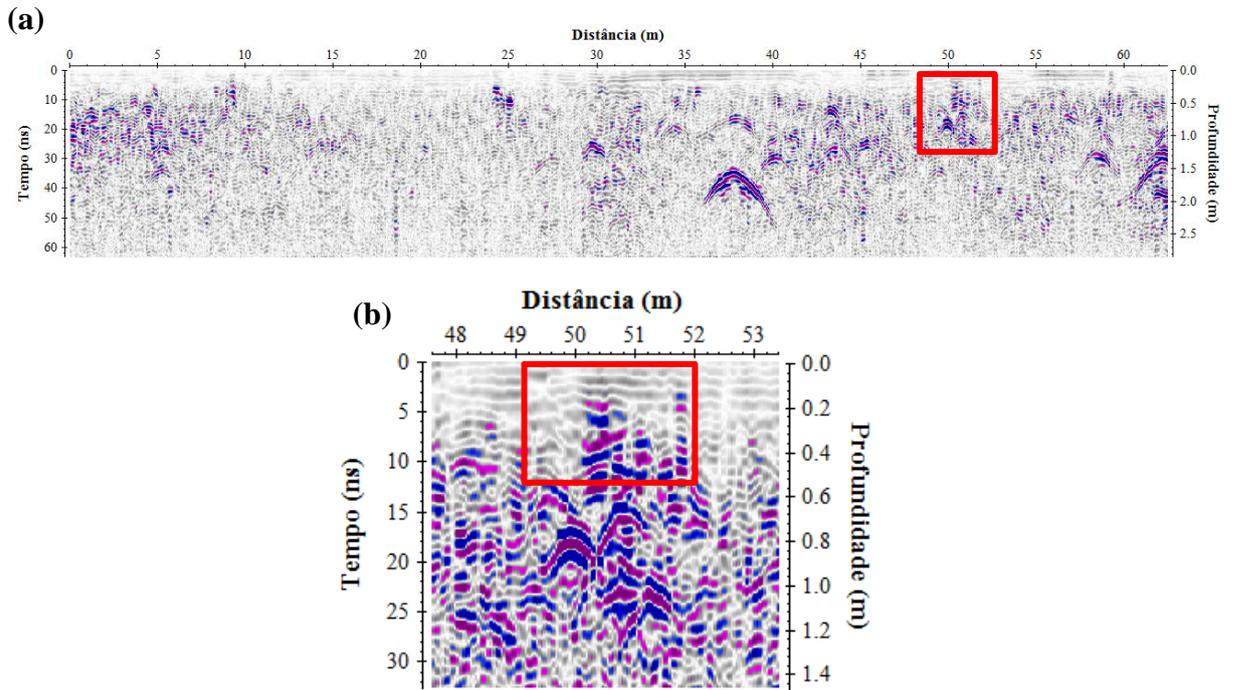
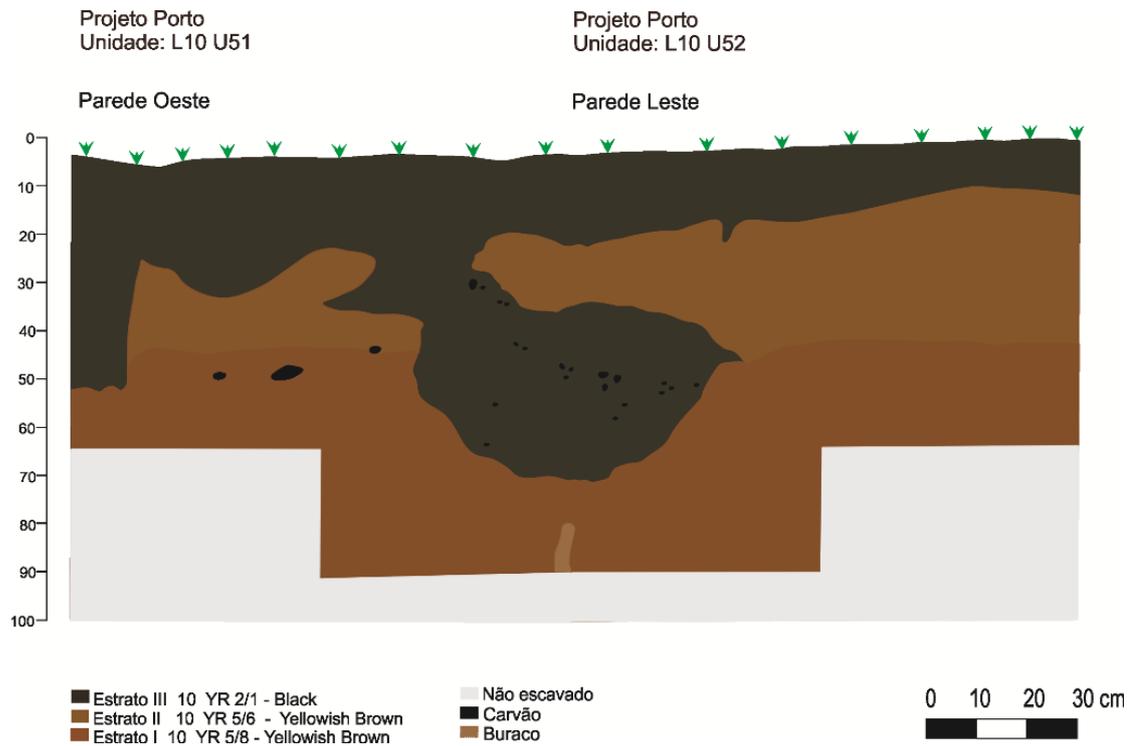


Figura 38- Feição 7 aos 43 cm de profundidade.



Fonte: SCHAAN (2012).

Figura 39- Perfil das unidades L10 U51 e L10 U52 abertas no Perfil 10.



Fonte: SCHAAN (2012).

O pisoteamento do Campo 1 mencionado por SCHAAN (2012) corrobora as reflexões horizontais presentes nos 20 primeiros centímetros de profundidade no Perfil 10. Devido ao peso e ao tempo de exposição, a camada tornou-se bastante compacta, o que favoreceu o surgimento desse “acamamento”. Já a anomalia do tipo vale pode ser confirmada com a descoberta da mancha de solo escuro, a qual foi caracterizada como feição. O contraste das propriedades elétricas do solo escuro com o solo de coloração marrom amarelado permitiu mapear a interface entre esses dois meios.

Segundo SCHAAN (2012), a feição encontrada refere-se possivelmente a um buraco que serviu de lixeira, uma vez que os fragmentos se encontram em posição vertical e bastante fragmentados.

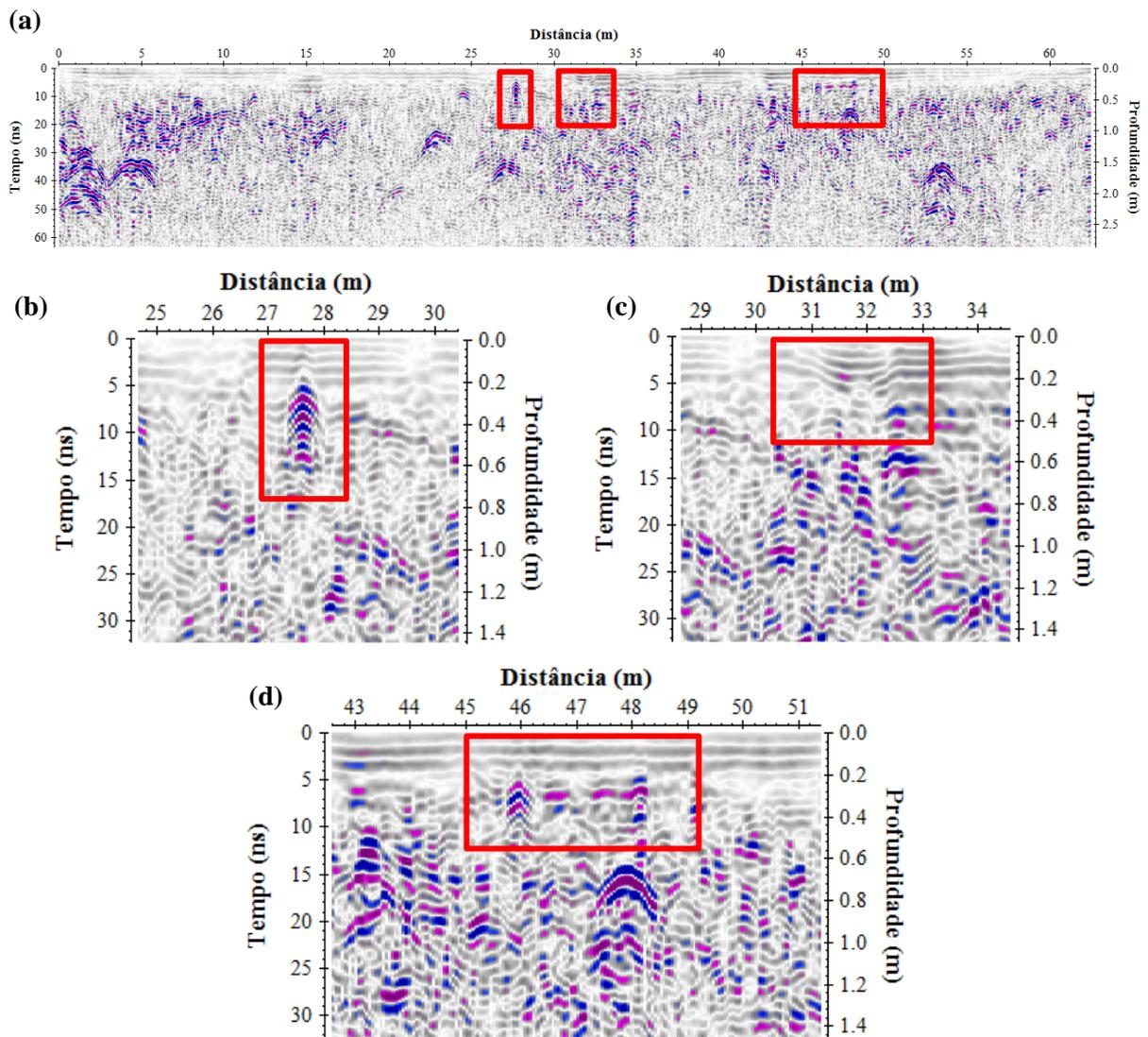
Perfil 12

A Figura 40 mostra o perfil 12 com 62,5 m de comprimento. No perfil nota-se uma camada superficial com aproximadamente 20 cm de espessura com padrão de reflexão horizontal, referente à camada superficial. Ao longo do perfil observa-se uma hipérbole no

intervalo 27-28 m e um vale entre 31 m e 32 m. Entre os 45 m e 48 m do início do perfil é possível identificar um vale com hipérbole. O vale tem início em 15 cm e término em 30 cm.

A escavação investigou a anomalia geofísica apontada entre 45 m e 48 m do Perfil 12 com a abertura de uma unidade de 1 x 2 m (L12 U46 e L12 U47). A camada superficial se caracterizou por solo areno-argiloso, marrom muito escuro acinzentado, seco, muito compacto e com granulação fina. Observou-se a presença de piçarra, raízes e radículas e pedaços de vidros. A camada de transição teve início em 20 cm e término em 60 cm e apresentou solo areno-argiloso, marrom amarelado, seco, compacto e com granulação fina. Ao término da escavação foi realizada uma tradagem com 50 cm de profundidade no centro da unidade (SCHAAN, 2012).

Figura 40- Perfil 12 da Área 2A (a) exibindo hipérbole (b), vale (c) e vale com hipérbole (d).



O material cultural coletado na unidade L12 U46 consistiu de diversos fragmentos cerâmicos, dentre eles três fragmentos de borda (Figura 41). Na unidade L12 U47 ocorreu maior quantidade de fragmentos entre 20 cm a 30 de profundidade, 14 fragmentos de cerâmica (SCHAAN, op.cit.).

Figura 41- Fragmento de borda encontrada entre 20-30 cm de profundidade na unidade L12 U46.



Fonte: SCHAAN (2012).

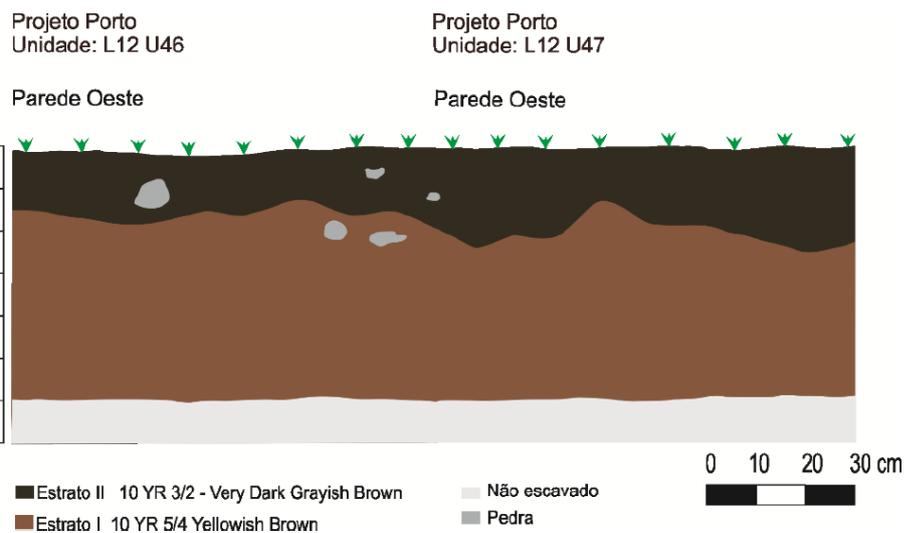
Correlacionando o Perfil 12 com a escavação nas duas unidades investigadas pode-se dizer que a camada com reflexão horizontal corresponde à camada areno-argilosa e muito compacta observada entre 0-20 cm de profundidade da unidade de escavação. O vale apontado entre 45 m e 48 m do Perfil 12 corresponde à camada com solo mais escuro entre 20 cm e 30 de profundidade, condizente com a espessura estimada pelo GPR, como pode ser observado na Figura 42. Neste caso o GPR conseguiu mapear a interface entre a camada com solo mais escuro e a camada subjacente mais argilosa através do contraste de suas propriedades elétricas. A hipérbole, por sua vez, não pode ser atribuída de fato ao material cultural, tendo em vista que foram encontrados outros materiais, como piçarra e pedras (Figura 43), que poderiam ter gerado a anomalia devido ao maior contraste das propriedades elétricas em relação ao meio.

Figura 42- Vale encontrado nas Unidades L12 U46 e L12 U47 entre 20 cm e 30 cm de profundidade.



Fonte: SCHAAN (2012).

Figura 43- Perfil das unidades L12 U46 e L12 U47.



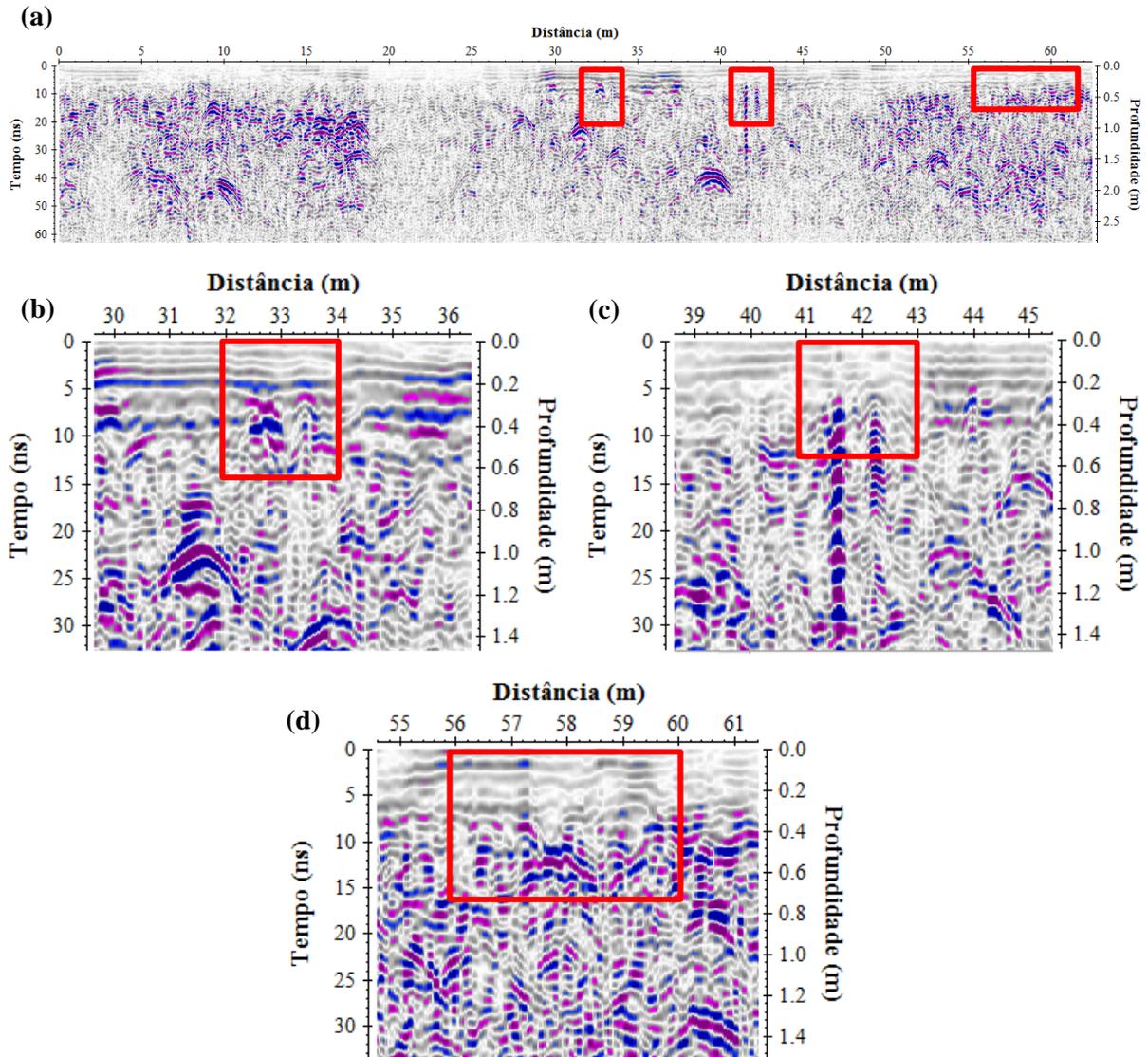
Fonte: SCHAAN (2012).

Perfil 14

Observando o Perfil 14, de 62,5 m de comprimento, podemos notar discontinuidades com hipérbolos entre 32 m e 34 m e no intervalo 41-43 m do perfil. Entre 56 m e 59 m do início do perfil observa-se uma discontinuidade. O perfil apresenta uma camada de aproximadamente 20 cm de espessura, a qual apresenta padrão de reflexão horizontal (Figura 44). Nesta camada superficial existem duas zonas com comportamento

diferenciado de 5,5 m a 12 m e 19 m a 25,5 m, talvez estas áreas tenham sido revolvidas ou um material diferente tenha sido depositado nelas, uma vez que não apresentam os refletores horizontais.

Figura 44- Perfil 14 (a) com anomalia do tipo descontinuidade com hipérbole (b e c) e descontinuidade (d).



A escavação optou por investigar a anomalia entre 41 m e 43 m. As unidades L14 U 42 e L14 U43 apresentaram três camadas, são elas: camada de TPA (A1), a camada de transição e a de latossolo.

A camada de TPA teve aproximadamente 13 cm de espessura e apresentou solo com coloração cinza escuro. Nesta camada foram encontradas lateritas, seixos, material recente, pequena quantidade de cerâmica e de lítico (pequenas lascas) e manchas difusas de

coloração amarelo amarronzado. Aos 13 cm de profundidade ocorreu ainda uma concentração de carvão no quadrante (Figura 45) (SCHAAN, 2012).

A camada de transição teve início entre 13 cm e 15 cm e término em 42 cm e apresentou solo com coloração marrom acinzentado. Nesta segunda camada se observou diminuição do material cultural, o qual se constituiu de material lítico (lascas, microlascas e um abrasador sulcado); e as mesmas manchas difusas da camada anterior, que indicaram proximidade do latossolo (SCHAAN, op.cit.).

Figura 45- Carvão encontrado no quadrante SO aos 13 cm de profundidade da L14 U42.

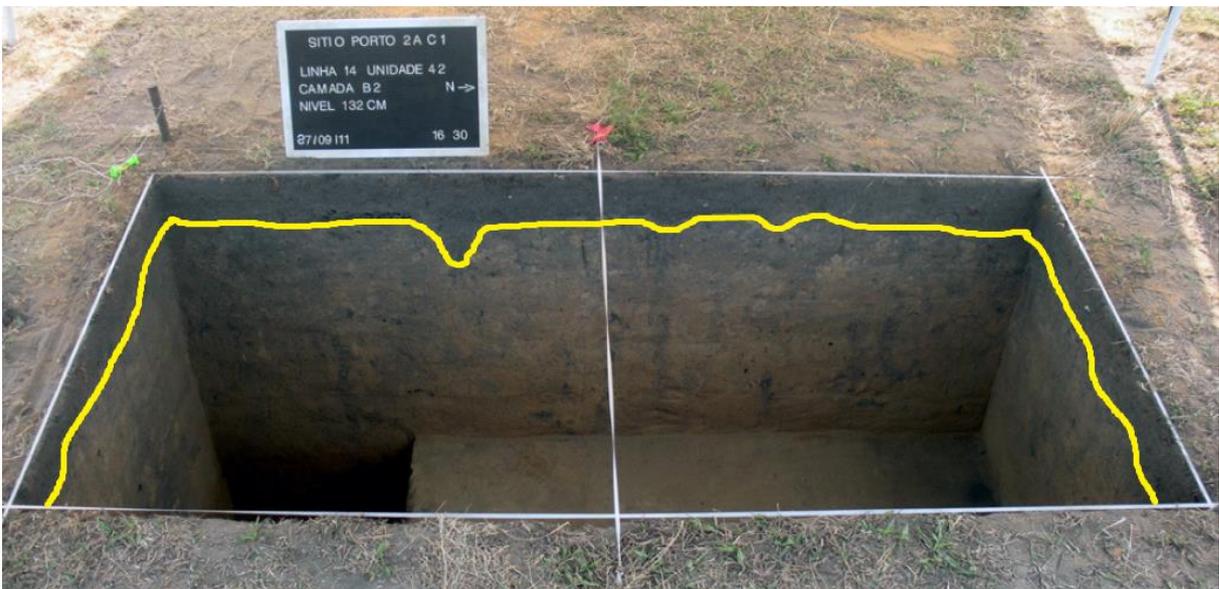


Fonte: SCHAAN (2012)

A camada do latossolo, por sua vez, se dividiu em duas partes. A primeira parte teve espessura de 50 cm e solo com coloração amarelo amarronzado. Houve pouco material cultural e várias concentrações de carvão. Uma mancha de coloração marrom com alguns carvões associados foi encontrada aos 52 cm e se estendeu até os 135 cm de profundidade. As escavações encontraram outras 3 concentrações de carvão. A segunda parte da camada de latossolo foi escavada para investigar concentrações de carvão presente na porção sul da unidade e uma mancha mais escura. Foi escavada uma subunidade de 1 x 0,50 (L14 U43), na qual o solo era mais amarelado, solto e úmido. Não foram encontrados vestígios arqueológicos, apenas carvões e casulos de insetos. No término da escavação se realizou uma tradagem de segurança para confirmar a ausência de material cerâmico (SCHAAN, op.cit.).

A descontinuidade apontada pelo GPR entre as posições 41 m e 43 m não pôde ser visualizada com precisão nas unidades de escavação. Também não podemos afirmar se a hipérbole se originou dos fragmentos encontrados ou das lateritas e seixos presentes na unidade. A espessura da camada de coloração mais escura observada no perfil litológico (Figura 46), correspondente às camadas de TPA e de transição, corrobora a espessura da camada com reflexão horizontal estimada pelo GPR.

Figura 46- A linha amarela destaca a base da camada de coloração mais escura, correspondente às camadas de TPA e de transição, observada nas unidades L14 U42 e L4 U43 aos 132 cm de profundidade.

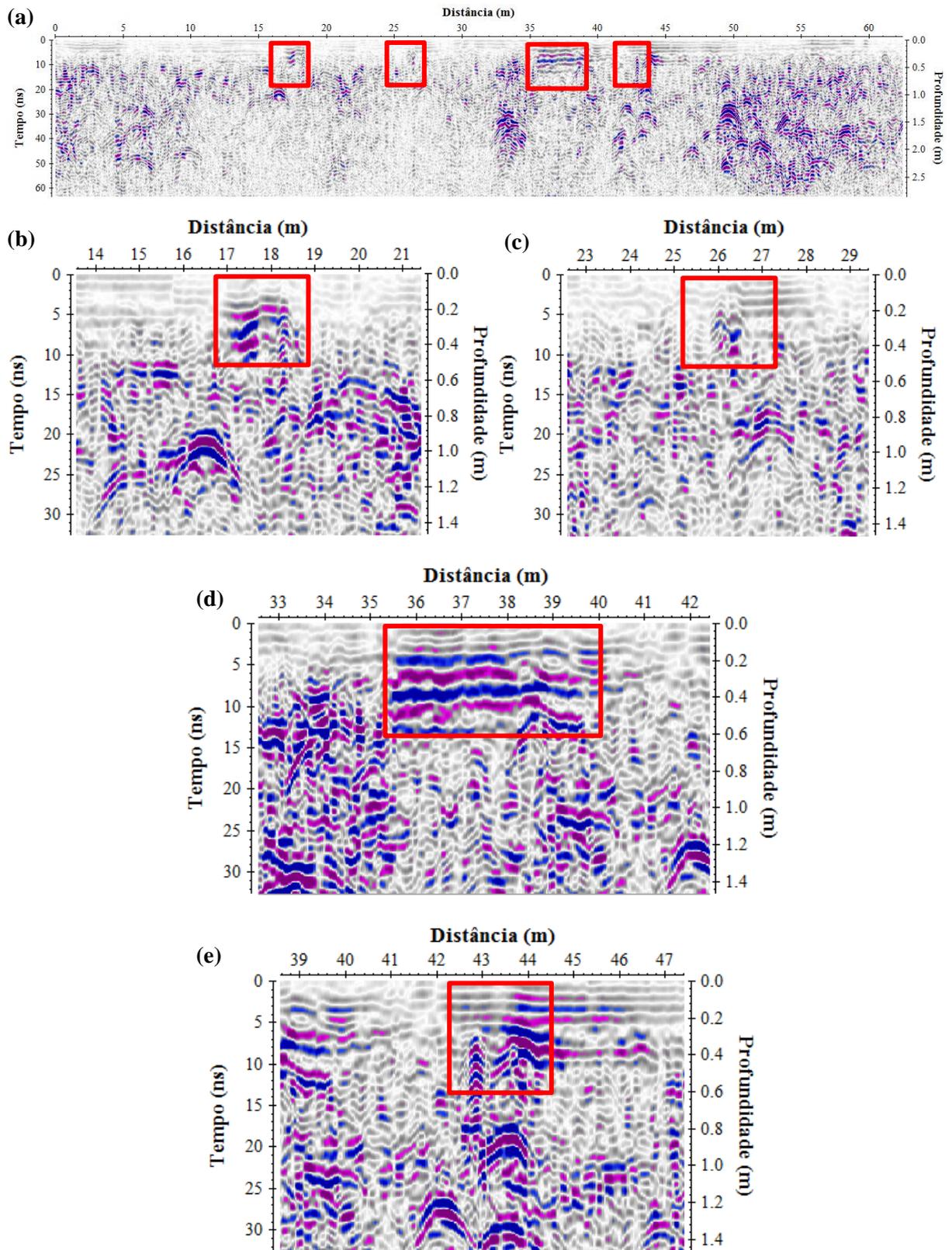


Fonte: SCHAAN (2012)

Perfil 17

O Perfil 17 (Figura 47) possui 62,5 m de extensão e exibe uma descontinuidade entre os 17 m e 18,5 m, entre 10 cm a 40 cm de profundidade. No intervalo de 26 m a 27 m é possível notar duas hipérboles. Uma reflexão horizontal forte é observada de 35,5 m até os 40 m, entre 10 cm e 45 cm de profundidade, caracterizando uma descontinuidade. A última anomalia detectada se trata de uma descontinuidade com hipérbole entre 42,5 m e 44,5 m.

Figura 47- Perfil 17 (a) com anomalias do tipo descontinuidade (b e d), hipérbole (c) e descontinuidade com hipérbole (e).



A escavação consistiu na abertura de uma unidade de 1 x 1 m (L17 U27) aos 27 m do início do perfil 17. Na superfície, o solo se mostrava bastante compacto, duro e sem presença de cobertura vegetal. A primeira camada com 0,20 m de espessura evidenciou um solo arenoso, seco, compacto com coloração marrom muito escuro acinzentado e uma grande quantidade de entulho como tijolo, telha, vidro, pano, etc. (Figura 48). Nesta camada foram coletados somente três fragmentos de cerâmica juntos ao entulho. A camada de transição apresentou solo arenoso compacto com coloração marrom amarelado e com 0,40 m de espessura. Foram encontrados apenas dois fragmentos cerâmicos e um fragmento lítico entre 0,50 e 0,60 m de profundidade. A última camada teve início aos 0,60 m de profundidade e se estendeu até os 0,80 m. O solo nesta camada era argiloso, compacto e de coloração mais amarelada. Não foram encontrados vestígios arqueológicos na última camada, sendo realizada uma sondagem de verificação para confirmar a ausência de material cultural (SCHAAN, 2012).

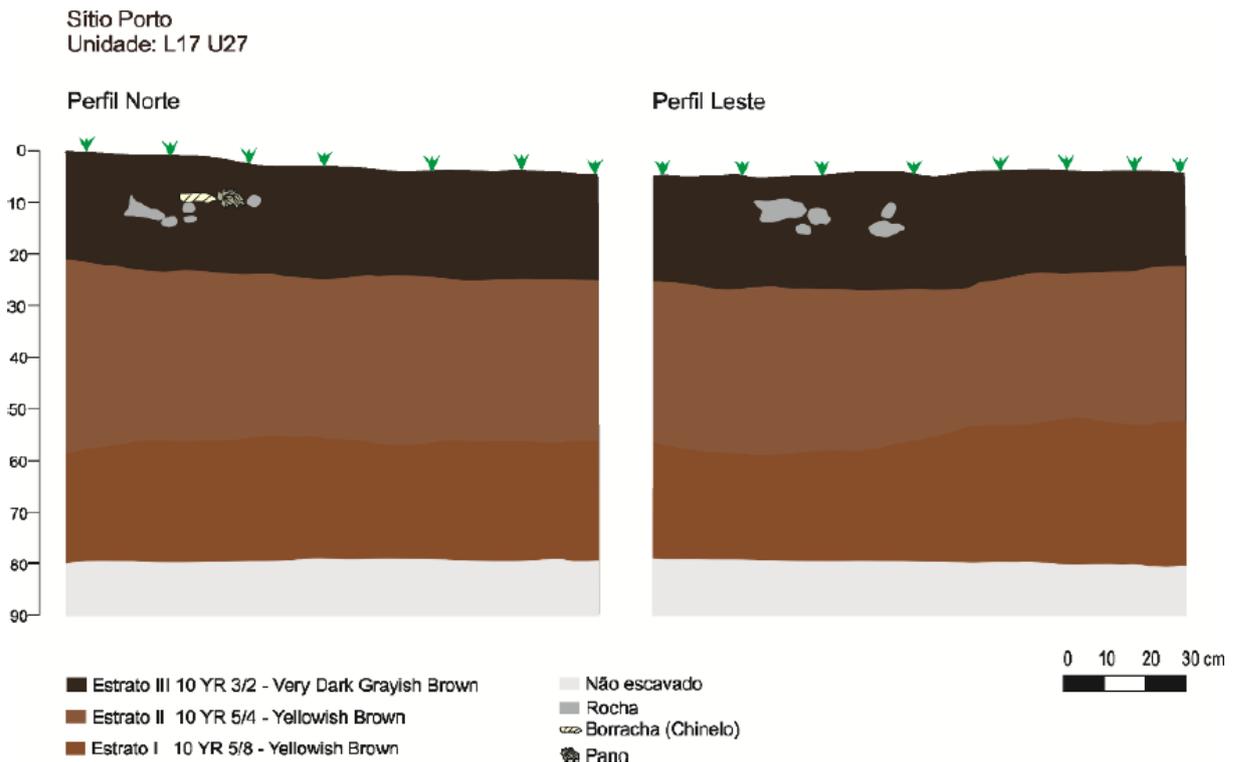
Figura 48- Entulho encontrado na L17 U27 aos 10 cm de profundidade.



Fonte: Schaan (2012)

A anomalia geofísica se referia à camada de entulho como evidenciado pela escavação na unidade L17 U27. Como descrito acima, o material recente era constituído por telha, tijolo, vidro, pano, dentre outros (Figura 49). Entre estes, a telha e o tijolo podem ter tornado essa anomalia mais evidente, gerando as hipérboles.

Figura 49- Perfil da Unidade L17 U27 com localização do material recente.

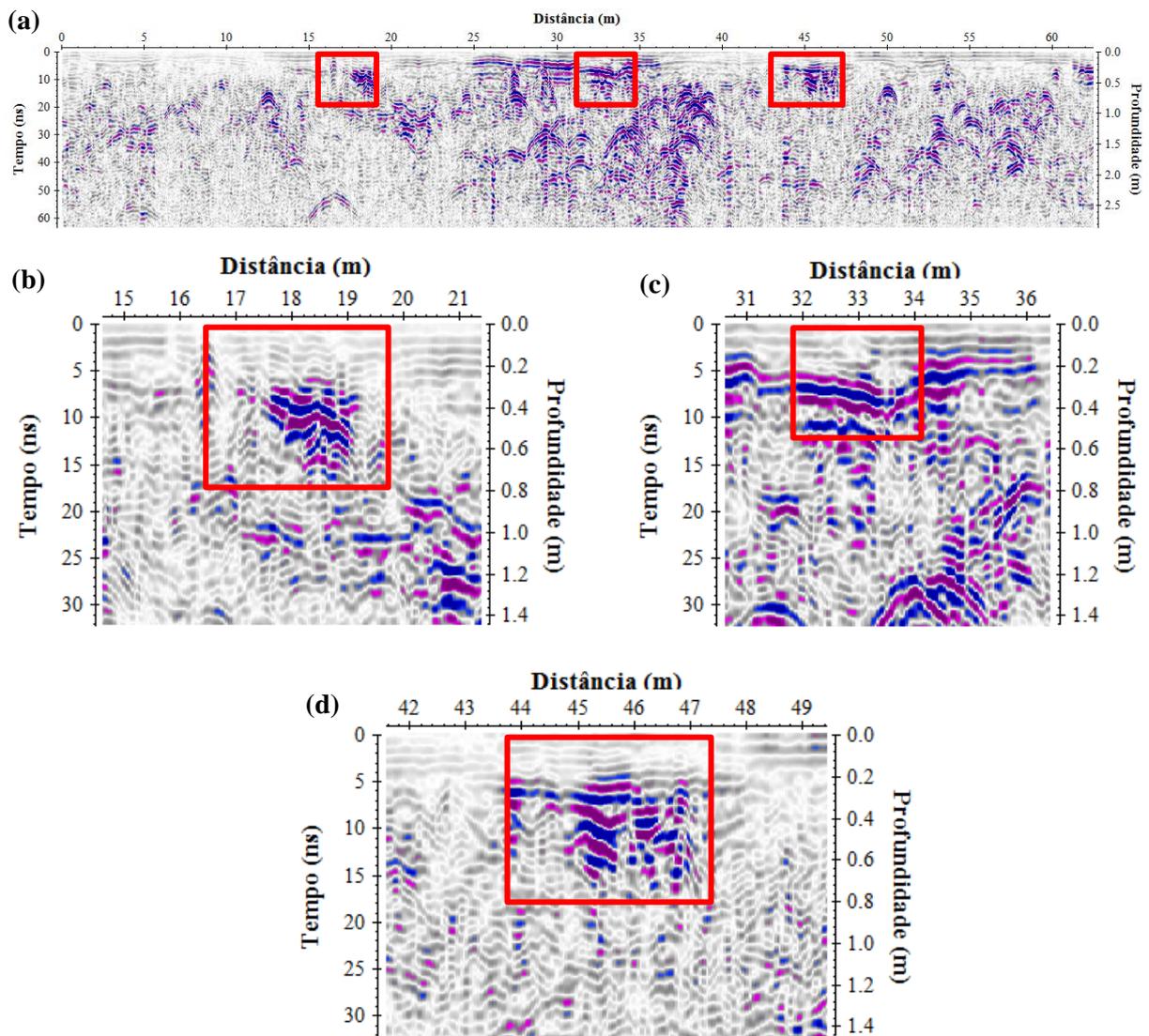


Fonte: Schaan (2012)

Perfil 28

Analisando o Perfil 28, com 62,5 m de extensão (Figura 50), podemos identificar uma descontinuidade bem definida entre as posições 17 m e 19 m com profundidade aproximada de 15 cm a 70 cm. Aos 35 m tem início um vale, o qual se estende até os 40 m. Nota-se que o vale possui espessura aproximada de 20 cm e está abaixo de uma camada com espessura estimada de 10 cm, a qual apresenta padrão de reflexão horizontal. Por fim temos uma descontinuidade no intervalo de 44 m a 47 m entre 20-40 cm de profundidade.

Figura 50- Perfil 28 (a) com anomalia tipo descontinuidade (b), vale (c) e descontinuidade (d).



Para a investigação das anomalias geofísicas apontadas no Perfil 28 entre 17 m e 19 m foram abertas as unidades de escavação L28 U18 e L28 U19. A escavação na unidade L28 U18 revelou um tijolo, na porção leste, de cerca de 30 cm de comprimento a 10 cm de profundidade. Na L28 U19, na porção oeste, foi encontrada uma barra de ferro com cerca de 30 cm de comprimento, como pode ser visto na Figura 51 (SCHAAN, 2012).

Figura 51- Tijolo e barra de ferro encontrados nas unidades de escavação L28 U18 e L28 U19.



Fonte: Schaan (2012)

Ainda nesta unidade ocorreram materiais arqueológicos a partir dos 10 cm, consistindo de cerâmica (decoração de engobo vermelho e incisões), lítico, manchas difusas de cor cinza e concentrações de carvão. Na segunda camada (19-28 cm de profundidade) foram encontrados manchas marrom amareladas, pequena quantidade de materiais culturais (cerâmica e lítico) e houve um aumento das concentrações de carvão na porção norte e oeste. Entre 28 cm e 48 cm de profundidade houve diminuição da concentração de carvões em relação à camada anterior. Aos 38 cm na unidade L28 U18 ocorreu uma mancha mais escura, com formato arredondado e com coloração marrom escuro na porção norte. A quantidade de material cultural encontrado foi menor. Na unidade L28 U19 ocorreram material recente, ossos friáveis, aumento na concentração de carvões e terra queimada de coloração marrom, diminuição de material cerâmico e ausência de líticos. A escavação entre 48 cm e 68 cm de profundidade revelou pouco carvão, buracos de inseto e ausência de material cultural, a qual foi confirmada com uma tradagem (SCHAAN, 2012).

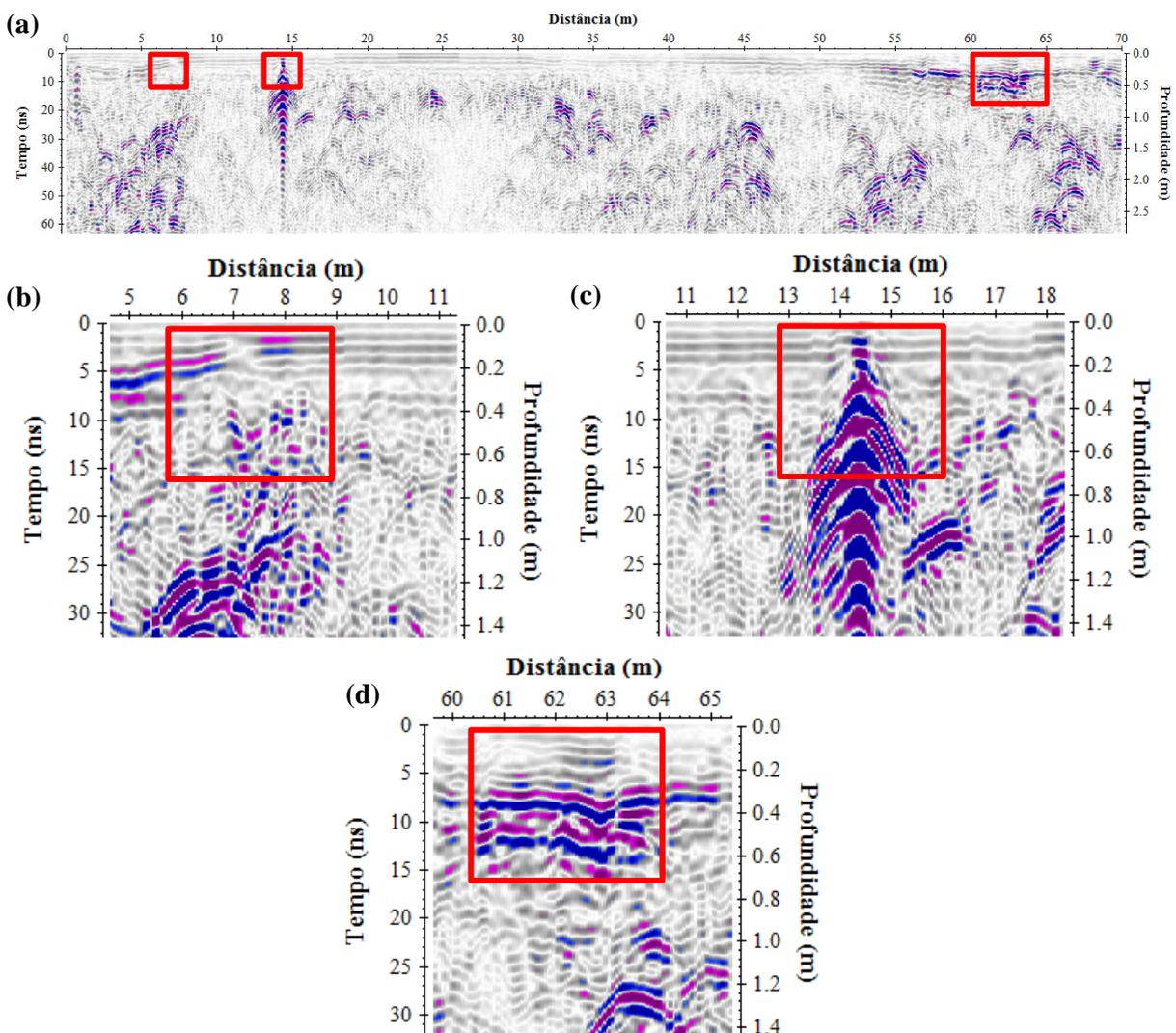
Através da escavação foi possível corroborar a anomalia detectada pelo GPR. O tijolo estava inserido em meio arenoso, resistivo, e pôde ser detectado através do contraste das propriedades elétricas dos dois materiais. Essa anomalia associada à anomalia da barra de ferro, ocasionada pela sua alta condutividade, ocasionou a anomalia apontada.

CAMPO 2 E 3

A decapagem mecânica realizada nos Campos 2 e 3 não revelou evidências culturais significativas, como dito anteriormente, e com isso os dois campos não foram escavados (SCHAAN, 2012). No entanto, padrões de reflexão semelhantes aos encontrados na Área 2 e Área 2A-Campo 1 foram identificados nos Campos 2 e 3. Embora as anomalias se revelem de modo mais sutil, estas podem estar relacionadas a materiais arqueológicos de acordo com as informações obtidas das escavações ocorridas nas anomalias apontadas na Área 2 e Área 2A- Campo 1. Padrões do tipo descontinuidade, hipérbole e vale podem ser observados nos perfis dos Campos 2 e 3, como pode ser visto nas Figuras 52 a 59.

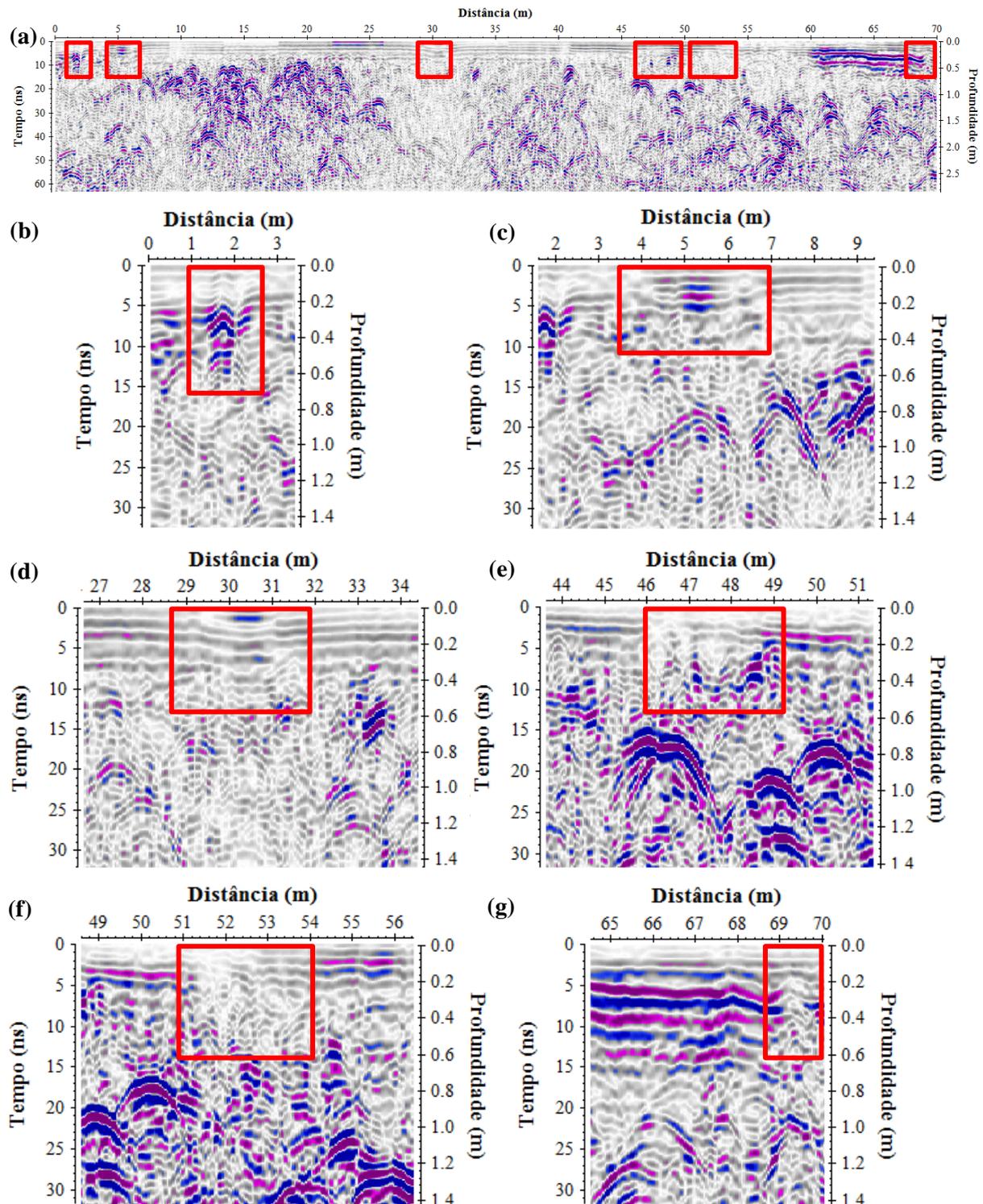
Na Figura 52, o Perfil 8 do Campo 2 possui 70 m de extensão e apresenta anomalias do tipo: descontinuidade entre 6 m e 8 m; hipérbole entre 14 m e 15 m, com forte reverberação, e descontinuidade entre 60,5 m e 64 m.

Figura 52- Perfil 08 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade (b), hipérbole (c) e descontinuidade (d).



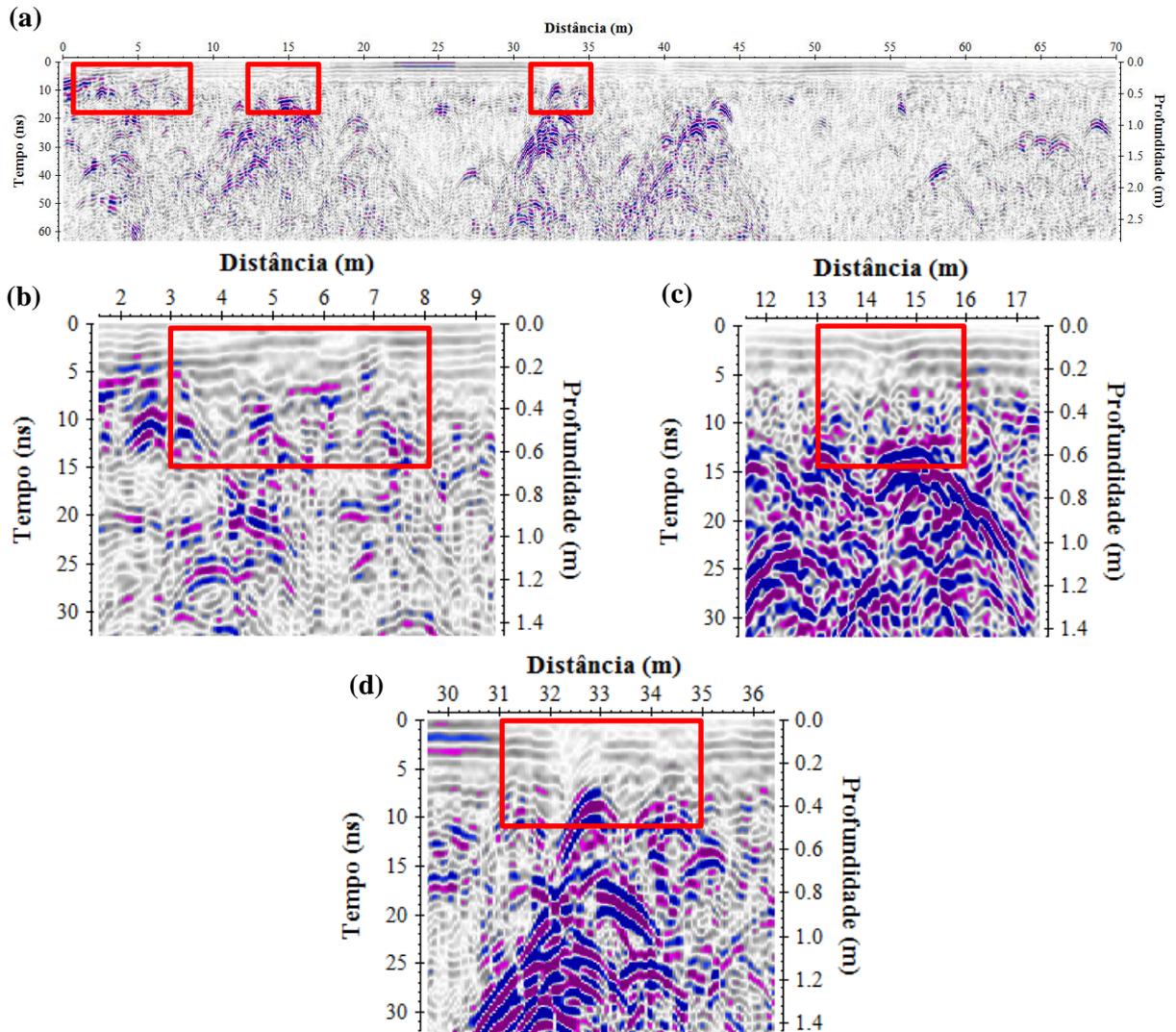
O Perfil 14 do Campo 2 (Figura 53), com 70 m de comprimento, apresenta uma hipérbole entre 1 m e 2,5 m. É possível identificar no perfil três vales. O primeiro vale se localiza entre 4 m e 6,5 m; o segundo entre 29 m e 31,5 m e último vale está entre 46 m e 49 m, todos com profundidade estimada em 40 cm. Aos 51 m tem início uma descontinuidade que se estende até 54 m. Entre 69 m e 70 se localiza uma descontinuidade.

Figura 53- Perfil 14 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo hipérbole (b), vale (c), (d) e (e) e descontinuidade (f) e (g).



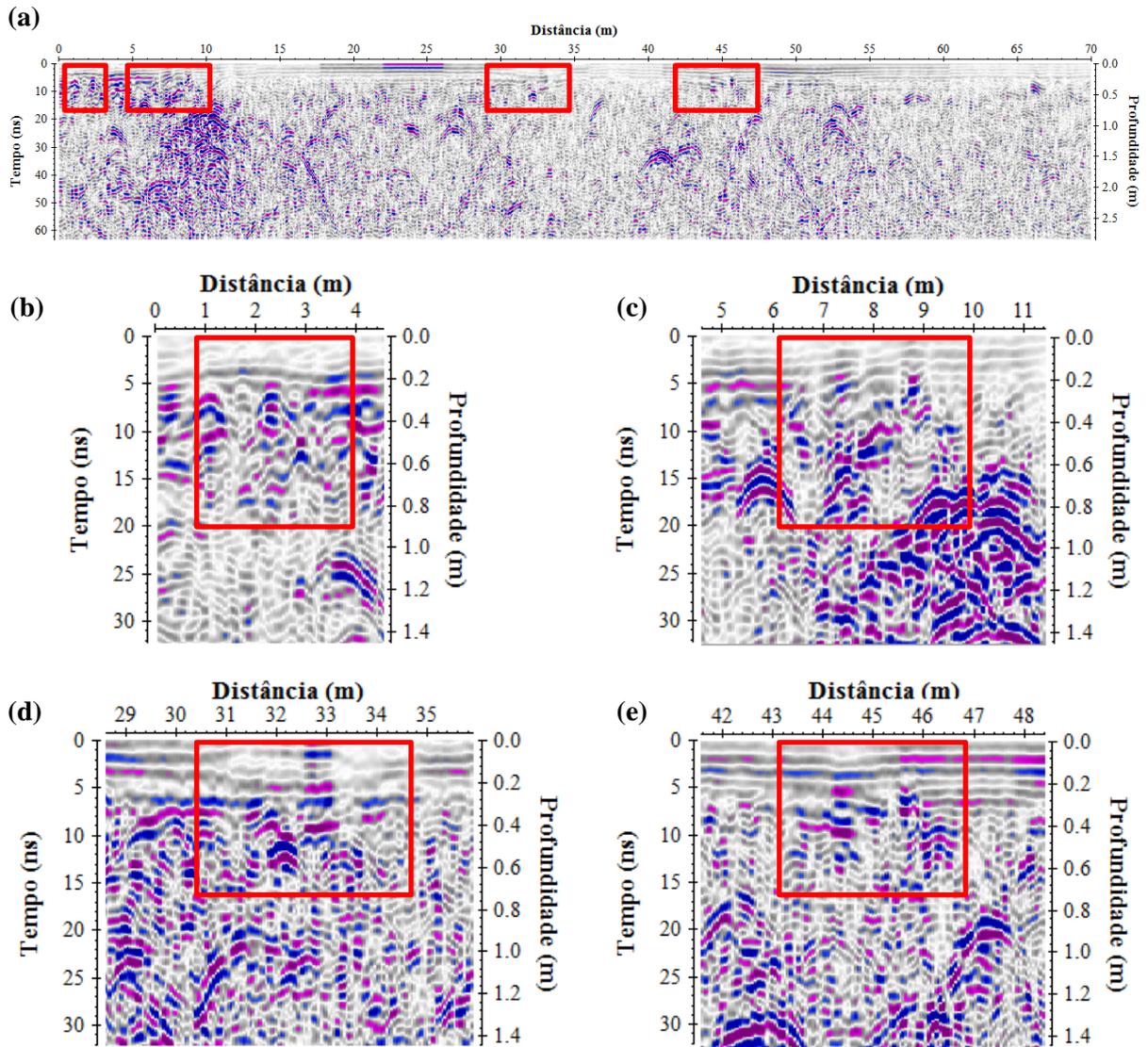
Ao longo dos 70 m de extensão do Perfil 28 do Campo 2 é possível observar três anomalias. As anomalias são do tipo descontinuidade e podem ser observadas nos intervalos entre 3-7 m, 13-15 m e 32-34,5 m do início do perfil (Figura 54).

Figura 54- Perfil 28 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade (b), (c) e (d).



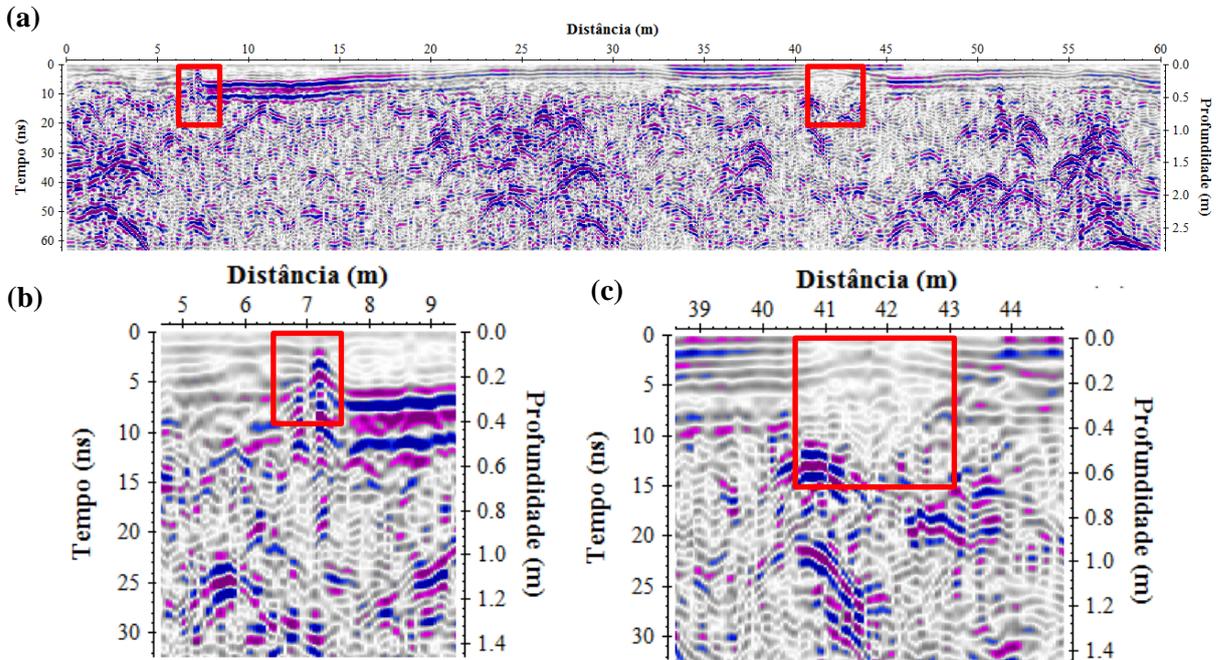
No Perfil 41 do Campo 2 (Figura 55), com 70 m de extensão, nota-se uma descontinuidade com hipérbole entre 1- 3,5 m do início do perfil. É possível observar ainda descontinuidade entre 6 m e 9 m, um vale no intervalo 31-31 m e descontinuidade entre 44 m e 46 m.

Figura 55- Perfil 41 (a) do Campo 2 com anomalias do tipo descontinuidade com hipérbole (b), descontinuidade (c), vale (d) e descontinuidade (e).



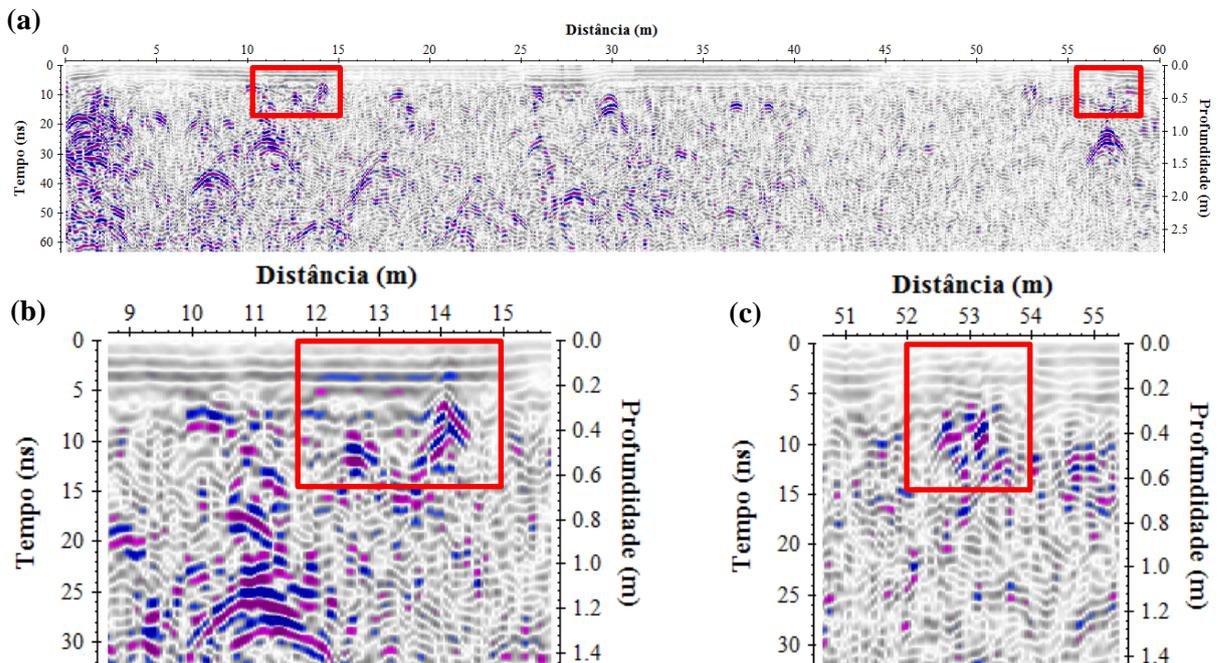
Pode-se observar no Perfil 1 (Figura 57) do Campo 3 a presença de uma hipérbole entre 7 m e 8 m e um vale entre 41 m e 43 m, que se estende de 10 cm até 50 cm de profundidade, aproximadamente.

Figura 56- Perfil 1 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo vale com hipérbole (b) e descontinuidade (c).



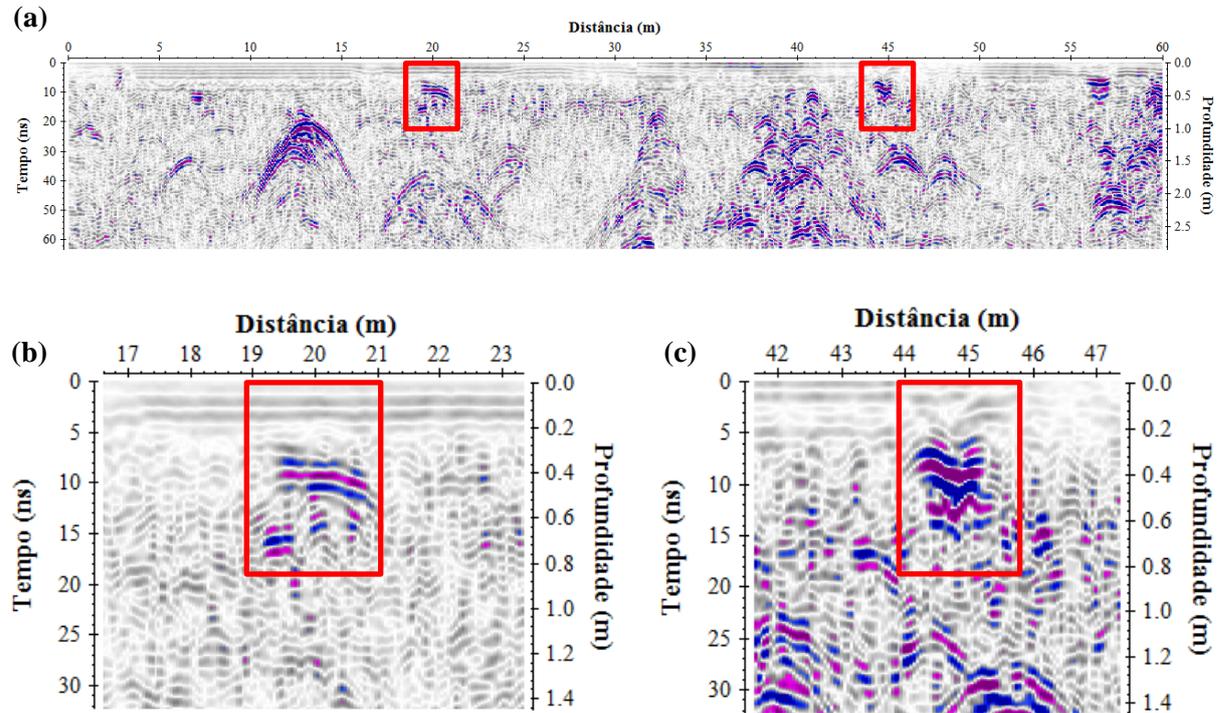
O Perfil 13 do Campo 3 representado pela Figura 56 e possuindo 60 m apresenta uma hipérbole aos 14 m do início do perfil e uma descontinuidade entre 52 m e 54 m.

Figura 57- Perfil 13 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo hipérbole (b) e descontinuidade (c).



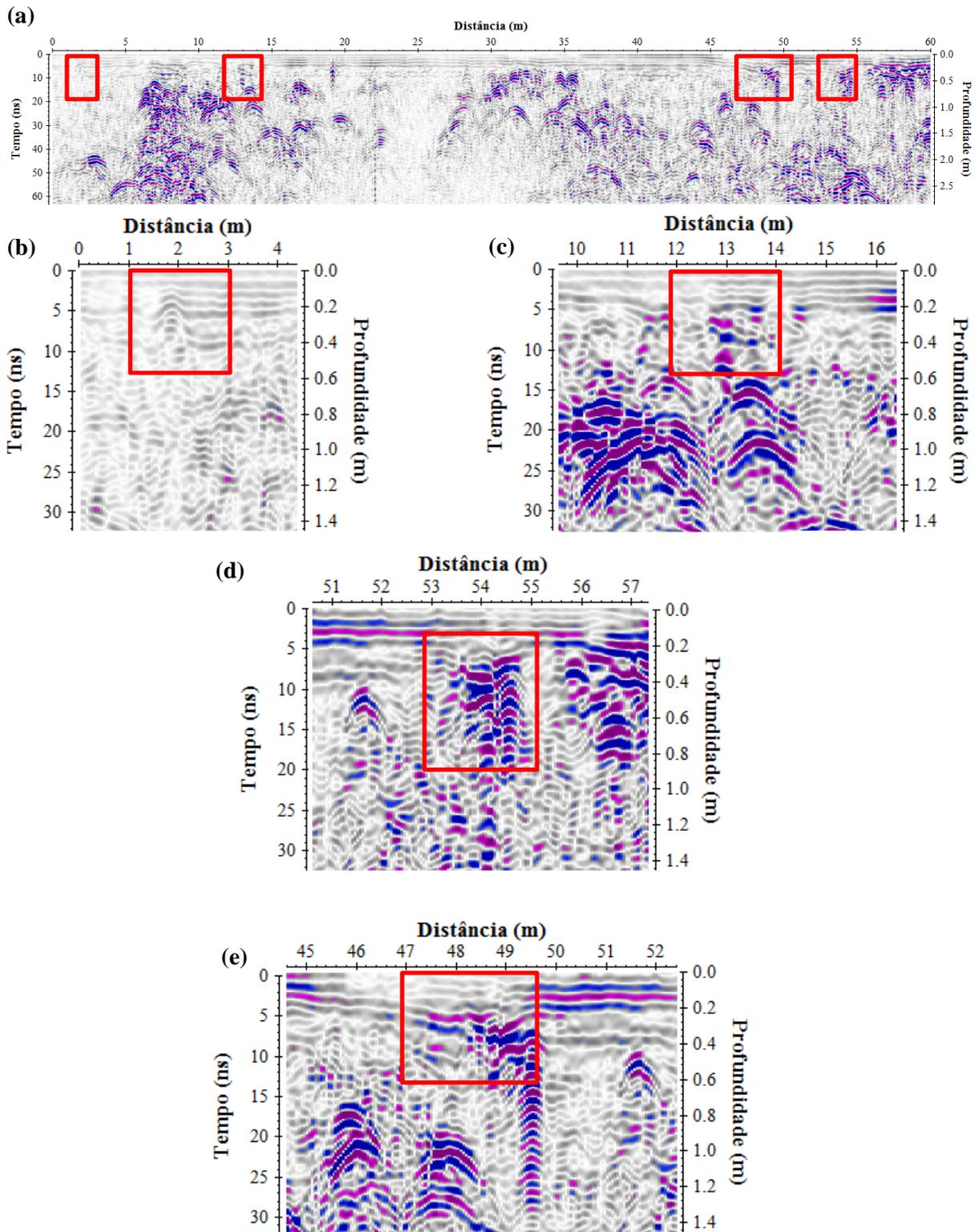
O Perfil 38 do Campo 3 possui 60 m de comprimento e exibe duas descontinuidades, uma entre 19 m e 21 m e a outra entre 44 m e 45,5 m, como pode ser visto na Figura 58.

Figura 58- Perfil 38 (a) do Campo 3 com anomalias do tipo descontinuidade (b) e (c).



No Perfil 45 (Figura 59), extensão de 60 m, é possível visualizar a presença de uma hipérbole entre 1 m e 2 m, com baixo contraste da reflexão. Entre 12 m e 14 m nota-se uma descontinuidade. Podem ser observados ainda dois vales, um entre 52 m e 55 m e o outro entre 47 m e 49,5 m, ambos com espessura estimada de 20 cm.

Figura 59- Perfil 45 (a) com anomalias do tipo hipérbole (b), descontinuidade (c) e vale (d) e (e).



5 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. Ações antrópicas 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 apesar de serem perfeitamente localizáveis, não são capazes de determinar sem ambiguidade a causa da anomalia. 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.

O trabalho desenvolvido no Sítio PA-ST-42- Porto de Santarém na Área 2 e na Área 2A revelou antigos locais de queima (concentrações de carvão), bolsões, vasilhas e fragmentos de cerâmica.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A. **Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no Estado do Pará**. 1979. 55 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 1979.

ANNAN, A.P. Transmission dispersion and GPR. **Journal of Environmental and Engineering Geophysics**, v. 0, n. 2, p. 125-136, 1996.

ANNAN, A. P. **Ground Penetrating Radar, Workshop Notes**. Mississauga, Ontário – L4W 3R7 – CANADA. 2001. 197 p.

ARAGÃO, R. C. **Metodologia Geofísica Aplicada à Pesquisa de Salvamento Arqueológico nos Sítios Bittencourt, Jambuaçu e Jaburu, Estado do Pará**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica)- Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2006.

BANDEIRA, D. R. (Org.). **Pesquisa de Salvamento Arqueológico do Sítio Histórico Foz do Cubatão, Joinville/SC: relatório final**. Joinville: [s.n.], 2001. 94 p.

BARRADAS, J. A.; D. P. SCHAAN; LUIZ, J.G. Magnetic and GPR Survey to Identify Archaeological Features on Cacoal Site, Anajás River, Marajó Island, Pará, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 6., 1999, Rio de Janeiro. 4 p.

BEVAN, B. W; ROOSEVELT, A. C. Geophysical exploration of Guajará, a prehistoric earth mound in Brazil. **Geoarchaeology**, v. 18, n. 3, p. 287-331, mar. 2003.

CALDARELLI, S. B.; SANTOS, M. C. M. M. Arqueologia de contrato no Brasil. **Revista USP**, n.44, p. 52-73, 2000.

DANIELS, D. J. **Ground Penetrating Radar**. 2. ed. London: The Institution of Electrical Engineers, 2004. 761 p.

GRANT, F.S.; WEST, G. F. **Interpretation Theory in Applied Geophysics**. New York: McGraw-Hill Book Co, 1965. 583p.

HASEK, V.; KRAJÍČ, R.; NEKUDA, R. Geophysical prospection and archaeological excavation of 13th–15th century deserted medieval settlements in the Czech Republic. **Archaeological Prospection**, v. 8, n. 1, p. 41–66, mar. 2001.

JOL, H. M. **Ground Penetrating Radar: theory and applications**. Amsterdam: Elsevier Science, 2009. 544 p.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An Introduction to Geophysical Exploration**. 3. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2002. 272 p.

KLINKEN, J.V. Magnetization of Ancient Ceramics. **Archaeometry**, v. 43, n.1, p. 49 – 57, fev. 2001.

LEUTE, U. **Archaeometry: an introduction to Physical methods in archaeology and history of art**. Weinheim: [S.L.]: VCH, 1987. 176 p.

LUIZ, J. G. Geofísica Aplicada à Arqueologia no Estado do Pará, Brasil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 11., 2009, Salvador. **Seeing deeper: a geophysical challenge**, [S.l.]: SBGf, 2009. 6 p.

LUIZ, J. G.; PEREIRA, E. S. Prospecção arqueológica por métodos geofísicos no sudeste do Pará: O caso do Sítio Domingos, Canaã dos Carajás. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 9., 2005, Salvador. **Emplore new ideas in a mystical place**. [S.l.]: SBGf, 2005. v. 1. 6p.

MELO, M. S.; LUIZ, J. G.; MARQUES, F. L.T.; BARRADAS, J. A.; GOMES, K. P.; MEDEIROS, A. R. C. Investigação geofísica no sítio arqueológico Engenho Murutucu, Belém- PA. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 10., 2007, Rio de Janeiro. **Unveiling the Earth**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. 5 p.

NUZZO, L. Identification and Removal of Above-ground Spurious Signals in GPR

Archaeological Prospecting. **Archaeological Prospection**, v. 12, n. 2, p. 93–103, jun. 2005.

NUZZO, L.; LEUCCI, G.; NEGRI, S. GPR, ERT and Magnetic Investigations Inside the Martyrium of St Philip, Hierapolis, Turkey. **Archaeological Prospection**, v. 16, n. 3, p. 177–192, jul./set. 2009

ORLANDO, L. Georadar Data Collection, anomaly shape and archaeological interpretation – a case study from central Italy. **Archaeological. Prospection**, v. 14, n. 3, p. 213-225, jul. 2007.

SANDMEIR, K. J. **Manual do software REFLEXW – version 6.0**. Karlsruhe, [s.n.], 2011. 543 p.

SCHAAN, D. P. **Salvamento arqueológico do Sítio PA-ST-42: Porto de Santarém - Ano II. Relatório Final**. [S.l. : s.n.], 2012. V. 1, 213 p.

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: COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA, 10., 2008. Barcelona. **Actas...** Barcelona: Universidad de Barcelona, 2008. p. 26- 30.

SOUZA, D. M. **GPR aplicado à arqueologia nas áreas do porto da Cargill (Santarém/PA) e no Palacete Faciola (Belém/PA)**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.