

SCIENTIA ANTIQUITATIS



Título: ***SCIENTIA ANTIQUITATIS***

Editores: Leonor Rocha/ Gertrudes Branco/ Ivo Santos

Local de Edição: Évora (Portugal)

Data de Edição: dezembro de 2021

Volume: 2021

Capa: Estela do Rebolo (©Jorge de Oliveira)

Diretor: Leonor Rocha

ISSN: 2184-1160

Contactos e envio de originais: Leonor Rocha/ irocha@uevora.pt

Revista digital.

Ficheiro preparado para impressão frente e verso.

Índice

ESTELAS MEGALÍTICAS NO TERRITÓRIO DO TEJO. A ESTELA DO REBOLO, ARRONCHES (PORTUGAL)	4
O ABRIGO DO NINHO DO BUFO - O PAINEL DA PARTURIENTE E O SEU CONTEXTO (MARVÃO – PORTUGAL)	24
ARA ROMANA DO MONTE DO CLEMENTE (ASSUMAR, MONFORTE) – CONVENTVS <i>PACENSIS</i>	52
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS NÃO INVASIVAS À PROSPEÇÃO DE SÍTIOS PRÉ-HISTÓRICOS DO ALENTEJO: 3 CASOS DE ESTUDO	65

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS NÃO INVASIVAS À PROSPEÇÃO DE
SÍTIOS PRÉ-HISTÓRICOS DO ALENTEJO: 3 CASOS DE ESTUDO**

**APPLICATION OF NON-INVASIVE GEOPHYSICAL TECHNIQUES TO THE
EXPLORATION OF PREHISTORIC SITES IN ALENTEJO: 3 CASES STUDIES**

Maissa Bezzeghoud¹

Leonor Rocha²

Bento Caldeira³

Resumo:

Cada vez mais os arqueólogos se apercebem da necessidade de estudar os sítios arqueológicos recorrendo a métodos não destrutivos/intrusivos, dando importância às técnicas de prospeção geofísicas. Em Portugal, a utilização destas metodologias para fins arqueológicos (e por arqueólogos) está ainda a dar os primeiros passos. O presente trabalho visa apresentar os resultados obtidos através a utilização de georadar em três estações arqueológicas neolíticas e calcolíticas do Alentejo Central: Menir do Patalou (Nisa), Menir da Caeira (Vimieiro) e Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas). A metodologia de aquisição de dados geofísicos foi definida em função do tipo e cronologia dos sítios arqueológicos. Neste trabalho apresentamos os resultados obtidos e uma breve reflexão do futuro dos métodos não intrusivos na arqueologia.

Palavras-Chaves: Prospeção arqueológica; Métodos Geofísicos; Neolítico; Calcolítico; Alentejo.

Abstract:

More and more archaeologists are realizing the need to study archaeological sites using non-destructive/intrusive methods, giving importance to geophysical prospection techniques. In Portugal, the use of these methodologies for archaeological purposes (and by archaeologists) is still in its first steps. The present work aims to present the results obtained through the use of Georadar in three Neolithic and Chalcolithic archaeological sites in central Alentejo: Menir do Patalou (Nisa), Menir do Monte da Caeira (Vimieiro) and Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas). The methodology of geophysical data acquisition was defined according to the type and chronology of

¹ Doutoranda de Arqueologia. Universidade de Évora d50922@alunos.uevora.pt

² Docente, Dpto de História/ Escola de Ciências Sociais. Investigadora CEAACP/ UALg - UIBD/ ARQ/ 0281/ 2021 – FCT. Orcid: 0000-0003-0555-0960. lrocha@uevora.pt

³ Dep. de Física / Instituto de Ciências da Terra (ICT) / Earth Remote Sensing Laboratory (EaRSLab), Universidade de Évora, bafcc@uevora.pt

the archaeological sites. In this paper we present the results obtained and a brief reflection on the future of non-intrusive methods in archaeology.

Keywords: Archaeological prospecting; Geophysical Methods; Neolithic; Chalcolithic; Alentejo.

I. Introdução

A inter-relação da arqueologia com as Ciências da Terra não é uma novidade. Ao longo das últimas décadas as Ciências da Terra tornaram-se algo indispensável na arqueologia, provando que a inter/multidisciplinaridade são extremamente importantes, não só, para a arqueologia, mas para qualquer área científica (Bezzeghoud, 2020). Dentro dessa linha de interação multidisciplinar, temos a entrada da geofísica no domínio da arqueologia, trazendo novos métodos de estudo para a investigação arqueológica.

A Geofísica tem por base o estudo das diferentes propriedades físicas do subsolo e daí interpretar a estrutura e a dinâmica do interior da Terra. A aplicação dos métodos geofísicos desenvolvidos permite prospetar o subsolo, identificar as suas propriedades e detetar irregularidades nessas propriedades, a que chamam anomalias. Uma análise interpretativa e minuciosa dessas anomalias permite caracterizá-las e distinguir as de origem natural das de origem antropogénica (Gonçalves, 2013).

As capacidades de prospeção geofísica são de grande utilidade para a arqueologia, uma vez que permitem detetar estruturas arqueológicas, que se encontram enterradas, podendo facilitar e orientar os trabalhos arqueológicos, nomeadamente as escavações.

Tendo em conta que a geofísica utiliza vários métodos desenvolvidos para obter informações de diferentes propriedades, existindo condições experimentais que podem prejudicar a sua aplicação (vegetação, obstáculos, propriedades do solo...). Torna-se então necessário o desenvolvimento de metodologias arqueológicas adaptadas ao seu uso, para uma implementação sistemática da prospeção geofísica na arqueologia. O presente estudo, que foi o tema da dissertação de mestrado de um dos signatários (MB) (Bezzeghoud, 2020), destinou-se a experimentar algumas dessas metodologias e a propor algumas melhorias na sua utilização em determinados contextos arqueológicos. Os objetivos principais deste trabalho eram i) definir uma metodologia de aquisição de dados geofísicos que fosse a mais adequada a sítios

arqueológicos neolíticos e calcolíticos, ii) definir uma metodologia de interpretação dos dados adquiridos em campo.

Neste contexto, foram escolhidos três locais pertencentes a estas cronologias que demonstravam problemáticas na identificação das estruturas arqueológicas, nomeadamente, a localização dos alvéolos do Menir do Patalou (Nisa) e do Menir da Caeira (Vimieiro), assim como à tentativa de identificação das estruturas existentes no Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas), neste caso com o propósito de facilitar futuras escavações.

A prospeção geofísica do Menir do Patalou já tinha sido realizada anteriormente para orientar a prospeção do alvéolo (Caldeira, Borges, 2015). Os dados dessa prospeção foram considerados neste estudo na qualidade de referencial de comparação, por se tratar de um caso de estudo, já confirmado por escavação arqueológica. A escolha dos outros dois casos de estudo em análise deveram-se ao facto de se encontrarem ainda em fase de escavação, dando a oportunidade de ainda durante a realização do trabalho académico anteriormente referido, se poder confirmar ou rejeitar os resultados sugeridos pela geofísica.

2. Método geofísico utilizado

Em termos de método, todas as prospeções foram realizadas com Ground Penetrating Radar (GPR ou Georradar), conhecido por ser um método de aplicação rápida, reduzindo o tempo de prospeção e os seus custos, embora os instrumentos envolvidos sejam bastante dispendiosos.

O dispositivo utilizado por este método funciona através de uma antena transmissora (Tx) colocada próxima ao solo, que emite ondas eletromagnéticas de alta frequência. Estas ondas propagam-se nos materiais que se encontraram debaixo da superfície terrestre, retornando á superfície sendo detetadas por outra antena receptora (Rx). Os elementos refletores são as tais anomalias que procuramos, sendo detetadas sempre que existem contrastes nas propriedades eletromagnéticas do meio (Caldeira, Borges, 2015).

Em cada ponto de observação o GPR regista uma sequência amostras (1024) cada uma delas contendo informação sobre a estrutura a determinada profundidade. Essa sequência de amostras costuma representar-se através de um gráfico de linha que

se costuma designar por traço. Ao arrastar as antenas do georadar ao longo do campo, em cada ponto que antena ocupa são criados traços com a informação da estrutura em profundidade. A justaposição dos traços criados ao longo do percurso das antenas originam uma imagem designada radargrama. Desta forma, o radargrama corresponde a uma seção vertical do percurso da antena, uma imagem em duas dimensões (2D), que contém informação estratigráfica do solo. Ao fazerem-se vários perfis paralelos é possível processar estes radargramas por forma a criar uma imagem tridimensional (3D), que dá uma informação 3D da estrutura do solo e dos objetos neles contidos.

Através do GPR é possível identificar diversas estruturas, desde grandes construções como muros, colunas e túneis, até pormenores de pequenas dimensões, como sejam as camadas que formam um mosaico romano. Os dados registados, geralmente em perfis, podem ser observados em tempo real, onde se pode inclusivamente colher logo informação sobre a existência de estruturas e a sua profundidade. Este método pode, em geral, ser aplicado em qualquer situação desde que sejam feitas as devidas adequações, em função do tipo de solo e condições da superfície, onde as antenas devem ser deslocadas.

Também o processamento de dados, a aplicar a cada situação, é condicionado por fatores físicos, como por exemplo o tipo de sedimentos mineralógicos, a quantidade de argila, a hidratação, a profundidade do objeto a detetar, a topografia da superfície ou a vegetação. Tendo isto em mente geralmente os solos secos proporcionam melhores resultados, desde que os mesmos não sejam muito condutores.

3. Sítios arqueológicos estudados

1 – Menir do Patalou

Este Menir, identificado nos anos 90 do século XX por João Francisco Lopes (um habitante de Nisa), localiza-se na Tapada da Bajanca, na zona da Barragem da Póvoa, freguesia do Espírito Santo, Nossa Senhora da Graça e São Simão (concelho de Nisa, distrito de Portalegre). À data da sua descoberta o monólito encontrava-se tombado. A escavação realizada em 2015, dirigida por Jorge de Oliveira com a participação de alunos da Universidade de Évora e de Alcalá visava a identificação do alvéolo original, com o objetivo final de o recuperar e valorizar (Oliveira, 2016).

Trata-se de um “monólito de granito com 4m de comprimento e 0,90m de diâmetro máximo e um peso a rondar as 7 toneladas” (Oliveira, 2016), de cronologia neolítica.

2 - Menir da Caeira

O Menir foi identificado em 1994 (Rocha, 1997) e localiza-se na Herdade da Caeira, freguesia do Vimieiro (concelho de Arraiolos, distrito de Évora). À data da sua identificação o monólito encontrava-se tombado, junto ao caminho de terra batida que conduz ao Monte. Possui cerca de 5,10m de comprimento (sensivelmente 10 toneladas), e está cronologicamente atribuído ao neolítico. Teve três campanhas arqueológicas (2016, 2017, 2019) dirigidas por Leonor Rocha com a participação de alunos da Universidade de Évora.

3 – Povoado de Santa Cruz 13

O Povoado calcolítico de Santa Cruz 13 foi identificado em 2002 (Rocha, 2005) localiza-se na Herdade das Águias, freguesia de Brotas (concelho de Mora, distrito de Évora). O sítio tem, desde 2016, vindo a ser intervencionado por Leonor Rocha, com a participação de alunos da Universidade de Évora (Rocha, 2017). Este local apresenta várias dificuldades devido à abundância de pedras existentes à superfície e, também, à extrema dureza das terras., o que tem atrasado os trabalhos. A geofísica realizada visava identificar (ou definir) estruturas arqueológicas que certamente existem.

4. Aquisição de dados e resultados

4.1 – Menir do Patalou

Como referimos anteriormente os trabalhos geofísicos realizados em torno deste menir tinham como objetivo a localização do seu alvéolo numa altura em que este se encontrava tombado e deslocado. Foi efetuada uma única campanha geofísica, seguindo-se a escavação arqueológica.

Durante a prospeção geofísica foi utilizado o GPR com duas antenas de diferentes frequências (400MHz e 1.6GHz). A área a ser prospetada foi dividida em três zonas, designadas por Grelha 1, Grelha 2 e Grelha 3 (fig. 1) excluindo-se naturalmente a área envolvente ao sobreiro, por colocar problemas de acessibilidade aos equipamentos.

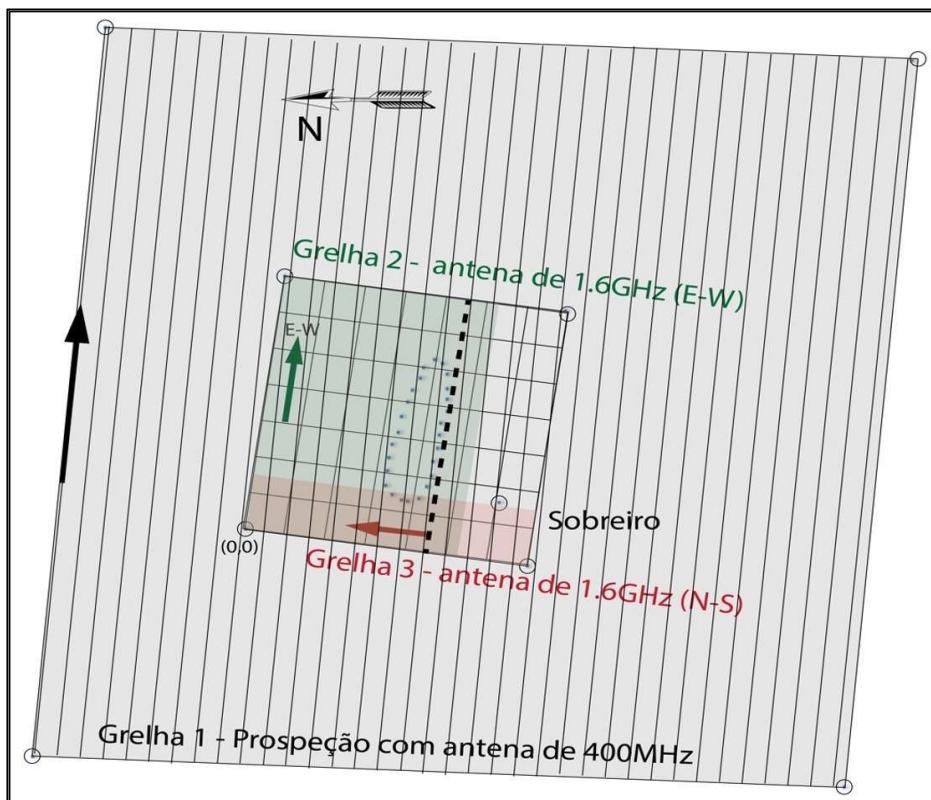


Figura 1: Esquema das grelhas de prospeção geofísica delimitadas em campo (sgd. Caldeira, Borges e Oliveira, 2015).

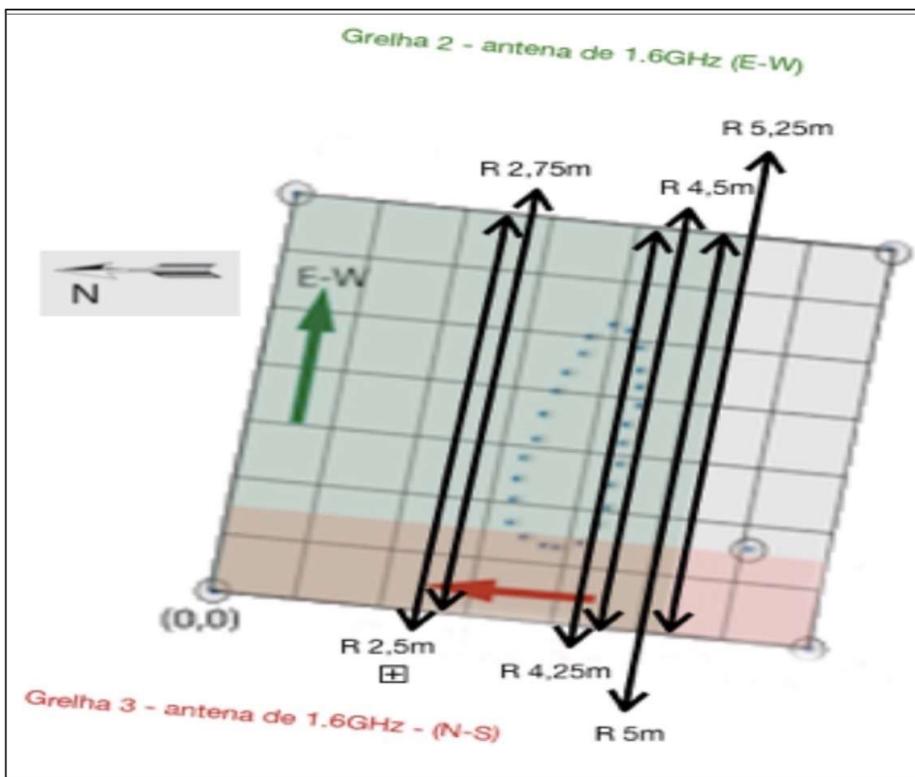


Figura 2: Localização dos perfis correspondentes aos radargramas obtidos

Relativamente aos resultados, tanto a Grelha 1 como a Grelha 3 não apresentaram qualquer anomalia que evidenciasse a cavidade que se procurava (alvéolo), não oferecendo informação adicional. Na Grelha 2 obtiveram-se 22 perfis (cf. figura 2 que mostra a localização de alguns desses perfis), onde foram detetadas depressões com menos de 5cm de profundidade. Estas depressões encontram-se destacadas pelo tracejado branco no radargrama da figura 3. Esta profundidade é, no entanto, insuficiente para alojar a base de um menir.

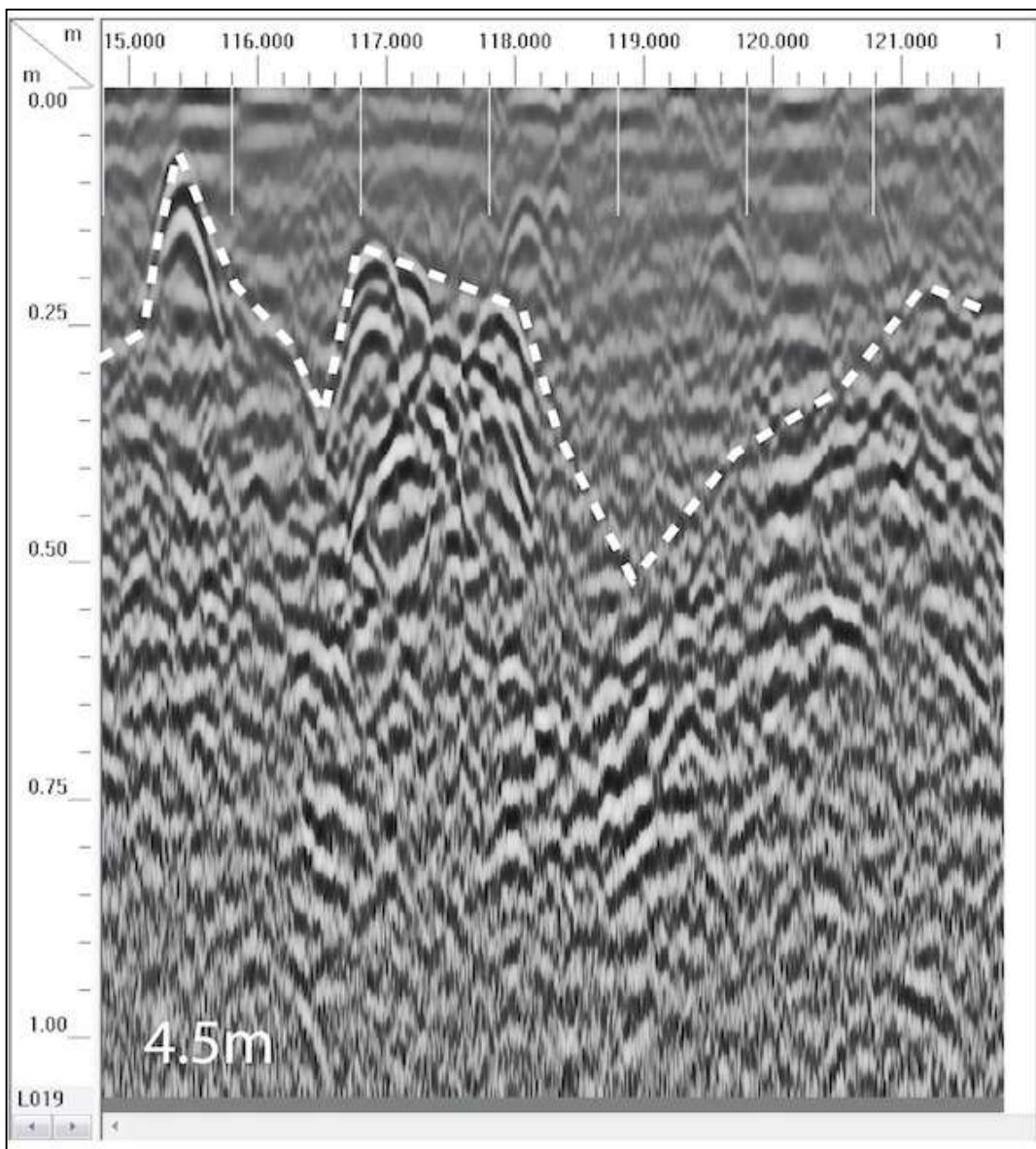


Figura 3: Radargrama 4.5m. Linha branca destaca a anomalia. Perfil localizado na figura 2.

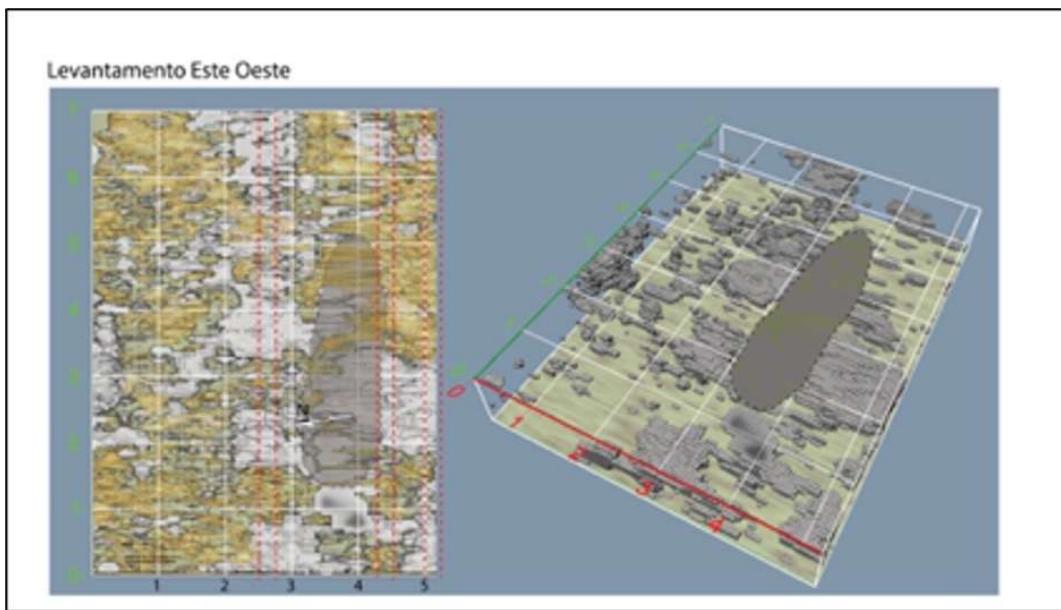


Figura 4: Mapas de amplitude de reflexão do GPR. esquerda: planta de profundidade ~25cm. Direita: imagem em 3D dos maiores refletores.

No painel do lado esquerdo da figura 4 está representado o mapa de amplitudes de reflexão, à profundidade de 25cm, onde a zona amarela-esverdeada corresponde a materiais com amplitudes de reflexão baixa (solo). A cor acinzentada apresenta rochas, materiais que produzem amplitudes de reflexão alta. No painel do lado direito da figura 4 temos uma representação em 3D das zonas com maiores amplitudes de reflexão (rochas), com a sobreposição da localização do menir.

Tendo em conta que nenhum dos materiais identificados mostrava ser um alvéolo, foi possível, assim, eliminar várias hipóteses da sua localização pelo que existiam apenas três hipóteses viáveis i) o menir encontrava-se completamente deslocado da sua área de implantação original; ii) o alvéolo encontrava-se debaixo do próprio menir; iii) o sobreiro teria absorvido a depressão do alvéolo.

Tendo em consideração estes resultados passou-se à fase de escavação onde se acabou por comprovar que efetivamente uma das hipóteses estava correta: o alvéolo encontrava-se do lado oeste, debaixo do menir (fig.5), com uma profundidade máxima de 0,82m (Oliveira, 2016).

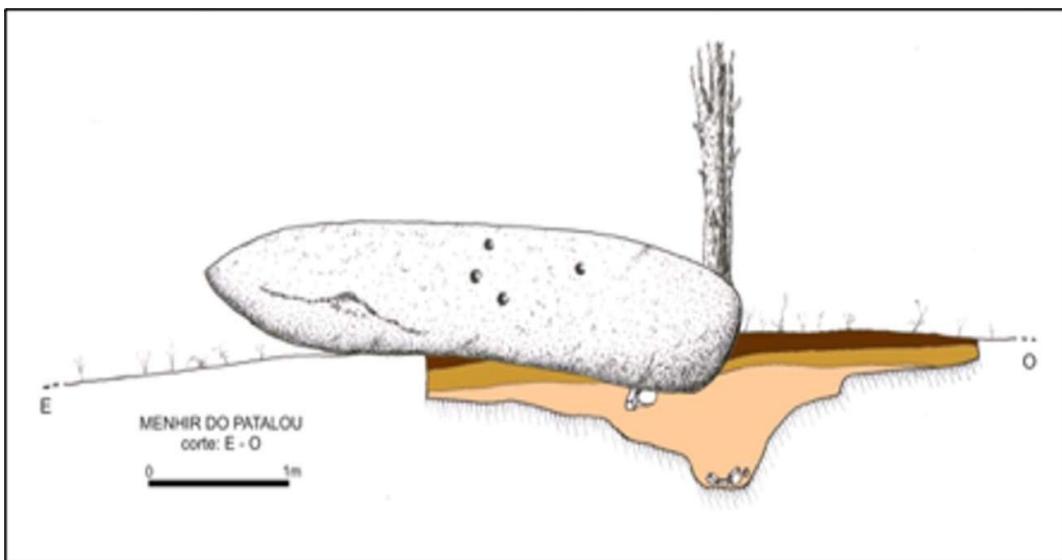


Figura 5: Corte E-O. Localização do alvéolo. (sgd. Oliveira, 2016)

Apesar dos resultados da geofísica não terem identificado o alvéolo de uma forma clara, devido a encontrar-se numa zona de impossível acesso, permitiram excluir áreas e, no âmbito de uma investigação arqueológica este tipo de informação é muito relevante pois permite otimizar o trabalho. Neste caso, a escavação incidiu nos dois locais onde se desconfiava da localização do alvéolo, sendo possível identificá-lo.

4.2 – Menir da Caeira

A aquisição de dados da prospeção geofísica foi realizada em duas campanhas (2017 e 2019), sendo o objetivo também a deteção das estruturas arqueológicas que poderiam corresponder ao alvéolo do menir, uma vez que não foi possível, na primeira campanha de escavação perceber qual seria a sua base.

Para a execução da campanha de 2017 foi definido que seriam prospectadas duas áreas: i) uma parte da superfície na área adjacente aos limites da escavação e, ii) uma pequena parte da superfície já escavada, livre de obstáculos, junto a uma das extremidades do menir que se pensava ser a sua base. A área ocupada pelo menir não foi prospectada devido à não existência de condições físicas para arrastar a antena do GPR - devido à existência de obstáculos, como vestígios arqueológicos e raízes da azinheira à qual o menir se encontrava encostado.

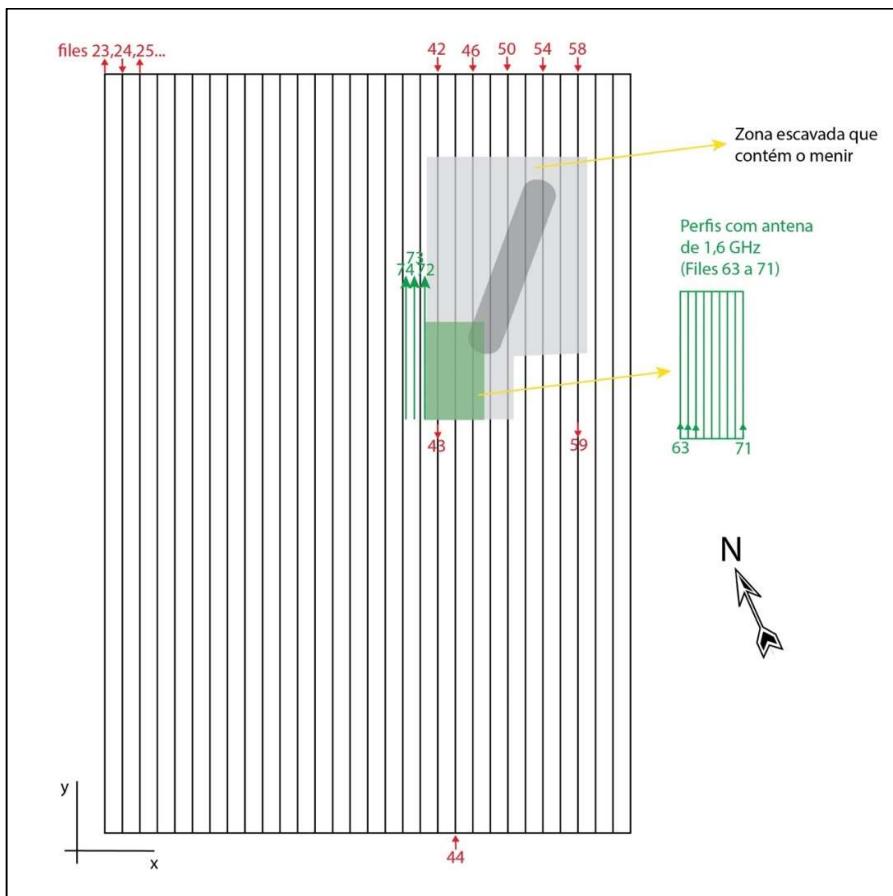


Figura 6: Esquema com indicação dos perfis prospetados junto ao Menir da Caeira (2017).

Assim criaram-se duas grelhas (Grelha 1 e Grelha 2) para serem analisadas (fig. 6). Neste caso de estudo também foram utilizadas duas antenas de frequência diferente (400MHz e 1.6GHz). Relativamente à Grelha 1 foi possível retirar 12 cortes horizontais a partir do modelo 3D (fig. 7). São cortes que representam o modelo entre a superfície e uma profundidade de cerca de 1,2m. O nível de cor representa a amplitude de reflexão, quanto mais elevados maior é a presença de materiais.

Na observação da generalidade dos cortes horizontais destacam-se três subáreas anómalas, assinaladas no corte H=50cm (fig. 7). São, portanto, áreas onde se deteta uma maior abundância de materiais de natureza dielétrica, diferente do solo.

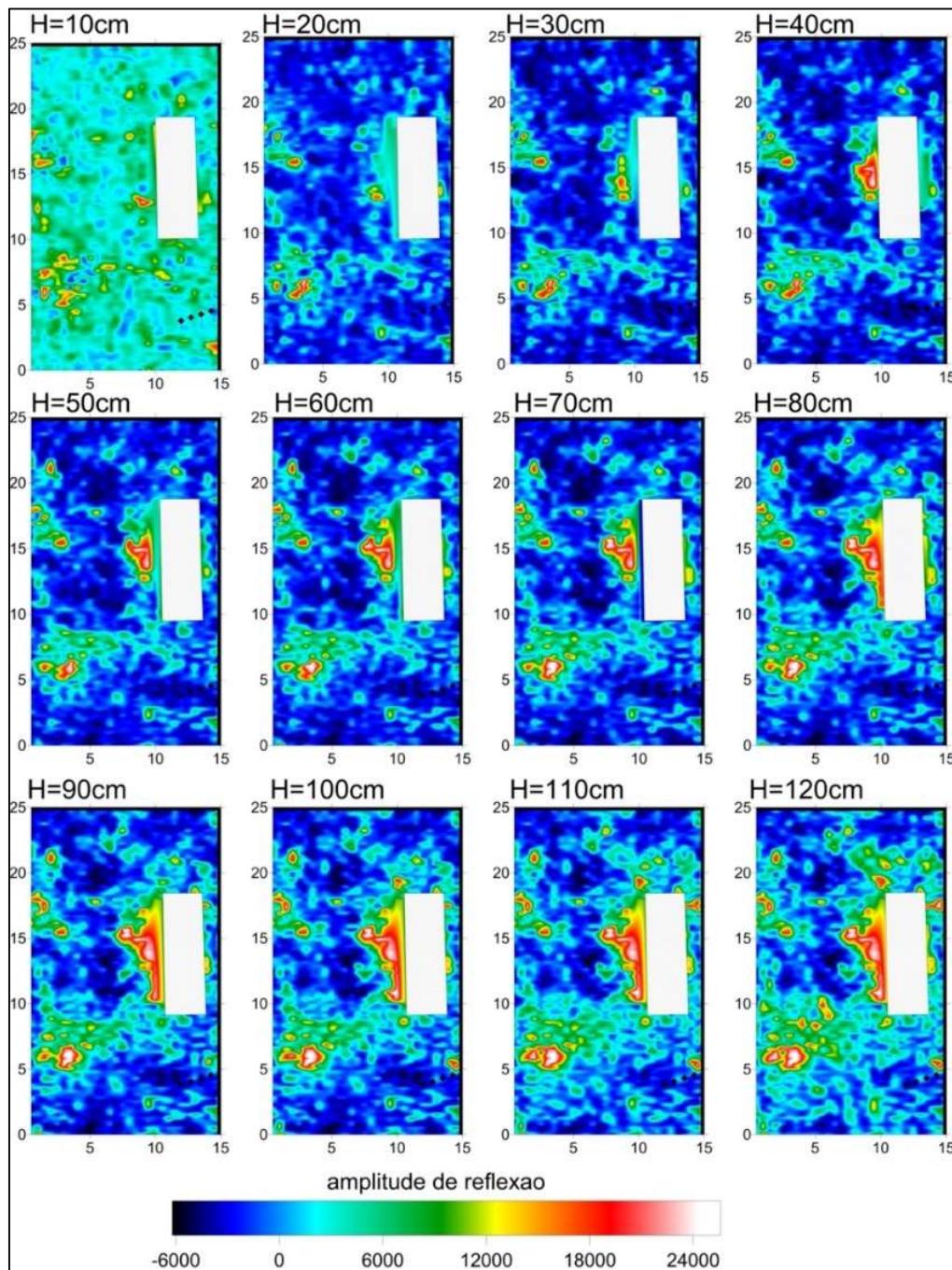


Figura 7: Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado com os dados dos perfis (Grelha 1).

Na Grelha 2, foram realizados 8 cortes obtidos do modelo 3D, entre os 5cm e os 40cm de profundidade (fig. 8). No corte de 25cm e de 30cm existe uma maior abundância de refletores (tomam a cor de verde, amarela e vermelha), destacando-se a sua disposição espacial.

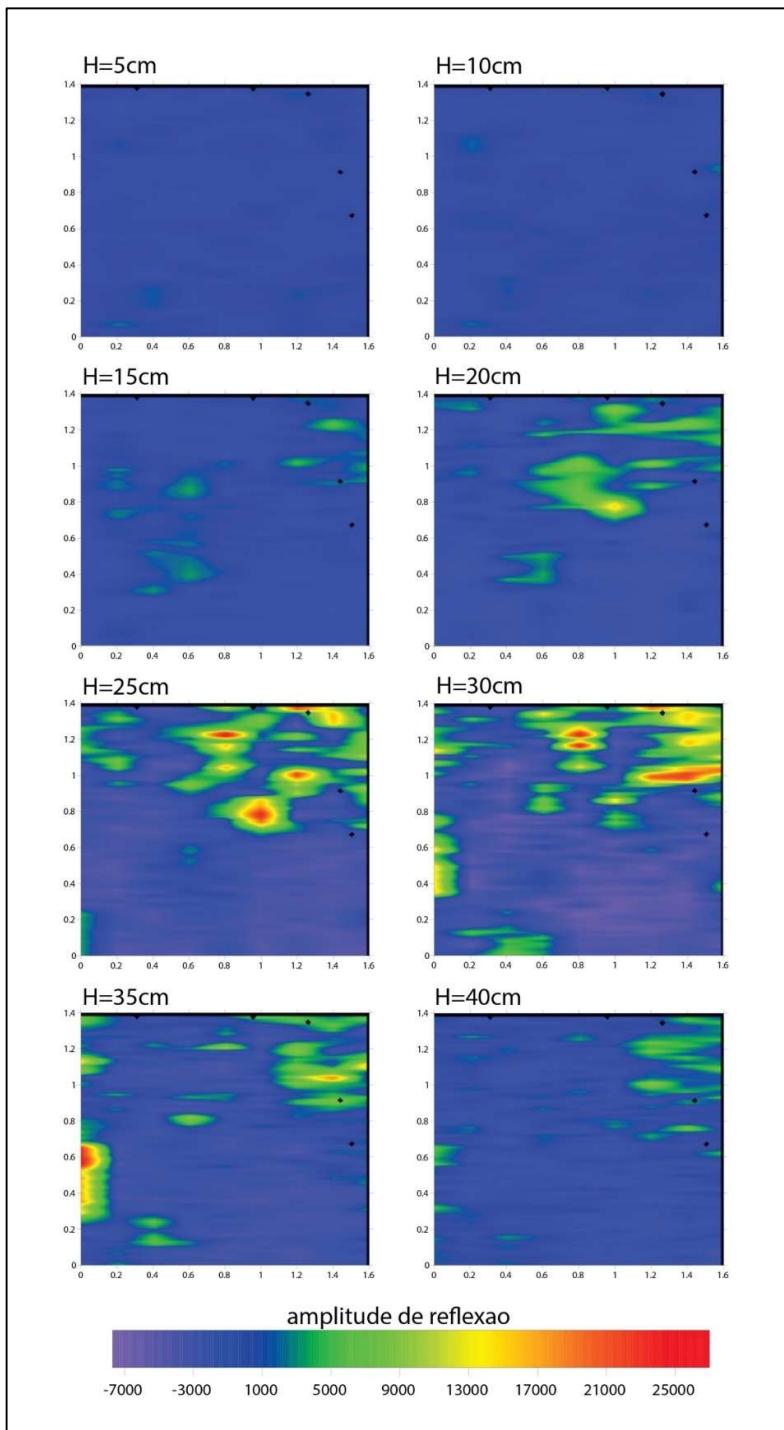


Figura 8: Cortes do modelo 3D entre 5cm e 40cm de profundidade (Grelha2).

Estes materiais tomam uma forma circular, com um espaço negativo no centro, que se encontra representado na figura 9, sendo esta uma disposição já compatível com a de um alvéolo.

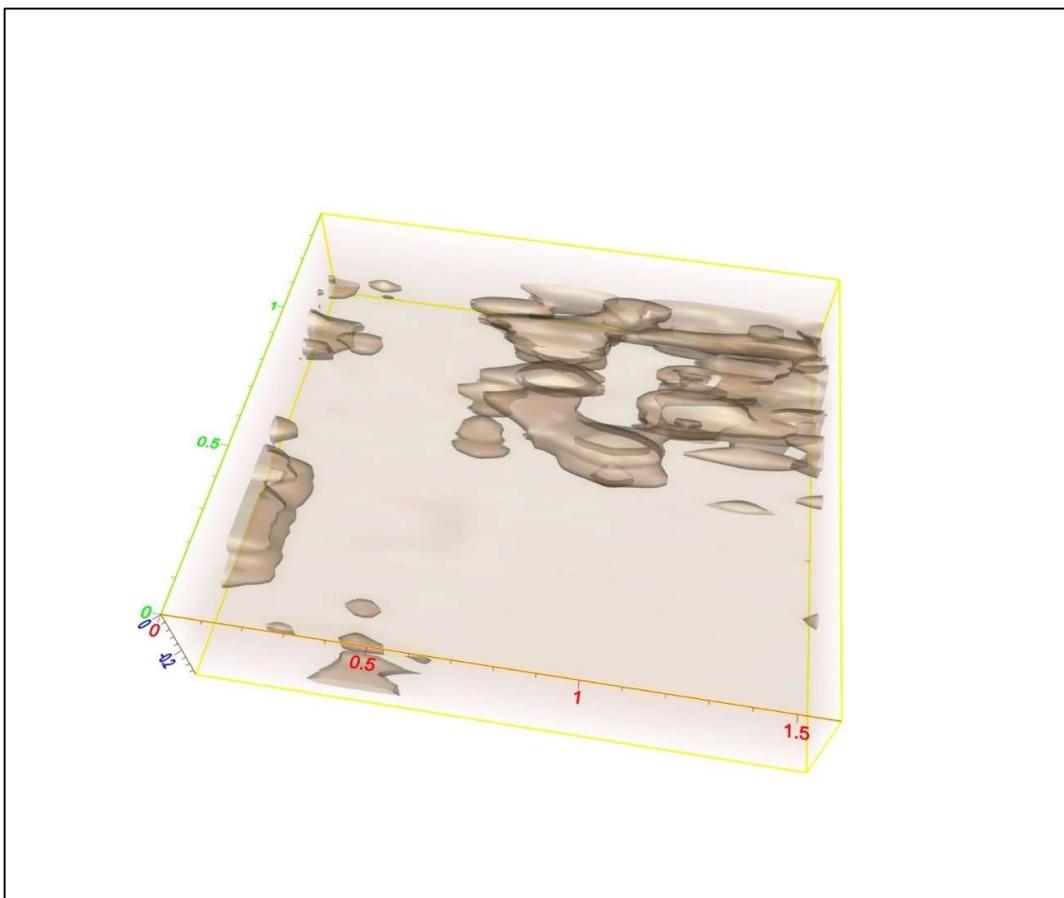


Figura 9: Representação do modelo 3D onde são visíveis as zonas de maiores amplitudes de reflexão e tornadas transparentes as zonas de menores amplitudes. Mostra a distribuição espacial dos maiores refletores. Aqui pode-se observar a disposição circular com o espaço circular no meio do alvéolo.

Após a prospeção geofísica de 2017 foi realizada nova campanha de escavações com o objetivo de sondar as anomalias identificadas na geofísica. Durante a escavação de uma das áreas foi possível identificar um conjunto de grandes pedras, que se dispõem de uma forma mais ou menos organizada, na extremidade do menir (fig. 10). Ao analisarmos a direção e disposição destas pedras, em conjunto com os resultados geofísicos apresentados anteriormente, podemos concluir que integravam efetivamente a estrutura do alvéolo.



Figura 10: Fotografia da escavação onde se pode observar o alinhamento das raízes que serviram de suporte à sustentação do menir, e das pedras, no alvéolo.

Os resultados relativos à prospeção geofísica de 2017 foram bastante positivos, esclarecendo, desde a primeira prospeção, qual a provável localização do alvéolo, apesar dos refletores não terem sido de fácil interpretação. O que nos indicou de forma mais segura que provavelmente seria o alvéolo, foi a direção em que os materiais se encontravam, em relação ao menir.

Como aconteceu no Menir do Patalou esta informação possibilitou dirigir o foco da escavação para essa área. Depois de processados os dados e analisados os primeiros resultados geofísicos verificou-se a existência de várias anomalias, que nos suscitaram algumas dúvidas de interpretação razão pela qual, em 2019, se decidiu realizar outra prospeção geofísica que incidiu fora da área intervencionada (fig. 11 e 12).

A área foi dividida em 3 zonas, em que em duas das áreas os perfis foram realizados numa só orientação (N-S) e, na outra, foram realizados perfis cruzados em duas orientações (N-S e O-E) (fig. 13).



Figura II: Aquisição de dados na campanha geofísica de 2019.



Figura I2: Aquisição de dados com georadar na campanha de 2019.

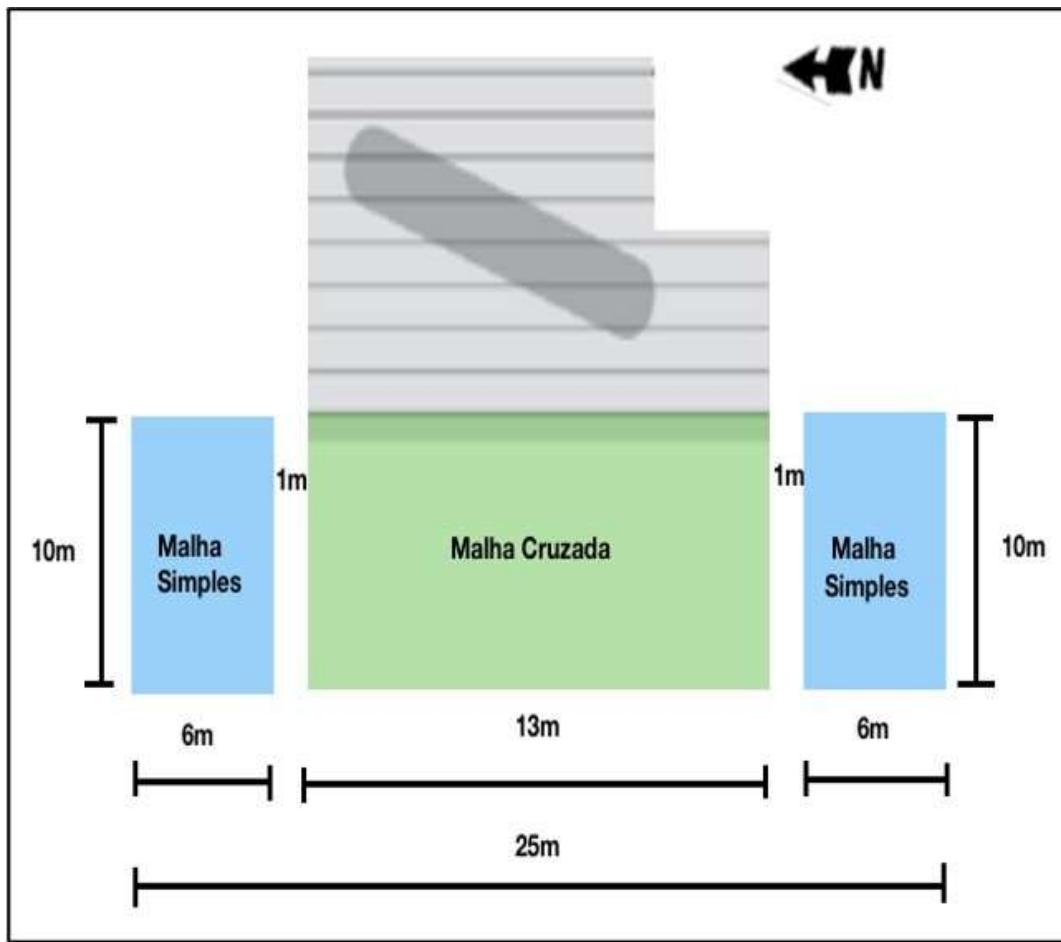


Figura 13: Mapa da prospeção geofísica realizada em 2019. A zona cinzenta corresponde à área escavada, onde se encontra o menir. A zona verde corresponde à área prospetada pela geofísica com orientação cruzada. As zonas azuis correspondem às áreas prospetadas com malha simples.

Nestes novos trabalhos destacamos o corte H=30cm onde se encontram assinalados os pontos vermelhos (fig. 14). Estes correspondem às áreas de maior incidência de anomalias. Duas dessas zonas causaram-nos dúvidas por se encontrarem afastadas da área do menir e, sobretudo, por poderem eventualmente corresponder a outras estruturas arqueológicas relacionadas com os diferentes períodos de utilização e reutilização, deste menir (Rocha, 2019). Para confirmar a natureza destes refletores revelados pela prospeção geofísica a responsável pela escavação (LR) optou por realizar novas sondagens, nestes locais (fig. 15).

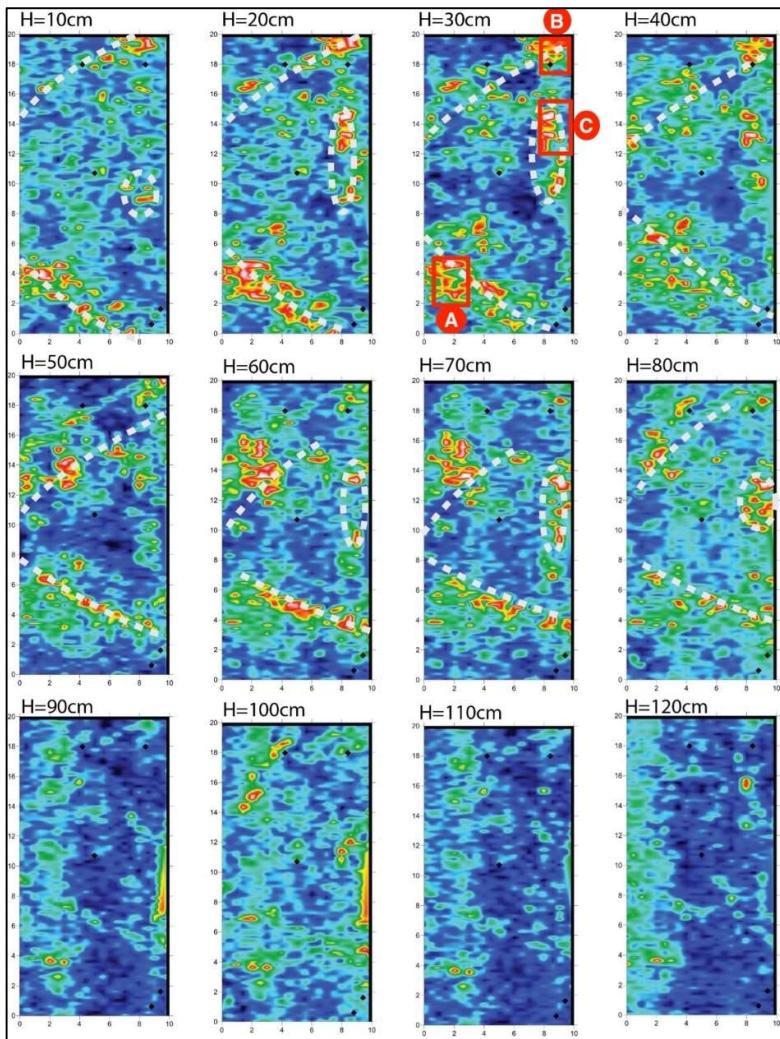


Figura 14: Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado com os dados da prospeção de 2019. Pontos A, B e C representam as zonas de maior incidência de anomalias e correspondem às zonas de escavação representadas na figura 15.

Foi na sondagem 1 que se encontrou uma maior quantidade de vestígios arqueológicos compostos por cerâmicas, moedas e algumas pedras que estavam aglutinadas pelas raízes da azinheira, mas que pertenciam ao alvéolo. Ao chegar ao afloramento, que se iniciava entre os 25cm e os 30cm, percebe-se que este se encontra desnivelado, afundando em duas zonas. Este nível variava entre os 17cm e os 38cm.

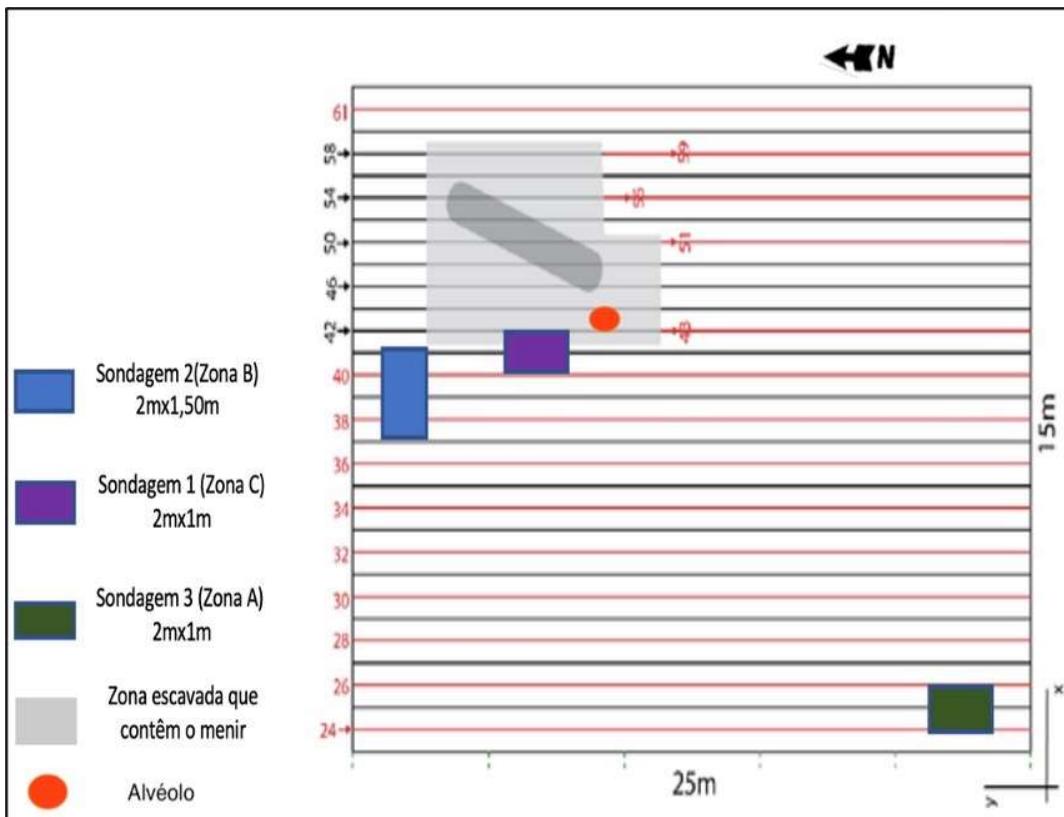


Figura 15: Mapa de sondagens escavadas durante os trabalhos arqueológicos de 2019. Zonas A, B e C correspondem às anomalias destacadas a vermelho na figura 12.

Já nas sondagens 2 e 3 acabou por não se identificar qualquer nível arqueológico sendo as anomalias detetadas pela prospeção geofísica, resultado de fenómenos de bioturbações, (raízes, pedras e buracos de insetos) e de desníveis do substrato geológico. Apesar dos indícios destas últimas duas sondagens terem sido, no final, negativos, estes dados também são de relevância, pois poderá ajudar a interpretar resultados futuros.

4.3 – Santa Cruz 13

Para a prospeção geofísica realizada no povoado de Santa Cruz 13 (fig. 16) foi utilizada uma antena de 400MHz, tendo como objetivo a deteção e compreensão da distribuição espacial das estruturas arqueológicas que se pressupunha existirem neste local.

A prospeção teve incidência nas áreas adjacentes às duas sondagens abertas no local, como pode ser observado nas figuras 17 e 18.



Figura 16: Pormenor da montagem das linhas de orientação no povoado de Santa Cruz 13.

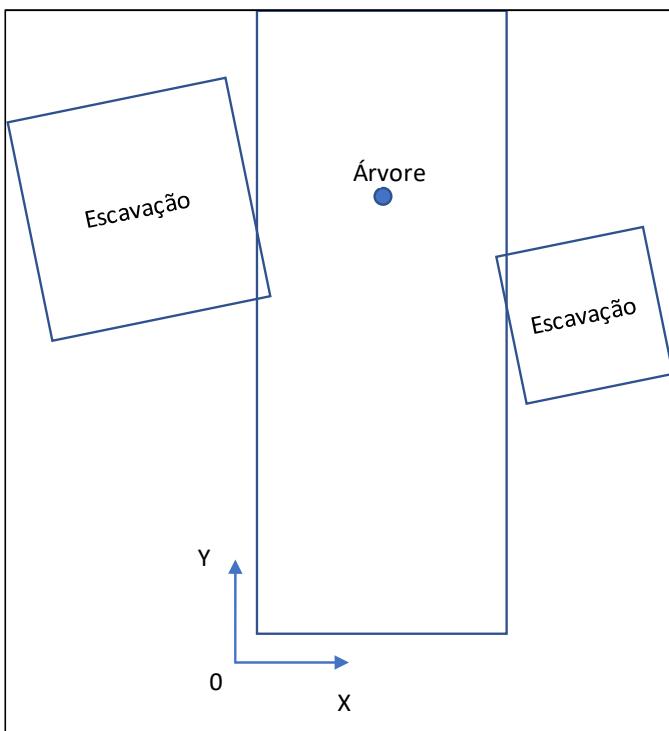


Figura 17: Plano do levantamento realizado – área central (sgd. Caldeira e Rocha, 2017).

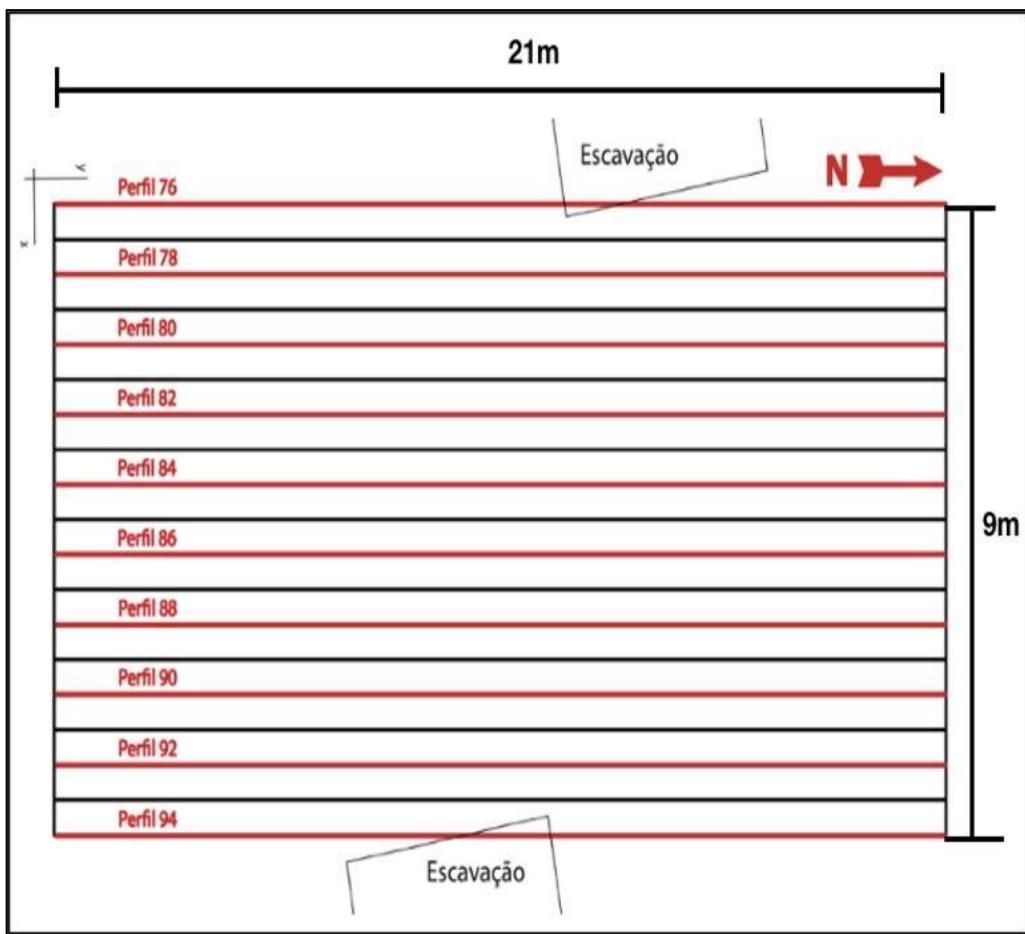


Figura 18: Esquema de distribuição dos perfis de GPR na área prospetada.

O levantamento de dados de GPR foi feito sobre perfis paralelos espaçados de 0,5m que foram percorridos em modo zig-zag. Durante a realização do levantamento dos perfis, a trajetória do georadar sofreu alguns desvios devido a vários obstáculos distribuídos na superfície, como pedras, raízes, etc. Esses desvios resultam nalgumas perturbações nos perfis, 19 no total.

A figura 19 representa quatro cortes horizontais retirados do modelo 3D. Cada um desses cortes integram as anomalias em fatias de 20cm de espessura para várias faixas de profundidade: 0,0m-0,2m; 0,2m-0,4m; 0,4m-0,6m; 0,6m-0,8m. A cor cinzenta representa a amplitude de reflexão, quanto mais escuro ou claro, maiores são os valores da amplitude reflexão (branco - positivos, escuro – negativos).

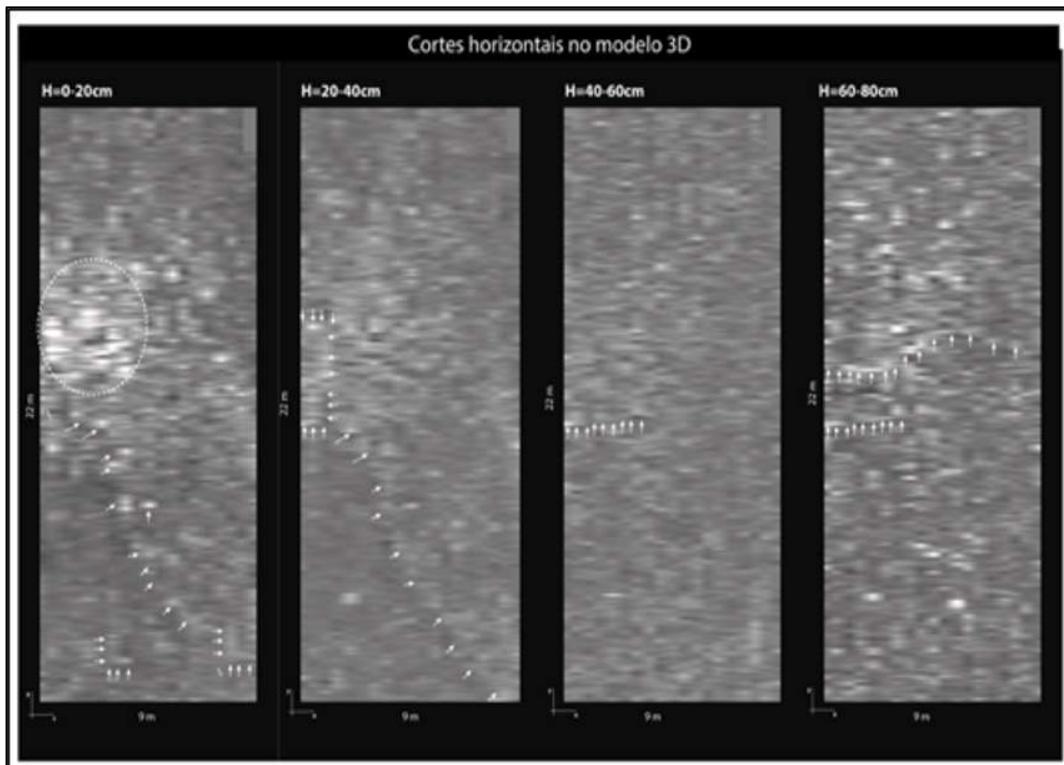


Figura 19: Cortes horizontais retirados do modelo 3D. Representadas as profundidades entre 0m e 0,8m.

No corte 0,0m-0,2m destacam-se refletores fortes, mas devido à escassa profundidade pode-se assumir que são pedras que se encontram na superfície. Nos restantes três cortes é possível observar alinhamentos destacados através de setas brancas. Destes três destaca-se o alinhamento do corte 0,2m-0,4m, onde os refletores aparecem seguir a direção dos muros da escavação adjacente à prospecção geofísica.

Estes resultados de GPR evidenciam a existência de uma estrutura arqueológica na subsuperfície, chegando a uma profundidade de ~80cm. A amplitude indica que se trata de uma estrutura constituída por um material diferente do solo envolvente. O seu alinhamento e sua irregularidade dão-nos ainda mais certeza de que se trata de um muro, para além da sua direção coincidir com a direção dos muros que já se encontram descobertos. Tendo isto como certeza é difícil indicar o estado de conservação desta estrutura uma vez que as imagens do georadar podem estar contaminadas por vários refletores superficiais, tornando as imagens de difícil interpretação.

5. Discussão dos resultados

Em termos gerais, a análise dos resultados permite-nos verificar que em relação aos dois menires, o do Patalou e o da Caeira, o espaçamento entre perfis correspondeu a uma amostragem adequada aos objetos sob investigação, pois através dos dados registados foi possível produzir imagens que dão uma boa percepção das estruturas enterradas. Estes sítios arqueológicos são caracterizados pela baixa presença de estruturas e, nos dois casos, os monólitos estavam tombados sobre a superfície pelo que a prospeção por estes meios geofísicos se reduz à identificação do alvéolo, estrutura pouco complexa, a não ser que se encontre bastante disperso ou destruído. Devido a estes fatores, não existe a necessidade de haver uma grande amostragem de dados, a não ser que se suspeite existirem outras evidências na área envolvente, como outros menires que, entretanto, tenham desaparecido.

No caso do Povoado de Santa Cruz 13 constatou-se que, apesar de ter sido usada uma densidade de dados semelhante à das outras prospeções, a quantidade de dados registados revelou-se insuficiente para caracterizar inequivocamente as estruturas da subsuperfície. Atribui-se essa dificuldade à complexidade estrutural do sítio que apresenta uma grande densidade de estruturas muito destruídas à superfície, distribuídas aleatoriamente. Estas estruturas espalhadas na superfície funcionam como barreiras à penetração de uma parte significativa da radiação emitida. Nestas condições teria sido mais conveniente prospetar a área com um espaçamento mais reduzido, podendo-se assim conseguir enviar mais radiação para as camadas interiores e com essa radiação obter uma melhor resolução nas figuras e, em consequência, mais pormenores, que facilitaria a interpretação dos resultados. Para além da subamostragem este povoado calcolítico trouxe outro tipo de complexidades. Aqui os trabalhos visavam identificar vestígios de muros (ou outras estruturas), tipologia diferente dos menires, onde o resultado foi bastante positivo. Apesar de não ser um fator decisivo, pois existem trabalhos geofísicos realizados em sítios arqueológicos com a mesma tipologia, nomeadamente sítios romanos, como a Cidade Romana da Ammaia e a *Villa Romana* da Horta da Torre (Cerdeira, Borges, 2015), onde a identificação de estruturas habitacionais foi bem-sucedida, aqui o resultado não foi satisfatório. Neste caso, a interpretação dos dados tornou-se complicada devido às características do solo desta região, sendo bastante duro e cheio de perturbações superficiais.

O estado em que se encontra a superfície do terreno constitui assim um fator essencial para os trabalhos de prospeção geofísica e, a distribuição altamente desordenada de refletores nas camadas mais superficiais do solo, pode mascarar a deteção de possíveis refletores mais profundos. Assim, ao analisarmos os resultados obtidos neste trabalho, podemos concluir que a qualidade dos resultados é condicionada por um conjunto de variantes, 1) a condição do solo, comprovado nas condições existentes no povoado de Santa Cruz 13. Por muito que se tentasse limpar o terreno, não seria possível remover as pedras existentes à superfície resultado do derrube de estruturas pelo que, existirão sempre, em alguns sítios arqueológicos, condicionantes de origem natural ou antrópica que não será possível contornar; 2) comum aos três casos em análise neste trabalho temos o estado de conservação em que encontram as estruturas subterrâneas. Ao observarmos os radargramas e os mapas de amplitude é bastante difícil de distinguir se os materiais provêm de origem natural ou de origem antropogénica, 3) por último, outro fator que não pode ser colocado de lado para o sucesso de um estudo desta natureza é o processamento dos dados. Esta fase dita a qualidade das imagens e, consequentemente, a interpretação das mesmas. Assim, a utilização do fluxo de processamento adequado e a uma boa parametrização dos filtros utilizados, determina a capacidade de remoção de ruído e por conseguinte o contraste que se consegue obter entre o meio e as estruturas sob análise. A qualidade das imagens em 3D que dão uma percepção mais pormenorizada e real do substrato a ser analisado depende dessas operações de processamento (Bezzeghoud, 2020).

Os três casos aqui estudados mostram, que apesar dos radargramas serem de grande importância para a obtenção de informação sobre a profundidade a que se encontram os materiais, as imagens tridimensionais e os cortes dessas imagens (imagens tomográficas) são as que nos dão uma melhor percepção do que podemos encontrar. A definição da melhor metodologia tem que ter por base certos passos, com o objetivo de otimizar os resultados finais, 1) analisar as características do solo para a escolha do método mais adequado; 2) interpretação dos dados cruzando imagens processadas, utilizando o conhecimento de um geofísico e de um arqueólogo; 3) comparação dos resultados com os obtidos noutros sítios similares.

Assim, a prospeção geofísica é evidentemente uma mais-valia para a arqueologia, mas, a interdisciplinaridade é essencial para se obter um estudo completo e coeso. Apesar da utilização destes métodos não intrusivos aportarem novas perspetivas no estudo dos sítios arqueológicos, podendo reduzir o fator de tempo e

poupar recurso arqueológicos (essenciais quando se trata de trabalhos de minimização de impactes), uma vez que permite programar melhor a intervenção a realizar, esta continua a ser necessária para validar (ou não) os resultados obtidos e afinar cronologias.

Em termos gerais, os trabalhos realizados apresentam bastantes casos de sucesso em contextos onde as estruturas se caracterizam por ter uma arquitetura bem edificada, como os de tipologia romana ou islâmicos/medievais. Para as cronologias mais antigas, nomeadamente do período Neolítico e Calcolítico, as prospeções geofísicas continuam a colocar alguns problemas de interpretação que, na maior parte dos casos, resulta evidentemente do seu estado de conservação.

Ao longo deste estudo concluiu-se que o GPR se tornou no método geofísico dominante no meio da arqueologia, devido à sua praticabilidade e aos bons resultados obtidos. Nos casos mais difíceis, como o do povoado de Santa Cruz 13, será de considerar que se devem aplicar não só outros métodos geofísicos, mas, também, outras metodologias para além da geofísica, como a fotografia aérea, a fotogrametria e dados de satélite. As linhas futuras da investigação arqueológica preveem uma continua utilização do GPR que deverá assim acabar também por evoluir, deixando de ser uma simples ferramenta auxiliar da arqueologia, usada pontualmente, para passar a ser um instrumento de uso comum, pronta a ser utilizada em todas as campanhas arqueológicas onde seja necessário e manipulável, não apenas por geofísicos, mas também por arqueólogos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Jorge de Oliveira a cedência dos dados arqueológicos e geofísicos realizados no Menir do Patalou e ao doutor Rui Oliveira a ajuda nas prospeções geofísicas realizadas.

Projetos UIDB/04683/2020-ICT (Institute of Earth Sciences) and 0049_INNOACE_4_E.

Às autarquias de Arraiolos, de Mora e de Nisa o apoio aos trabalhos arqueológicos realizados.

BIBLIOGRAFIA

- BEZZEGHOUD, Maissa (2020) - *Aplicação de técnicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo Central: 3 casos de estudo.* Tese de Mestrado, Universidade de Évora [em linha: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjvkoOj9dboAhUM_7sIHcExAWIQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fdspace.uevora.pt%2Frdpc%2Fbitstream%2F10174%2F28105%2F1%2FMes_trado-Arqueologia_e_Ambiente_Avaliacao_de_Impacte_Ambiental-Maissa_Bezzeghou.pdf&usg=AOvVawomDpcWkfBeCVJHCE-HSeEN]
- CALDEIRA, Bento; BORGES, José (2015) - *Contributo da Geofísica para o relatório final do projeto APOLLO.* Universidade de Évora
- CALDEIRA, Bento; ROCHA, Leonor (2017) - *Prospeção geofísica. Relatório aplicação dos métodos de georadar em Santa Cruz 13 (Brotas, Mora).* Acessível nos Arquivos do DGPC. Lisboa, Portugal.
- OLIVEIRA, Jorge de (2016) - O Menir do Patalou – Nisa. Entre Contextos e Cronologias. *Terra e Água Escolher sementes, invocar a Deusa – Estudos em Homenagem a Victor S. Gonçalves.* Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa: Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa
- ROCHA, L. (1999a) – *Povoamento Megalítico de Pavia. Contributo para o conhecimento da Pré-História Regional.* Setúbal: Câmara Municipal de Mora.
- ROCHA, L. (2005) - *As origens do megalitismo funerário no Alentejo Central: a contribuição de Manuel Heleno.* Tese de doutoramento policopiada. Lisboa: FLL.
- ROCHA, L. (2017) - *Santa Cruz 13 (Brotas, Mora). Relatório Técnico-científico da 1ª Campanha/2016.* Acessível nos Arquivos do DGPC. Lisboa, Portugal.