

16

APONTAMENTOS

de Arqueologia e Património

JUN 2022

ISSN: 2183-0924

NA

NÚCLEO
DE INVESTIGAÇÃO
ARQUEOLÓGICA

ERA
ARQUEOLOGIA

APONTAMENTOS

de Arqueologia e Património

16

JUNHO

2022

Título: **Apontamentos de Arqueologia e Património**

Propriedade: **Era-Arqueologia S.A.**

Editor: **ERA Arqueologia / Núcleo de Investigação**

Arqueológica – NIA

Local de Edição: **Lisboa**

Data de Edição: **Junho de 2022**

Volume: **16**

Capa: Placa de xisto decorada da Anta 1 de Vale da Moura
(Foto de António Carlos Valera)

Director: **António Carlos Valera**

ISSN: 2183-0924

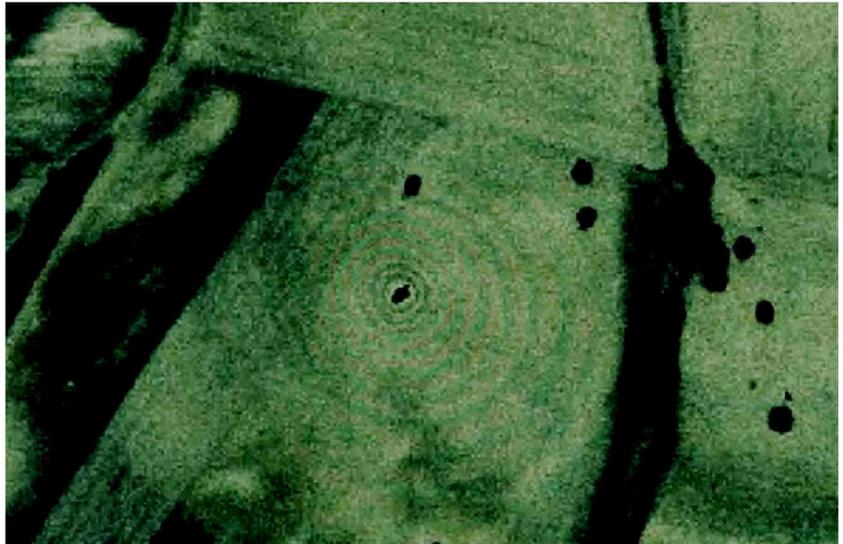
Contactos e envio de originais:

antoniovalera@era-arqueologia.pt

Revista digital.

Ficheiro preparado para impressão frente e verso.

O uso do acordo ortográfico está ao critério de cada autor.



ÍNDICE

EDITORIAL	07	Inês Mendes da Silva BOA VISTA 5 E AS COMPANHIAS PARA O COMÉRCIO DO BRASIL. 1490-1720.	41
Tiago do Perreiro, António Carlos Valera PLACAS DE XISTO E BÁCULO DA ANTA 1 DE VALE DE MOURA (ÉVORA). BREVE APONTAMENTO	09	Ana Rosa, Inês Simão A ANTIGA FÁBRICA NAPOLITANA, ALCÂNTARA. UMA PERSPECTIVA ARQUEOLÓGICA SOBRE A CASA DAS CALDEIRAS	49
António Carlos Valera, Tiago do Pereiro ROUCA 7 (CANO, SOUSEL): GEOFÍSICA DE UM NOVO RECINTO DE FOSSOS PRÉ-HISTÓRICO	15	Ana Catarina Basílio, André Texugo, Tiago do Pereiro ARQUEOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES PARA A ADOÇÃO DO SENSOR LIDAR DE DISPOSITIVOS MÓVEIS NA PRÁTICA ARQUEOLÓGICA	57
António Carlos Valera, Ana Catarina Basílio, Alessio Gorga, Nelson Almeida, Juliana Ferraz O GRANDE COMPLEXO DE RECINTOS DE FOSSOS PRÉ-HISTÓRICO DO MONTE DA CONTENDA (ARRONCHES): ABORDAGEM A PARTIR DE DISTRIBUIÇÕES DE SUPERFÍCIE	21	Ana Costa Pereira, Tomás Pereira Botelho DESCONSTRUÇÃO DO PROCESSO DE ESCAVAÇÃO ARQUEOLÓGICA: TEMPO, AGÊNCIA E MEDIAÇÃO	69
Patrícia Diogo Monteiro, Artur Ribeiro, António Carlos Valera WOODLAND RESOURCES IN PERDIGÕES: ANTHRACOLOGICAL ANALYSIS OF CHALCOLITHIC AND EARLY BRONZE AGE CONTEXTS	33		



EDITORIAL

25 anos de ERA Arqueologia

A ERA Arqueologia faz este ano 25 anos. Ao longo deste quarto de século de existência o seu compromisso com a divulgação e publicação dos seus trabalhos e do conhecimento produzido traduziu-se numa intensa actividade editorial, na participação em inúmeras reuniões científicas nacionais e internacionais ou publicação regular de artigos em actas e revistas de especialidade. De entre todas estas realizações ganha particular relevo o esforço dedicado à actividade editorial, porque é diferenciador, representa a forma como a empresa pensa e vê a sua actividade e é demonstrativo desse mesmo compromisso.

De facto, tendo a ERA surgido em 1997, o primeiro número da revista em papel ERA Arqueologia, foi publicado em 2000. Até 2008 foram sucessivamente editados oito volumes, nos quais se publicaram trabalhos da empresa, artigos de investigação e teoria, se discutiram questões da organização da arqueologia e da profissão (Ensino, Divulgação, Ordem dos Arqueólogos, Cadernos de Encargos, etc.). Seguiu-se a revista online Apontamentos de Arqueologia e Património, que publica agora o seu 16º volume. A par, criaram-se as séries ERA Monográfica, já com seis volumes editados, e Perdigões Monográfica, com dois volumes publicados, às quais se soma a publicação das actas de um workshop.

Para utilizar uma expressão em voga: conhecer, debater, divulgar e comunicar fazem parte do “nosso ADN”

António Carlos Valera

iARQUEOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES PARA A ADOÇÃO DO SENSOR LIDAR DE DISPOSITIVOS MÓVEIS NA PRÁTICA ARQUEOLÓGICA

Ana Catarina Basílio¹
André Texugo²
Tiago do Pereiro³

Resumo:

A prática arqueológica foi, e sempre será, pautada por constantes adaptações e inovações que, na maioria dos casos, pretendem otimizar o trabalho arqueológico e os já tradicionalmente escassos recursos disponíveis. Todavia, a comunidade arqueológica nacional, tende a ser mais relutante na adoção de ferramentas em fases ainda iniciais do seu desenvolvimento. Com este trabalho apresentam-se os dispositivos móveis dotados de sensores LiDAR, inicialmente lançados em 2020 pela Apple, com uma perspectiva exclusivamente arqueológica, enfatizando-se as capacidades destas ferramentas de futuro, que otimizam e melhoram o trabalho e o próprio registo arqueológico, disponíveis já nos dias de hoje.

Abstract:

iArchaeology: contributions for LIDAR sensor adoption in mobile devices in the archaeological practice

Archaeological practice has been, and always will be, guided by constant adaptations and innovations that, in most cases, aim to optimize archaeological work and the already traditionally scarce available resources. However, the Portuguese archaeological community tends to be more reluctant to adopt tools in the early stages of their development. This work presents mobile devices equipped with LiDAR sensors, initially launched in 2020 by Apple, with an exclusively archaeological perspective, emphasising the capabilities of these “tools of the future”, which optimise and improve the archaeological work and record itself, already available today.

Notas introdutórias

Num mundo em acelerado desenvolvimento tecnológico, o ritmo de mudança e adaptação tem-se tornado humanamente difícil de acompanhar, sendo necessário ser-se mais criterioso nas ferramentas, técnicas e *softwares* nas quais se investe (tanto a nível financeiro, como também a nível de aprendizagem). Como tal, e tentando minimizar riscos e otimizar o tempo despendido, baseamos muitas das nossas escolhas em conselhos e recomendações de colegas, ou de conhecidos, bem como das cada vez mais comuns “reviews” de produtos, disponíveis online.

O presente trabalho pretende servir como um ponto de revisão inicial dos sensores LiDAR, disponíveis em dispositivos móveis, nomeadamente *iPhones* e *iPads*, com um olhar mais científico, criterioso, mas principalmente com um ponto de vista prático, tendo como referência a prática arqueológica nacional. Desta forma, é possível utilizar casos de estudo específicos, tanto a nível empresarial como em contexto de investigação, que ilustram o potencial que este tipo de ferramentas aporta na optimização dos processos de registo arqueológico e na salvaguarda do património, em múltiplos contextos.

Por outras palavras, confirmando e atestando a real utilidade que este tipo de dispositivos apresenta, compreendendo também o funcionamento e características do próprio sensor LiDAR, apresenta-se o que, para os autores do presente trabalho, é uma ferramenta indispensável para a prática arqueológica dos próximos anos.

1. A Descrição técnica do iPad Pro e do Sensor LiDAR

O desenvolvimento de novas técnicas de medição (varrimentos laser, Visual SLAM e fotogrametria) e o incremento do poder computacional pessoal e dos dispositivos móveis, nas últimas décadas, proporcionou o ambiente favorável ao aparecimento de soluções tecnológicas acessíveis ao público menos especializado e financeiramente mais comportáveis. Este é, por exemplo, o caso do LiDAR.

¹ FCT – ICArEHB (catarinasbasilio@gmail.com)

² FCT - UNIARQ – CEG (andrelopes@campus.ul.pt)

³ ERA Arqueologia (tiagopereiro@era-arqueologia.pt)

O princípio da tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging) assenta na determinação de coordenadas tridimensionais de pontos, por intermédio da emissão e recepção de pulsos laser (Wehr, Lohr, 1999; Lillesand, Kiefer, 2000; Dalmolin, Santos, 2004; Shan, Toth, 2008), bem como da reflectância de alguns objectos. Assim, esta técnica permite a medição do tempo entre o lançamento e o retorno do pulso refletido, multiplicado pela velocidade do feixe: conhecido como *Time of Flight (ToF)* (Wehr, Lohr, 1999; Lillesand, Kiefer, 2000). A frequência e o padrão de varredura dos pulsos de laser emitidos sobre a área em estudo é, geralmente, perpendicular em relação ao dispositivo LiDAR usado, podendo este encontrar-se acoplado a um avião, a um *drone*, ou mesmo a um *iPhone* ou *iPad*. Desta forma, potencia-se uma maior cobertura espacial, reduzindo-se as áreas com vazio de dados.

Além desta característica, alguns sensores são capazes de receber múltiplos retornos a partir de um único feixe, o que significa que é possível classificar a proveniência da sua origem (pontos das copas das árvores ou pontos de superfície), contribuindo para uma análise mais eficaz e focada no objetivo do trabalho. Desta forma, o LiDAR torna-se uma poderosa ferramenta de obtenção e posterior análise de dados, com um papel decisivo para a detecção, extração e reconstrução de objectos tridimensionais, com base na nuvem de pontos obtida. Contudo, a característica mais apelativa do LiDAR, e que o fez destacar-se no âmbito da comunidade arqueológica mais “tecnológica”, é a sua capacidade de penetração na vegetação, podendo ser utilizado como ferramenta para desvendar eventuais estruturas/construções arqueológicas, camufladas na superfície do terreno.



Figura 1 – Sensor LiDAR presente nos dispositivos da Apple.

No que concerne o caso do sensor LiDAR presente nos equipamentos da *Apple Inc.* este enquadra-se no grupo de sensores terrestres que, por sua vez, se encontram subdivididos entre móveis e estáticos. Dadas as suas características e a natureza para a qual foram construídos, estes sistemas encaixam-se no subgrupo móveis.

A diferença entre os sensores LiDAR comumente usados nos sistemas aéreos e os sensores da *Apple* passa pelo recurso ao *Direct Time of Flight (DToF)*. A introdução do sistema

customizado LiDAR, em 2020, por parte da *Apple* visou o aperfeiçoamento da aplicação de realidade aumentada (AR) para, em primeira instância, a interface de programação (API) do *iPad Pro 2020* e o *iPhone 12 Pro*. O LiDAR é composto, segundo as descrições técnicas disponibilizadas pela *Apple*, por uma superfície da cavidade vertical emissora de Laser (VCSEL), o *DToF* de infravermelho próximo (NIR), CMOS sensor de imagem em que inclui pequenos pixels de diodos de avalanche de fóton único (SPAD) (*Apple*, 2020).

Simplificando e resumindo, o *DToF* é um tipo de LiDAR que utiliza o tempo de voo directo para realizar a medição de distâncias. Este, segue o princípio da medição de distância através da emissão do pulso de luz infravermelho próximo e a recepção do mesmo, após o contacto com uma superfície. A medição é feita pela velocidade em que a luz é rebatida no alvo. Ou seja, o sistema presente nos dispositivos da *Apple* tem apenas a capacidade de obtenção de um retorno por cada pulso. Quanto ao ângulo de visão do *DToF*, este é de aproximadamente 60° por 48° (*Bobrowski et al.*, 2022). No caso de um grande campo de visão, a luz irá ser atenuada pela distância. De forma a garantir a distância de detecção, estes equipamentos usam elementos ópticos difrativos para a emissão de uma matriz de pontos, em que, cada uma, cobre um intervalo de 1° por 1°.

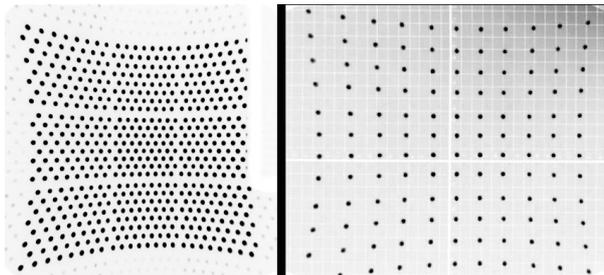


Figura 2 – Matriz de Pontos.

Além das características da emissão dos pulsos de luz, na fase de recepção, o sistema recorre a um sensor *Sony*, de resolução 30K, com tamanho de pixel de 10µm usando a tecnologia *DToF*. Assim, significa que o LiDAR presente cria uma grelha fina de pontos, com a distância a cada um a ser medida individualmente (*Gollob et al.* 2021). Desta forma, com uma alta taxa de medições, é possível adquirir e criar uma nuvem de pontos tridimensionais multitemporais de objectos em movimento (*Spreafico et al.*, 2021). O padrão desenhado pelos pontos é analisado pelo *software* para criar um mapa de profundidade que, posteriormente, é interpretado através de um modelo matemático gerado por algoritmos de *machine learning* (*Alfaro-Santafé et al.*, 2020; *Amornvit, Sanohkan*, 2019; *Olade et al.*, 2018; *Carey et al.*, 2017).

Portanto, o sensor LiDAR disponível nos dispositivos *Apple* (*iPhone 12 Pro*, *iPhone 12 Pro Max*, *iPhone 13 Pro*, *iPhone 13 Pro Max*, *iPad Pro 2020* e *iPad Pro 2021*) é capaz de realizar varreduras num amplo espectro de ambientes internos e

externos, sendo apenas ligeiramente afectado pelas condições de iluminação (Gollob *et al.*, 2021). No entanto, e no que concerne a sua aplicação em Arqueologia, a limitação física que impede a realização de varrimentos a uma distância superior a 5 metros e a incapacidade de penetração da vegetação, uma vez que apenas obtém um retorno após o contacto com o alvo, podem ser entendidas como eventuais entraves ao seu uso. Todavia, ainda que possivelmente limitadoras, estas características são explicadas com o propósito principal para o qual foram pensadas – realidade aumentada - podendo também ser vistas como potencialidades, às quais se alia o constante lançamento de *softwares* como *ARKit* e *RealityKit* orientados para agilizar o desenvolvimento da RA.

1.1 Possíveis funcionalidades do LiDAR do iPad

Ainda que os sensores embutidos nos equipamentos da *Apple* estejam orientados, em especial, para a realidade aumentada, a facilidade e acessibilidade de aquisição permitiu a sua adequação a áreas tão diferentes quanto a Arquitectura, Arqueologia, Biologia, Engenharias, Geologia, Geografia, entre outras. Como tal, foi necessário o desenvolvimento de aplicações, por parte de terceiros, que exploram e potenciam as múltiplas aplicabilidades do LiDAR, passando pela medição, posicionamento tridimensional virtual de objectos, até à identificação de pessoas ou objectos. É, portanto, possível, com aplicações especificamente desenhadas para iOS (sistema operativo dos dispositivos *Apple*), fazer um levantamento arquitectónico rigoroso, identificar espécies botânicas, analisar a densidade florestal, proceder a inspecções periódicas de infraestruturas ou mesmo analisar volumetrias.

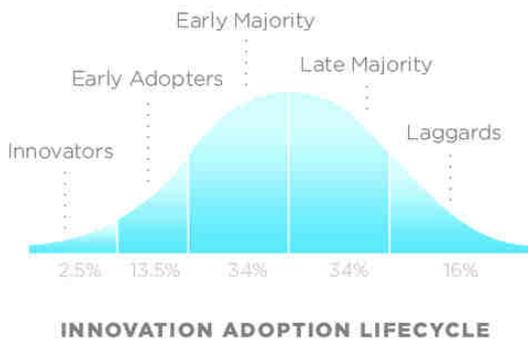


Figura 3 – Curva de adopção tecnológica (Rogers, 2003).

Admitindo e explorando o ciclo de adaptação tecnológica, desenhado por Everett Rogers (2003), e dada a ainda reduzida produção de artigos científicos envolvendo estes novos equipamentos, encontramos-nos a experienciar uma fase de adopção inicial de uma tecnologia, não só na Arqueologia, como em muitas outras ciências. Isto significa que, apenas uma parte minoritária de indivíduos, principalmente jovens, está ciente e disposto a entrar em

experimentações com estas novas ferramentas, sendo responsáveis pela futura comunicação da eficácia ou inutilidade da mesma (Rogers, 2003).

Assistimos assim, por parte da comunidade científica em geral, desde 2020 – aquando do lançamento destes equipamentos – à produção e avaliação do uso do sensor LiDAR *Apple* nas áreas da Indústria florestal, automóvel, património e avaliação técnica. Neste âmbito, e com este intuito, foram apenas produzidos 10 artigos que exploravam as potencialidades e adequação do LiDAR destes dispositivos, bem como a confrontação com os meios e ferramentas já existentes.

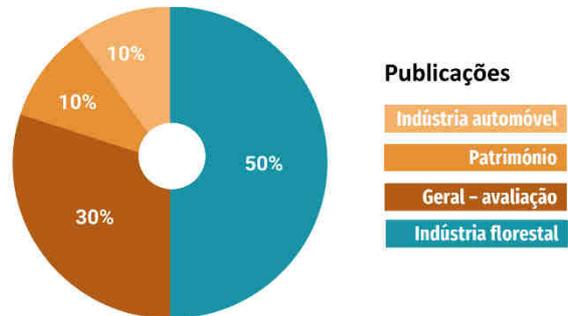


Figura 4 – Análise das publicações onde o sensor LiDAR da Apple é trabalhado.

Em todos os casos identificados, o principal benefício identificado correspondia a uma redução substancial no custo e tempo de realização das tarefas, face às ferramentas e técnicas existentes. Quando a análise confrontava os dois dispositivos disponíveis (*iPad* vs. *iPhone*), os resultados sugerem que não existe uma vantagem clara entre ambos, ainda que, no trabalho arqueológico, um ecrã de maiores dimensões, disponível apenas nos *iPad*, permita um maior controlo e interacção com os outputs gráficos produzidos. Tanto nos estudos de medição florestal (McGlade *et al.*, 2022; Gollob *et al.*, 2021; Tatsumi *et al.*, 2021), como na avaliação para a aplicação nas geociências (Luetzenburg *et al.*, 2021), denotou-se que a comparação com sistemas tradicionais de LiDAR, fotogrametria, ou mesmo de scanner 3D de mão (Vogt *et al.*, 2021), era impraticável. O sensor LiDAR *Apple* tem um custo bastante reduzido, face às tecnologias existentes e, por consequente, os resultados não oferecem a mesma qualidade e detalhe. Ainda assim, os resultados são satisfatórios, como notado, por exemplo, na identificação de estruturas florestais, com uma taxa de 97,3%(*iPad*) para 99,5% (GeoSLAM Zeb Horizon PLS), tendo resultado, na estimativa do diâmetro, num RMSE (Root Mean Square Error) de 3,13cm e um enviesamento de 0,58cm (*iPad*), frente a um RMSE de 1,59cm e um enviesamento de 0,54cm do GeoSLAM.

Em suma, e refutando o que muitos dos estudos sublinham, considera-se que a principal vantagem da utilização e

aplicação dos dispositivos *Apple* com sensor LiDAR é, sobretudo, o custo/qualidade, mesmo que o tempo seja determinado e condicionado pela complexidade da área em estudo. Por outro lado, a portabilidade e rápida capacidade de processamento. Uma vez que a captura é contínua e não existe a necessidade de estacionar o equipamento, a visualização dos dados capturados é feita quase em tempo real, devendo-se esta rapidez aos *chips* de elevado desempenho, destacando-se o processador M1 (o topo de gama da *Apple*), incluído apenas nos *iPad* de 2021. Assim, a visualização no contexto da captura, bem como o processamento de dados integrados, reduz a dependência de *hardware* e *software* muitas vezes inacessíveis fora do mundo empresarial e académico, tornando-o mais rentável do que as técnicas de varrimento LiDAR terrestre, ou da própria fotogrametria. Com os dispositivos da *Apple* com o sensor LiDAR incluído é então possível criar modelos mais leves e versáteis, que permitem e facilitam a partilha de dados através de diferentes plataformas e infraestruturas. No que concerne à precisão, ainda que não sejam atingidos os padrões mais avançados da fotogrametria, estes aparelhos são capazes de representar, de forma bastante realista, ambientes complexos, como o penhasco costeiro de Roneklint (Luetzenburg *et al.*, 2021), com níveis de precisão no limiar dos 10cm. Estes resultados tendem a ser atenuados e/ou melhorados com a exportação e processamento das nuvens de pontos em bruto para um *software* externo, tratando-se, desta forma, de uma questão de tempo até que surjam novas aplicações que otimizem este processo.

2. Truques, dicas e sugestões para um workflow inicial

Apresentar um workflow de trabalho para uma ferramenta tão recente quanto o LiDAR incorporado nos dispositivos móveis da *Apple* é, necessariamente, uma primeira abordagem e principalmente um conjunto de truques e dicas. Estas, resultam da súmula das experiências tidas pelos autores, servindo como um guia inicial, ou um ponto de partida, para explorar mais aprofundadamente outras aplicações, funcionalidades e propósitos desta tecnologia, no âmbito dos distintos tipos de trabalho arqueológico.

O primeiro passo prende-se com a aquisição do equipamento. Dependendo das necessidades e disponibilidades da empresa/arqueólogo, pode optar-se tanto pela compra de um dispositivo móvel, como o *iPhone*, ou de uma ferramenta de maiores dimensões, como um *iPad*. Tendo em conta a natureza dos trabalhos de registo arqueológico, os ecrãs de 11' e 12,9' dos *iPad Pro* são mais úteis para o trabalho de registo arqueológico, possibilitando uma maior flexibilidade na visualização, tratamento e processamento dos modelos 3D finais, bem como podendo servir como plataformas para outro tipo de registo (fichas de unidade estratigráfica, de acompanhamento, bases de dados, entre outras). Todavia, reconhecendo que as dinâmicas e procedimentos de trabalho são principalmente adquiridos com a prática e a rotina, o tipo de equipamento é da escolha individual do utilizador, tendo ambos as mesmas características, no que concerne ao LiDAR. A única vantagem do *iPhone*, em relação ao *iPad*, prende-se com a qualidade das câmaras traseiras e, por inerência, de um modelo texturizado de maior qualidade, sendo estas superiores no *iPhone*.

A próxima etapa é a escolha da aplicação que servirá como base para a elaboração e processamento dos modelos 3D. Uma vez que estamos perante um dispositivo que funciona num ecossistema próprio (iOS) e em que as suas aplicações (apps) se encontram optimizadas ao *hardware*, a proveniência destas está limitada à loja que vem nativamente instalada - a App Store. Ainda assim, são incontáveis as aplicações para produzir os modelos, tanto pagas como gratuitas, sendo imprescindível um processo de pesquisa - com consulta das informações e funcionalidades de cada App e de respectivas reviews - de experimentação - com o download e teste de algumas destas apps - e, por fim, de ponderação sobre as diversas opções.

Neste trabalho, como apenas foram testadas aplicações gratuitas, recorrendo-se igualmente às funcionalidades que não requerem planos pagos, o número de testes foi relativamente reduzido, cingindo-se a três apps: *EveryPoint*, *Scaniverse* e *3D Scanner App*. Outras aplicações instaladas, mas que não cumpriam os requisitos foram: *Polycam*, *Henges*, *RoomScan LiDAR*, *3D Scanner*, *LiDAR Scanner 3D* ou ainda *Canvas*.

No que concerne a App *EveryPoint*, esta apresenta-se como uma aplicação que combina todo o potencial do *ARKit* da *Apple*, com algoritmos de fotogrametria. Ainda que a interface seja bastante fácil de compreender e conte com quatro modos de cálculo do modelo, esta aplicação apenas permite exportar em .PLY (polígonos), limitando os *softwares* onde o modelo pode ser trabalhado posteriormente. Faltam-lhe também algumas funcionalidades no que concerne ao controlo do processamento e interacção com o modelo.

A *Scaniverse* é, por sua vez, muito mais dinâmica e personalizável, com três modos predefinidos de processamento: modo rápido, modo "área", para modelos mais extensos, ou modo detalhado. Também a nível da interacção com o output 3D, a App apresenta mais funcionalidades, como a rotação e medição do modelo. No entanto, ainda que mais flexível que a *EveryPoint*, não permite ao utilizador o re-processamento da nuvem de pontos, da mesh ou da própria máscara do modelo. Nos tipos de exportação possível esta aplicação gratuita é bastante completa, com sete tipos de formatos: FBX; .OBJ; GLB; .USDZ; .STL; .PLY; .LAS.

Por fim, a aplicação *3D Scanner App*, utilizada, preferencialmente, pelos autores, é totalmente gratuita, incluindo todas as funcionalidades (fig.5). A interface de captura é limpa, com guias de obtenção de dados (fig.5: b), podendo alternar-se entre o modo de captura LiDAR normal (Fig. 5: a), o modo LiDAR avançado, o modo de visualização da nuvem de pontos obtidos e o modo TrueDepth. A maioria dos modelos é realizado no modo LiDAR normal, uma vez que garante a qualidade necessária para a extracção de ortofotografias detalhadas. O modo de visualização da nuvem de pontos permite um maior controlo dos dados obtidos e de eventuais vazios de informação, enquanto o modo TrueDepth, uma novidade da versão mais actualizada, tenta ultrapassar uma das limitações óbvias do LiDAR no iPad - a captura de objectos pequenos ou com grandes detalhes. Ao utilizar o

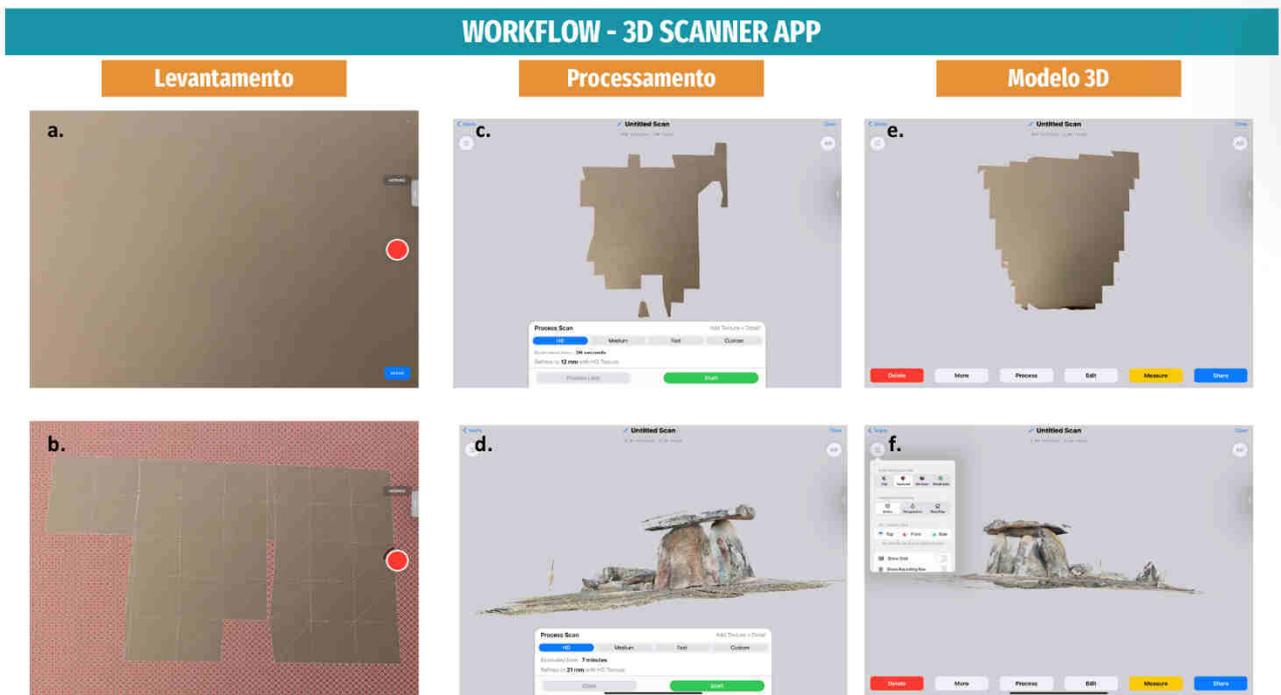


Figura 5 – Simplificação do workflow sugerido no texto, com as visualizações disponíveis na utilização da aplicação 3D Scanner App. a. e b. referentes ao levantamento, com as guias vermelhas, em b. e indicarem zonas não cobertas pelo LiDAR; c. e d. como exemplos da fase de processamento, com o menu de qualidade e definições do processamento na parte inferior das imagens; e. e modelo final começado em a. e f. modelo do levantamento de teste num monumento megalítico, com as opções de visualização disponíveis na aplicação.

sensor de identificação facial frontal (FaceID), consegue reconhecer contornos e variações mais precisas. Todavia, no que concerne, por exemplo, ao registo de artefactos, o *iPad* ou o *iPhone* ainda não são uma solução viável.

Após a captura dos dados, o processamento do modelo poder ser feito com recurso a predefinições já escolhidas - processamento HD, Médio, Rápido - ou utilizando o modo personalizado, onde podem ser alterados os parâmetros referentes à profundidade máxima, à dimensão dos “pixels” (voxel size), ao smoothing e à simplificação do modelo. Esta etapa não é definitiva, uma vez que a aplicação permite voltar a processar todos os modelos realizados, bem como proceder a melhoramentos mais específicos (textura, mesh, dimensão do modelo...) (fig.5: c e d).



Figura 6 – Processo de levantamento de um monumento megalítico perto do Recinto de Fossos de Santa Vitória (Campo Maior).

Com o modelo devidamente processado, os eixos X e Y podem ser reorientados, servindo como referência para eventuais cortes a realizar, para melhorar a apresentação ou visualização do levantamento 3D e da futura ortofotografia. Nesta fase é também possível medir distâncias, gravar em vídeo o modelo 3D (útil para a divulgação e comunicação com o público), mas ainda, caso necessário, melhorar o output, continuando o levantamento iniciado. Assim, mesmo após o processamento, é sempre possível incrementar os dados recolhidos.

A nível da exportação, a *App 3D Scanner App* fornece 12 tipos de ficheiros distintos: iMessage/USDZ; Vídeo; Floor plan image; .OBJ; .GLTF; .GLB; .STL; Nuvem de Pontos nos formatos .PCD, .PLY, .PTS, .XYZ, .LAS, .e57; DAE; FBX e P3d.in contando ainda com a possibilidade de partilha directa no *Sketchfab* ou a exportação integral de todos os dados.

Após a exportação, o modelo pode ser aberto e manipulado em *softwares* de visualização ou produção de modelos 3D, como o *Agisoft*, o *Blender* ou o simples visualizador de modelos 3D do *Windows*, a partir dos quais podem ser extraídas distintas vistas e ortofotografias.

Alguns truques, dicas e informações importantes são:

1. Não realizar movimentos bruscos com o aparelho, nem demasiado rápidos. Ainda que o sensor LiDAR capture a realidade de forma muito rápida, a câmara do dispositivo é mais lenta, podendo afectar a qualidade da máscara do modelo;

2. Confirmar a qualidade do modelo, realizando o seu processamento em campo, evitando zonas vazias de dados;
3. A criação e processamento 3D consomem alguma bateria aos dispositivos, bem como a sua exportação;
4. A exportação é realizada, por norma, em ficheiros .ZIP, que podem ser incompatíveis com alguns sistemas operativos;
5. Por segurança, e por questões de salvaguarda, é boa prática a exportação integral dos dados produzidos pela aplicação.

3. Casos de estudo: diferentes aplicações em diferentes âmbitos

O mundo da Arqueologia desdobra-se em múltiplas áreas que se regem com base em distintas metodologias, sob uma agenda científica e social relativamente comum: a aproximação às comunidades do passado. Ainda assim, e utilizando dois exemplos da Arqueologia que é praticada em território nacional - as ditas “empresarial” e “académica” - é notório o desfazamento no que toca à introdução de novas tecnologias, sendo a primeira das Arqueologias, e com casos concretos em Portugal (como a ERA Arqueologia S.A.), conhecida por testar e aplicar novas ferramentas. Esta prática pretende otimizar o trabalho arqueológico, potenciando uma maior qualidade e rigor do registo mas, simultaneamente, diminuindo o tempo que esta tarefa ocupa em âmbito empresarial.

Todavia, ainda que as ferramentas disponíveis no mercado sejam diversas, nem todas são economicamente acessíveis ou viáveis, existindo também algumas dificuldades técnicas para a correcta recolha, e, principalmente, processamento e análise dos dados. No caso da tecnologia LiDAR associada aos dispositivos *iPad* e *iPhone* da *Apple*, ainda que represente um investimento monetário relativamente elevado para um utilizador comum, materializa o primeiro sistema integrado e completamente pronto a usar na casa das centenas de euros. Por outro lado, o ambiente iOS, intuitivo e *user friendly*, é já comumente usado no mundo arqueológico, potenciando uma maior compreensão e utilização da ferramenta.

Tendo como objectivo ilustrar a aplicabilidade do LiDAR do *iPad* e do *iPhone*, serão apresentados casos de estudo concretos, que tentam abranger tanto uma utilidade em contexto comercial (realizados com recurso a um *iPad Pro 11”* 2020), como no âmbito de trabalhos de campo de projecto de investigação em curso (com um *iPad Pro 12,9”* 2021 5ª geração).

3.1 Aplicação em âmbito de acompanhamento arqueológico

O acompanhamento arqueológico de uma obra refere-se à acção de monitorização, por parte de um arqueólogo devidamente creditado, de actividades relacionadas com, por exemplo, abertura de valas, terraplanagens, demolições, etc.

Neste tipo de acções, as condicionantes ao levantamento arqueológico são bastantes, geralmente relacionadas com as

ferramentas à disposição do arqueólogo, mas também com o processo continuado dos trabalhos, raramente interrompidos. Por norma, o registo neste tipo de intervenções é feito através de fotografia digital, com o preenchimento de uma ficha de acompanhamento arqueológico com vários parâmetros descritivos e, quando aplicável, com desenho manual (à escala ou croqui).

Com base nas condicionantes supracitadas, às quais se pode adicionar ainda a grande mobilidade requerida ao arqueólogo que acompanha e monitoriza o desenrolar dos trabalhos, a utilização de um único dispositivo móvel, dotado de todas as aplicações necessárias a um registo adequado das realidades observadas, torna-se uma ferramenta imprescindível. Não é intenção deste texto analisar o potencial de aplicabilidade de diferentes rotinas de registo em acompanhamentos arqueológicos, contudo, é evidente que a incorporação das folhas/fichas de registo numa base de dados digital (ou num *software* com organização tabular, como o excel), pode ser facilmente conseguida com recurso a qualquer dispositivo móvel. As próprias lentes que têm vindo a ser incorporadas neste tipo de utensílios permitem garantir uma qualidade e definição fotográfica bastante altas, possibilitando assim um registo fotográfico das diferentes etapas da execução do trabalho de monitorização.



Figura 7 – Ortofotografia e secção extraídas do modelo 3d texturizado. À direita, caneiro de águas pluviais; à esquerda, poço de cronologia contemporânea.

No que respeita aos tradicionais desenhos e/ou croquis, os dispositivos aqui em análise possuem todas as características para simplificar mas também para assegurar um registo fidedigno das realidades detectadas. Como exemplo, escolheu-se o acompanhamento da abertura de uma vala em meio urbano, na qual foi identificada uma estrutura de época contemporânea, relacionada com o escoamento de águas pluviais. Para a comparação tempo/qualidade, utilizou-se o registo tradicional e o registo realizado com um dispositivo móvel do tipo *iPad Pro 11”* de 2020, analisando-se igualmente o posterior processamento dos dados de campo, para efeitos de relatório de intervenção a entregar na Direcção-geral do Património Cultural.

O registo tradicional consistiu na realização de uma limpeza expedita, seguido pela fotografia digital e respetiva descrição, com a conclusão do registo após desenho da realidade em

papel milimétrico. Em comparação, foi simultaneamente realizado um levantamento com o iPad Pro 11" de 2020, com um workflow muito mais reduzido e célere: a limpeza da área a registar seguida pelo levantamento, correcção e upload do modelo 3D criado. O tempo contabilizado para o registo tradicional foi de cerca de 15 minutos, contrastando gritantemente com os 2,5 minutos requeridos para o mesmo processo de registo com recurso ao iPad.

Tabela 1 - Comparação entre o processo de registo arqueológico tradicional e registo móvel digital.

	Registo Tradicional	Registo móvel digital
Campo	Fotografia digital. Ficha de registo fotográfico. Descrição. Desenho / Croquis.	Levantamento digital com sensor LIDAR. Ajuste, correcção, processamento.
Gabinete	Upload de imagens. Digitalização de registo.	Escolha do ângulo e produção da ortofotografia.

No que respeita ao trabalho de gabinete, findada a intervenção em campo, para o levantamento 3D realizado com recurso ao dispositivo móvel, foi apenas necessário escolher quais as perspetivas que mais informação permitiam recuperar, procedendo-se à reconstrução e interpretação vectorial directamente no software de desenho no computador. No caso do registo tradicional, para o qual apenas dispúnhamos de imagens e ângulos estáticos recolhidos no decurso da intervenção arqueológica, não foi possível realizar o registo vectorial sobre a foto, uma vez que esta não apresenta uma projecção ortofotográfica.

Em suma, para além de uma redução no tempo de registo, o recurso a um dispositivo móvel equipado com sensor LiDAR, permitiu salvar, de forma mais eficaz e duradoura, uma estrutura arqueológica que foi desmantelada. Assim, será possível, através da partilha do modelo 3D criado, um retorno a este contexto que, pelas características do próprio hardware do equipamento usado, contém informações métricas reais e posicionamento geográfico.

3. 2 Aplicação em prospecções arqueológicas

A par dos acompanhamentos, as ferramentas e metodologias propostas são também úteis para os trabalhos de prospecção arqueológica ou levantamentos de campo. Nestes, para além da procura e identificação de sítios arqueológicos, é realizada uma colecta de informação sobre a localização, distribuição e organização de vestígios materiais de antigos grupos humanos, numa área geográfica específica. Geralmente, e no que ao trabalho de campo diz respeito, às ferramentas utilizadas são variadas, podendo ir desde uma simples bússola, até a instrumentos mais complexos, como é o caso de um GPS, ou de equipamentos de detecção remota.

Nesta última categoria podem ser enquadrados os distintos sensores LiDAR disponíveis no mercado.

Não sendo objectivo deste documento a discussão das terminologias utilizadas e aplicadas na descrição do tipo de sítios identificados, e a sua valoração qualitativa, uma vez que esta está dependente da experiência do registador, os aparelhos aqui em estudo podem ser particularmente úteis para o registo de sítios visíveis, ou seja, de todos os vestígios em positivo. Estes são, por norma, salvaguardados através de elementos fotográficos (digitais) e gráficos (com desenhos e/ou croquis). Tendo em conta as metodologias descritas, a utilização do iPad ou iPhone Pro fará sentido em sítios classificados como etnográficos ou de arquitectura popular e civil, como um poço ou um casal rústico (monte alentejano).

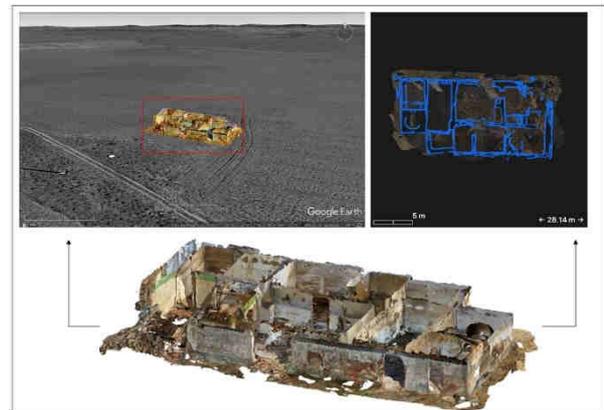


Figura 8 – Modelo tridimensional de uma estrutura típica do Alentejo. O levantamento serviu para georreferenciar um modelo e extrair informações da arquitectura para análise da memória descritiva.

Com vários levantamentos já executados em campo, é possível concluir que, tal como nos acompanhamentos arqueológicos, também nos trabalhos de prospecção a utilização destes aparelhos torna o trabalho mais expedito. Como é possível observar nas figuras 7 e 8, a recolha deste tipo de dados em âmbito de prospecção arqueológica, permite a visualização tridimensional das estruturas com acesso a informações como a sua dimensão, planimetria, estado de conservação, entre outras. Com o enriquecimento dos modelos com notas e descrições recolhidas em campo, é depois possível, já numa fase de elaboração de relatório final, apresentar as perspetivas que melhor ilustram a realidade arqueológica identificada.

3.3 Aplicação em projectos de investigação: os casos práticos dos recintos murados da Ota e do Recinto de fossos de Santa Vitória.

Ainda que os casos previamente apresentados sejam referentes a experiências em contexto empresarial, estes não divergem, metodologicamente, em grande medida quando comparados a trabalhos realizados nouro tipo de projectos. Isto significa que, ainda que os exemplos escolhidos para ilustrar a aplicação destas ferramentas em trabalhos de escavação arqueológica, sejam referentes a projectos de investigação, as considerações e metodologias são válidas, independentemente da cronologia e do âmbito da intervenção. Todavia, o sítio da Ota, em Alenquer, e o Recinto

de Fossos de Santa Vitória, em Campo Maior, representam um contraste bastante notório, quer no tipo de arquitecturas identificadas, quer na própria geologia de base.

O sítio da Ota tem vindo a ser intervencionado desde 2019, sob a direcção de André Texugo e a co-direcção de Ana Catarina Basílio (ambos autores deste trabalho). Na bibliografia, a Ota é tradicionalmente categorizada como um “povoado fortificado” em altura, típico da área onde este sítio arqueológico se enquadra - Estremadura Portuguesa. No entanto, esta atribuição tem vindo a ser questionada à luz dos trabalhos de campo, que revelaram uma dinâmica construtiva mais complexa do que inicialmente pensado, em muito justificada pela reduzida sedimentação, manipulação e aproveitamento antrópico do calcário de base (Texugo, 2022). Este, na área intervencionada em 2021, encontrava-se bastante modificado, numa combinação entre fracturas naturais e a retirada de blocos para a formação de uma estrutura circular negativa.

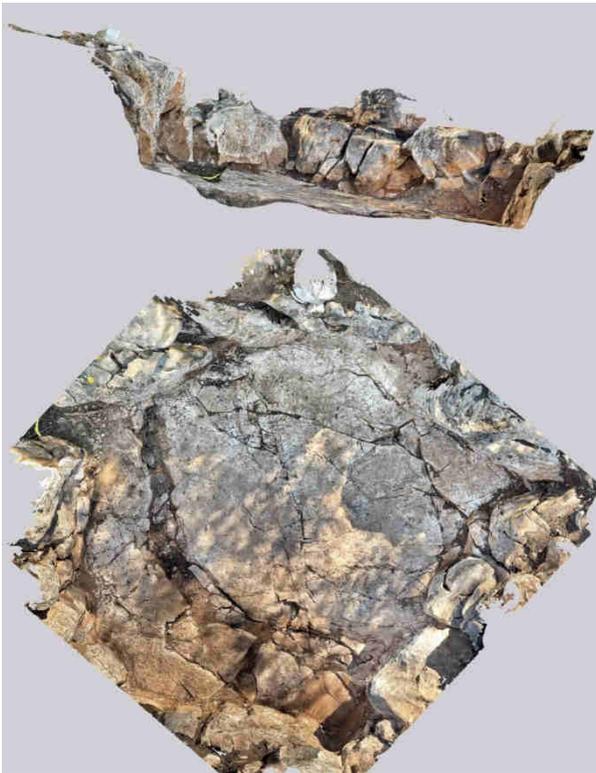


Figura 9 – Ortofotografia e secção da estrutura 3 do Recinto Murado da Ota (segundo Texugo, 2022).

Foi nesta intervenção, de 2021, que parte do processo de escavação pôde ser registado com auxílio de um *iPad Pro*. Ainda que os contextos identificados apresentassem uma grande complexidade, extensão e detalhe, foi atestado que, se o levantamento, com recurso ao *iPad*, for feito de forma ligeiramente mais lenta (mas ainda assim muito mais rápida que uma câmara DSLR), é possível produzir modelos 3D bastante pormenorizados, com apenas pontuais áreas sem dados. Desta forma, no decurso dos trabalhos, esta

ferramenta foi usada para proceder ao registo de novas unidades estratigráficas, ou seja, para produzir ortofotografias, algumas delas incluindo deposições de restos faunísticos, bastante claros nos outputs finais. Por outro lado, foi também levado a cabo um teste, que pretendeu proceder ao levantamento da estrutura negativa circular intervencionada. Esta acção tinha como foco principal a divulgação desta realidade arqueológica, junto dos distintos agentes locais (Câmara Municipal de Alenquer e residentes de Ota) que, até ali, não tinham visitado os trabalhos *in loco*. Tomando partido da Realidade aumentada, disponível na aplicação 3D Scanner App, tornou-se possível visitar e usufruir da estrutura à distância.

Na fase de registo integral da área intervencionada, compreendeu-se que o modelo 3D produzido com o *iPad* levaria substancialmente mais tempo do que se o registo fosse feito com recurso a drone. Existia, inclusivamente, a possibilidade de uma sobrecarga do *hardware* de processamento do dispositivo, que levaria a um encerramento da aplicação utilizada, sendo necessário produzir um modelo em qualidade inferior. Ainda assim, tanto os pontos obtidos, como as fotografias tiradas automaticamente pelo dispositivo, podem ser exportadas para computador e posteriormente processadas.

Já no Recinto de Santa Vitória, a coordenação e direcção dos trabalhos de campo, bem como do próprio projecto de investigação associado (SANVIT), encontra-se a cargo de uma equipa da empresa Era Arqueologia, mais concretamente de António Valera, director do Núcleo de Investigação Arqueológica, com a codirecção de um dos signatários deste texto (Ana Catarina Basílio). Este sítio arqueológico tem vindo a ser recentemente intervencionado (2018 a 2021) e largamente publicado (Valera *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2020; Basílio *et al.*, 2021), implantando-se numa elevação com 312 m de altura. Do ponto de vista geológico, implanta-se numa área caracterizada por rochas magmáticas e migmatíticas, que são cruzadas por diversos filões de gabros, dioritos e rochas híbridas (rochas brandas), que se estende até Santa Vitória, constituindo o seu substracto geológico. Por outras palavras, em Santa Vitória a matriz geológica desagrega-se e desgasta-se com bastante facilidade, apresentando uma tonalidade muito esbranquiçada.

A nível arqueológico, resumindo o projecto corrente e os trabalhos prévios a este, para além de duas linhas de fossos foram também identificadas, e intervencionadas, 19 fossas, das quais oito se implantam no interior do recinto formado pelo Fosso 1, enquanto as restantes são externas a este espaço, encontrando-se apenas duas fora da área desenhada pelo Fosso 2 (Valera *et al.*, 2019).

De forma geral, durante a campanha de 2021 (três semanas de trabalho entre Setembro e Outubro), na qual a equipa dispunha já do *iPad Pro*, um total de 24 registos ortofotogramétricos foram realizados, abrangendo três estruturas distintas (duas sondagens no fosso mais externo, uma sondagem no Fosso 1 e ainda uma estrutura negativa de tipo fossa) e dois novos sectores. No que toca a áreas de

escavação, excluindo a fossa, estas variavam entre os 4m² e 12m², o que significa que nenhum dos modelos realizados levou mais de 20 minutos entre a colocação dos pontos de referência, a sua georreferenciação, realização do levantamento 3D, processamento e melhoramento final, ainda no *iPad*. Se multiplicarmos estes 20 minutos pelos 24 modelos realizados, para registar criteriosamente três semanas de intervenção, foram apenas necessárias cerca de 8 horas, às quais podemos adicionar 2 horas para a devida produção gráfica das ortofotografias (com grelhas de coordenadas, indicação de Norte e numeração das respectivas realidades representadas), já no computador. Em suma, quando a campanha arqueológica terminou, todo o registo gráfico se encontrava já devidamente concluído.

Estes números são bastante diferentes dos obtidos durante a campanha de 2020. Nesta, foram realizadas 16 ortofotografias que, apenas no processo de colocação dos pontos de referência, a sua georreferenciação e a obtenção das fotografias para, em gabinete, produzir o modelo 3D, ocuparam 30 minutos, quando não mais (em contextos com mais detalhe, como deposições estruturadas). Se às 8 horas (16 ortos x 30 minutos) de registo em campo, juntarmos as cerca de 120 horas de produção dos modelos 3D para a produção da ortofotografia final (num PC com um processador Intel I7, 16GB de RAM e uma placa gráfica Nvidia GeForce), o registo final de 2020 de Santa Vitória ocupou, no mínimo, 128 horas (versus as 10 horas de 2021).

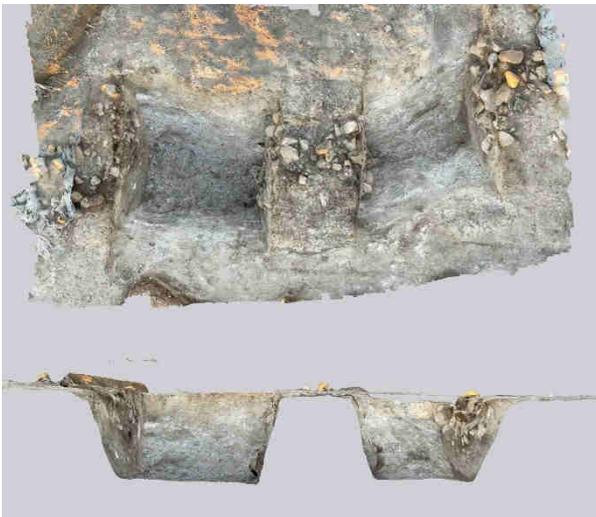


Figura 10 – Ortofotografia e secção de duas sondagens do Fosso 2 do Recinto de Fossos de Santa Vitória.

Alguns problemas identificados no processo de registo passaram pela reflectância da geologia de base que, pela sua tonalidade muito esbranquiçada e estado de conservação, por vezes, originou espaços nulos de dados. Todavia, com a continuação e incremento do número de fotos nos modelos e com a cobertura do sol, estes vazios de informação eram rapidamente colmatados.

Resumindo, nos dois sítios arqueológicos, com características muito distintas entre si, o recurso ao *iPad Pro* para proceder a levantamentos 3D e, posteriormente, para a obtenção de ortofotografias, reduziu substancialmente o tempo ocupado pelo registo, tanto em campo, como em gabinete. Por outro lado, permitiu também confirmar, em campo, a qualidade dos modelos, anulando a necessidade de efectuar correcções computacionalmente e garantindo a correcta preservação, pelo registo, dos contextos escavados. Um outro ponto positivo, principalmente notado nos trabalhos de campo no sítio da Ota, é a possibilidade de descentralizar o processo de produção das ortofotografias. Uma vez que, pela facilidade da ferramenta, e por esta ser bastante intuitiva, é rapidamente ensinada e apreendida a forma correcta de proceder ao levantamento, dando autonomia aos arqueólogos ou aos voluntários. Assim, mesmo com alguns ajustes impostos pela complexidade contextual ou pelas características geológicas dos sítios, o *iPad* permite otimizar e maximizar o tempo de trabalho em campo, tendo igualmente um forte impacto em todas as tarefas pós-escavação.

Os resultados discutidos neste ponto basearam-se na realização de modelos 3D capturados, tratados e processados em qualidade máxima, num *iPad Pro* de 12,9" de 5ª geração, na aplicação *3D Scanner App*.

4. Uma “review” arqueológica: potencialidade e limitações de uma técnica de futuro

Nos dias que correm, deparamo-nos cada vez mais com uma exponencial democratização das ferramentas e dos *softwares*, em muito pela valorização e preferência por *Freeware* (*software* gratuito) e *Open Source* (com inputs dos utilizadores), aliada à ideia de uma Ciência também ela aberta e partilhada (Wilkinson *et al.*, 2016).

A própria COVID-19, e uma rápida e forçada conversão, quase global, às ferramentas online acabou por influenciar e ditar não só a maneira como actualmente produzimos conhecimento, como também alertar para e evidenciar a necessidade de uma maior intervenção social por parte de várias empresas privadas.

É neste ambiente que, em 2020, a *Apple* incorpora, pela primeira vez, o sensor LiDAR nos seus dispositivos que, ainda que com um claro intuito mais comercial, facilitou o acesso e a disseminação de ferramentas de digitalização 3D a qualquer pessoal com capacidade financeira para adquirir um dispositivo desta marca.

Num mundo em constante transformação, e perspectivando um futuro claramente incerto, em muito pela velocidade da invenção tecnológica que vivemos, é nossa obrigação, enquanto agentes de salvaguarda e preservação do património cultural, recorrer a todas as ferramentas disponíveis para garantir que o Passado tem a maior longevidade possível, no Futuro.

Assim, tendo esta premissa em conta, as potencialidades da aplicação desta tecnologia e dispositivos é enorme no âmbito da Arqueologia:

1. A curva de aprendizagem é extremamente reduzida. Esta realidade é válida quer seja no que concerne a utilização da interface e respectivas aplicações, como nos gestos técnicos necessários para a realização de um modelo 3D com grande qualidade, ou ainda no posterior processamento ainda *in loco*;
2. Como tanto as aplicações como o dispositivo são bastante intuitivos, é possível descentralizar os processos de registo ortofotogramétrico, criando uma maior autonomia nos projectos e trabalhos de campo;
3. Considerando o tipo de dispositivos em análise, associados à loja de aplicações da *Apple* (App Store), o manancial de aplicações dotadas para a realização de levantamentos é enorme, muitas delas disponibilizadas de forma totalmente gratuita;
4. Tratando-se de dispositivos móveis (quer na variante *iPhone* ou *iPad*), estes podem ser utilizados em trabalhos que implicam a deslocação e mobilidade do arqueólogo;
5. Quando bem aplicada, a rotina de recolha e obtenção de dados, permite a produção de resultados com bastante qualidade, podendo, além do próprio modelo 3D, gerar ortofotos em 4K;
6. Quando comparada com os já tradicionais levantamentos fotogramétricos, permite uma optimização dos processos de registo, reduzindo o tempo consumido, sem colocar em causa a qualidade dos outputs obtidos;
7. Dependendo da aplicação escolhida para realizar o levantamento, a possibilidade de processar, em campo, o modelo 3D, diminui o risco de modelos e ortofotografias com áreas vazias pela ausência de dados, ou com borrões, que comprometem a validade do registo;
8. Com a obtenção de nuvens de pontos originadas a partir do sensor LiDAR, regista-se uma considerável diminuição no espaço necessário para armazenar os modelos 3D e respectivos outputs;
9. Inerente à redução do espaço ocupado e às características físicas dos aparelhos (que permitem um processamento em campo), deixa de existir a necessidade de computadores equipados com *hardware* especializado (e bastante caro) para diminuir o tempo de processamento dos modelos 3D. Isto significa que quase qualquer computador pessoal pode aceder aos modelos 3D e produzir ortofotografias;
10. Caso seja necessário, com o acesso às fotografias na base dos modelos, bem como à própria nuvem de pontos obtida, os modelos podem ser melhorados computacionalmente;
11. Pela diversidade de tipologias de ficheiros nas quais é possível fazer a exportação dos projectos 3D, os problemas de compatibilidade entre versões ou entre distintos *softwares*, podem ser facilmente ultrapassados;
12. A possibilidade de partilhar os próprios modelos 3D, aliados a uma visualização e experiência dos

mesmos com Realidade Aumentada, torna o registo obtido uma excelente forma de divulgação e interacção com o público especializado e menos especializado.

No entanto, ainda que as vantagens sejam numericamente mais expressivas, algumas limitações podem ser salientadas. Estas encontram-se principalmente relacionadas com a qualidade milimétrica do levantamento, com a presença de vegetação e também com a dimensão da área a registar.

Ou seja, em arquitecturas com bastante pormenor, ou em pequenos artefactos, o scanner LiDAR dos aparelhos da *Apple* tende a apresentar dificuldades na identificação de contornos e, como tal, na criação da máscara que cobre o modelo 3D. Isto origina modelos com muito ruído e deformações, o que os tornam, em muitos casos, inutilizáveis. Para contrariar esta desvantagem, aplicações como a *Henges* (não trabalhada aqui), utilizam grelhas impressas já inseridas no próprio *software*, servindo de guias espaciais para a digitalização de objectos de menor dimensão, ainda que nem sempre funcionem.

No que concerne à vegetação, com alguns dos levantamentos realizados e pela limitação que o laser LiDAR tem (com a capacidade de apenas ter um retorno por pulso), tornou-se bastante perceptível que a vegetação, por mais reduzida que seja, afecta substancialmente a qualidade dos modelos produzidos. Desta forma, para garantir o sucesso do levantamento, será necessário proceder a uma limpeza sumária da área a trabalhar, o que pode aumentar o tempo do mesmo.

A dimensão das áreas registadas, ainda que uma limitação, é o reflexo do tamanho e dos objectivos de desenvolvimento dos aparelhos analisados. Com os casos de estudo apresentados ficou claro que as características intrínsecas destas ferramentas podem ser potenciadas em área de pequena e média dimensão, com um aumento exponencial de erro e de áreas vazias de informação, quanto maior a área a abarcar no modelo 3D. Desta forma, para sítios ou planos mais extensos, o *iPad* e/ou o *iPhone* devem ser complementados com métodos de registo mais “tradicionais”, como a fotogrametria com recurso a drone, ou o desenho arqueológico.

Assim, e concluindo, a combinação entre a tecnologia LiDAR e dispositivos móveis é uma excelente alternativa para incrementar e otimizar o trabalho de registo arqueológico, podendo substituir muitos dos procedimentos actualmente vigentes. Desta forma, e mesmo com um ainda longo caminho a percorrer, é uma ferramenta a ter em conta, tanto a nível empresarial, como académico.

5. Apontamentos finais

Pesando os prós e contras, o sistema LiDAR integrado nos dispositivos *iPad* e *iPhone*, da *Apple*, marcam o início do que, no nosso entender, corresponde a uma nova revolução na prática arqueológica nacional e internacional. Estas ferramentas permitem repensar a maneira como

salvaguardamos e partilhamos dados patrimoniais, constituindo um registo muito mais completo, dinâmico e duradouro. Com acesso massificado aos modelos 3D criados, e com a disseminação deste tipo de tecnologia, será mais fácil visitar e reconstruir escavações arqueológicas, tornando o processo interpretativo mais flexível e mais transparente. Para além disto, o próprio potencial informativo e de divulgação é incrementado, podendo este tipo de registo passar a ser disponibilizado não só em publicações científicas (como já o é, em algumas revistas internacionais), como em relatórios de intervenções arqueológicas, ou mesmo na própria base de dados arqueológica da Direcção-geral do Património Cultural - Endovélico.

Todavia, o papel do Arqueólogo como leitor e “tradutor” das realidades que intervenciona não pode ser esquecido, sendo necessária uma simbiose entre estas novas tecnologias, que tornam o trabalho arqueológico mais célere e qualitativamente mais relevante, e as técnicas e métodos ditos tradicionais. No fundo, este trabalho, ao apresentar a tecnologia e os aparelhos disponíveis, bem como ao sugerir um breve workflow com alguns truques e dicas, fornece um olhar crítico sustentado sobre uma ferramenta que, nos dias que correm, é já fundamental para uma franja de arqueólogos, mas que se quer mais conhecida, disseminada e, principalmente, utilizada pela comunidade nacional.

Referências Bibliográficas

- ALFARO-SANTAFÉ, J.; GÓMEZ-BERNAL, A.; LANUZA-CERZÓCIMO, C.; ALFARO-SANTAFÉ, J.V.; PÉREZ-MORCILLO, A.; ALMENAR-ARASANZ, A.J. (2020) – Three-axis measurements with a novel system for 3D plantar foot scanning: iPhone X. *Footwear Sci.* 12: 123–131.
- ALMEIDA, N.; BASÍLIO, A.C.; VALERA, A.C. (2020) – The faunal record from Santa Vitória (Campo Maior): na initial appraisal based on the remains from 2018 and 2019 excavations. *Apontamentos de Arqueologia e Património.* 14: 9-16.
- AMORNVIT, P.; SANOHKAN, S. (2019) – The accuracy of digital face scans obtained from 3d scanners: An In Vitro Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16: 50-61.
- APPLE (2020) - Apple iPad Pro LiDAR Module. Consultado a 12 de Janeiro de 2022 em <https://www.systemplus.fr/reverse-costing-reports/apple-ipad-pro-11s-lidar-module/>
- BASÍLIO, A.C.; ALMEIDA, N.; VALERA, A.C. (2021) - O Recinto de Fossos de Santa Vitória (Campo Maior): Trabalhos de 2019 e 2020 (Projecto SANVIT). *Apontamentos de Arqueologia e Património.* 15: 9-26.
- BOBROWSKI, R.; WINCZEK, M.; ZIĘBA-KULAWIK, K.; WĘŻYK, P. (2022) – Best Practices to Use the Ipad Pro Lidar for Some Procedures of Data Acquisition in the Urban Forest. SSRN. 1-32. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4030573>
- BOOKHAHN, M.; BRECHTEL, A.; LORENZ, T.; VOIT, F.; NEUMANN, F. (2021) – SparePartAssist - a mobile app to identify spare parts based on 3D sensor data. *An interim balance.* (PrePrint) CAREY, N.; NAGPAL, R.; WERFEL, J. (2017) – Fast, accurate, small-scale 3D scene capture using a low-cost depth sensor. *IEEE Winter Conf. Appl. Comput. Vis.* 2017: 1268–1276.
- DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. (2005) – *Sistema laser scanner: Conceitos e princípios de funcionamento.* 3. Curitiba: Editora UFPR.
- GOLLOB, C.; RITTER, T.; KRAßNITZER, R.; TOCKNER, A.; NOTHDURFT, A. (2021) – Measurement of Forest Inventory Parameters with Apple iPad Pro and Integrated LiDAR Technology. *Remote Sensing.* 16: 3129. <https://doi.org/10.3390/rs13163129>
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. (2000) – *Remote Sensing and Image Interpretation.* John Wiley & Sons, New York.
- LUETZENBURG, G.; KROON, A.; BJØRCK, A. (2021) – Evaluation of the Apple iPhone 12 Pro LiDAR for an Application in Geosciences. *Scientific Reports.* 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01763-9>.
- MCGLADE, J.; WALLACE, L.; REINKE, K.; JONES, S. (2022) – The Potential of Low-Cost 3D Imaging Technologies for Forestry Applications: Setting a Research Agenda for Low-Cost Remote Sensing Inventory Tasks. *Forests.* 13: 204. <https://doi.org/10.3390/f13020204>
- MURTIYOSO, A.; GRUSSENMEYER, P.; LANDES, T.; MACHER, H. (2021) – First assessments into the use of commercial-grade solid state lidar for low-cost heritage documentation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII: 599–604. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-599-2021>
- OLALDE, I.; BRACE, S.; ALLETOFT, M. E.; ARMIT, I.; KRISTIANSEN, K.; BOOTH, T.; ROHLAND, N.; MALLICK, S.; SZÉCSÉNYI-NAGY, A.; MITTNIK, A. *et al.* (2018) - The Beaker phenomenon and the genomic transformation of northwest Europe. *Nature.* 555: 190-196.
- ROGERS, E.M. (2003) – *Diffusion of Innovations.* Nova Iorque: The Free Press: 453 p.
- SHAN, J.; TOTH, C. (Eds.). (2017) – *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315154381>
- SPREAFICO, A.; CHIABRANDO, F.; TEPPATI LOSÈ, L.; GIULIO TONOLO, F. (2021) – The ipad pro built-in lidar sensor: 3d rapid mapping tests and quality assessment. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII: 63–69. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-63-2021>
- TATSUMI, S.; YAMAGUCHI, K.; FURUYA, N. (2021) - ForestScanner: A mobile application for measuring and mapping trees with LiDAR-equipped iPhone and iPad. *bioRxiv.* 1-15.
- TEXUGO, A. (2022) – A morte à espreita: a possível estrutura funerária calcolítica da Ota (Alenquer). GONÇALVES, V. S., ed. (2021) – *Terra e Sal. Das antigas sociedades camponesas ao fim dos tempos modernos. Estudos oferecidos a Carlos Tavares da Silva. estudos & memórias.* 16. Lisboa: UNIARQ/FL-UL/Workgroup on Ancient Peasant Societies (WAPS). 448 p.
- VALERA, A.C.; BASÍLIO, A.C.; PEREIRO, T. DO (2019) – O projecto SANVIT: um novo ciclo de investigação no recinto de Santa Vitória (campo maior). Os resultados da campanha de 2018. *Apontamentos de Arqueologia e Património.* 13: 9-18.
- VOGT, M.; RIPS, A.; EMMELMANN, C. (2021) – Comparison of iPad Pro®s LiDAR and TrueDepth Capabilities with an Industrial 3D Scanning Solution. *Technologies.* 9: 25. <https://doi.org/10.3390/technologies9020025>
- WANG, X.; SINGH, A.; PERVYSHEVA, Y.; LAMATUNGGGA, K. E.; MURTI NOVÁ, V.; MUKARRAM, M.; ZHU, Q.; SONG, K.; SUROVÝ, P.; MOKROŠ, M. (2021) – Evaluation of ipad pro 2020 lidar for estimating tree diameters in urban forest. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, VIII: 105–110. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W1-2021-105-2021>
- WEHR, A.; LOHR, U. (1999) – Airborne Laser Scanning—An Introduction and Overview. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* 54: 68-82. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2716\(99\)00011-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2716(99)00011-8)
- WILKINSON, M.; DUMONTIER, M.; ALBERSBERG, I. *et al.* (2016) - The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Science Data.* 3: 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

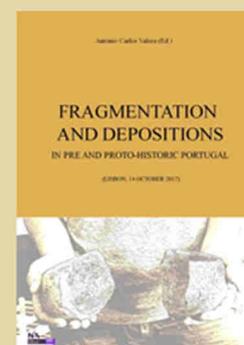
OUTRAS PUBLICAÇÕES DA ERA ARQUEOLOGIA



Série ERA Arqueologia (2000 – 2008)



Publicação de workshops



Série ERA Monográfica (2013 – 2022)



Série Perdigões Monográfica (2018 – 2020)

