

REALIDADE AUMENTADA NO TEATRO ROMANO DE LISBOA

João Manuel Rodrigues da Silva

Trabalho de projeto de Mestrado em Novos Media e Práticas Web

MARÇO DE 2023

**Relatório de projeto para a obtenção do grau
de Mestre em Novos Media e Práticas Web, realizado
sob a orientação científica do professor Paulo Nuno Vicente**

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador pelos conhecimentos que me permitiram executar um projeto na área da Realidade Aumentada e da qual não tinha qualquer conhecimento no início deste mestrado.

Ao Museu de Lisboa - Teatro Romano de Lisboa pela disponibilização do espaço museológico. Às arqueólogas Lúcia Fernandes, Carolina Grilo e Patrícia Brum pela disponibilidade e acompanhamento do projeto, assim como por facultarem os elementos necessários à exposição das experiências no espaço museológico, ao Carlos Loureiro por ter fornecido os elementos digitais do Teatro Romano de Lisboa necessários à execução do projeto.

Ao iNOVA Media Lab pela disponibilização dos meios técnicos.

A Vlad Bochko pela ajuda na execução dos elementos digitais e na compreensão dos princípios da modelação 3D.

E por último à Paula, Raquel, Carolina, Margarida e Bogdan pelos conselhos, participação e paciência neste percurso.

RESUMO

O relatório de projeto que apresento à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas é a discriminação do trabalho executado nos últimos meses no âmbito do Mestrado em Novos Media e Práticas Web.

Este projeto foi executado com a colaboração do Museu de Lisboa - Teatro Romano de Lisboa e teve como objetivos potenciar e aumentar o interesse por este espaço arqueológico. Tal como apresentar o seu espólio através de novas formas digitais com recurso a um dispositivo móvel, visualizando os objetos virtuais no espaço físico real. Pretende “estimular” as instituições a apostar em novas formas tecnológicas para darem a conhecer o seu espólio, mas também oferecer aos visitantes uma aprendizagem interativa e imersiva do espólio oferecido pelos museus.

A realização deste projeto permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos durante a componente letiva do mestrado, numa área da qual não tinha qualquer conhecimento, a Realidade Aumentada (RA). Contribuiu também para o conhecimento e aprendizagem de novas ferramentas, o que valoriza o meu percurso profissional dentro das áreas tecnológicas. As dificuldades com que me deparei e a contínua procura de soluções para as mesmas foram uma mais-valia nesta aprendizagem.

A proposta desenvolvida de concepção da RA assumiu três pressupostos principais: ser concretizada com *softwares* gratuitos; sem ter necessidade de instalação de aplicações móveis para se poder usufruir da experiência de RA; e ter em consideração o peso dos ficheiros a carregar pela rede móvel do visitante. A experiência na execução do projeto revelou, contudo, que a utilização de aplicações ou *softwares* pagos poderá ser mais produtiva e por isso reduzir o tempo de execução dos projetos.

Para se perceber se uma experiência imersiva de RA contribui para a divulgação dos conteúdos do EM (espaço museológico) e se essa disponibilização de conteúdos também influencia na visita ao EM, desde que bem divulgados, procura-se responder a três questões. De que forma a Realidade Aumentada poderá ajudar a potenciar às visitas o conhecimento do espólio do Teatro Romano de Lisboa? Como enquadrar as potencialidades da Realidade Aumentada na divulgação e enquadramento dos artefactos? A Realidade Aumentada no Teatro Romano de Lisboa deve ser transversal a todos os públicos ou tem que ser adequada a grupos específicos?

Nesse sentido, elaboraram-se dois questionários, no sentido de se tentar perceber a receptividade das pessoas na adesão à temática da RA e como esta pode contribuir para uma melhor divulgação do espólio do museu. Um dos questionários divulgado via Facebook e Whatsapp tinha por objetivo perceber se a RA pode potenciar a visita ao museu. O número de respostas foi limitado para se tirar ilações taxativas, mas percebeu-se que a maioria dos inquiridos assumiu que este tipo de experiências aumenta o seu interesse na RA e que podiam potenciar o conhecimento nos espaços museológicos.

Foram também efetuadas entrevistas a alguns visitantes sobre como estas experiências contribuíram para um melhor conhecimento do espólio do museu. As respostas permitiram perceber que as experiências deverão ser bem divulgadas, contextualizadas e devem complementar a informação disponível. Sobre as experiências, o *feedback* mais relevante foi a indicação que a imersividade se torna mais relevante com o uso do áudio (informação complementar), e que são uma mais-valia para o conhecimento do espólio do museu.

Palavras-chave: realidade aumentada, museu, arqueologia

ABSTRACT

The project report that is presented to the Faculty of Social and Human Sciences is a breakdown of the work carried out in recent months within the scope of the Masters in New Media and Web Practices.

This project was developed with the collaboration of the Museu de Lisboa - Teatro Romano de Lisboa. Its objectives are to potentiate and increase the interest for this archaeological space and to present its collections through new digital mediums, using a mobile device to visualize virtual objects in real physical space. Such as presenting its assets through new digital mediums using a mobile device and visualizing virtual objects in real physical space. It intends to “encourage” institutions to invest in new digital mediums to make their collection known, but also to offer visitors an interactive and immersive experience of the collections offered by museums.

The development of this project has allowed applying the knowledge acquired in the first year of the master’s degree, in a field in which I had no previous knowledge, Augmented Reality (AR). It has also allowed acquiring knowledge and hands-on experience when working with these new tools, which adds value to my professional path within technological areas. The difficulties I faced and the continuous search for solutions were an added value to the learning process.

The proposal for the Design of AR has three main assumptions: implementation with free software; no need to install mobile applications in order to enjoy the AR experience; and take into account the size of the files to be uploaded by the visitor’s mobile network. The experience in the project development revealed, however, that the use of paid applications or software could have been more productive and therefore reduce the project’s execution time as opposed to using only free tools.

In order to understand if an immersive AR experience contributes to dissemination of the contents of the MS (museum space) and if this availability of contents also influences the visit to the MS, provided they are well disseminated, it was sought to answer three questions: In what ways can Augmented Reality help enhance visits and increase knowledge of the Roman

Theatre of Lisbon collection? How to frame the potentialities of Augmented Reality in the promotion and framing of the artifacts? Should the Augmented Reality in the Roman Theatre of Lisbon be transversal to all audiences or does it have to be tailored to specific groups?

Two questionnaires were prepared, in order to try to understand people's receptiveness in adhering to AR and how this can contribute to a better dissemination of the museum's collection. One of the questionnaires was shared via Facebook and Whatsapp, and was aimed to understand whether AR can enhance the visit to the museum. The number of responses was limited to draw definitive conclusions, but it was noticed that most respondents assumed that this type of experience increases their interest in AR and that they could enhance knowledge in museum spaces.

Interviews were also conducted with some visitors about how these experiences contributed to a better understanding of the museum's collection. The answers allowed an understanding that the experiences should be well publicized, contextualized and should complement the available information. About the experiences, the most relevant feedback was the indication that immersiveness becomes more relevant with the use of audio (complementary information), and that they are an added value for the knowledge of the museum's collection.

Keywords: augmented reality, museum, archeology

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	9
2. REALIDADE AUMENTADA	10
2.1 Realidade aumentada nos museus	11
2.2 Realidade aumentada no património cultural	14
2.3 Realidade aumentada em outras áreas	16
3. PLANEAMENTO E METODOLOGIA	17
3.1 Planeamento	17
3.2 Metodologia	18
4. O ESPAÇO ARQUEOLÓGICO	23
4.1 Projetos de RA em espaços arqueológicos	26
4.1.1 Teatro Romano de Guadix	26
4.1.2 BBC <i>Civilisations</i> AR	27
4.1.3 Viseu 5.0	27
4.2 O espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa	28
4.3 Entrevista à coordenadora de comunicação do Museu de Lisboa	29
5. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	32
5.1 Objetivos	32
5.2 <i>Softwares</i> , aplicações e plataformas utilizadas na concepção do projeto	32
5.2.1 Zapworks	33
5.2.1.1 Avatar	36
5.2.1.2 Panorâmica do espaço arqueológico	37
5.2.1.3 Teatro Romano de Lisboa 3D	38
5.2.1.4 Panorâmica virtual do Teatro Romano de Lisboa	39
5.2.1.5 Estátua de Sileno	40
5.2.1.6 Proscénio	41
5.2.2 Unity	42
5.2.3 Outros <i>softwares</i> utilizados	44
5.3 Concepção projetual dos elementos gráficos e multimédia	46
5.3.1 Avatar	46

5.3.2 Teatro Romano de Lisboa	48
5.3.3 Panorâmica	51
5.3.4 Textos, imagens e áudio	52
5.4 Alterações e problemas projetuais	53
5.4.1 Do projeto inicial ao final	53
5.4.2 Alterações e observações projetuais	54
5.4.3 Identificação dos problemas e compatibilidades dos <i>softwares</i>	55
5.4.4 Testes de utilização.....	56
6. ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A EXPERIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO	61
6.1 Inquéritos por questionário	62
6.2 Conclusões dos inquéritos por questionário	63
6.3 Testemunhos	65
7. PROJETOS	66
7.1 QR Code da cavea	66
7.2 QR Code do proscénio	67
7.3 QR Code da estátua de Sileno	68
7.4 QR Code do avatar.....	69
8. CONCLUSÃO	70
9. LISTA DE IMAGENS	73
10. LISTA DE GRÁFICOS	74
11. REFERÊNCIAS	75
ANEXOS	77
1. Documento do Museu da Cidade	77
2. Questionário A.....	78
3. Questionário B.....	78

1. INTRODUÇÃO

Este projeto tem por objetivo perceber como a Realidade Aumentada (RA) pode contribuir para o envolvimento do público com o espaço museológico, mas também se as experiências de RA imersivas e interativas contribuem para melhorar a forma como as instituições apresentam o seu espólio e se estas poderão ter condições ou interesse em as implementar. No entanto, permitiu adquirir também conhecimentos sobre a forma como se deve trabalhar com as instituições e sobre o tipo de interação adequada aos interesses do público.

Para isso, são formalizadas três perguntas que se espera ver respondidas no final do projeto. A primeira é: de que forma a Realidade Aumentada poderá ajudar a potenciar às visitas o conhecimento do espólio do Teatro Romano de Lisboa? Sobre esta questão avança-se a hipótese de que o público espera que seja fornecida informação adicional de forma mais imersiva e interativa, já não se limita a ver a informação obtida tradicionalmente. Em segundo lugar: como enquadrar as potencialidades da Realidade Aumentada na divulgação e enquadramento dos artefactos? O Teatro Romano de Lisboa, devido ao espaço limitado em que dá a conhecer o seu espólio, também ele diminuto, é um dos casos em que faz sentido utilizar as ferramentas tecnológicas para reconstruir e ampliar as peças que são dadas a conhecer ao público. Quanto à terceira questão: a Realidade Aumentada no Teatro Romano de Lisboa deve ser transversal a todos os públicos ou tem que ser adequada a grupos específicos? O número de respostas aos inquéritos não permitem retirar conclusões sobre quais os grupos que mais se adequa a RA. Contudo, com base nas respostas recolhidas (N=11) infere-se que o mais importante é o que as experiências oferecem. Mas para serem apreendidas têm de estar contextualizadas, fáceis de manusear e têm de acrescentar informação adicional.

Importante para a concretização deste projeto é a revisão da literatura sobre a Realidade Aumentada nos museus assim como em outras áreas onde cada vez mais está presente, assim como das tecnologias usadas para usufruir das suas potencialidades. No que diz respeito à documentação e criação da aplicação, parte-se de uma revisão da literatura sobre os temas da Realidade Aumentada e espaços arqueológicos e museológicos. Na segunda etapa do projeto é realizada a planificação dos conteúdos multimédia (recolha de imagens, vídeo e áudio). E, por fim, produz-se os conteúdos com a aplicação de Realidade Aumentada Zapworks e utiliza-se outros *softwares* na execução dos objetos necessários ao projeto.

São criadas diversas experiências, que, conforme será detalhado, incluíram graus de complexidade diferentes, mas que se vão adequando aos objetivos do próprio Museu. Procurou-se a maior abrangência possível na aprendizagem das diversas vertentes e ferramentas na implementação deste tipo de projetos e utilizando as aplicações e plataformas gratuitas. Pretendeu-se, desta forma, demonstrar às instituições, no caso do Museu de Lisboa – Teatro Romano de Lisboa, que é possível desenvolver projetos de RA sem grandes custos e que aumentem o interesse dos visitantes no seu espólio.

As experiências que foram criadas para este projeto encontram-se disponíveis das páginas 66 à 69, todas elas teriam impacto mais significativo no espaço museológico mas podem ser observadas em qualquer local.

2. REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite colocar elementos digitais (virtuais) sobre o mundo físico. Para Azuma (1997) a RA deverá ter pelo menos três critérios: a combinação de objetos reais e/ou virtuais em ambientes reais, a interatividade em tempo real e o alinhamento de objetos reais e virtuais. A informação virtual apresentada é recebida pelo utilizador de uma forma interativa através de um dispositivo móvel em qualquer espaço físico e assim permitir-lhe ter uma nova experiência visual com elementos que já não existem ou que podem ser criados para a devida experiência. Com a RA móvel existe uma informação visual no dispositivo móvel e a perspectiva do mundo real fora desse dispositivo. Liestøl & Morrison (2013).

Com base nos modos de exibição a RA pode ser dividida em *head-mounted display*, *handheld display* e *space display*, enquanto a Realidade Aumentada Móvel (MAR) é uma tecnologia que adota o modo de exibição dos dispositivos portáteis, o que permite um grande potencial para eventos culturais, entretenimento, empresarial e educação. Wang & Ye (2022). É neste contexto do MAR que este projeto é apresentado, no entanto, temos que indicar que as experiências seriam muito mais imersivas e fidedignas se os projetos fossem executados para os sistemas de RA com *head-mounted display*.

Permite que utilizadores através dos dispositivos móveis conjuguem a realidade com os elementos digitais. A utilização desta tecnologia aliada à pesquisa, conhecimento e/ou artefactos de museus e exposições pode ampliar o conhecimento dos visitantes e a sua adesão. Nesse ambiente simulado, à medida que o utilizador muda de posição ou move o dispositivo móvel no espaço real, a perspectiva do ambiente gráfico 3D muda. Nesse ambiente simulado, todos os elementos adicionados e distribuídos espacialmente, áudio, objetos 3D detalhados, sequências de ações e eventos, etc., fornecem informações adicionais. Liestøl & Morrison (2013).

O conceito de imersão pode ter vários significados consoante o tipo de experiências e autores, mas na pesquisa em realidade virtual a experiência imersiva é definida por uma pessoa que através dos seus sentidos cognitivos e perceptivos é levada a acreditar que está em outro lugar diferente da sua localização física. Brown & Cairns (2004). No contexto museológico a imersividade na RA utilizando ferramentas digitais e serviços interativos que envolvem os turistas ainda são raros. Gherardini et al. (2019).

As aplicações de RA são um complemento aos meios tradicionais da difusão cultural, contudo, têm de ser de fácil compreensão e os seus conteúdos lúdicos. Frasca et al. (2016). Em 2021, a realidade aumentada conjuntamente com a realidade virtual e mista já tinham um valor de mercado de cerca de 25 mil milhões de dólares e estima-se que até 2030 tenha um crescimento de 40,9% ao ano¹. É já considerada um dos maiores investimentos para o futuro a nível mundial.

A RA permite a integração de elementos digitais num ambiente real. Pode ser desenvolvida a partir de simples jogos até às narrativas, dependendo da ambição de cada projeto. Trata-se de

¹ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/augmented-reality-market>

um recurso digital que tem grande potencialidade no desenvolvimento da interação do público com os museus. Spierling et al. (2017).

O processo de criação de RA divide-se em fases. Primeiro, na aquisição de uma imagem, é a fase em que qualquer imagem no espaço real é reconhecida de forma a adicionar a informação virtual. Segundo, no rastreamento, seguimento da localização do utilizador, para que à medida que o utilizador se desloca a informação virtual seja exibida no mundo real e seja corretamente posicionada. A criação de objetos virtuais depende do tipo de informação virtual a representar (2D ou 3D) com recursos a *softwares* específicos. A emoção é conseguida através da apresentação dos elementos virtuais sobre o ambiente real do utilizador, que é conseguida através da fase de renderização. Gonçalves et al. (2017).

As tecnologias de Ambientes Virtuais (AV) imergem completamente o utilizador dentro de um ambiente sintético e nesse estado de imersão ele vê o mundo à sua volta. Pelo contrário a Realidade Aumentada complementa a realidade porque permite ao utilizador ver os objetos sobrepostos ou compostos sobre o mundo real. Azuma (1997).

O conceito de imersão tem sido considerado em diversos contextos, mas principalmente quando é usado para *softwares* de realidade virtual e jogos. A imersão proporciona o aumento do realismo principalmente quando são associados sons atmosféricos considerando mesmo que a imersão tem profundidade. Brown & Cairns (2004).

2.1 Realidade aumentada nos museus

O espaço físico dos museus é crucial para o processo de conhecimento e experiência oferecida aos visitantes, não só ao nível da perceção, mas também à capacidade de armazenamento de imagens e informação recolhida por diferentes espaços museológicos. O uso de meios digitais na gestão do património cultural pode superar esse problema e aumentar o conhecimento dos artefactos através de novas formas de comunicação e interação com os visitantes. Gherardini et al. (2019).

Segundo Cabeça (2020), a evolução das aplicações e o grande acesso a *smartphones* e outros dispositivos móveis permitiu que boa parte do público tivesse acesso a dispositivos capazes de facilitar a utilização destas novas tecnologias. A possibilidade de o público usar o próprio dispositivo móvel permite também que os museus evitem grandes investimentos em equipamentos (*hardware*) para a utilização destas ferramentas. Estes dispositivos permitem diversas formas de transmitir/passar o conteúdo para o público (ex. *QR Codes*, reconhecimento de imagem, etc.), facilitando o acesso e inclusão através das redes sociais e internet. Os sistemas móveis de RA funcionam virtualmente em qualquer lugar, adicionando camadas de informação em qualquer ambiente, sempre que se deseje. O potencial é vasto e revoluciona a forma como a informação é apresentada às pessoas. Mekni & Lemieux (2014).

Nesse sentido, a implementação de tecnologias nos museus deve ser considerada por todos os profissionais envolvidos numa exposição de RA, desde os museólogos, designers,

colaboradores, etc., para definirem os conteúdos e como adaptá-los ao espaço museológico para que seja executado de forma harmoniosa. Frasca et al. (2016).

A RA permite igualmente a melhoria nos áudio-guias, ao atribuir novas e personalizadas experiências, como a representação das personagens (avatars) a explicar os artefactos. Os museus podem assim chegar a diferentes públicos, principalmente aqueles que utilizam mais estas novas tecnologias, proporcionando uma experiência imersiva e diferente da já padronizada observação de objetos e exposições pouco interativas.

A evolução da tecnologia permite a concepção de novas ferramentas de forma que o visitante de um museu ou espaço museológico tenha experiências cada vez mais imersivas. As aplicações cada vez mais atrativas e sofisticadas aliadas a grande variedade de dispositivos móveis que o visitante possui permitem que possa usufruir dessas experiências com grande facilidade, desde que sejam disponibilizadas pelas instituições de forma a melhorar a visita do público.

Para Mekni & Lemieux (2014), o sistema RA tem de lidar com grandes quantidades de informação, por isso, os dispositivos móveis têm de ter boa capacidade de leitura de gráficos, devem também ser pequenos, portáteis e leves. No entanto essa relação deverá ter em consideração qual a informação a ser recolhida pelo visitante, pois nem sempre dispositivos móveis pequenos poderão ser a melhor opção para determinadas experiências.

A possibilidade de disponibilizar a informação dos seus artefactos de uma forma lúdica, interativa e imersiva é um dos passos que poderá levar cada vez mais os visitantes ao espaço museológico. Forster (2018). Além de numa época de partilha de conteúdos, a possibilidade de disponibilização dos seus conteúdos através da *web* e redes sociais pelos seus visitantes poderá levar a aumentar a vinda de novos visitantes.

O processo de desenvolvimento da RA neste campo é multidisciplinar, já que reúne o conhecimento de diferentes áreas da museologia, pedagogia, engenharia de *software* e design, assim como o perfil de acesso à tecnologia. Implica sempre reuniões de equipa para pensar as diferentes fases e a integração de todas as componentes do projeto. Amorim et al. (2019).

A melhoria das experiências através das novas tecnologias é o que as torna mais atraentes, a capacidade de ver as coisas em 3D e mergulhar nelas, da mesma forma que se experimenta a vida real. Israel & Scoble (2016). A integração da RA com os modelos 3D, avatares representando personagens das épocas expostas a explicar os seus artefactos, mas também complementando e melhorando as funcionalidades já existentes no EM como infografias, áudio-guias, etc., poderá melhorar a capacidade de o visitante usufruir do artefacto.

A RA nos museus pode cativar diversos públicos, principalmente os que não têm o hábito de os frequentar, por considerarem que as formas tradicionais de apresentarem os seus artefactos não são convidativas. A possibilidade de verem artefactos que não se podem manusear ou que estejam degradados, de uma forma virtual e reconstruídos, poderá levar a um maior interesse no espólio arqueológico por parte do visitante. Luna et al. (2019).

A relação do espaço museológico (EM) com o visitante melhora quando se apresentam experiências imersivas e interativas, o que permite a valorização do espaço museológico. Por outro lado, a RA através do envolvimento com os modelos 3D permite a conservação virtual do artefacto e por consequência a possibilidade dos investigadores terem acesso a eles de uma forma mais rápida e precisa.

Os museus têm de encontrar um equilíbrio entre a criação dos conteúdos e os utilizadores da tecnologia RA. Por outro lado, o uso das tecnologias deve ser equilibrado para que não distraia os visitantes do real motivo da visita ao museu, mas sim melhorar a experiência de uma visita a um museu ou exposição. O facto de as pessoas terem acesso às novas tecnologias, em particular aos *smartphones*, permite oferecer outras formas de contar as histórias dos espaços e objetos museológicos através de aplicações de Realidade Aumentada. Spierling et al. (2017).

Mas a possibilidade da reconstrução de espaços arqueológicos, com a utilização de aplicações de RA integrando informação dos solos e subsolos com modelos 3D na identificação de estruturas que não se encontram visíveis, não só vai preservar a história, como motiva o visitante e melhora sua satisfação na visita. Permite também mostrar nos dispositivos a reconstrução de artefactos e espaços museológicos mal conservados assim como a sua geolocalização, tornando por isso a visita mais agradável e enriquecedora por parte do visitante.

O desenvolvimento da fotogrametria de curto alcance tornou-se uma ferramenta de grande potencial para se estudar o património cultural. Os objetos 3D obtidos com câmeras convencionais permitem documentar, investigar os materiais e o seu estado de conservação, este processo facilita a identificação de prioridades na intervenção e na restauração dos artefactos de um museu. Canciani et al. (2016).

As ferramentas podem oferecer muito mais, a recriação de espaços, edifícios e monumentos que já não existem, permite que um objeto seja visto na totalidade e em alta resolução sem que sofra qualquer dano, pode oferecer roteiros com informações sobrepostas que explicam os locais de interesse, além de guias virtuais e até jogos de RA onde as ações se sobrepõem à realidade. Luna et al. (2019).

A RA nos museus permite que objetos demasiado grandes possam ser “expostos” no espaço físico do museu, como exemplo o Museu Tatra, em que os camiões que não podem ser expostos fisicamente possam ser reproduzidos por meio da RA. *Augmented Reality (AR) Immersive Exhibition in Tatra Museum | Museum AR | Yord Studio*²

² <https://yordstudio.com/project/ar-museum-tatra/>



Figura 1. Visualização do objeto 3D no espaço físico do museu ([yordStudio.com](http://yordstudio.com))

2.2 Realidade aumentada no património cultural

A realidade aumentada como tecnologia que alia o virtual ao mundo real é uma das áreas que se projeta ter mais impacto no futuro, como exemplo a criação do metaverso pela empresa Meta (antiga Facebook). O relatório de 2020 da Finances Online³, indica que empresas dos mais diversos sectores vêm a RA como forma de melhorar a experiência e o envolvimento dos seus clientes. Segundo o mesmo relatório a BRP Consulting refere que “48% dos consumidores comprariam preferencialmente numa empresa que usa-se RA”. Por outro lado, a disponibilidade dos dispositivos móveis e de novas aplicações demonstra confiança nesta indústria. Nesse sentido, cada vez mais as empresas e instituições estão a criar conteúdos para atingir o maior número de público-alvo nas mais diversas áreas da sociedade. O potencial de mercado é enorme, a possibilidade que proporciona para ser usada em qualquer momento torna-a uma ferramenta cada vez mais importante. Para a conceptualização do projeto houve a oportunidade de ver alguns exemplos em outras áreas de evolução da RA, o que abre uma nova perspectiva do que pode ser efetuado.

Na área do património cultural foi apresentado em 2022 um projeto sobre a evacuação dos nipo-americanos em 1942, com base em fotografias do passado aliado a filmagens das pessoas recriou-se esse momento histórico. Uma iniciativa UCLA, Universidade de Waseda e Museu Nacional Japonês-Americano. *BeHere/1942. The augmented reality experience of Japanese American incarceration*⁴.

³ <https://financesonline.com/augmented-reality-statistics/>

⁴ <https://www.janm.org/exhibits/behere1942/app>



Figura 2. Reprodução digital das pessoas no espaço físico real (janm.org, 2023)

Em 2022, outro exemplo na área do património foi a criação de uma experiência imersiva na história e restauração, que ocorreu aquando o 3.º aniversário do incêndio da Catedral de Notre-Dame em Paris. Permite aos visitantes percorrer a história da sua reconstrução ao longo dos seus 850 anos. *Notre Dame de Paris Augmented Reality Exhibition at the Building Museum*⁵

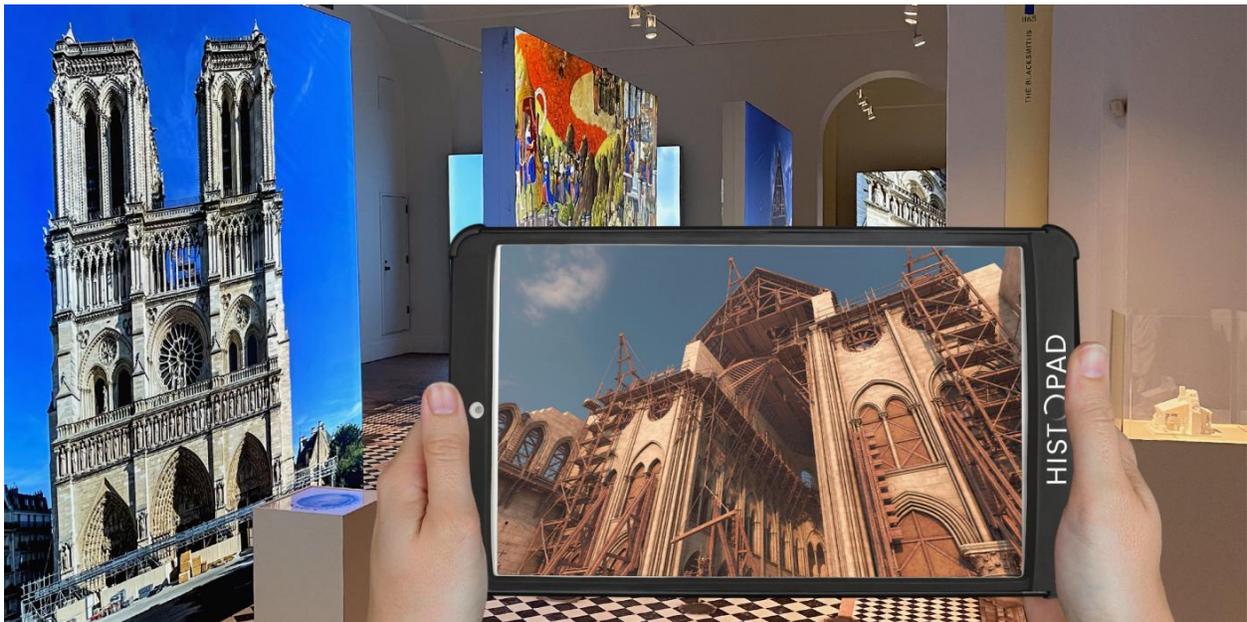


Figura 3. Reprodução digital da construção da catedral de Notre Damme ao longo dos séculos (nbm.org, 2023)

⁵ <https://www.nbm.org/exhibition/notre-dame-de-paris-the-augmented-exhibition/>

2.3 Realidade aumentada em outras áreas

A RA tem sido utilizada nas mais diversas áreas, na medicina (*How AR is revolutionizing healthcare – and how it could one day save your life*⁶), no âmbito militar (*Watch how the Army is using augmented reality with night-vision goggles*⁷), na indústria (*Augmented Reality Training for Advanced Manufacturing*⁸), no jornalismo (*“Inside the Amazon: The Dying Forest” AR Experience: An Augmented Reality Experience | TIME*⁹), na educação (*AR & VR in the Classroom*¹⁰), jogos e entretenimento (*Hado: Future of Augmented Reality Gaming*¹¹), outros exemplos de utilização de RA estão em franca expansão como navegação através das localizações GPS, marketing com as grandes marcas a investir nesta forma de promover os seus produtos, assim como no turismo através de guias de RA com informações do património cultural, mas também na área espacial, no urbanismo e engenharia civil. No entanto, de referir que o investimento numa grande parte destas áreas ainda é substancial porque para o melhor aproveitamento da RA é necessário utilizar dispositivos, os óculos ou capacetes para RA. Este projeto visa apresentar experiências de baixo custo para a instituição, mas uma experiência imersiva com dispositivos deste género permite ao utilizador uma melhor experiência.

É nesse sentido que ainda subsistem limitações com a tecnologia de RA. O sistema de RA tem de lidar com grandes quantidades de informação, o *hardware* deverá ser pequeno, leve e portátil e tem de ser rápido suficiente para exibir os modelos 3D e toda a informação gráfica necessária à experiência imersiva. As baterias dos dispositivos móveis deverão ter uma boa capacidade, se forem experiências com geolocalização deverão estar munidos de GPS, para fornecer os marcadores de uma forma rigorosa e fiável.

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=z3owL-TiEGJ4>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=l29C1UuL7bo>

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=EfKA2RdSbY>

⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=JdwS3e1T44I>

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=FJFcb4-olws>

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=H9VwCdbpw6s>

3. PLANEAMENTO E METODOLOGIA

O projeto semestral foi planeado para ser dividido em duas partes: em primeiro lugar, a fase projetual, a da investigação, entrevistas, trabalho de campo no espaço museológico e no museu do Teatro Romano de Lisboa, a da aprendizagem das ferramentas a utilizar no projeto e da execução do mesmo até final de dezembro de 2022; um segundo momento correspondeu à fase de testes, recolha de dados e elaboração do relatório de projeto até final de fevereiro de 2023. No entanto, e devido aos constrangimentos que existiram ao longo do processo de modelação, importação e exportação dos elementos digitais, que se refere mais à frente, a primeira fase prolongou-se por mais um mês.

Além destes constrangimentos, o projeto sofreu diversas alterações ao longo do percurso. O objetivo inicial era ser um projeto de RA na área da fotogrametria e reconstrução de artefactos no Museu de Lisboa, Palácio Pimenta. Após uma primeira abordagem com o Museu de Lisboa e através da Coordenadora de Comunicação, Marina Marques, indicaram que gostariam de fazer um projeto na área da RA no Teatro Romano de Lisboa. Foi aceite a proposta dado que permitia desenvolver um projeto em que seriam utilizadas mais ferramentas, o que é um dos aspectos mais relevantes do trabalho realizado.

No final da execução do projeto, três das experiências criadas foram expostas, uma no espaço museológico da cavea (bancadas) e duas no interior do museu. Como a plataforma Zapworks contabiliza o número de visitantes que acedem às experiências, pretendeu-se analisar esses dados cruzados com as impressões dos visitantes sobre as vantagens da RA para um melhor conhecimento do espólio do Museu. Pelo que se criaram questionários com *QR Codes* com algumas perguntas. Após estas etapas escreveu-se o relatório final.

3.1 Planeamento

1. Pesquisa e revisão da literatura

Iniciou-se o projeto com investigação sobre o que já se faz nesta área do património cultural, principalmente na área da arqueologia, mas também em outras similares. Apesar do âmbito não ser a criação de uma aplicação, o objetivo passa por ver o que as aplicações que existem já apresentam e o que pode ir ao encontro do pretendido para o Teatro Romano de Lisboa.

2. Abordagem ao projeto

A primeira abordagem foi feita à equipa do Teatro Romano de Lisboa para aferir das suas ideias para o projeto e os elementos que poderiam fornecer para a sua elaboração. Pediu-se a colaboração da Escola Superior de Música de Lisboa para a criação de um avatar através de produção de vídeo.

3. Escolha das ferramentas a utilizar

Escolheram-se as ferramentas de RA e pesquisaram-se outras para a execução dos elementos necessários ao projeto.

4. Concepção do projeto

Fase de concepção dos elementos do projeto, da sua inclusão na aplicação de RA, de observação e resolução dos problemas ocorridos.

5. Análise e correção dos testes

Experimentação no local e correção de alguns elementos consoante os resultados obtidos.

6. Análise da utilização das experiências pelos utilizadores

Exposição das experiências no espaço museológico e respectiva análise comportamental dos visitantes, e dos questionários preenchidos.

7. Escrita do relatório de projeto

Redação do documento final sobre o projeto Teatro Romano de Lisboa.

3.2 Metodologia

Partiu-se para este projeto através de um contato com o Museu de Lisboa e, ao receber a resposta afirmativa sobre a possibilidade da sua concretização, iniciou-se a pesquisa e investigação sobre projetos de RA aplicados à área do património cultural. O ponto de partida para a começar a recolha de dados para o projeto passou por uma entrevista à coordenadora de Comunicação da EGEAC - Empresa de Gestão de Equipamentos e Animação Cultural, E.M., Marina Marques. Manteve-se igualmente conversas com Carlos Loureiro, o responsável pela criação dos elementos digitais do Teatro Romano. Ambos no sentido de recolher elementos sobre o trabalho que a desenvolver e os pontos de interesse do Museu. Através destas conversas, o foco incidiu no proscénio, na cavea e nos terraços. Sendo que a realidade dos espaços arqueológicos é diversa: no caso do proscénio só existem alguns artefactos, na cavea apenas uma parte da sua estrutura e da “orchestra” e dos terraços já não há qualquer vestígio.

Nas pesquisas efetuadas constatou-se que se poderia seguir diversos caminhos, desde a fotogrametria, passando pela reconstrução de artefactos (e inseri-los no seu espaço original), informação virtual posicionada junto aos artefactos, até jogos didáticos.

Manteve-se ainda uma conversa com a Dra. Lídia Fernandes, arqueóloga, responsável pelo Teatro Romano de Lisboa, que esclareceu o que seria importante desenvolver na ótica do Museu, e que passou pelo espaço arqueológico da cavea. Ficou acordado que o Teatro facultaria os textos mais importantes a inserir nos elementos digitais.

“Sugiro fazer o projeto da cavea, porque é a única zona onde o visitante está de frente para os artefactos existentes e que os arqueólogos têm a certeza que aquela era a localização exata”.
Lídia Fernandes, Teatro Romano de Lisboa.

Seguiu-se o processo de pesquisa das ferramentas de RA mais indicadas para o projeto. Optou-se pelo Zapworks dadas as suas características que mais adiante se indica. Avaliaram-se também outras ferramentas necessárias ao desenvolvimento do projeto como o Blender e Metahumans. Houve um período de aprendizagem das ferramentas até começar o processo de conversão do elemento digital 3D (Teatro Romano) facultado por Carlos Loureiro. Estes

processos serão explicados de forma mais desenvolvida na fase do Desenvolvimento do projeto.

Pretendeu-se desenvolver o projeto com vários requisitos, entre os quais, texto e áudio para as pessoas com deficiências auditivas ou visuais, e ser bilingue, português e inglês. Para a leitura das experiências optou-se pelo uso de *QR Codes* porque já está muito instituído na tecnologia móvel, existem diversos *smartphones* e *tablets* que já têm instalado um leitor de *QR Codes* de fábrica, dessa forma os visitantes não teriam que instalar a aplicação *Zappar* para leitura dos *Zapcodes*. Durante os testes verificou-se, no entanto, que a aplicação dá melhor funcionalidade às experiências.

Só após a definição do que era pretendido para o projeto, é que se iniciou o trabalho de fotografia do espaço e do museu. As segundas-feiras foram o dia escolhido para a realização do trabalho fotográfico do espaço arqueológico, dia em que o Museu não está aberto ao público e que permitia a recolha dos elementos sem perturbação. Na cavea, espaço arqueológico exterior do Museu, que é de fácil acesso aos visitantes mas com pouca luminosidade, pode-se observar que há interesse dos turistas, mas apenas lhes são disponibilizados alguns infográficos. O que justificou a escolha de um avatar para contar a história deste local arqueológico.

Na primeira abordagem contactou-se a Escola Superior de Educação de Lisboa para a possibilidade de produção de um avatar humano, com a colaboração de um aluno da Escola Superior de Música de Lisboa, que se vestiria como um cidadão romano. O projeto acabou por não se efetuar por motivo de indisponibilidade temporal na sua execução.

Optou-se assim por criar um avatar digital e começou-se a elaborar o que se pretendia incluir no projeto. Utilizou-se o *software* Figma para criar um esboço que continha três experiências: o avatar, uma panorâmica 360º e o Teatro Romano 3D. Pretendeu-se ainda incluir uma experiência de fotogrametria da estátua de Sileno que não foi possível executar. Para a experiência da cavea existiam duas opções: um objeto 3D ou a panorâmica 360º. Deu-se preferência a esta última opção, porque a imagem complementada com áudio dá uma sensação de imersividade mais fidedigna.

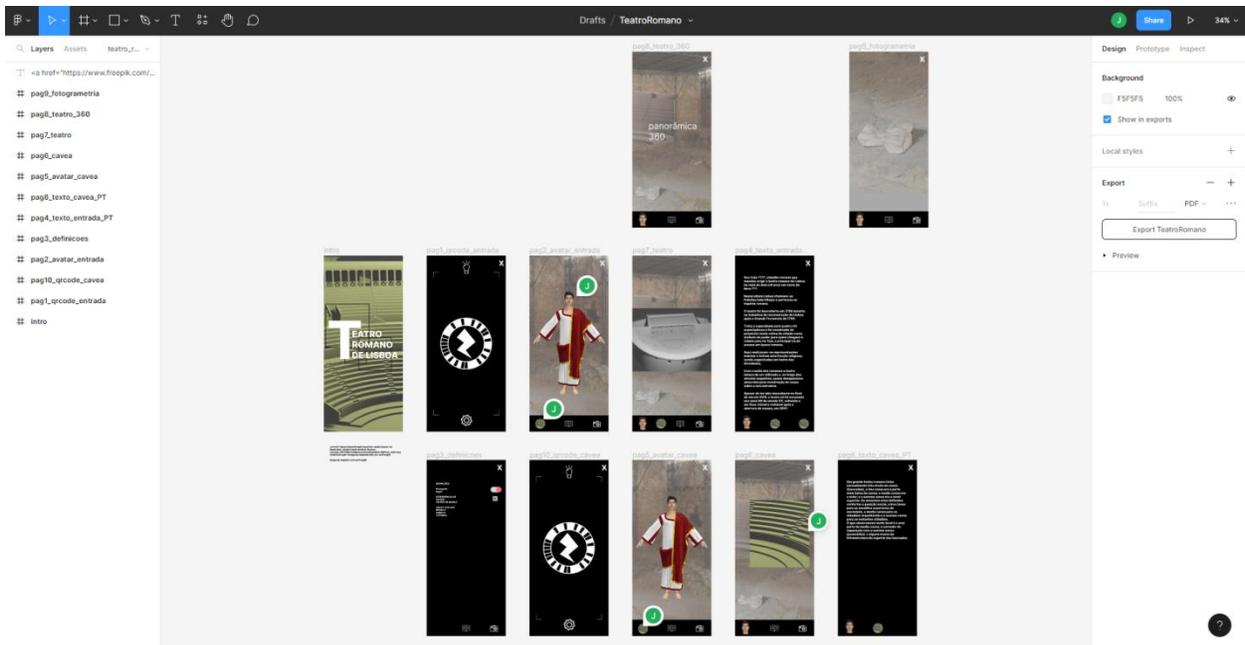


Figura 4. Esboço inicial do projeto de RA do Teatro Romano de Lisboa

Criou-se o avatar na plataforma Metahumans (explicado no desenvolvimento do projeto), a gravação áudio e as imagens dos textos facultados pelo Teatro Romano. Iniciou-se a renderização do Teatro Romano e a colocação das imagens na aplicação. Na procura de melhores soluções para os elementos digitais consideraram-se outras formas de apresentar as histórias e gravou-se os textos em inglês e português. Nesta fase existiram algumas contingências, com dificuldades principalmente no que diz respeito à exportação dos elementos 3D, conforme será referido no desenvolvimento do projeto.

O avatar foi exportado do Metahumans para o Blender para ser possível criar-se as texturas e animação. Deu-se seguimento à criação da panorâmica digital da cavea e utilizou-se a tela colocada neste espaço arqueológico como guia para que a panorâmica ficasse alinhada com o espaço real. Inseriu-se também o áudio e o texto (português e inglês) com fonte Trajan, que imita a letra romana.

Testaram-se outras formas de exportar os ficheiros 3D, com o tamanho permitido pelo Zapworks, sem perder definição. Conclui-se que não era viável através das ferramentas usadas, por isso utilizou-se o Unity para a importação do Teatro Romano, o que obrigou a mais tempo despendido na aprendizagem de uma nova ferramenta.

Nesta fase o projeto dividia-se em duas aplicações. A principal, onde se inseria a cavea e dois objetos 3D, com diferentes tipos de *tracking* (explicarei no desenvolvimento do projeto) e que seriam visualizados no espaço arqueológico da cavea.

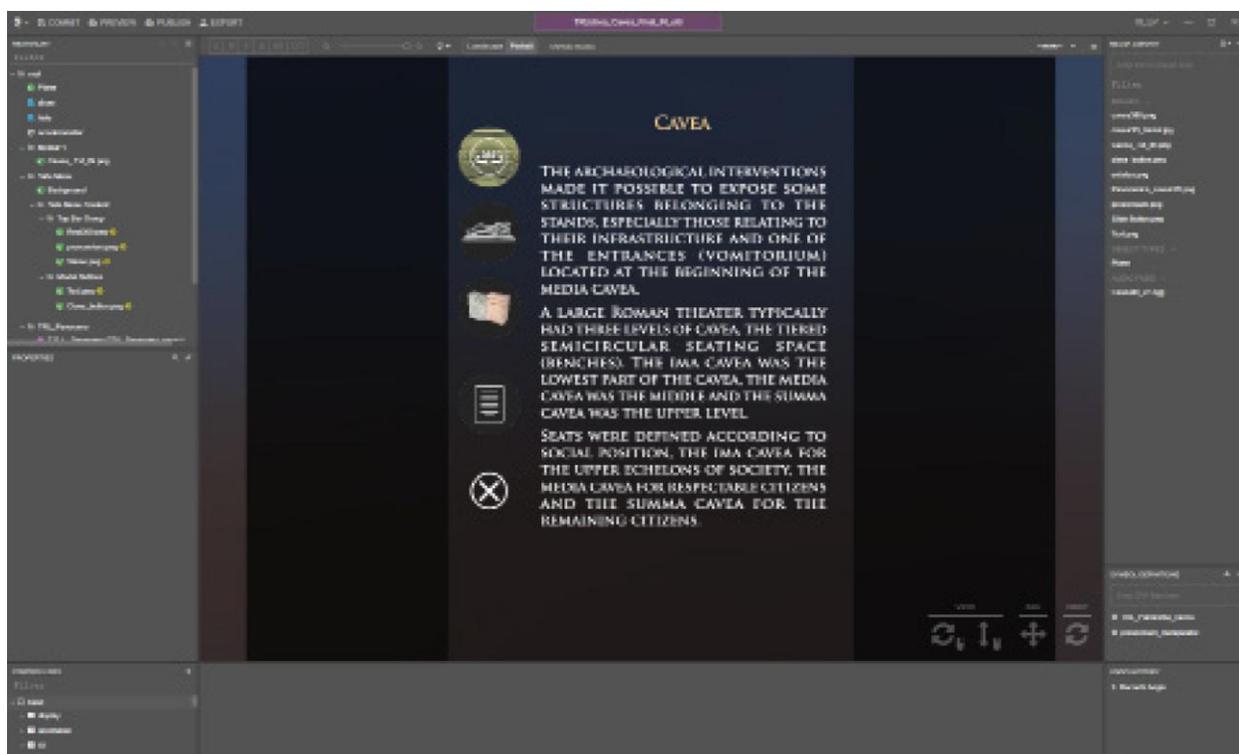


Figura 5. Aplicação da cavea (inglês), com os botões para a panorâmica virtual, a estátua de Sileno, proscênio (objetos 3D), de texto e fechar texto (*software Zapworks Studio*)

A segunda aplicação tinha o avatar, um objeto 3D, que seria o Teatro Romano (Unity), e uma panorâmica do espaço real, com informação virtual localizada. Verificou-se que as aplicações ficavam demasiado pesadas para utilização de dados móveis, o que poderia ser um problema para os visitantes.

O que levou a reduzir ao máximo os elementos na primeira aplicação e a individualizar as experiências, a cavea no exterior e as outras duas no interior do Museu. Resolveu-se não desistir da segunda aplicação porque se entendia que continuava a fazer sentido ter um avatar, pois poderia prestar a informação adicional ao turista quando o espaço arqueológico se encontra fechado. Além disso, poderia cativar o público a visitar o museu de uma maneira mais interativa. Após o reajustamento dos elementos digitais, existiu um encontro com as arqueólogas e o maquetista Carlos Loureiro, numa primeira abordagem de teste das experiências, o que permitiu definir melhor os dois projetos no interior do Museu e o da cavea.

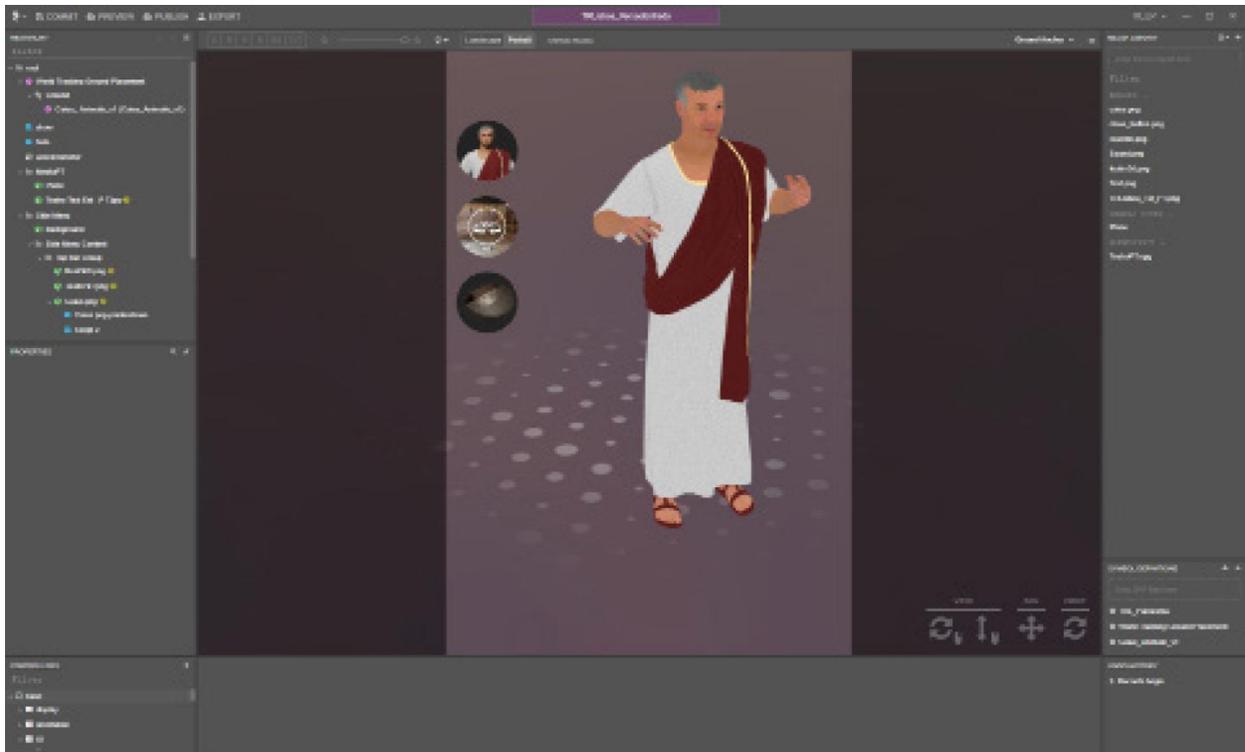


Figura 6. Aplicação do avatar, com botões texto (avatar), panorâmica real com imagens virtuais e o modelo 3D do Teatro Romano (software Zapworks Studio)

Na correção ao projeto deixaram de existir os objetos 3D porque já existe grande proximidade dos visitantes perante os objetos, e passaram a ser formas 2D manipuláveis. Percebeu-se também que seria vantajoso a existência de um *QR Code* por experiência para maior rapidez de acesso. Não se optou pelo *Zapcode* (código nativo da aplicação) porque implicava que o visitante instalasse a aplicação. Embora esta fosse um fator de melhoria de visualização das experiências.

Para se averiguar a viabilidade destas ferramentas na instituição e com o acordo dos responsáveis do Museu, mobilizaram-se dois voluntários, no sentido de interpelar os visitantes sobre a utilização das experiências. Criou-se um *QR Code* para um questionário para colocar junto ao *QR Code* da experiência de modo a que o visitante pudesse avaliar a experiência. A implementação das experiências decorreu entre os dias 14 e 26 de fevereiro, o que permitiu obter algumas respostas interessantes para a evolução do projeto no futuro e além disso, obteve-se alguns testemunhos dos visitantes.

4. O ESPAÇO ARQUEOLÓGICO



Figura 7. Entrada principal do espaço arqueológico da cavea do Teatro Romano de Lisboa

O Teatro Romano de Lisboa situa-se na Rua de São Mamede em Lisboa. Foi um dos primeiros edifícios mandado erigir na nova cidade romana *Felicitas Iulia Olisipo* (Lisboa) há 2000 anos pelo imperador Augusto. O teatro romano era um dos locais mais democráticos na época romana, pois todos os cidadãos desde escravos a ricos tinham acesso. Hoje, o Teatro romano de Lisboa tem dois locais distintos, o espaço arqueológico aberto ao público onde se pode ver uma parte da *immacavea* e uma parte do corredor de separação com os assentos superiores.

E, em frente, situa-se o edifício do museu que se encontra sobre as ruínas de parte do antigo teatro e onde se podem ver outros dos seus elementos. Neste espaço estão expostas diversas peças referentes à época romana.

O teatro romano foi descoberto em 1798, por Manuel Caetano mas nos anos seguintes foi construído um prédio sobre as suas ruínas. Só em 1964, D. Fernando de Almeida inicia os primeiros trabalhos de prospeção de elementos que se encontravam à vista e que foram usados na construção, 3 fustes de colunas jónicas. Em 1965 as intervenções arqueológicas continuavam pela mão de Irisalva Moita que colocou a descoberto a zona da *orchestra*, parte do proscênio, o início das bancadas e uma das entradas do teatro. As escavações voltaram a parar por diversas dificuldades e só em 1989 é que voltaram a iniciar as escavações que se estenderam até 1993, foram intervencionadas, as bancadas, o corredor de separação e alguns muros da infraestrutura de suporte das bancadas entre outros elementos. Em finais de 2001 foi criado o Museu do Teatro Romano que se situa num dos edifícios e ao longo deste tempo

foram realizadas cinco campanhas arqueológicas e que permitiu chegar até aos 9 metros de profundidade máxima, com uma intervenção em cerca de quatrocentos metros quadrados. O museu encerrou em 2013 para adequação do espaço às novas estruturas arqueológicas e reabriu ao público em 2015. A forma como o edifício romano se implanta no terreno e a diferença que hoje se reconhece entre o que se preserva e como originalmente seria são alguns dos aspetos que mais importam destacar. Fernandes (2017)

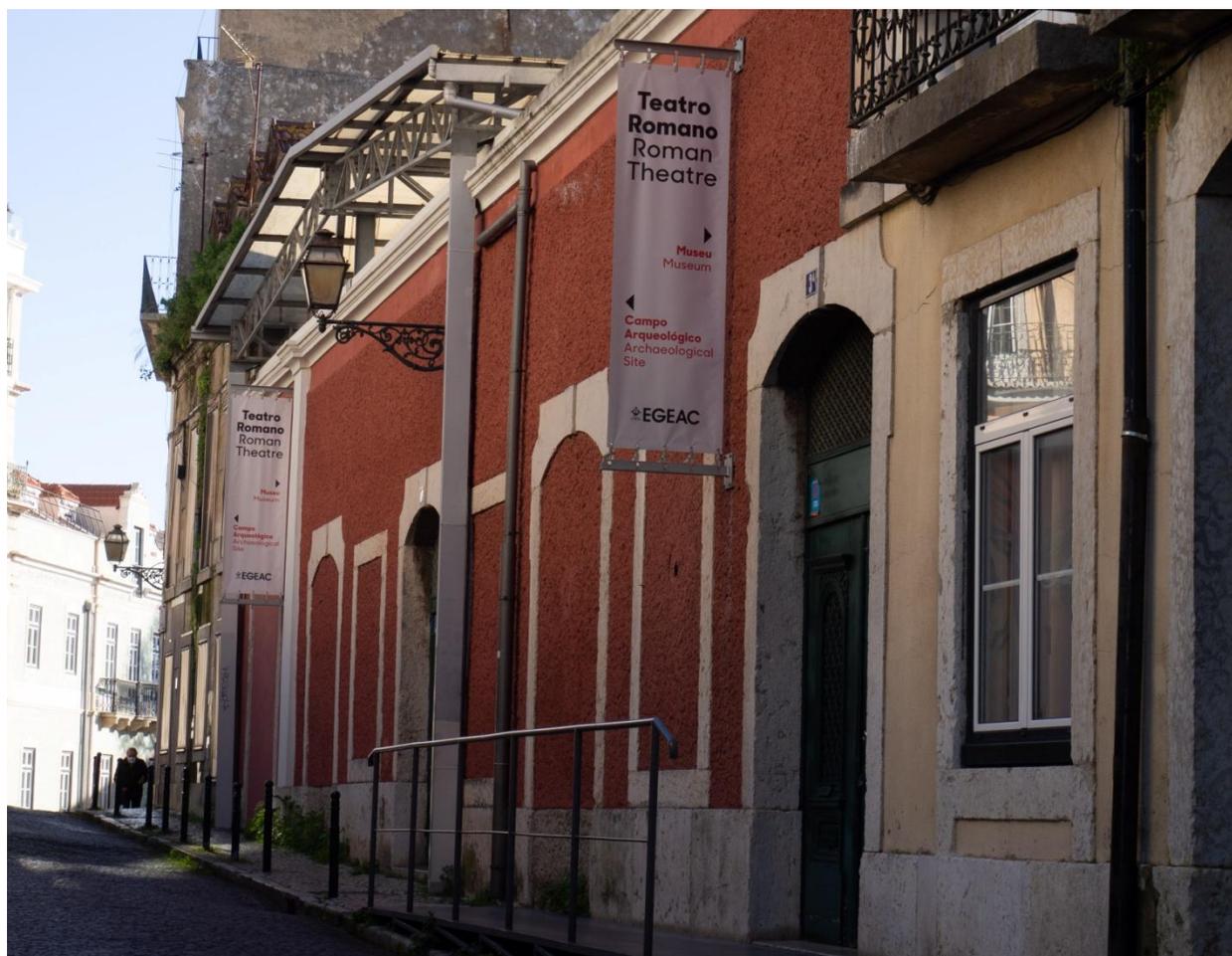


Figura 8. Entrada do edifício do Museu do Teatro Romano de Lisboa

O objetivo é proporcionar experiências interativas nos museus questionando a relação entre o utilizador e os objetos de forma a entender se as pessoas se ligam mais profundamente com o conteúdo disponível e aprendem através do processo de interação com o conteúdo digital aumentado. Barreto et al. (2018).

A Realidade Aumentada permite maior diversificação na forma como o visitante explora os artefactos e os museus, permitindo tornar o espaço museológico mais interativo, mais contextualizado e mais próximo do visitante. Por outro lado, permite ao museu apresentar artefactos que de outra forma nunca estariam disponíveis para ser vistos ou acedidos, seja por

não terem espaço no Museu ou por serem demasiado grandes ou ainda por estarem parcialmente recuperados como o Teatro Romano.

A colaboração com o Museu de Lisboa, Teatro Romano de Lisboa permitiu extrair algumas informações sobre o modo de abordagem destes projetos com as instituições. Neste caso, houve uma total disponibilidade para o acesso aos espaços necessários, foram fornecidos os elementos que dispunham, como o teatro romano em objeto 3D e os textos de maior expressão. Além disso, corrigiram e alteraram outros que foram elaborados para as experiências. De referir, que a implementação dos expositores com a informação e os *QR Codes* foram da sua autoria.

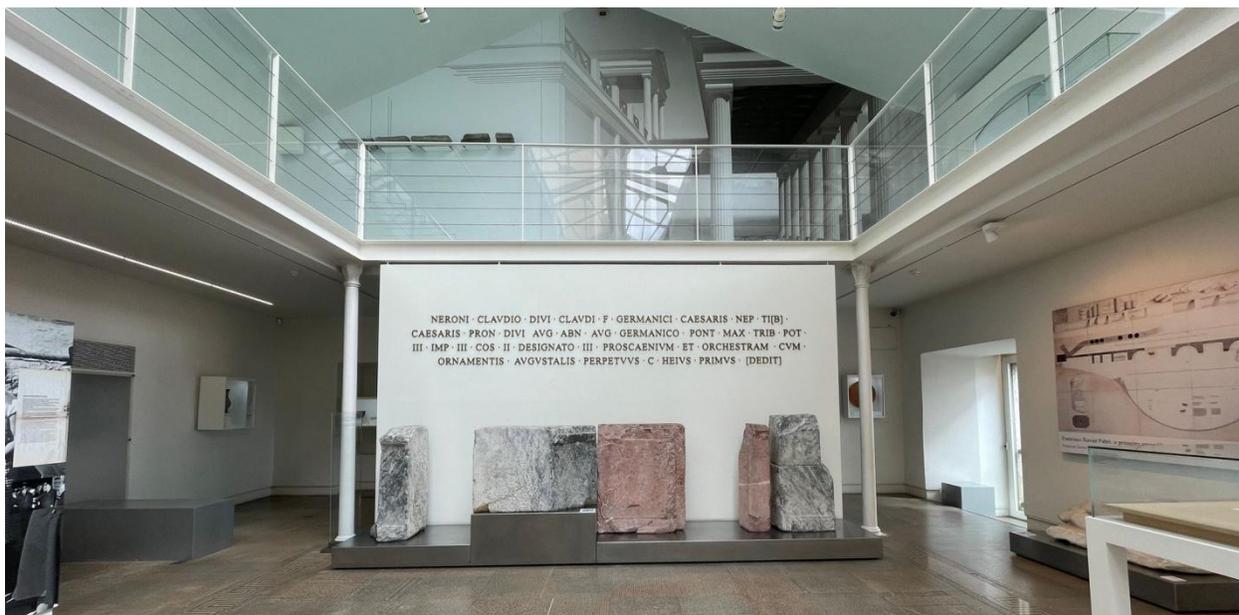


Figura 9. Interior do Museu do Teatro Romano de Lisboa

O procedimento seguido pelo Museu é o institucional, o que por vezes colocou alguns desafios na concretização do projeto final, sobretudo porque houve receio por parte dos responsáveis de que o visitante se sentisse defraudado com as experiências no interior. Por isso, na fase final, houve alguma falta de contextualização das experiências que ajudassem os visitantes a perceber o seu funcionamento. Por exemplo, não se apercebiam que continha áudio. Houve também falta de informação em relação à colocação dos *QR Codes* para os questionários. Apesar de estas limitações não terem influência na concepção do projeto, houve alguma limitação na extração de toda a informação. Em particular sobre as experiências que fariam mais sentido para os visitantes no contexto museológico.

Deve-se sublinhar que a concretização do projeto se deve à inteira disponibilidade da equipa do Teatro Romano de Lisboa na reunião das melhores condições para o executar. Existe imenso potencial para se desenvolverem projetos nesta área, e a baixo custo, que poderão potenciar o espólio do Teatro Romano de Lisboa.

4.1 Projetos de RA em espaços arqueológicos

No âmbito do projeto exploraram-se alguns aplicativos de RA existentes no âmbito do património cultural. O Teatro Romano de Guadix de Espanha e a BBC *Civilisations* do Reino Unido e em Portugal referencia-se o Viseu 5.0. Estes projetos permitem conhecer o que se faz no âmbito desta temática, e apesar de nem todos os elementos possam ser adaptados ao Teatro Romano de Lisboa, devido às diferentes características, tanto do espólio como de localização, permite verificar como se pode no futuro fazer uma divulgação mais assertiva.

4.1.1 Teatro Romano de Guadix

O Teatro Romano de Guadix¹² tem uma aplicação na qual se pode desfrutar da reconstrução do Teatro Romano em 3D, tal como existia na sua época. É uma aplicação grátis que usa o sistema de *QR Code*, mas que também pode ser usada como visita virtual. Os elementos 3D estão bem elaborados e muito aproximados ao que se pretende para este tipo de projeto. Utiliza técnicas de realidade mista que combinam o mundo real com o mundo virtual, de forma que quando nos movemos no mundo real o aplicativo detecta esses movimentos e transporta-os para o mundo virtual. O aplicativo pode ser executado em qualquer ponto e permite visualizar a reconstrução das diferentes partes que constituíam o Teatro. De momento, a aplicação ainda não tem áudio que descreva e informe sobre a estrutura e artefactos. De referir que é um projeto efetuado num protocolo entre o Ayuntamiento de Guadix, a Universidade de Cádiz e de Granada.



Figura 10. Aplicação do Teatro Guadix para Android (disponível na Google store)

¹² <https://teatorromanodeguadix.com/>

4.1.2 BBC *Civilisations* AR

Em 2020 a BBC lançou a primeira aplicação¹³ gratuita dedicada à RA que pretende ser um complemento à série BBC Two. Visa mostrar aos utilizadores a arte e cultura de todo o mundo. Através de uma cooperação com os museus do Reino Unido, que disponibilizaram alguns dos artefactos das suas coleções, num total de 280 peças e dos quais foram selecionados 40, a escolha foi efetuada de forma uniforme consoante a série BBC Two e a variedade de artefactos das culturas de todo o mundo. Foram digitalizados e criados modelos 3D para serem incluídos na aplicação. A qualidade dos objetos é excepcional e há casos que permite ver em raio X o interior do artefacto. De salientar que este projeto além dos 30 museus teve a colaboração da BBC Arts, BBC R&D, Nexus Studios. A grande mais-valia neste projeto é o trabalho de fotogrametria, que poderia ser implementado no Teatro Romano de Lisboa.

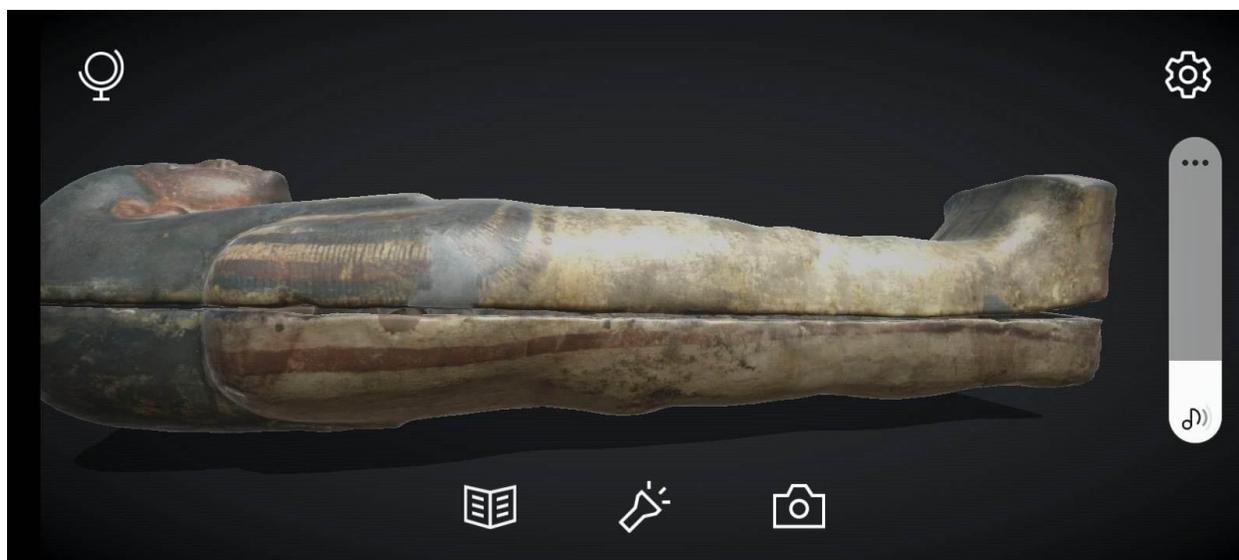


Figura 11. Um dos artefactos em que é possível ver o interior na aplicação BBC *Civilisations* para Android

4.1.3 Viseu 5.0

Viseu 5.0¹⁴ é um projeto de RA da cidade de Viseu que funciona como guia para se descobrir a cidade através das suas personagens históricas e míticas. É uma aplicação gratuita para android e iOS. Em diversos locais da cidade, a aplicação inicia-se com um mapa e pontos de referência, existe um *QR Code* que ao ser lido pelo dispositivo móvel faz aparecer uma personagem histórica a enquadrar o local onde nos encontramos. Estas personagens são protagonizadas por atores que encarnam a personagem histórica. O avatar para o Teatro Romano que inicialmente tinha proposto executar era baseado nesta forma de apresentar as histórias. Esta aplicação está disponível em três línguas, português, espanhol e inglês.

¹³ <https://www.bbc.co.uk/taster/pilots/civilisations-ar>

¹⁴ <https://www.mhcviseu.pt/realidade-aumentada.php>



Figura 12. Aplicação Viseu 5.0 para Android (disponível na Google store)

4.2 O espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa



Figura 13. Espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa

Este projeto de desenvolvimento de Realidade Aumentada para um espaço museológico incidiu sobre o Museu de Lisboa - Teatro Romano. Um espaço que permitiu desenvolver várias experiências nesta área e no sentido de testar quais as que mais se adequarão a este tipo de instituições. A escolha recaiu sobre este espaço nobre da antiga cidade romana de *Felicitas Iulia Olisipo* – a designação latina para a cidade de Lisboa – e que constitui um ponto de partida para o entendimento da evolução citadina na área da onde o teatro romano se implanta.

Esta longa diacronia e esta parcela histórica que hoje é possível perceber no Museu de Lisboa - Teatro Romano ilustra, afinal, a própria história da cidade de Lisboa, confundindo-se com a evolução da cidade. Fernandes (2017).

O objetivo do projeto era o de aprofundar o conhecimento sobre as ruínas do Teatro e os artefactos descobertos no espaço arqueológico através de experiências imersivas que transportassem os visitantes para época de ocupação romana.

O conhecimento que hoje se tem sobre as características técnicas, construtivas e decorativas empregues na sua edificação e o engenhoso sistema de muros de contenção realizados a sul do edifício e que permitiram a sua edificação a meia encosta, possibilitam novas considerações sobre este monumento construído nos inícios do séc. I d.C.. Fernandes (2017).

4.3 Entrevista à coordenadora de comunicação do Museu de Lisboa

A abordagem para este projeto iniciou com uma entrevista à coordenadora de comunicação do Museu de Lisboa, Marina Marques, no intuito de perceber quais as potencialidades e as limitações que se poderia ter na execução do projeto. No sentido de fornecer com carácter abrangente as informações recolhidas, transcreve-se de seguida a entrevista realizada em 31 de agosto de 2022.

Marina Marques admitiu que as novas tecnologias podem “ajudar a passa a informação que dá vida” às peças do Museu da Cidade, que tem um acervo de 100 000 peças, das quais 600 estão expostas. Reconheceu, no entanto, que o gabinete que dirige tem uma equipa pequena para desenvolver essas novas tecnologias. Ainda que o maior objetivo do museu seja o “de enriquecer a experiência” dos visitantes e conseguir atrair um público mais jovem. “O projeto de RA é algo que queremos desenvolver, mas queremos desenvolver bem”, assegurou.

Quais as expectativas sobre as novas tecnologias mais concretamente na RA no espólio museológico do Teatro Romano de Lisboa?

Tudo o que é novas tecnologias, RA ou Virtual pode ser um auxiliar para despertar a curiosidade para as peças que temos expostas. A visita tornava-se mais interessante se todas as peças tivessem legendas, mas as pessoas não tinham tempo. As novas tecnologias podem ajudar a passar a informação que dá vida até a algumas das nossas peças e que apenas expostas parece que não são nada. Mas se dissermos que aquele livrinho pertenceu a uma menina e que até sabemos o nome dela, porque tínhamos os brincos que estavam juntos a uma placa tumular, temos sempre um caso particular. E isso está tudo numa gaveta e não tem nada escrito, mas se

abrirmos a gaveta e aparecer a menina a contar, pode ser uma forma muito mais imediata de passar todas as milhentas histórias que temos aqui nas peças do museu.

E o espólio que não têm exposto?

Temos de momento 600 peças expostas e vamos ter cerca de 1200 quando fizermos o primeiro andar, mas o acervo do museu são cerca de 100 000 peças. Por isso, emprestamos peças a outros museus.

Quais os recursos técnicos disponíveis no Teatro Romano de Lisboa? Porque é importante os visitantes terem acesso a *wi-fi* para poderem utilizar estas tecnologias.

Temos *wi-fi* no Palácio Pimenta, nos jardins e no Museu do Teatro Romano de Lisboa.

Qual o *feedback* e expectativas dos visitantes sobre a utilização das tecnologias nas vossas exposições?

Em algumas peças do Palácio Pimenta temos *QR Codes* como alertas, a remeter tanto para a visita ao Teatro Romano, como para o museu Santo António e para a Casa dos Bicos, com informação adicional do que pode ver. Uma coisa simples para se saber o que existe e que tem funcionado.

Continuamos a desenvolver a parte multimédia. Temos uma maquete gigantesca de Lisboa antes do terramoto e pegamos em alguns pontos que conseguimos identificar - por exemplo, onde é a Assembleia da República era um convento -, e há uma reconstituição 3D com informação adicional. Neste momento temos disponíveis 12 edifícios, mas já temos identificados 90 e há todo um trabalho imenso que se pode fazer. Partir do que era o edifício e como é agora. Fazer uma relação com a Lisboa de hoje também através das imensas gravuras, desenhos e pinturas que fazem parte do nosso espólio.

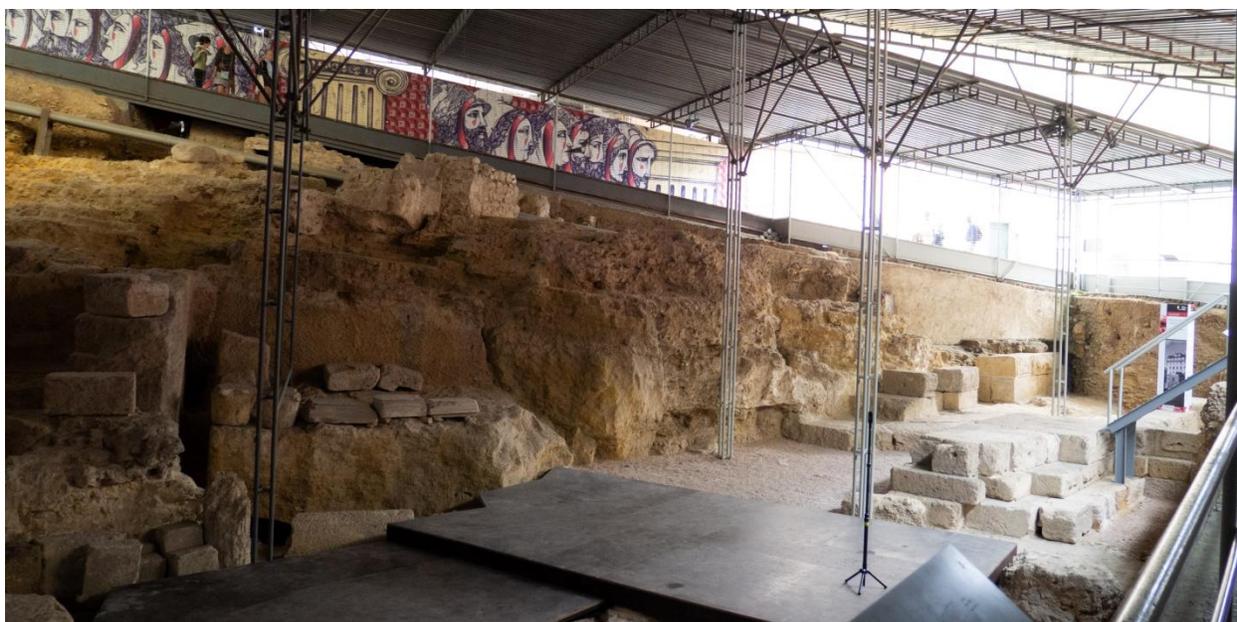


Figura 14. Espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa

Outra coisa que fazemos na maquete, além da edificação dos edifícios 3D, é três percursos pela cidade. Acabamos de inaugurar um, o do lugar da escravatura. Outro é o da Rua Nova dos Mercadores, porque era a zona comercial da altura, e temos ainda outro da zona ribeirinha. Este é um bocadinho diferente do que é hoje, porque ganhamos algum terreno ao rio.

Em termos de novas tecnologias, outra coisa que fazemos no Teatro Romano e no Palácio Pimenta são alguns vídeos com reconstituições em 3D.

Quais os recursos técnicos e humanos que têm para executar os projetos?

Temos um gabinete com uma equipa muito pequena. A fazer 3D é só o Carlos Loureiro, temos outra pessoa a fazer vídeo e a fotografia e a edição de vídeo para as exposições sou e outra pessoa da comunicação que fazemos. Desenvolvemos a edição de vídeo durante a pandemia porque era a única forma de pudermos publicar imagens de fotografias e desenhos.

Qual o público-alvo que pretendem atingir com os vossos projetos tecnológicos?

Mais do que termos um público-alvo, nós pensamos em contar mais histórias. O nosso maior objetivo é enriquecer a experiência de visita do museu, conseguir atrair um público mais jovem é importante para nós. Temos um programa educativo gigantesco com as escolas. O projeto de RA é algo que queremos desenvolver, mas queremos desenvolver bem. É melhor desenvolver pequenas janelas, pequenas histórias do que estar a pensar numa coisa muito grande com orçamentos fabulosos. Um dos objetivos do museu é todos os anos colocar *online* algum do nosso inventário, por exemplo, temos uma coleção de 500 gravuras que conseguimos catalogar e à medida que os investigadores vão estudando a peça, colocamos a informação e atualizamos o inventário que posteriormente disponibilizamos. É um trabalho que nunca acaba devido à quantidade do acervo do Museu.

5. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

5.1 Objetivos

O projeto de RA do Teatro Romano de Lisboa tem dois objetivos principais, demonstrar às instituições culturais, neste caso o Museu de Lisboa e mais concretamente o Teatro Romano de Lisboa que se pode implementar experiências tecnológicas com custos reduzidos ou mesmo sem custos. Nesse sentido, pretende-se que estas novas formas de apresentação do seu espólio seja um complemento a toda a divulgação do seu espaço arqueológico, mas de uma forma mais apelativa e que isso incentive a uma maior afluência de visitantes ao espaço. Neste sentido, como diz Carlos Loureiro, o maquetista do Museu de Lisboa, “a implementação de projetos neste âmbito só tem interesse se não defraudarem as expectativas do visitante, preferimos apresentar projetos simples e com objetivos bem definidos do que projetos que possam não corresponder às expectativas”.

E, por outro lado, permitir aos visitantes ter uma experiência mais imersiva dos artefactos e do que o Teatro Romano tem a oferecer no seu espaço. A expectativa futura é que este tipo de projetos possa aumentar o interesse cultural através de uma interação com os artefactos em tempo real, o que proporciona também ter uma informação descritiva complementada com o formato físico. Pretendeu-se efetuar diversas experiências para que se possa ter uma perceção do que é possível fazer neste âmbito. Estas experiências foram incluídas por questões técnicas, no que se pode considerar duas simples aplicações. No entanto, no decurso do projeto foram efetuadas alterações à forma como essas experiências seriam implementadas no museu.

Carlos Loureiro sublinha que “para o Museu de Lisboa os objetivos da utilização do 3D é complementar à informação prestada pelo museu ao visitante, pretendemos que seja mais cativante para o visitante, não é um ponto fundamental mas uma consequência”. Um dos pressupostos do projeto foi conceber o máximo possível de objetos digitais em diversos *softwares* e plataformas gratuitas que fossem compatíveis com a aplicação RA. Pelo que se executou de raiz todos os elementos digitais, à exceção do Teatro Romano de Lisboa e o avatar.

5.2 *Softwares*, aplicações e plataformas utilizadas na concepção do projeto

As experiências interativas dos visitantes com aplicações de RA são cada vez mais utilizadas. Conteúdos como a história e o tema dos objetos são acrescentados digitalmente aos artefactos de forma a “aumentar” a realidade. Desta forma, os objectos podem “explicar” o seu significado e correlacionar-se com outros. Spadoni et al. (2022).

As características dos visitantes podem também ser potenciadas pela realidade aumentada, entre as quais a idade, o conhecimento do assunto, do espaço e dos artefactos, para lhes fornecer os conteúdos mais adequados e sugerir tópicos em conformidade com os seus interesses. O que lhes permite aceder de forma autónoma aos conteúdos.

De seguida caracteriza-se os *softwares* usados na elaboração do projeto, quais as especificidades, facilidades e dificuldades na sua utilização. Os *softwares* utilizados foram maioritariamente *freeware*, de forma que o projeto tivesse o menor custo possível. Verificou-se, apesar de tudo, que a possibilidade de utilizar *software* ou *plugins* pagos poderia minimizar as dificuldades na execução do projeto, sobretudo na concretização dos elementos mais complexos. Indica-se também alguns *softwares* ou plataformas (Readyplayer.me, Mixamo e Meshlab) que foram experimentadas, mas que por razões mais técnicas não foram integradas no projeto, mas que têm valências importantes para outros projetos nesta área.

5.2.1 Zapworks

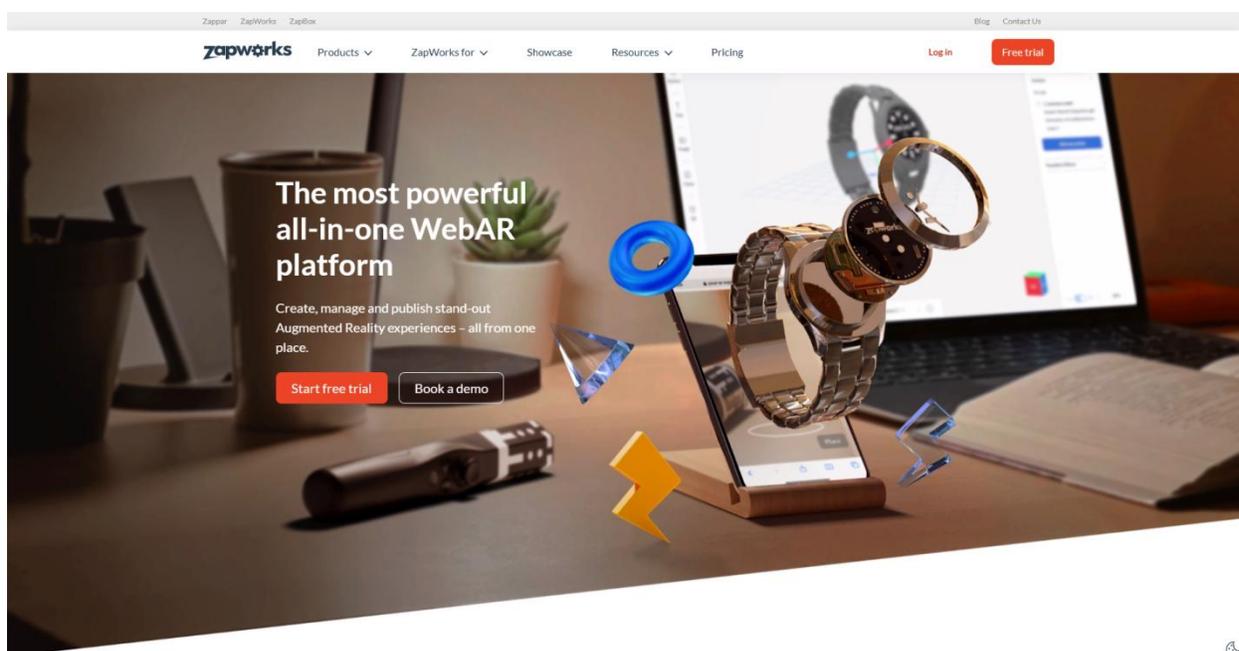


Figura 15. Plataforma Zapworks

A Zapworks é a plataforma líder na produção de conteúdos de realidade aumentada. É utilizada por grandes marcas para criar os mais diversos conteúdos de marketing, mas também nas áreas de comércio, embalagens, eventos e na aprendizagem e desenvolvimento. É uma aplicação/plataforma que funciona através de registo, permite-nos a instalação no computador de um *software*, o Studio, e uma versão online via plataforma, a Design, que não necessita de instalação. Esta última é uma versão mais simples e tem menos opções do que a versão Studio, que permite desenvolver outro tipo de experiências mais profundas. Para além disso, tem a própria aplicação móvel, Zappar, que lê os seus códigos nativos (*Zapcodes*) das experiências realizadas na Zapworks.

Estas duas formas de trabalhar são gratuitas, após o registo temos acesso à publicação de cinco projetos. A inclusão de mais projetos tem um custo adicional por cada um deles. Tem outro tipo de serviços pagos que permitem alojar mais projetos e ter assistência técnica. Os

tutoriais, *templates* e os fóruns que disponibilizam gratuitamente são suficientes para qualquer interessado nesta área iniciar as suas experiências de RA.

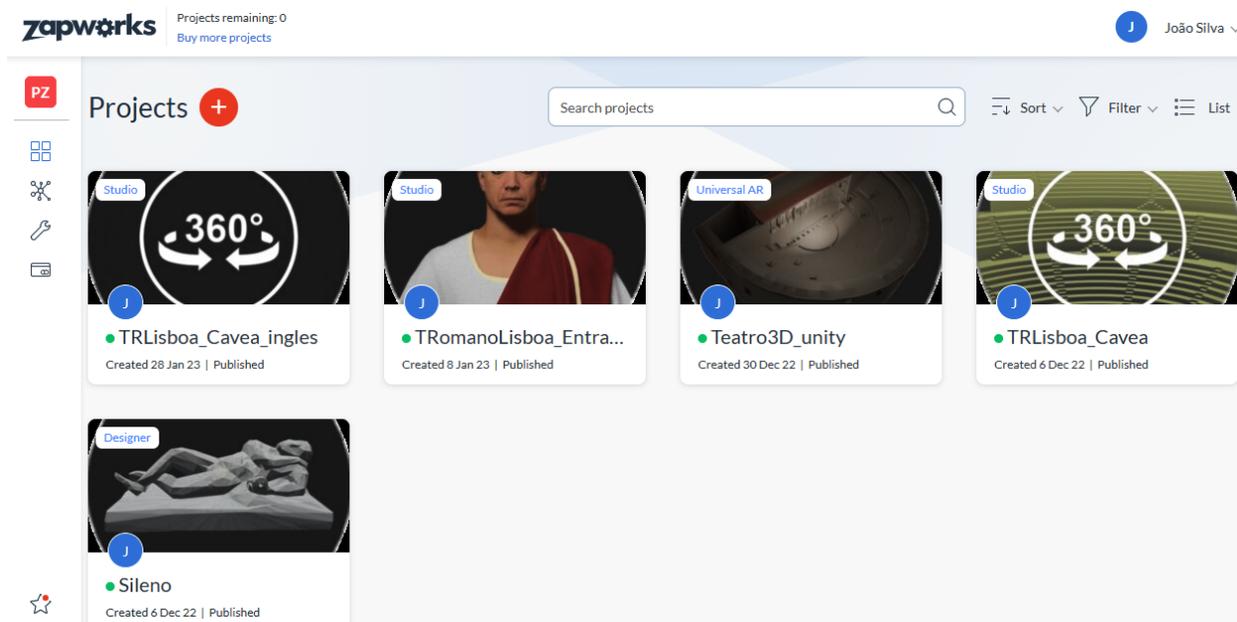


Figura 16. Disposição das experiências na conta Zapworks

A Zapworks permite diversos tipos de projetos, como rastreamentos de imagem, da face e do mundo, mini jogos e portais. Por outro lado, tem diversa documentação, tutoriais e exemplos de projetos que podem ser consultados e replicados de forma a facilitar a aprendizagem do utilizador com esta ferramenta. O Zapworks também tem diversos *kits* de ferramentas que permitem melhor integração com os projetos de RA a desenvolver. Desde Javascript, A-frame, Unity, entre outras. Neste projeto uma das experiências foi desenvolvida em Unity. Cada experiência tem disponível três tipos de *triggers*, o *trigger* próprio da ferramenta Zapworks, *Zapcode*, o *QR Code* e o *link da web*.

O projeto foi maioritariamente executado no Zapworks Studio, em detrimento do Design, porque esta ferramenta permite uma maior integração dos elementos que se pretende incluir. Contudo, na importação de alguns elementos digitais o suporte do Design comporta-se de uma forma mais eficiente do que no Studio. Mas se os objetos forem construídos inicialmente consoante as características técnicas documentadas a sua execução no Studio é fluída. A importação de alguns elementos 3D (glTF/glb/fbx/obj/pod) para o Studio nem sempre foi bem conseguida, devido à forma como os objetos foram construídos em outros programas, algo que será abordado no tema da concepção do projeto.

De referir que no projeto foram utilizados diversos *templates* disponibilizados pela Zapworks, e que depois foram adaptados ao projeto. Desde *360 degree panorama*, *instant tracking*, *target manipulator*, *world tracking*, *lighting gravity environment* e *image tracking* (segundo a própria documentação disponibilizada). Concluiu-se que a execução destes projetos é relativamente

simples, embora para outros mais complexos seja necessário aprofundar os conhecimentos na integração dos *kits* disponibilizados. Podem ser incluídos no mesmo projeto uma ou mais ferramentas, mas da experiência adquirida verificou-se incompatibilidade no uso da mesma ferramenta duas vezes, ou seja, não se pode usar dois *world tracking* na mesma experiência.

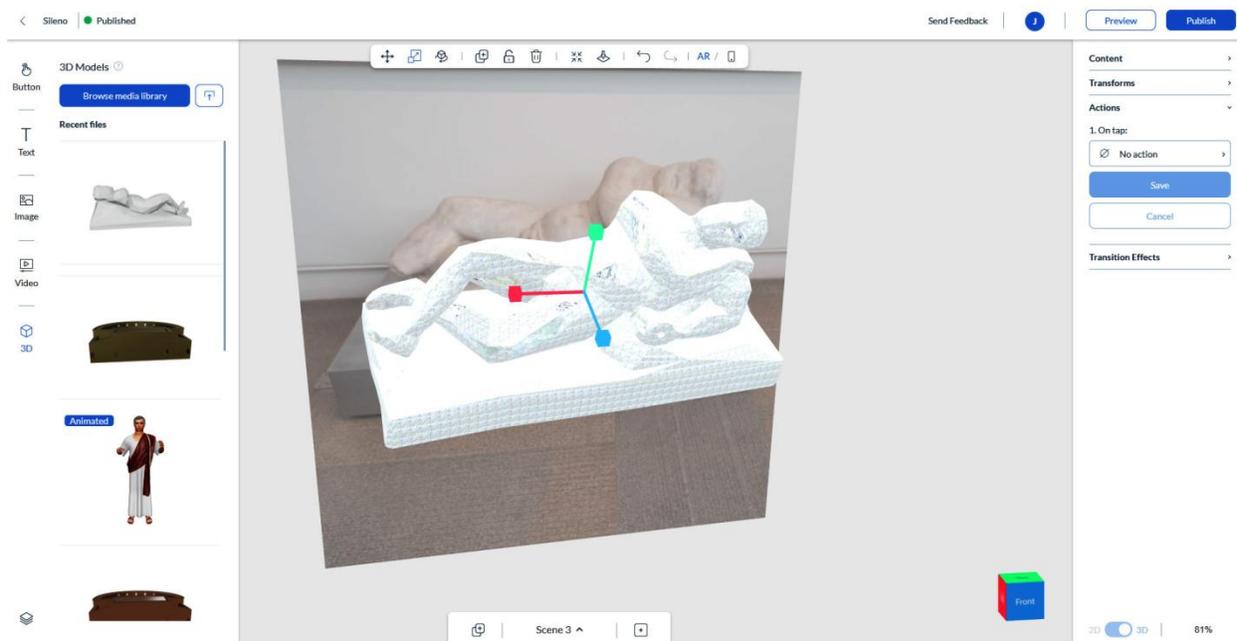


Figura 17. Plataforma de criação da Zapworks Design com o objeto 3D

O Zapworks Design foi usado na fase de aprendizagem antes de avançar para o Studio, já que se trata de uma plataforma simples de aprender e que permite criar experiências com capacidade de interação de diversos conteúdos. Permite criar várias passagens entre experiências, através da utilização de elementos 2D e 3D, texto, vídeo e com botões pré-definidos. Neste projeto esta ferramenta foi usada numa simulação de um objeto 3D em *tracking image*. De referir que o Design já tem uma série de objetos pré-definidos, mas mantém a capacidade de incluir novos objetos criados pelo utilizador e tem ligação a outras plataformas como a <https://sketchfab.com/>. Esta plataforma tem objetos construídos por forma a ser compatível, mas é necessário um registo e limita o uso de modelos gratuitos.

Após as primeiras experiências, o Design tornou-se limitativo e foi no Studio que se iniciaram os projetos, através de tutoriais da aplicação e do Youtube. De referir que existem outros *softwares* que permitem a criação de experiências de RA similares ao Zapworks, o Vuforia, ARKit e Wikitude.

Na primeira fase de concretização do projeto criaram-se três experiências que acabaram por não ser consideradas para exposição, mas permitiram auscultar algumas pessoas, através de um inquérito disponibilizado no Facebook e Whatsapp, sobre se visitariam o Museu caso estivessem disponíveis. As outras três experiências desenvolvidas foram as escolhidas para

serem experimentadas no Museu e ajudaram a medir qual o grau de adesão dos visitantes a este tipo de inovações nos espaços arqueológicos e museus.

5.2.1.1 Avatar



Figura 18. Imagem final renderizada do Avatar através do Blender

O avatar criado em Metahumans, e concluído em Blender, foi importado para o Zapworks Studio. Foi usada a ferramenta *World Tracking*, que segundo a Zapworks permite um rastreamento 6-DOF (termo que indica a liberdade de movimentos de um corpo rígido num espaço tridimensional) e que os objetos digitais sejam colocados à frente de uma câmara, sem qualquer imagem ou objeto alvo. Pode-se assim criar uma experiência em que o utilizador veja o modelo 3D de vários ângulos ao caminhar à sua volta ou permite colocar uma personagem num local definido. Esta foi a opção utilizada neste projeto. No caso do avatar incluiu-se áudio para gerar imersividade e texto para os visitantes com deficiência auditiva. Para uma melhor imersão o visitante deverá usar auriculares. Este é o texto reproduzido pelo avatar:

Sou Caius Heius Primus, cidadão romano que mandou fazer as obras de remodelação da zona central do teatro no ano 57 d.C., na época do imperador Nero e em sua honra. Nessa altura Lisboa chamava-se “Felicitas Iulia Olisipo” e fazia parte do império romano.

O teatro foi descoberto em 1798 durante os trabalhos de reconstrução de Lisboa após o Grande Terramoto de 1755. Tinha a capacidade para quatro mil espectadores e foi

construído a meia encosta, na colina do atual Castelo de São Jorge como símbolo do poder de Roma.

Dada a sua localização, era visível por todos os chegavam à cidade pelo rio Tejo (então designado por “Tagus”), a principal via de acesso em época romana. No teatro realizavam-se representações cénicas as quais tinham uma função religiosa, sendo organizadas em honra das muitas divindades do panteão romano.

Com a queda do Império Romano o teatro foi deixando, progressivamente, de ser utilizado e, desaparecendo sob novas construções que se sobrepuseram e que aproveitaram a sua estrutura.

Apesar de ter sido descoberto no final do século XVIII, o teatro só foi escavado na década de 1960, voltando a ser visível e visitável após a abertura do museu, em 2001.”

5.2.1.2 Panorâmica do espaço arqueológico



Figura 19. Imagem panorâmica para 360° do espaço arqueológico Teatro Romano de Lisboa

Na Panorâmica do espaço arqueológico foi usado o *template* 360 Panorama *Image*, ferramenta que tem incluído dois botões, um de *restart* e outro de 360° que podem ser retirados. Inseriu-se a imagem panorâmica através da opção 360 Panorama *Image*. Neste aspecto, a localização da imagem poderá não estar alinhada com o espaço físico e, por isso, terá de ser trabalhada num editor de imagem. Uma das vantagens já referida sobre esta aplicação é de que se pode incluir diversos *templates* no mesmo projeto. No *template* 360° Panorama *Image* pode colocar-se botões e imagens sobre a imagem panorâmica, o que neste caso possibilitou informação

adicional sobre alguns artefactos. O objetivo futuro será que no espaço arqueológico esta informação não seja apenas infográfica, como acontece atualmente, mas também interativa.

5.2.1.3 Teatro Romano de Lisboa 3D

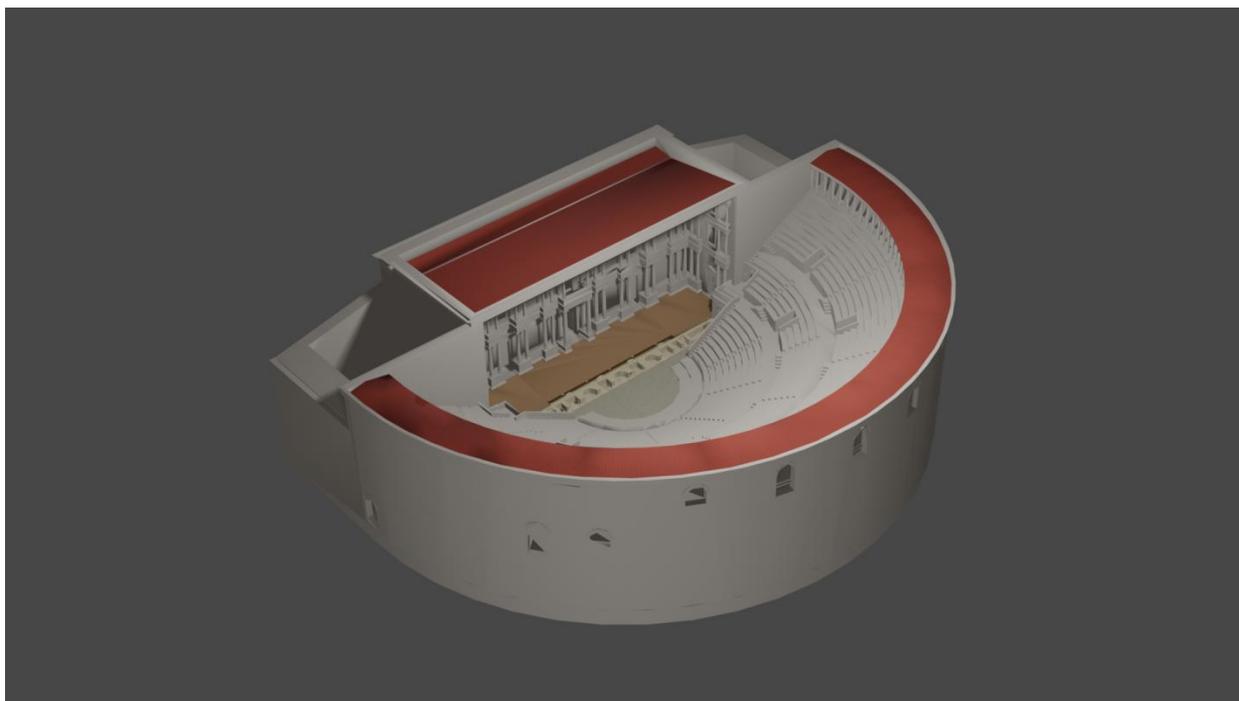


Figura 20. Imagem final renderizada do Teatro Romano de Lisboa em 3D

Nesta aplicação foi incluída uma réplica digital do teatro romano 3D, para o que foi necessário reduzir o máximo possível o tamanho do ficheiro. Retirou-se todo o interior (não era necessário para este efeito) e também se reduziu o número de texturas aplicadas, tornando o objeto mais leve para que pudesse correr de forma mais fiável e que permitisse ao visitante gastar o menos possível de dados móveis. Contudo, se for implementado num espaço museológico com *wi-fi* poderá ser experienciado com todas as suas características e através de uma experiência mais interativa, que poderá incluir, por exemplo, animação no interior do próprio teatro. Este modelo 3D foi inserido no Zapworks Studio através de um *link* do Unity, que será explicado mais à frente na secção Unity.

O foco seguinte será sobre os três projetos que vão fazer parte das experiências no Teatro Romano de Lisboa.

5.2.1.4 Panorâmica virtual do Teatro Romano de Lisboa

A panorâmica virtual da Cavea é a experiência principal deste projeto. A imagem panorâmica foi criada no Blender, através da importação do modelo 3D do Teatro Romano. No Blender executou-se um processo similar à panorâmica do espaço arqueológico, através da colocação de uma imagem do espaço real e depois foi posicionado o modelo 3D em relação à imagem e com a câmara alinhada com a localização do visitante.

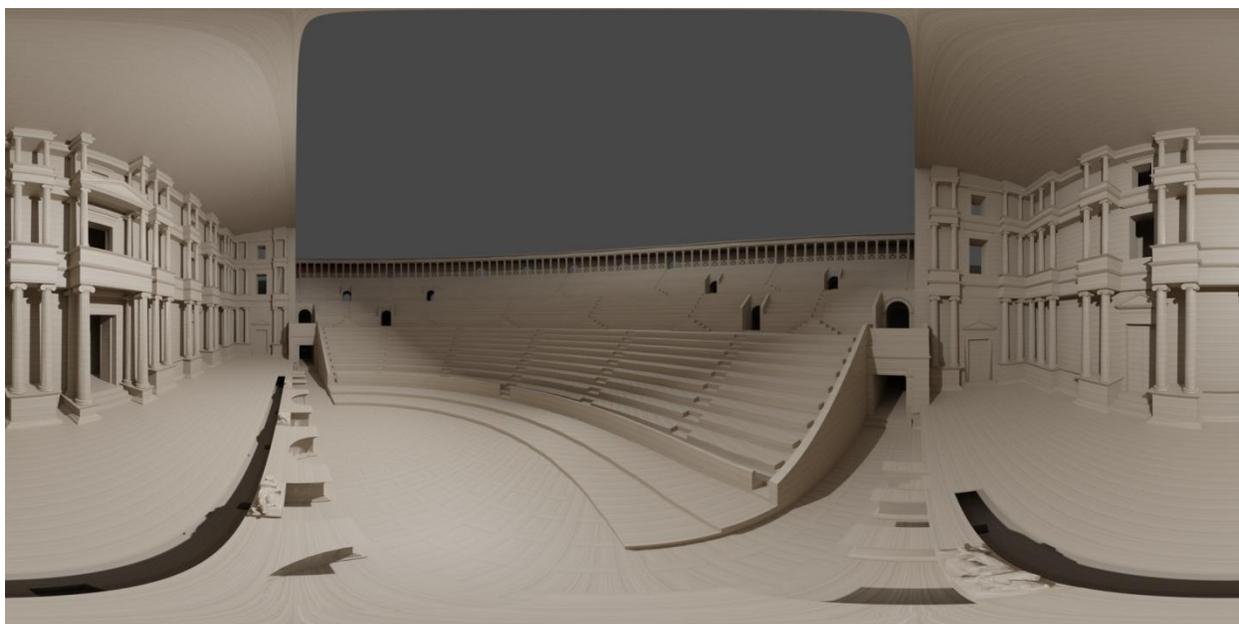


Figura 21. Imagem virtual panorâmica para 360° do espaço virtual do Teatro Romano de Lisboa

A imagem foi inserida no *template* 360° Panorama *Image* do Zapworks Studio e incluiu-se o texto criado para o efeito, que foi gravado com o formato de imagem, png. Seguiu-se o mesmo processo da panorâmica do espaço arqueológico. Este *template* (identificado como “panorâmica imagem da cavea”) foi alterado e gravado como um símbolo e inserido dentro do projeto “panorâmica virtual”.

Neste projeto “panorâmica virtual” – e que pretende levar o visitante a posicionar o dispositivo móvel de frente para o espaço real antes de aceder à imagem virtual – há um botão para aceder à “panorâmica imagem da cavea”. Para criar imersividade incluiu-se áudio e repetiu-se a imagem do texto (acessível através de um botão). A colocação do botão para aceder à “panorâmica imagem cavea” permite ao visitante estar a ouvir o texto ao mesmo tempo que vê o espaço real tal como o virtual do Teatro. Dispositivos móveis com giroscópio permitem ao visitante, sempre que faz um movimento circular ou de cima para baixo, ver o Teatro em 360°. Nesta experiência foram colocados outros dois botões para dar ao visitante a possibilidade de ligar ou desligar o áudio e esconder o texto. A experiência pode ser usufruída através de dois *QR Codes*, um para português (apresentado a seguir) e outro para inglês.

Um grande teatro romano tinha normalmente três níveis de bancadas, área designada por «cavea», que correspondia aos assentos semicirculares que se distribuía em altura.

Os degraus inferiores eram designados por «immacavea», seguindo-se a «media» e a «summacavea», no nível superior. Os espectadores distribuía-se de acordo com a respetiva posição social. As fiadas inferiores, mais próximo do palco, destinavam-se aos escalões superiores da sociedade, a «media» para os cidadãos e a «summacavea» para a restante população.

O que observamos no sítio arqueológico é uma parte da «immacavea», além do corredor «praecintio» de separação com os assentos superiores. As pedras que os formariam já não se conservam, restando somente o cimento romano de enchimento e de alicerce das bancadas.

5.2.1.5 Estátua de Sileno

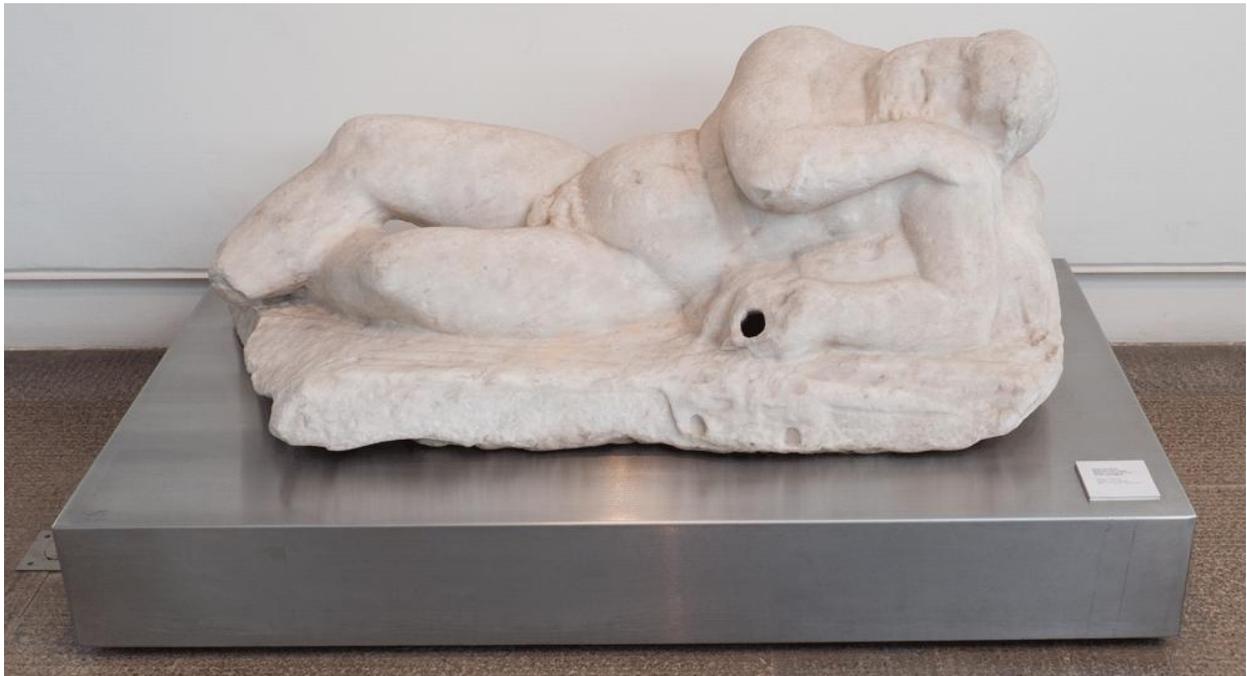


Figura 22. Imagem da estátua de Sileno que vai servir de *tracking* para uma das experiências

O processo final de desenvolvimento da estátua de Sileno (houve alterações no processo que serão explicadas na fase de alterações aos projetos) teve como ferramenta a *target manipulator*, que permite dar ao objeto rotação e zoom. O zoom usa as convenções de uma lente telescópica para permitir distância focal ajustável e, assim, ser capaz de ver vistas de perto de objetos posicionados à distância. Liestøl & Morrison (2013).

Foi inserida uma *tracking image* (imagem de rastreamento, ao apontar do dispositivo móvel a uma imagem pré-definida faz aparecer o objeto virtual) do artefacto para quando visitante ler o *QR Code* e apontar o seu dispositivo para o artefacto visualizará uma imagem em 2D do palco do teatro virtual. Nessa imagem aparece a estátua de Sileno com uma cor diferente. O visitante tem a possibilidade de fazer *zoom* para melhor visualizar a posição da estátua no local original e tem acesso ao áudio sobre o seu significado. «O Sileno era um dos seguidores do deus Dionísio e seu professor. Estas estátuas ornamentavam a parte superior do muro do proscênio».

5.2.1.6 Proscênio



Figura 23. Imagem de dois blocos do proscênio que vai servir de *tracking* para uma das experiências

O objetivo da experiência do proscênio é similar à da estátua de Sileno, com a diferença de apresentar a sua localização em relação ao palco do teatro. O visitante ao acionar um botão acede à posição do proscênio em relação ao Teatro. Neste caso, foi também usada uma *tracking image* de uma das partes do que resta da estrutura do proscênio e que dá ao visitante uma imagem 2D e um botão para acionar a imagem da fachada do restante palco. Foi

igualmente inserido um áudio. «*O proscénio é uma estrutura construída defronte do palco e que estabelece a separação entre o palco e a área destinada aos espectadores*».

5.2.2 Unity

O Unity é um motor de desenvolvimento de videojogos, é por isso um *software* desenvolvido para trabalhar em diversas plataformas. Permite também incorporar diversos tipos de características necessárias ao funcionamento de uma aplicação. O Unity tem uma livreria de “assets”, onde os criadores de conteúdos disponibilizam as suas criações para que outros utilizadores os possam usar nos seus projetos. Neste projeto, o Unity foi usado para ser integrado com o Zapworks.

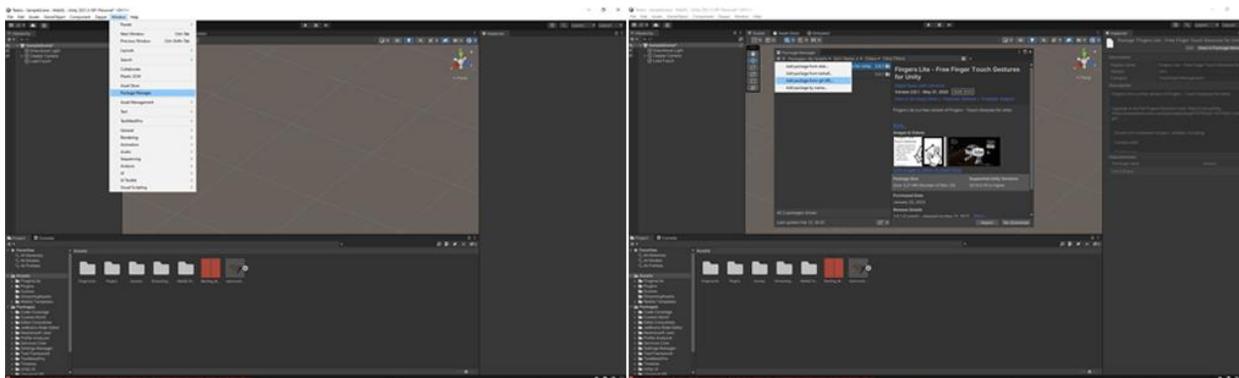


Figura 24. Integração do Zapworks no Unity através de um *package* do github

A integração do Zapworks com o Unity é efetuada através da instalação de um *package* do github, esta integração facilita o trabalho de criadores inexperientes na criação de um projeto. Salienta-se também a sua integração com o *software* Blender, referido mais à frente. No caso, do objeto 3D Teatro Romano foi efetuado a importação direta do ficheiro nativo do Blender. O Unity permite importação de ficheiros com tamanho superior a 100 mb.

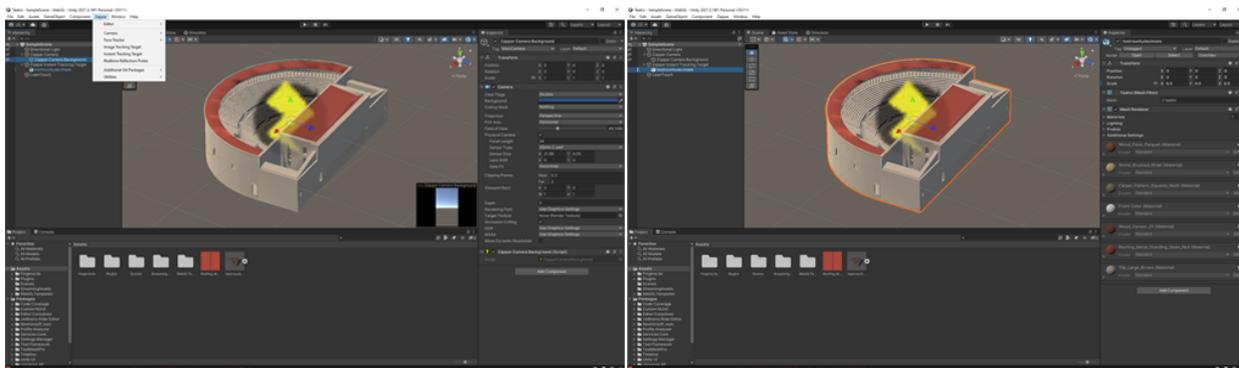


Figura 25. Integração do Blender com o Unity com a colocação dos ficheiros nos *assets* do Unity

A integração do Unity com o Zapworks é efetuada através da exportação de uma cena em html5. Foi necessário alterar alguns parâmetros no *player settings*, na resolução, escolheu-se Zapworks 2019 e alterou-se para a resolução que permitisse que o objeto final fosse leve o suficiente sem perder muita qualidade (teve-se em conta o peso final do objeto). No separador *other settings* escolheu-se a opção webGL2 (mais recente) do *graphics APIs*. Após estes passos fez-se o *Build* e escolheu-se uma pasta para colocar os ficheiros necessários à leitura pelo Zapworks.

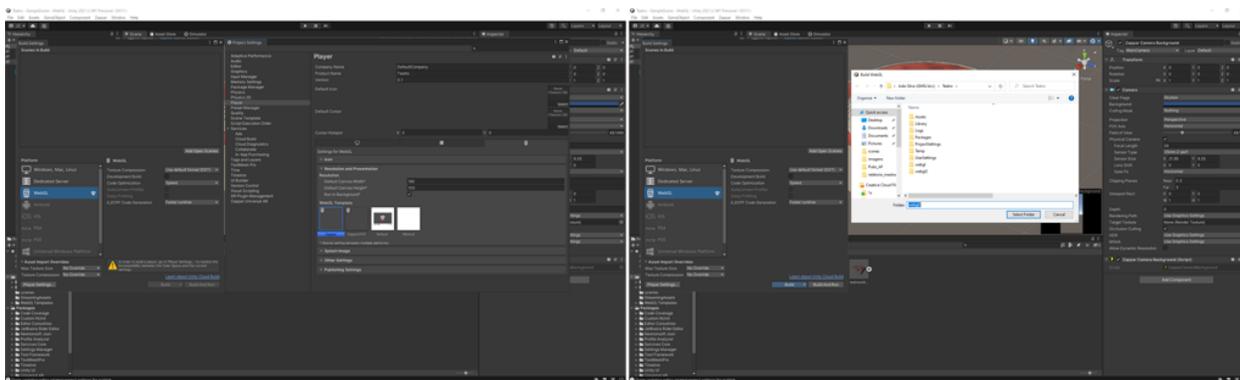


Figura 26. Exportação dos ficheiros em webgl do Unity para uma pasta posteriormente zipada

No *player settings* existem diversas opções, pelo que tem de se ter sempre em consideração a relação peso/qualidade do ficheiro final. Por fim, criou-se um zip da pasta e na conta do Zapworks um projeto de universal AR com um *trigger* (é possível escolher um de três formatos o *Zapcode*, o *QR Code* e o *link*) e fez-se o *upload/publish* do zip (o ficheiro não poderá ter mais de 25 mb). Nesta experiência usou-se o *trigger link* para posteriormente ser inserido numa aplicação criada no Zapworks Studio. O utilizador ao acionar o botão Teatro Romano é remetido para a página externa da *web*.

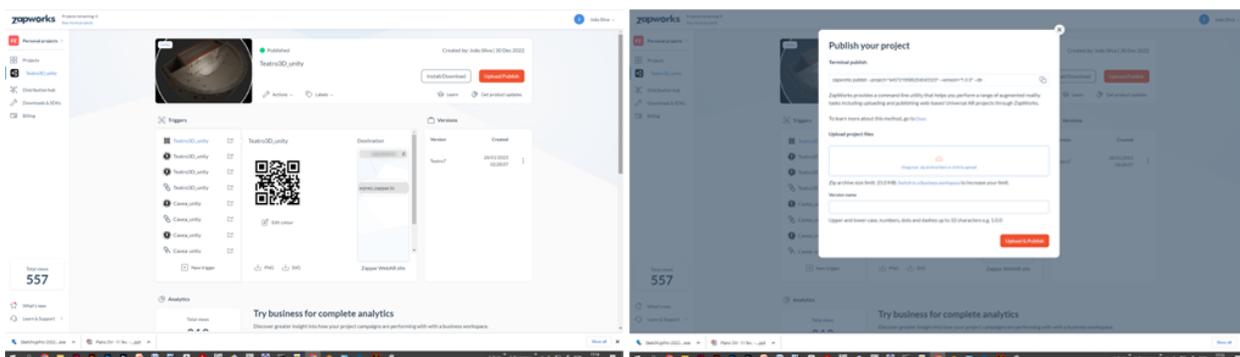


Figura 27. Colocação do ficheiro zip no Zapworks e posterior publicação

5.2.3 Outros softwares utilizados

Audacity é um *software* gratuito que permite editar, gravar, importar e exportar diversos formatos de áudio. Como tem uma versão portátil não é necessária a sua instalação. Tem diversas funcionalidades, desde corte, a velocidade de gravação e dispõe de diversos filtros, entre os quais redução de ruído e equilíbrio do volume, o que melhora o áudio pretendido. A integração com o Zapworks é simples porque os formatos de áudio são reconhecidos pelo Audacity. Para outro tipo de formatos será necessário a instalação de plugins, normalmente também gratuitos. (<https://www.audacityteam.org/>)

Meshlab é uma aplicação livre de processamento de malhas 3D *open source*. Permite processar e editar malhas triangulares 3D. Facilita o processamento da digitalização dos modelos 3D, além de fornecer diversas ferramentas para limpeza das malhas e conversão dos modelos 3D de forma a tornarem-se mais universais na sua utilização. Dispõe de diversos filtros para limpeza dos modelos 3D, como remoção de faces nulas. Além de outras ferramentas, permite também a pintura de cores de malha e seleções. A sua aprendizagem não é simples, mas é uma ferramenta muito útil para resolver de uma forma mais rápida problemas com os modelos 3D. Permite a integração com o Zapworks Studio através de ficheiros obj. (<https://www.meshlab.net>)

Blender é um *software* de código aberto para modelação, animação, texturização, composição, renderização, edição de vídeo e criação de aplicações interativas em 3D. É usado na construção de modelos tridimensionais, na criação de imagens renderizadas e jogos, entre outros. Por isso, é usado em diversas áreas como arquitetura, design industrial, engenharia, produção de vídeo, animação e desenvolvimento de jogos. Também pode ser usado para esculpir modelos através da ferramenta *sculpt*, para além de outras ferramentas como *scripts* Python. O Blender permite a exportação de ficheiros em todos os formatos aceites tanto pelo Zapworks Studio como o Design e tem uma integração direta com Unity, basta para isso arrastar o ficheiro Blender para a plataforma Unity. (<https://www.blender.org/>)

Mixamo é uma plataforma *online* gratuita de personagens e animações que pode ser usado em qualquer tipo de projetos artísticos, filmes e jogos. É um programa simples de usar, que exporta os ficheiros em formato fbx, formato padrão dos modelos 3D, permitindo exportar uma personagem totalmente montado, texturizado e animado para Unreal Engine, Unity e Blender, entre outros. O Mixamo tem uma grande biblioteca gratuita de animações e juntamente com o auto *rigger* são as suas grandes mais-valias. O auto *rigger* permite que um modelo exportado de outro *software* de modelação 3d, possa ser animado rapidamente com animações pré-definidas. (www.mixamo.com)

Pixlr E é uma plataforma de edição de imagens que permite de edição de imagem e texto e a exportação em formato png. De uso simples sem necessidade de grandes recursos de *hardware*, é uma boa alternativa ao Adobe Photoshop. (<https://pixlr.com/e/>)

Metahumans Creator é uma plataforma baseada em cloud na qual se pode desenvolver de uma forma rápida e simples seres humanos digitais e com alta-fidelidade. Esta ferramenta permite criar qualquer tipo de aparência, cor, altura e estrutura de um corpo virtual com a

qualidade e com o aspecto de uma personagem muito próximo do real. Os utilizadores criam o seu personagem a partir de uma livraria que a plataforma disponibiliza, mas as suas características podem ser totalmente alteradas, desde cabelos, rostos, tipos de corpo, etc. Após a edição do personagem é necessário instalar o Quixel Bridge e utilizar o Unreal Engine para a finalização do processo de captura de movimento e animação. De referir que esta plataforma é gratuita com registo, também tem uma opção de instalação no computador com algumas características técnicas apropriadas.

(<https://www.unrealengine.com/en-US/metahuman>)

Quixel Bridge é um *software* de instalação no computador que funciona como ferramenta de suporte para navegação, pesquisa, download, importação e exportação de elementos digitais. É uma ferramenta que permite a importação dos elementos criados no Metahumans Creator e que faz a exportação em formato fbx e para outros aplicativos 3D, tal como Blender. Gratuito com registo da aplicação. (<https://quixel.com/bridge>)

Ready Player.me é uma plataforma online gratuita em que é possível criar um avatar. Partindo de uma livraria existente na plataforma são permitidas algumas mudanças na personagem. Um dos objetivos desta plataforma é a possibilidade de criação de avatares para o metaverso. A criação do avatar 3D nesta plataforma permite ser conectado a diversos aplicativos e é compatível com a Unity e Unreal Engine e facilmente usada em *web*, *mobile* ou *desktop*. (<https://readyplayer.me/>)

QR Code (Quick Response Code) é um código de resposta rápida bidimensional formado por uma imagem quadrada com códigos e formas codificadas que permite armazenar todo o tipo de informação, desde textos, imagens, *e-mails*, *links* e questionários, entre outros. Parecido com os códigos de barras, mas que suporta muito mais informação em quantidade e variedade, é considerado a evolução natural dos códigos de barras. É um código que pode ser lido através da câmara de um dispositivo móvel desde que tenha uma aplicação (existem gratuitas) de leitura de QR Code. Os QR Codes podem ser criados por qualquer pessoa em diversos *softwares* que já se encontram disponíveis para o efeito.

(<https://www.adobe.com/express/feature/image/qr-code-generator>)

glTF.report é um site que permite abrir, editar e exportar todas as extensões suportadas por glTF-Transform. Não é 100% *free* mas não é necessário qualquer tipo de registo para reduzir o tamanho dos ficheiros glb usados no Zapworks. (<https://gltf.report/>)

Insta360 Studio é o *software* de edição de vídeos e fotos para a câmara Insta One X e outras. Tem diversos *plugins* para produtos de vídeo que permite abrir e editar arquivos mp4. (<https://www.insta360.com/download/insta360-onex>)

SketchUP é um *software* de desenho assistido por computador (CAD) que permite a criação de ambientes e objetos 3D, utilizado muito frequentemente na elaboração de maquetas virtuais. Como a maioria das ferramentas digitais, tem duas versões, a grátis alimentada pela plataforma sem necessidade de instalação e a Pro (esta versão tem diversos preços), que permite ao utilizador ter disponíveis mais funcionalidades. No entanto, a versão gratuita (necessário registo) tem os recursos suficientes para executar uma grande maioria de projetos

com alguma complexidade. A sua aprendizagem e utilização é simples, o que permite maior rapidez na execução dos projetos. Alguns exemplos de funcionalidades importantes para a execução de projetos na área da RA são: qualquer objeto criado pode ser convertido para ficheiros aceites tanto pelo Zapworks Studio, como o Design e o Unity; a renderização dos objetos é executada pelo próprio sistema não sendo preciso ter recursos de hardware sofisticados; e tem uma ferramenta própria de visualização RA para dispositivos móveis (SketchUp Mobile Viewer); além da própria livreria de elementos 3D que podem ser utilizados. (<https://app.sketchup.com/>)

5.3 Concepção projetual dos elementos gráficos e multimédia

5.3.1 Avatar



Figura 28. Avatar criado no Metahumans e avatar final alterado no Blender

A criação do avatar foi iniciada com a pesquisa da melhor plataforma gratuita para a criação de uma personagem 3D que fosse muito similar a um cidadão romano, principalmente na escolha das roupas utilizadas naquela época. Era também necessário, ser compatível não só com o Zapworks mas também com outras aplicações, porque uma das preocupações era a personagem ter movimento. As aplicações de criação do avatar que foram estudadas foram o Ready Player.me e Metahumans creator. Após alguns testes optou-se pelo Metahumans devido à sua ligação com todos as aplicações que se poderia usar no projeto, mas também por apresentar uma aparência mais fidedigna.

A criação do aspecto físico (face) do avatar no Metahumans creator teve como base fotografias de bustos de antigos cidadãos romanos. Após esta criação, e não havendo a possibilidade de o recriar com as texturas necessárias para as roupas, foi exportado através do Quixel Bridge para o Blender. Neste *software* procedeu-se à maior parte do trabalho, desde a criação das texturas e recriação de padrões 2D para o modelo 3D, acerto e limpeza das malhas e criação de mapas UV, de forma a haver compatibilidade com o Zapworks, até à criação dos *bones* – são uma ferramenta de modelação para animação. Permite mover os membros das personagens de uma forma mais simples através da associação de um osso com determinados vértices –, para a animação da personagem. No que se refere à animação da personagem experimentou-se a plataforma Mixamo. Esta plataforma permite criar uma animação automática através da personagem sem texturas e com pontos predefinidos de movimento, que depois de exportado novamente para o Blender poderá incluir as texturas criadas. É de fácil uso, mas apresentou problemas de compatibilidade com o modelo que criado. Pelo que se optou por se fazer uma animação diretamente no Blender. Algumas das características da personagem criada no Metahumans creator tiveram de ser alteradas devido à complexidade das malhas. A parte mais evidente, são as alterações na cabeça, em particular os cabelos, em que foi necessário alterar para um penteado mais estilizado para uma melhor integração do avatar no Zapworks.

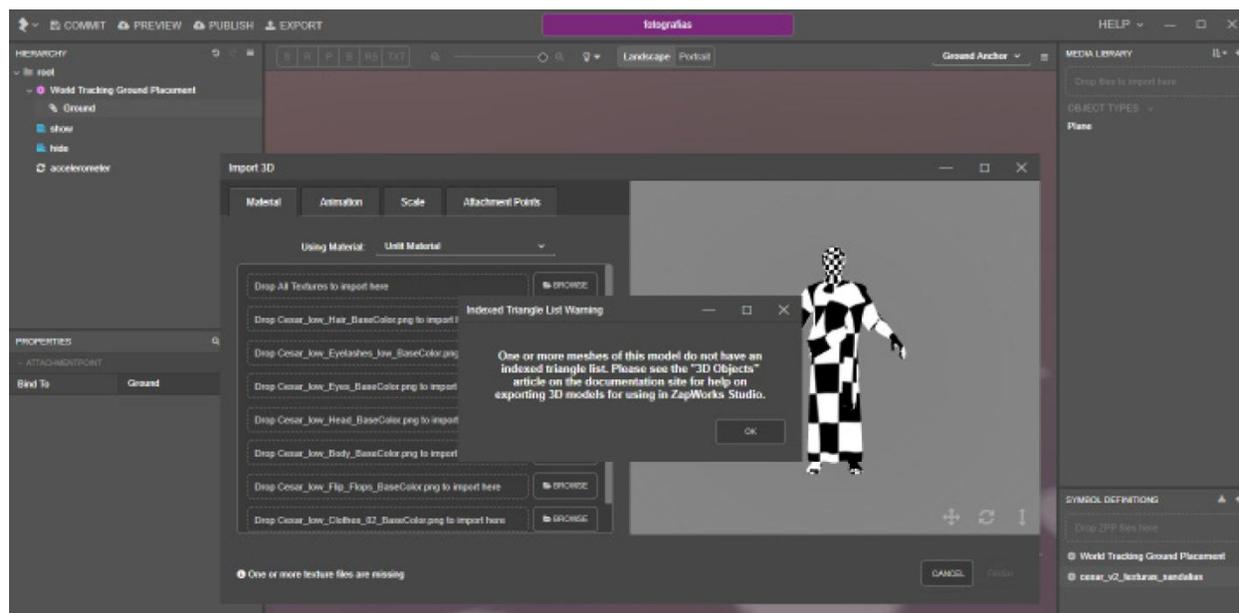


Figura 29. Erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio

O avatar depois de criado e animado através do *rigging* – é um processo de criação de movimento em objetos 3D que estabelece uma relação entre diferentes movimentos no esqueleto de uma personagem no Blender –, foi exportado através do formato fbx, que contempla as texturas em separado e a animação para o Zapworks Studio. Foi também exportada um versão glb para o Design, já que permitia verificar qual a melhor opção de

integração na aplicação, isto tendo em conta o tamanho do ficheiro final. Como a animação ia ter áudio, optou-se por criar um movimento de *loop* no avatar, tanto, para evitar conflitos na exportação como também para não tornar o objeto mais pesado. Contudo, percebeu-se que o avatar deverá ser exportado já com todos estes elementos agregados, porque facilita a inserção de novos elementos. Não foi efetuado por falta de experiência nesta área, o que representou um obstáculo para que o avatar tivesse uma melhor concepção.

5.3.2 Teatro Romano de Lisboa

O modelo 3D foi fornecido pelo Museu de Lisboa, executado em ScketchUp e com um tamanho de 500 mb. Inicialmente foi fornecido em formato obj, compatível com o Blender, e foi utilizado para tratar e exportar todos os ficheiros 3D que faziam parte do projeto. Depois de se converter em glb, obj e fbx, percebeu-se que o ficheiro além de não atingir os valores mínimos de conversão para serem colocados no Zapworks, tanto Design como Studio, também não convertiam com qualidade as texturas, cores e sombras. Assim, foram efetuadas diversas experiências, entre redução do tamanho das texturas ou mesmo a sua supressão total, colocação de outras e redução de polígonos. Para isso utilizou-se a ferramenta do Blender, *decimate*, mas ao importar o Zapworks desconstruía totalmente o objeto 3D.

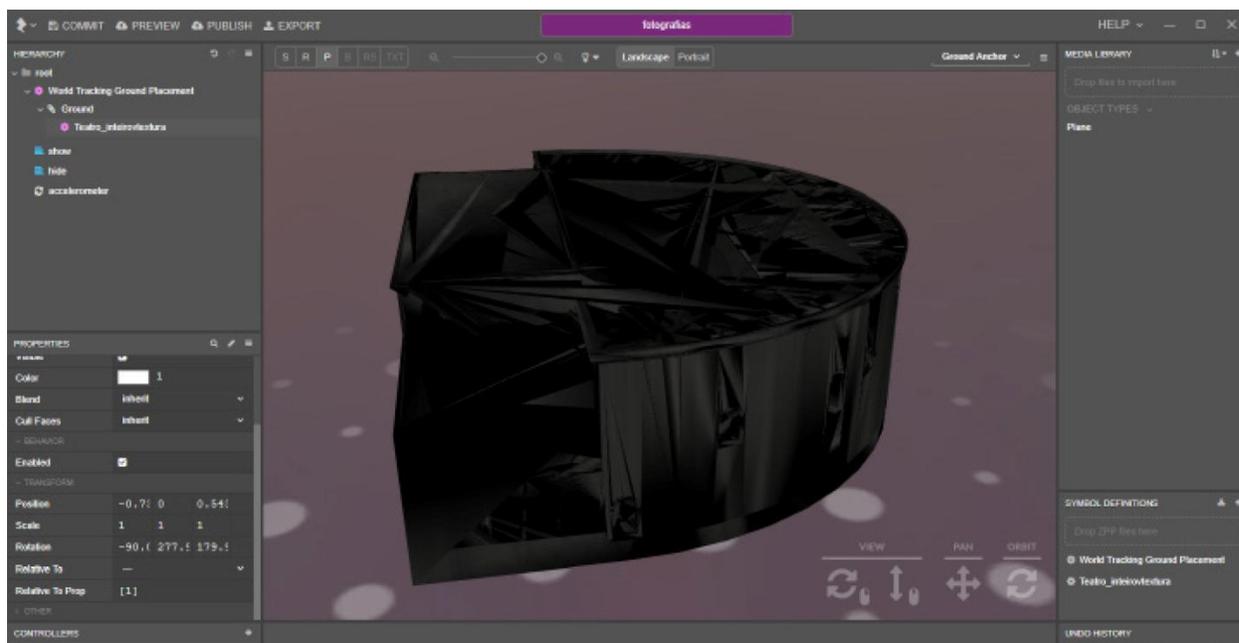


Figura 30. Exemplo de alguns erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio

Utilizaram-se outros *softwares* de conversão de malhas, como o Meshlab, ou de visualização e gravação de glb como o Builder 3D da microsoft, mas não se conseguia chegar a uma imagem do Teatro com a qualidade suficiente para ser incorporado no Zapworks. Nenhum dos formatos funcionou no Studio e alguns funcionaram no Design, mas sem as texturas. Como não se atingia o pretendido com os objetos cedidos pelo Museu de Lisboa, optou-se por experimentar

a aplicação Unity que funciona com o Zapworks através de uma extensão. O processo foi efetuado da seguinte forma: importa-se o objeto no Unity e depois é criada uma pasta de publicação, que é importada na conta Zapworks. Apesar de o objeto ficar mais bem definido que nas restantes tentativas, manteve-se o mesmo problema do tamanho, visto que este sistema do Zapworks gratuito só permite ficheiros até 25 mb.

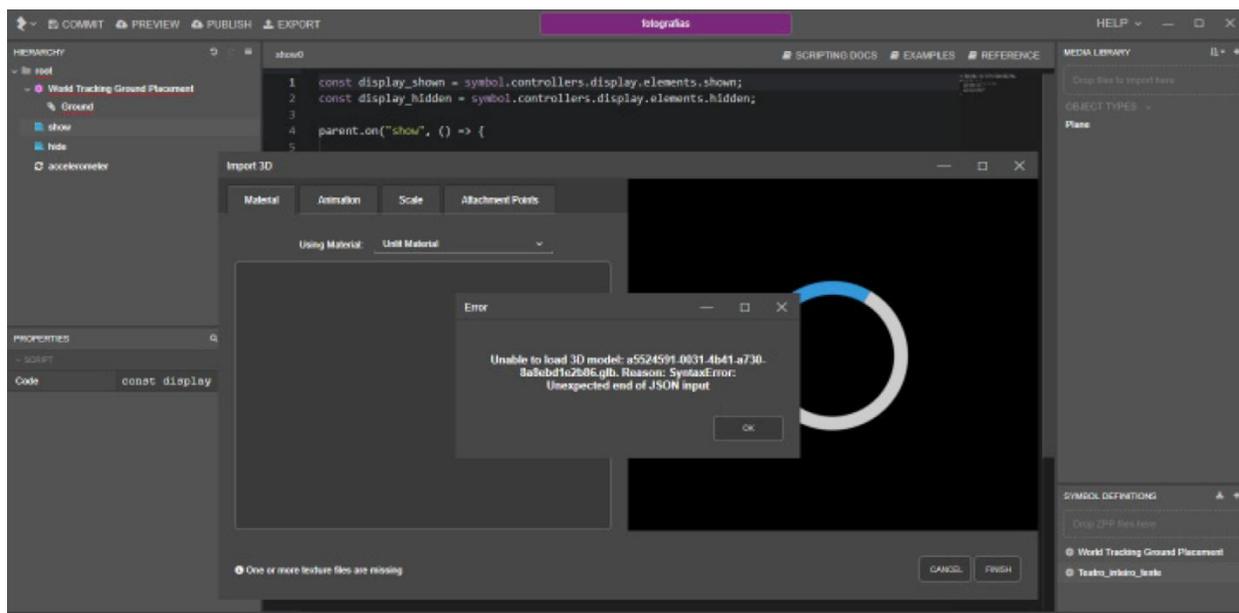


Figura 31. Erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio

Após muitas tentativas sem sucesso, pediu-se ao Museu de Lisboa que enviasse os formatos originais executados em ScketchUp. Nesta plataforma *online* foi necessário trabalhar o ficheiro original, após se adquirir alguns conhecimentos sobre o seu funcionamento. Retirou-se uma grande parte da estrutura do Teatro que não ficaria visível no projeto e manteve-se apenas o exterior, o que permitiu, além de reduzir bastante o tamanho do objeto 3D, manter as texturas nos pontos mais visíveis. O acesso ao ficheiro original mais cedo poderia ter contribuído para se melhorar o aspecto do modelo final.

O objetivo não era ter os objetos totalmente fidedignos, mas ter a melhor representação e menor peso possível. O ScketchUp permitiu alcançar esta meta, e além disso permitiu a exportação dos objetos nos formatos fbx e obj. Após a exportação e como o Unity funciona integrado com o Blender, importou-se o ficheiro fbx no Blender, sendo agora possível converter e reduzir mais o objeto através da ferramenta *decimate* (deve-se ter em consideração os valores utilizados porque pode deformar completamente o objeto). No entanto, o valor final para importação do objeto no Zapworks continuava acima dos 25 mb.

Para reduzir esse valor exportou-se novamente o ficheiro do Blender para glb e utilizou-se o site glTF.report para o comprimir até se conseguir chegar a um valor inferior a 25 mb. O ficheiro glb comprimido foi novamente importado pelo Blender e depois colocado diretamente no Unity.

O Unity tem integração com o Blender, basta para isso arrastar o ficheiro nativo para a plataforma do Unity, sendo também importadas todas as características do objeto, desde texturas, luz e câmaras. Conseguiu-se assim que o Teatro Romano em 3D ficasse com um aspecto mais próximo do que foi criado originalmente pelo Museu de Lisboa. No Unity através da ferramenta Zapworks criou-se a pasta para ser usada na conta Zapworks.

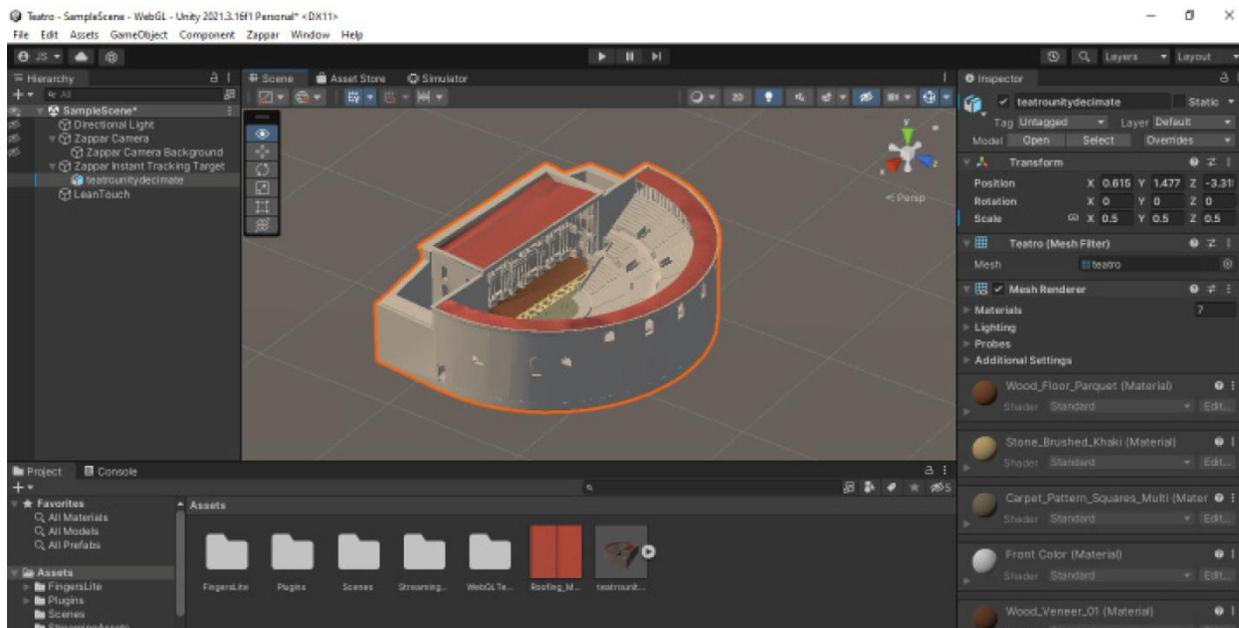


Figura 32. Integração do Unity com o Blender e Zapworks

Os maiores problemas das malhas (conjunto de vértices, arestas e faces que descrevem a forma de um objecto 3D) ocorreram no Teatro Romano de Lisboa e nos objetos que daí foram retirados. O proscénio, o primeiro objeto facultado pelo Museu de Lisboa, não apresentou qualquer problema de importação para o Zapworks. Era um objeto único com texturas, sem complexidade das malhas e com pouco peso, sem qualquer necessidade de redução na sua conversão. Quanto à estátua de Sileno existiram alguns problemas com as *malhas* (ao contrário do objeto anterior, teve-se que retirar do ficheiro do Teatro Romano), mas como este objeto era mais pequeno conseguiu-se manter a sua estrutura, ainda que não tenha conseguido suavizar a forma da estátua conforme era desejável. Mesmo assim, só se conseguiu utilizar o objeto 3D no Zapworks Design, porque mantinham-se os mesmos problemas que aconteceram com o Teatro Romano quando se importava no Zapworks Studio.

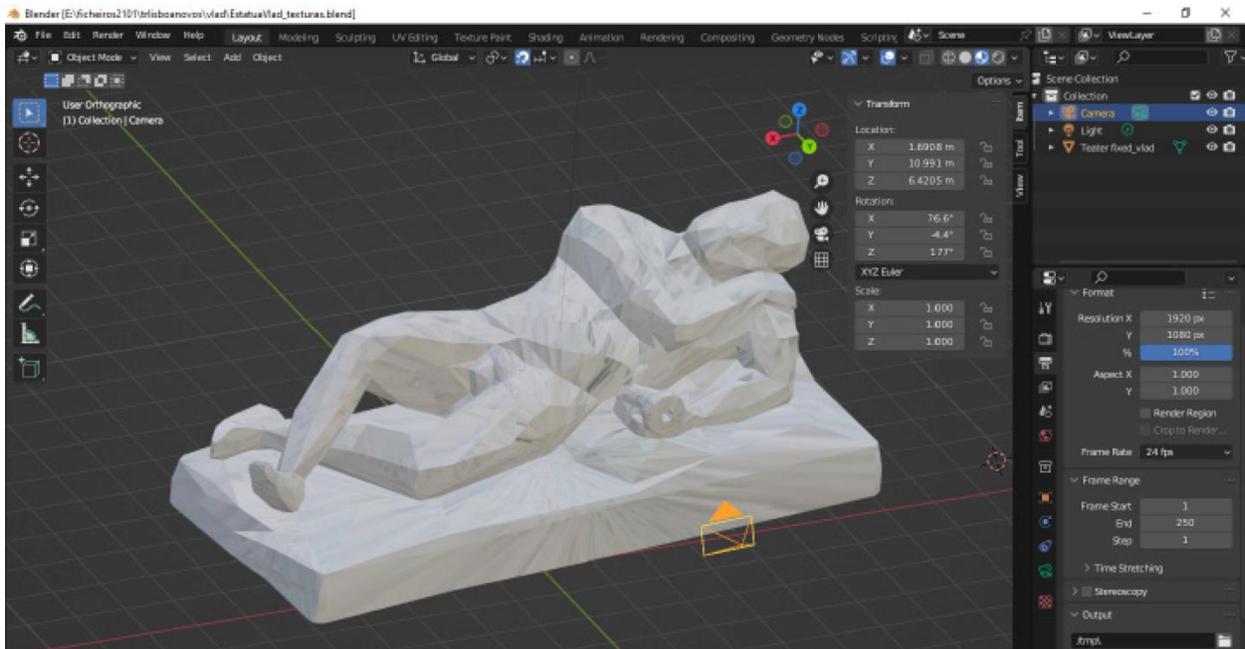


Figura 33. Exemplo de alguns problemas na conversão e redução do objeto 3D no Blender

O maior problema deste projeto foi conseguir-se que os elementos 3D tivessem a melhor definição possível e que não fossem demasiado pesados para o utilizador poder experimentar. Para se conseguir ter objetos a funcionar com alguma qualidade estes tiveram de perder alguns elementos, como texturas e resolução. Isto demonstrou que quando a instituição fornece os elementos 3D já criados, têm de sofrer uma adaptação para as aplicações de RA. Pelo que é importante ter conhecimentos de modelação em *softwares* como o Blender, para minimizar todos os problemas que foram sentidos na execução do projeto.

5.3.3 Panorâmica

Para este projeto foram efetuadas duas panorâmicas. A primeira do espaço arqueológico, recolhida por uma câmara Insta360 One X. Câmara, essa, que foi colocada no centro do que seria o espaço da orquestra. O tratamento da imagem foi efetuado através do software nativo da Insta360, o Insta360 Studio. Essa imagem é uma das experiências que serve de referência para as visitas ao museu.

A segunda panorâmica é a experiência principal do projeto e foi efetuada digitalmente através do modelo 3D do Teatro Romano de Lisboa, por forma a conseguirmos perceber a dimensão do espaço. Teve-se em consideração a localização da câmara, era importante que estivesse colocada no ponto onde o visitante tem acesso ao QR Code, porque o dispositivo móvel ao ler o código mostra automaticamente o espaço onde se encontra. Para que a imagem tenha a proporção mais aproximada possível da realidade, foi alinhada com a tela e a estátua de Sileno. Esta panorâmica foi efetuada através do *software* Blender com a opção câmara Panorâmica. Inseriram-se duas luzes, uma no topo e outra no interior teatro. Mudaram-se

diversas características da câmara, o tipo de lente para panorâmica e o tipo de panorâmica para equirectangular, porque permite criar uma imagem em rectângulo 360°. No processamento da imagem, no *render engine*, assinalou-se a opção *cycles* e para finalizar - uma das características na exportação das imagens em panorâmicas é que têm de ter um formato 2:1 -, optou-se pelo tamanho de 4000 x 2000 px para a melhor resolução possível, sem comprometer o tamanho do ficheiro e renderizou-se com o formato de saída png.

5.3.4 Textos, imagens e áudio

Foram criadas imagens em formato png através do *software* gratuito Pixlr E dos textos utilizados nas experiências. Este formato de imagem permite um canal Alpha, necessário para a criação de imagens com fundo transparente e permite a qualidade suficiente para ser perceptível neste tipo de aplicações. A necessidade do fundo transparente prende-se com o facto do utilizador precisar de visualizar o texto sobre o objeto. No caso das imagens panorâmicas foi necessário sobrepor a imagem do texto. Nas restantes imagens que não precisavam de transparência, optou-se pelo formato jpg, porque é mais leve que os png e com qualidade similar, permitindo reduzir o tamanho do ficheiro final da experiência.

Na criação das imagens das experiências no interior efetuou-se o mesmo processo que se usou na imagem digital Panorâmica, apenas foram alterados os parâmetros da câmara. Foram renderizadas duas imagens em perspetiva, uma com texturas mais fidedignas (experiência do proscénio) e outra mais simples, para dar maior relevo à estátua de Sileno. A câmara com um sensor de 35 mm foi colocada de frente para o palco no início das bancadas.

Na experiência do proscénio usou-se uma distância focal de 18 mm, isso permitiu capturar o proscénio completo. Na experiência da estátua do Sileno, a distância focal usada foi de 12 mm para permitir apanhar toda a frente do palco. Foram depois renderizadas com o tamanho de 3840 x 2160 px para que fosse possível ter a melhor qualidade possível sem afetar o tamanho do ficheiro.

Para a experiência do proscénio é necessário ter acesso a duas imagens, a frente do palco com proscénio e outra com apenas o proscénio. Para isso, da imagem renderizada recortou-se apenas o proscénio através do Pixlr E, estas imagens foram depois incluídas no Zapworks Studio em separado. Usou-se também o Pixlr E na criação dos ícones do projeto.

ESTÁTUA DE SILENO

O SILENO ERA UM DOS SEGUIDORES DO DEUS DIONÍSIO E SEU PROFESSOR. ESTAS ESTÁTUAS ORNAMENTAVAM A PARTE SUPERIOR DO MURO DO PROSCÊNIO.

Figura 34. Imagem (png) do texto com fundo transparente (preto incluído para efeitos de visualização)

Um dos elementos essenciais para a imersividade do projeto foi o áudio. Todos os textos foram gravados por um microfone Rode NT-USB Mini, um microfone com qualidade de estúdio ligado a um computador portátil. Os textos foram gravados no *software* de voz nativo do Windows. Usei o *software* gratuito Audacity 3.2.4 para o tratamento de áudio, efetuaram-se cortes e correções no som de fundo. Na exportação dos ficheiros áudio teve-se em atenção qual o formato a exportar, porque o Studio aceita apenas formatos wav e ogg e o Design além destes aceita também mp3, mp4, etc.

Segundo a documentação do Studio, deve-se usar o formato wav para pequenos sons e ogg para sons mais longos. Optou-se pelo formato ogg, visto que alguns textos eram relativamente longos. De referir que o Studio apenas suporta canal mono e até 128 kbps.

5.4 Alterações e problemas projetuais

5.4.1 Do projeto inicial ao final

A concepção do projeto iniciou com um trabalho de campo fotográfico, no qual foram efetuadas imagens do espaço arqueológico, dos diversos artefactos existentes e de um reconhecimento do espaço para colocação os elementos de informação. Tudo para que os visitantes tivessem o melhor acesso aos elementos e que não houvesse perturbações físicas no espaço. A primeira ação foi criar uma imagem panorâmica do espaço para dar a possibilidade a quem não visite o espaço arqueológico de o visualizar, e permitiu também colocar pontos de informação textual sobre a própria imagem.

Procedeu-se à criação do metahuman. Neste caso, foram efetuados diversos passos para se chegar a um elemento que pudesse ser suportado pela aplicação Zapworks. Não foi um processo fácil: a personagem que se pretendia, a de um cidadão romano daquela época, não estava disponível nas aplicações gratuitas. Para a criação desta imagem, com as suas texturas, foram efetuadas diversas experiências para ter o tamanho necessário para ser integrado no Zapworks. O tempo dispendido para se chegar à versão final foi significativo porque foi necessário a aprendizagem em modelação das texturas das vestes de um cidadão romano da época e no desenvolvimento da sua animação.

Através do ficheiro 3D fornecido pelo Museu de Lisboa, criou-se outra imagem panorâmica do Teatro Romano de Lisboa em Blender para que fosse colocado no Zapworks, onde se incluiu áudio e texto a explicar alguns dos artefactos que ainda hoje se encontram no local. Deste ficheiro, retirou-se também a estátua de Sileno como objeto 3D para a autonomizar. Este modelo 3D da estátua seria um dos projetos executados no interior, para aparecer sobre as pedras do proscénio.

O objeto 3D do Teatro Romano foi reduzido no Blender e depois exportado para o Unity. Esta experiência serve para demonstrar o que se poderá fazer com qualquer objeto virtual que o museu tenha disponível ou que possa ser reconstruído virtualmente.

O avatar, a panorâmica real e o 3D do Teatro Romano foram depois incluídos numa espécie de aplicação e distribuída por Facebook e Whatsapp para dois grupos. O objetivo foi o de tentar perceber se este tipo de experiências fomenta o interesse em visitar o museu.

Por fim, a última experiência referente ao proscénio foi a inclusão da imagem da frente do palco. Essa imagem foi recortada e dividida em duas *camadas*. Isto para que o visitante abra a aplicação e tivesse acesso ao proscénio e ao acionar a localização indicada (por um ícone de uma mão) aparecesse o resto do palco.

Ao longo do processo de aprendizagem foram efetuadas diversas experiências desde elementos 3D e imagens 2D das bancadas, do avatar, do teatro, do Sileno e do proscénio. No final, foram expostos no espaço arqueológico a cavea virtual e no interior o proscénio e a estátua de Sileno.

5.4.2 Alterações e observações projetuais

A primeira alteração efetuada no projeto foi a criação de um metahuman. Ao invés do que estava previsto, a gravação e produção de um vídeo por parte de um aluno da Escola Superior de Música de Lisboa, que faria de *Caius Heius Primus*, e que não foi possível executar em tempo útil.

Houve também alteração na forma de apresentação da cavea. Inicialmente seria colocar a cavea como objeto 3D, mas por se tratar de um elemento muito pesado para ser lido pelo dispositivo móvel e sem garantias que funcionasse da melhor forma, desistiu-se da ideia e optou-se pela panorâmica. O uso de objetos 3D neste espaço museológico fará mais sentido se for aplicado na reconstrução e no uso de fotogrametria de algumas das peças.

O projeto da estátua de Sileno sofreu algumas alterações ao longo do processo de trabalho. Inicialmente o objetivo era que o visitante no espaço arqueológico conseguisse ter acesso ao modelo 3D da estátua de Sileno através da ferramenta *tracking image*. Apesar de ter funcionado em alguns dos testes, percebeu-se que a melhor observação do objeto dependia da posição do visitante, o que não dava garantias da eficácia da experiência.

Como existe outra estátua no interior do museu, optou-se por criar a experiência nesse local. Como os visitantes estariam próximos da peça, já não fazia sentido criar um elemento 3D. Foi apresentada uma proposta de colocar a estátua em 3D por cima dos fragmentos do proscênio, mas não foi considerada. O Museu de Lisboa preferiu a colocação de uma imagem 2D da frente do palco e o visitante poder fazer *zoom* no dispositivo móvel para visualizar a localização original da estátua. Ao longo do processo de trabalho verificou-se que existiriam outros projetos que poderiam fazer mais sentido neste espaço museológico. Tal como a colocação do avatar no centro deste espaço e a colocação de *trackings*, com a informação de cada um dos elementos existentes.

5.4.3 Identificação dos problemas e compatibilidades dos softwares

As maiores dificuldades técnicas refletiram-se nos elementos 3D e na sua exportação para o Zapworks este processo envolveu muito tempo na resolução dos problemas. O mais premente foi o do objeto 3D (Teatro Romano) enviado pela equipa do Museu de Lisboa devido ao formato e tamanho do ficheiro inicial (fbx), aliado à maneira como foi desenvolvido. O pouco conhecimento nesta área de modelação também foi uma dificuldade, mas era um dos pressupostos, a execução da maior parte dos elementos do projeto. Só após a recepção do ficheiro original em ScketchUp é que se conseguiu resolver alguns deles, retirando todo o interior do Teatro Romano. Dessa forma foi possível exportar com menor peso para o Blender. Em projetos futuros para RA, e quando os objetos 3D tiverem determinado tipo de complexidade, deve logo construir-se o objeto com a possibilidade de retirar todo o conteúdo que não seja visível na RA, por exemplo trabalhar cada componente por camadas.

Os objetos que foram executados em ferramentas compatíveis com o Zapworks funcionaram de forma correta, como é o caso do metahuman. Apenas quando foi necessário alterar o cabelo do avatar no Blender é que surgiram problemas de compatibilidade, neste caso existiu alguma dificuldade em corrigir. Outro dos elementos que funcionou corretamente foi o proscênio 3D, executado em ScketchUp. A simplicidade da forma contribuiu para que a sua importação fosse correta. Já todos os outros objetos importados do ScketchUp para o Blender e depois exportados para o Zapworks tiveram grandes variações, seja na forma como nas texturas. Verificou-se que o tempo dispendido na tentativa de resolução dos diversos problemas, que surgiram em *softwares* e ferramentas das quais se tinha pouco conhecimento, limitou tanto as características dos objetos finais como a aprendizagem de outras formas de experiências de MAR.

Detetou-se também que existem grandes diferenças entre o Zapworks Studio e o Design, como, por exemplo, a importação do mesmo ficheiro glb. No Design conseguia-se importar mesmo que não fosse na perfeição, ao contrário do Studio. A grande dificuldade passou pelo

Teatro 3D, em que foram efetuadas dezenas de experiências no Blender, desde redução do tamanho e das texturas, dos polígonos e de detalhes, e mesmo assim, não se conseguiu exportar com alguma qualidade e fiabilidade. A forma de contornar esta situação foi utilizar-se o Unity e com a importação do ficheiro original Blender. As instituições devem definir inicialmente os projetos a executar, pois fará mais sentido executar os mais simples no Design e os mais complexos no Studio.

O espaço arqueológico do Teatro Romano não tem *wi-fi*, o que é uma limitação, já que obriga os visitantes a usar os seus dados móveis. Por isso, finalizou-se o projeto apenas com uma experiência para o espaço exterior. Ao contrário, no museu existe *wi-fi* e facilitou a possibilidade de se executar diversas experiências. No caso foram duas: o proscénio e estátua de Sileno. Poderiam ainda ter sido outras em diversas vertentes e mais sofisticadas.

No que diz respeito ao uso dos dispositivos móveis percebeu-se que em algumas experiências, principalmente panorâmica e teatro 3D, funcionaram melhor em sistemas iOS do que em android. Segundo a documentação do Zapworks¹⁵ os requisitos mínimos para executar as experiências são os sistemas iOS 8.0 ou superior e android 4.1 ou superior. Todos os *smartphones* utilizados tinham android superior a 4.1.

As experiências funcionaram perfeitamente nos modelos Iphones 8, 11 e 12 e Huawei P10 Lite e P30 Lite, mas a experiência panorâmica e Teatro 3D não funcionou na perfeição no Samsung A12, porque este modelo não possui giroscópio e tem falta de capacidade de processamento de dados no caso do 3D. O sucesso das experiências depende assim do tipo de dispositivos que os visitantes possuam.

5.4.4 Testes de utilização

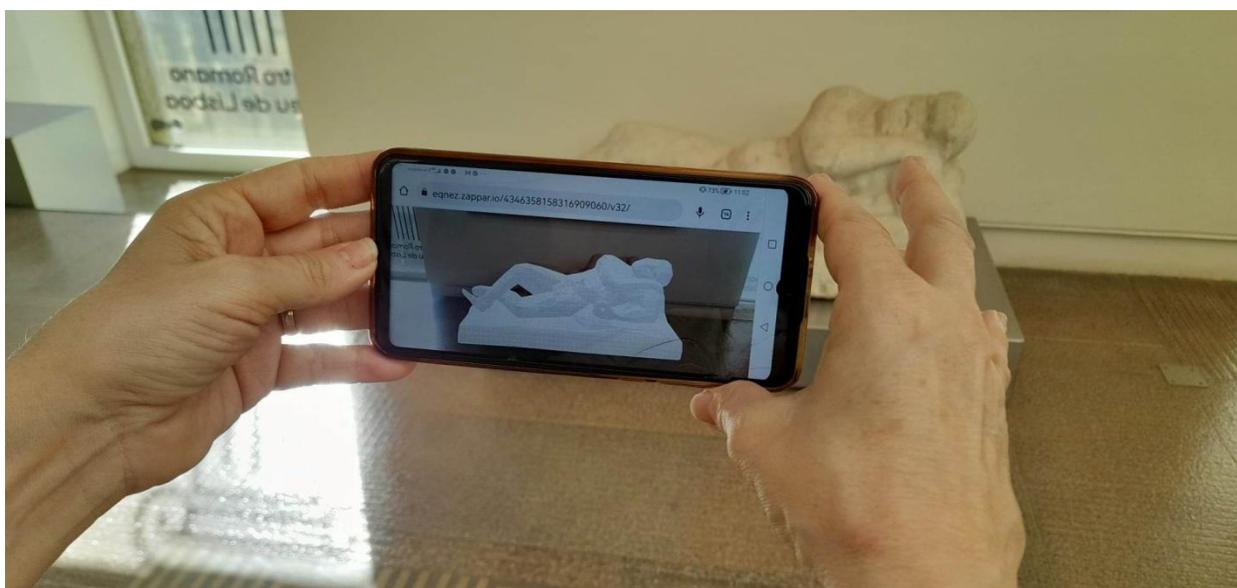


Figura 35. Visualização da estátua de Sileno (teste inicial - objeto 3D) no Museu do Teatro Romano de Lisboa

¹⁵ <https://docs.zap.works/general/platform/supported-devices/>

Na fase de testes verificou-se que o uso da aplicação Zapworks android melhora a experiência, primeiro porque existe menor demora na leitura dos códigos *Zapcode*, permite ficar com um historial das experiências na aplicação e, acima de tudo, a área de observação é maior. Esta diferença sentiu-se na leitura do *QR Code*, quando é aberta no *browser* fica com o separador e o campo de texto ativos.

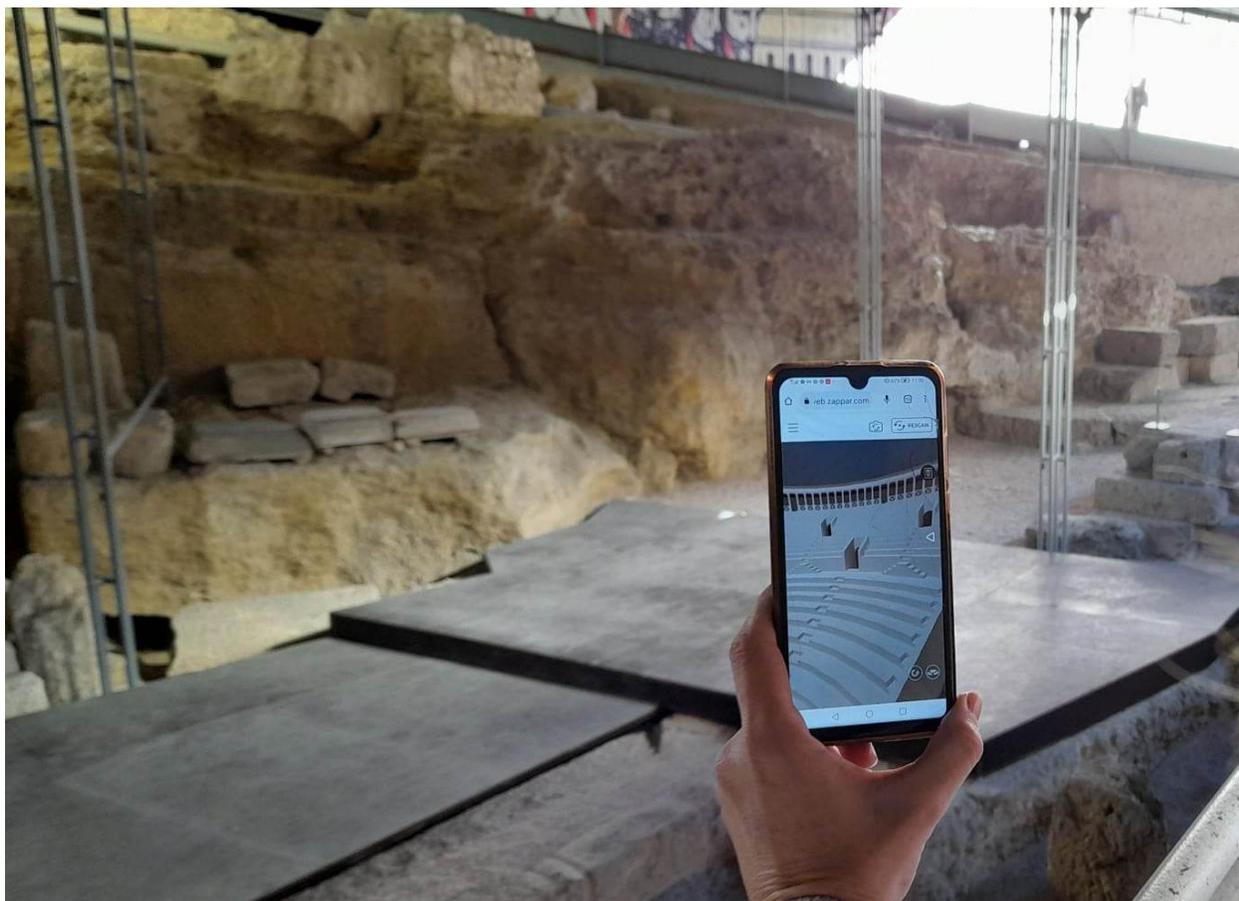


Figura 36. Visualização da panorâmica virtual no espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa

Pretendeu-se usar como pontos de *tracking* os artefactos existentes sem *triggers*, mas o uso de *triggers*, neste caso o *Zapcode*, conjuntamente com o artefacto, facilita a leitura nos dispositivos móveis, tornando mais rápida e segura a sua funcionalidade. Nalguns testes, o dispositivo móvel teve dificuldade em perceber o *tracking*, essa dificuldade não foi sentida quando se usou o *Zapcode*.

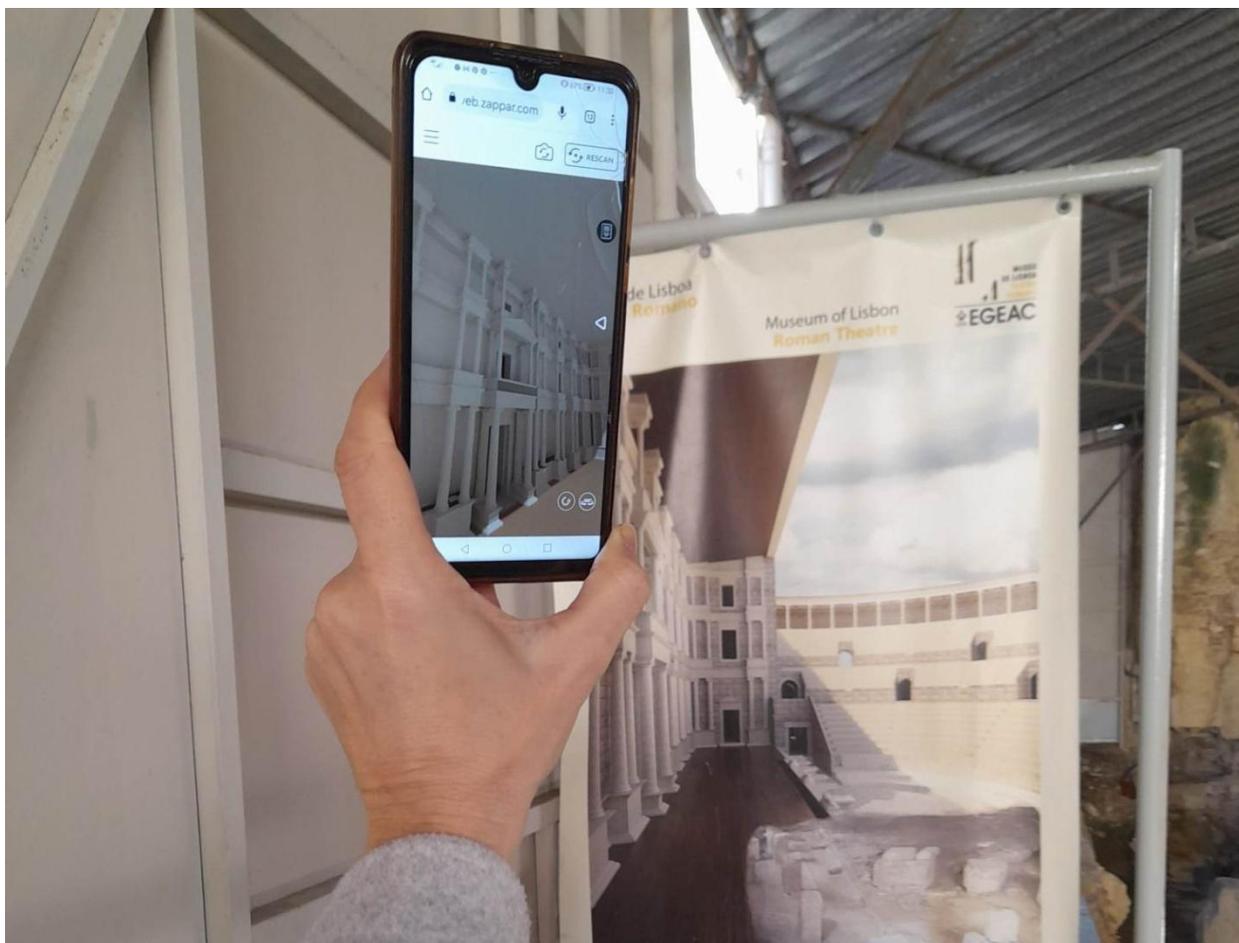


Figura 37. Visualização da panorâmica virtual no espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa

A fase de testes também permitiu fazer pequenas correções às experiências no interior. Neste caso, percebeu-se que a localização do *tracking* influencia a visualização do objeto virtual e, por isso, teve-se de corrigir diminuindo-o no Zapworks.

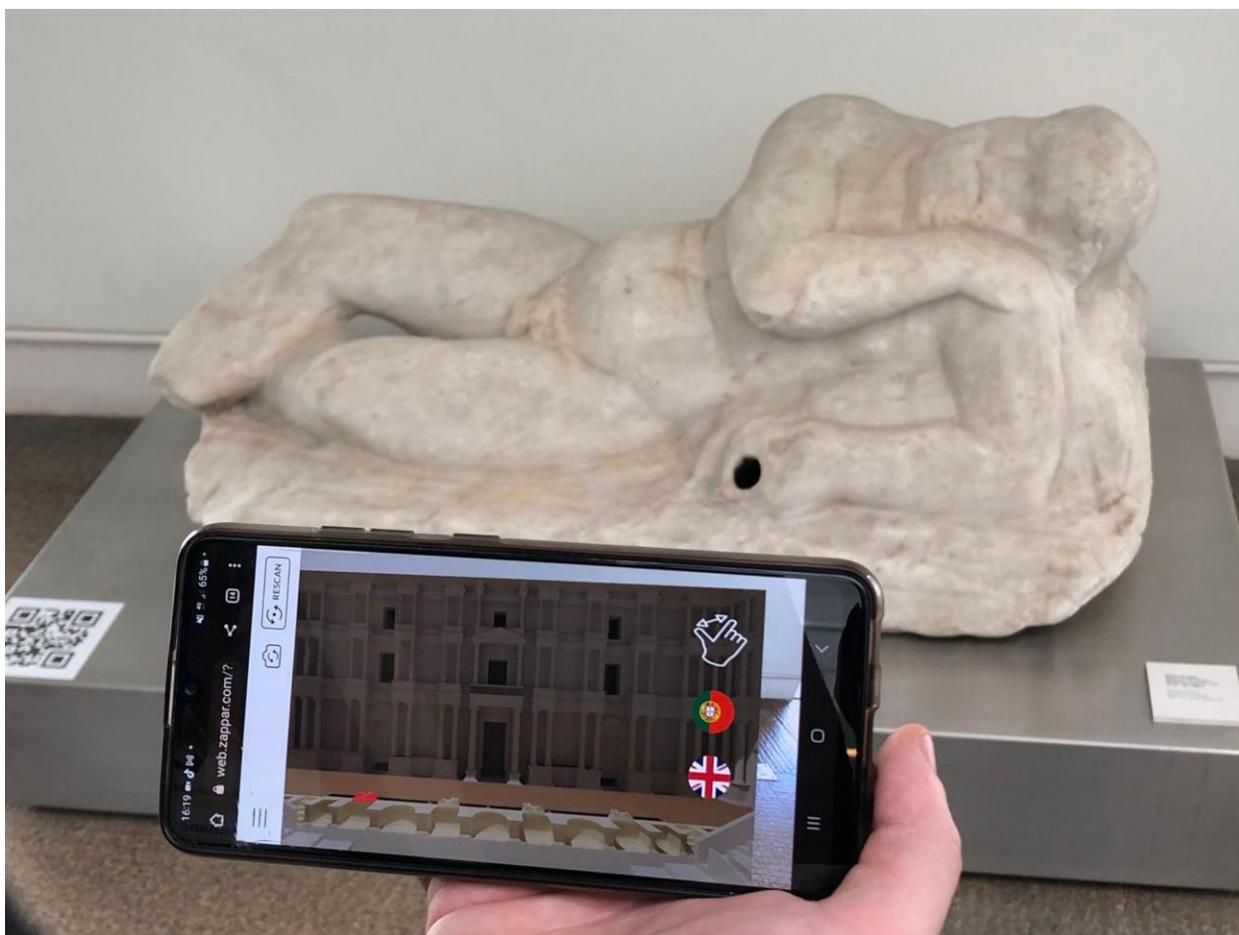


Figura 38. Visualização da experiência da estátua de Sileno no Museu do Teatro Romano de Lisboa

Na fase da exposição, através de entrevistas a visitantes, percebeu-se que eles não sabiam que as experiências no interior possibilitavam o áudio, – numa primeira fase apenas estava em português – e dado que o número de visitantes estrangeiros era superior aos nacionais, resolveu-se incluir dois botões, um com indicação de áudio em português e outro em inglês. Os visitantes também demonstraram não saber o que experienciar na estátua de Sileno, pelo que se acrescentou um símbolo dos dedos para aumentar e diminuir a imagem.

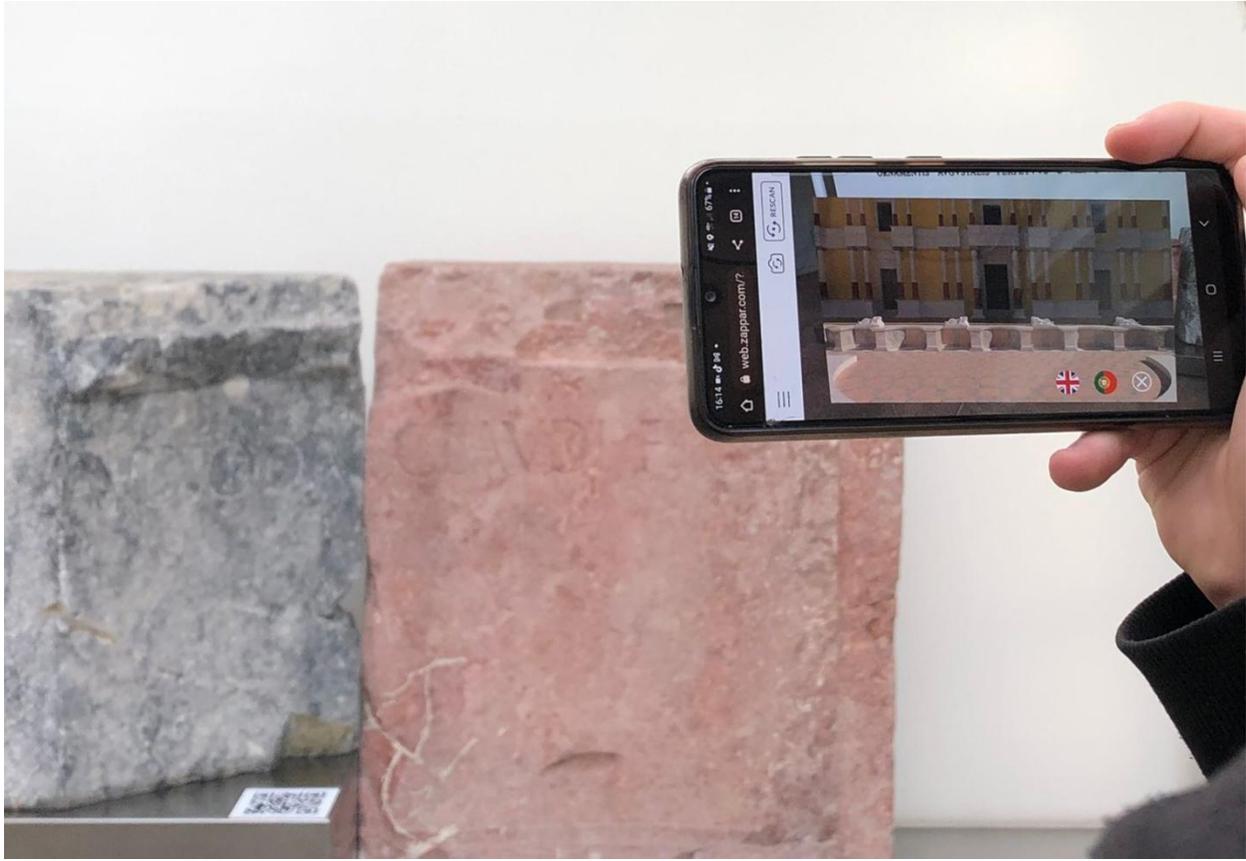


Figura 39. Visualização da experiência do proscênio no Museu do Teatro Romano de Lisboa

6. ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A EXPERIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO

Procurando informar futuros desenvolvimentos relativos à adoção de experiências de RA no Teatro Romano de Lisboa, foi implementada uma recolha de dados exploratórios à utilização por visitantes. Para perceber se o público visitaria mais o Teatro Romano de Lisboa se fossem propostas experiências imersivas de RA realizou-se um questionário A do *google forms*, disponibilizado através do Facebook e Whatsapp a dois grupos diferentes.

Para validar os resultados das experiências no espaço museológico e Museu do Teatro Romano de Lisboa, pretendia-se colocar um *QR Code* junto às experiências para que o visitante tivesse a possibilidade de responder a algumas perguntas através de um questionário B do *google forms* bilíngue, português/inglês. Mas acabaram por não ser considerados pelo Museu de Lisboa e não se conseguiu concretizar este objetivo da forma que se tinha projetado.

Optou-se por mobilizar dois voluntários que, presencialmente, questionaram alguns visitantes. Este processo teve a duração de cinco horas, em três dias diferentes, e os visitantes foram questionados sobre a mais-valia destas experiências de RA no contexto museológico.

A plataforma Zapworks permite contabilizar o número de acessos às experiências e segundo os dados obtidos verificou-se que houve um total de 156 acessos, dos quais 132 referem-se às experiências que se encontram expostas no Teatro Romano de Lisboa. Houve 78 acessos à experiência da cavea e às experiências no interior do Museu, 27 cada. É uma relação de quase o triplo dos acessos, que se pode justificar pelo facto da visita à cavea ser gratuita, Seria necessário fazer mais estudos e durante mais dias para poder confirmar se a experiência de RA contextualizada fomenta a sua utilização por parte dos visitantes. Também seria importante perceber se o Museu tivesse adotado alguma indicação sobre as experiências no seu interior se isso faria com que os visitantes as experimentassem mais.

Verificou-se também que a experiência enviada para os grupos de Facebook e Whatsapp não teve a relevância prevista, sendo até a menos visualizada de todas. Este dado revela também que o número de respostas no questionário corresponde a menos de metade dos utilizadores que acederam à experiência, o que poderá significar que os temas não eram relevantes para estes grupos. A falta de respostas ao questionário indicia que a maioria das pessoas, não têm interesse em participar neste tipo de questionários.

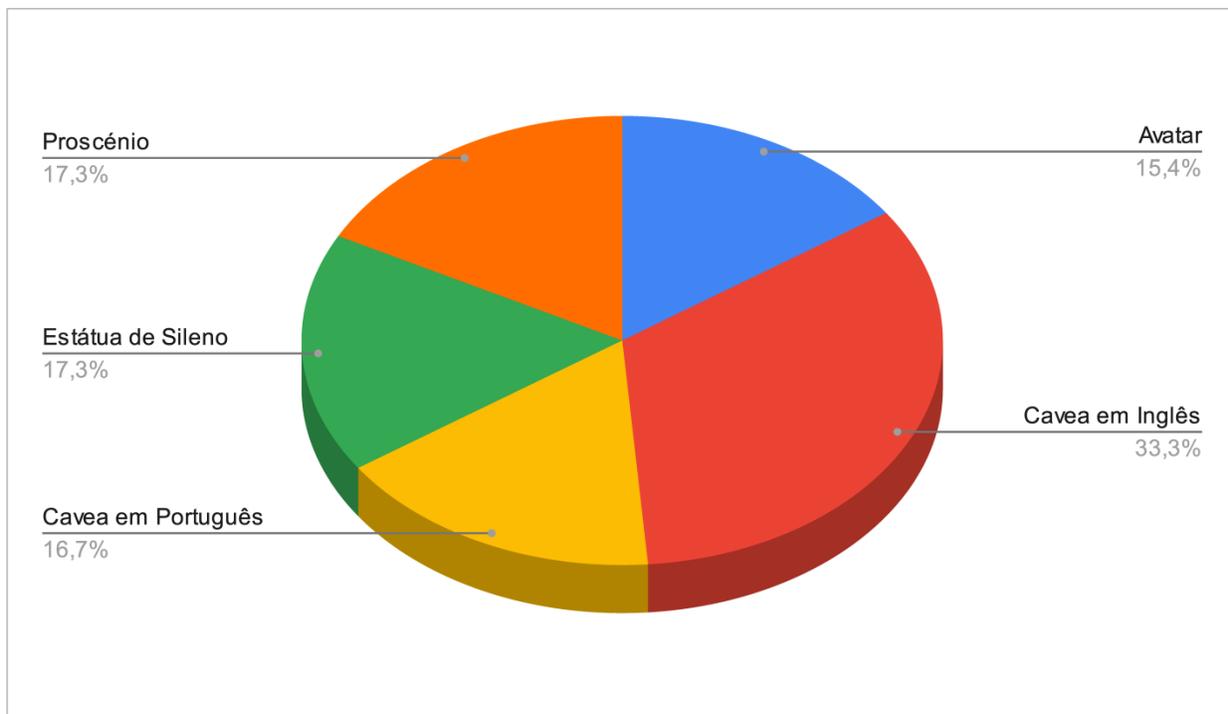


Gráfico 1. Relação dos acessos às experiências de realidade aumentada

6.1 Inquéritos por questionário

No inquérito em que se pretendia perceber se a realidade aumentada potencia a visita a museus obteve-se um total de 11 respostas, o que é escasso para tirar conclusões. Contudo, os dados apurados são os seguintes: as faixas etárias que mais respostas deram situam-se na faixa dos 17-27 anos e dos 39-49 anos, com quatro respostas cada. Em relação ao conhecimento e se estas experiências aumentaram o seu interesse na RA, a larga maioria respondeu “sim”. Todas as outras respostas sobre a utilização dos elementos digitais 3D ou se experiências imersivas podem potenciar o conhecimento destes espaços museológicos foram unanimemente consideradas positivas. As experiências que os inquiridos indicam como mais-valia para o espaço museológico são a obtenção de informação localizada no espaço museológico (10) e os avatares a explicar os artefactos (7). O questionário B que se referia à realidade aumentada imersiva (cavea, proscénio e estátua de Sileno) não foi considerado para efeitos de quantificação de resultados.

No local foram efetuadas as seguintes perguntas: Idade (Age)? Tinha conhecimentos sobre a realidade aumentada antes destas experiências? (Did you have any knowledge about augmented reality before these experiences?) As experiências que utilizou contribuíram para melhorar o seu conhecimento sobre os artefactos? (Did the experiences you used contribute to improving your knowledge about the artifacts?) A utilização de modelos virtuais ajuda a melhorar o conhecimento e a aumentar o interesse pelos espaços arqueológicos? (Does the use of virtual models help improve knowledge and increase interest in archaeological spaces?)

De referir que a grande maioria dos visitantes no Museu foram estrangeiros e isso comprova-se pelos dados apresentados no gráfico dos visitantes que acederam às experiências.

6.2 Conclusão dos inquéritos por questionário

Tal como referido, houve alguns problemas em relação aos questionários. Sugeriu-se ao Museu de Lisboa - Teatro Romano de Lisboa a forma como deveriam ser contextualizadas as experiências, como deveriam usar a aplicação e a inclusão de *QR Codes* para os questionários de análise às experiências. A equipa do Teatro Romano entendeu que deveriam ser eles a elaborar essa informação para ficar coerente com a que já existe no museu. Mas a informação que foi exposta não tinha qualquer indicação para os *QR Codes* dos questionários e as experiências do interior não tinham contextualização, nem a informação que tinham áudio. O que não deu ao visitante as ferramentas para se aperceber dos recursos multimédia que tinha disponíveis para experienciar a visita ao Museu do Teatro Romano.

Esta dificuldade de contextualização das experiências já tinha sido documentada por Forster (2018) na exposição “Skin & Bones”, ao indicar que não havia sinalização perceptível, que os visitantes não eram informados sobre o aplicativo na entrada no museu e que os colaboradores estavam pouco disponíveis para auxiliar os utilizadores.

As questões colocadas aos visitantes no local permitem perceber que existem visitantes com pouca noção sobre a utilização destas novas tecnologias. Para que estes projetos tenham viabilidade e sejam uma mais-valia para as instituições, tem de haver uma maior divulgação, indicação de como funcionam e um apoio mais ativo dos colaboradores envolvidos.

Dos dois questionários disponibilizados apenas um recebeu algumas respostas que nos permitem tirar algumas ilações. O que incidia sobre a possibilidade das pessoas mostrarem mais interesse em visitar o museu se experimentassem a RA através da aplicação disponibilizada no Facebook e Whatsapp, teve um total de 11 respostas. As poucas respostas denotam que a existência de elementos RA não é determinante para os levar a visitar o espaço museológico. A utilização de avatares e de informação adicional e localizada no espaço museológico são aparentemente as experiências que mais despertam interesse.

A equipa do museu entendeu que o segundo questionário, referente às três experiências no interior, não iria ter *feedback* dos visitantes, que não se mostram permeáveis para perder tempo a responder a *QR Codes*. Já a presença dos dois voluntários, que estiveram no museu em três dias (16, 21 e 23 de fevereiro), no total de 5 horas, permitiu obter alguma informação relevante para o propósito deste projeto, apesar de o número de visitantes não ser significativo.

Foram entrevistados dezassete visitantes, das quais a maioria tinha entre 17 e 27 anos (8), da faixa etária 50-60 (4), das faixas etárias 28-38 (2) e maiores de 61 (2), e menores de 16 (1). Nove pessoas responderam “sim” à pergunta 1 e às perguntas 2 e 3 todas responderam “sim”.

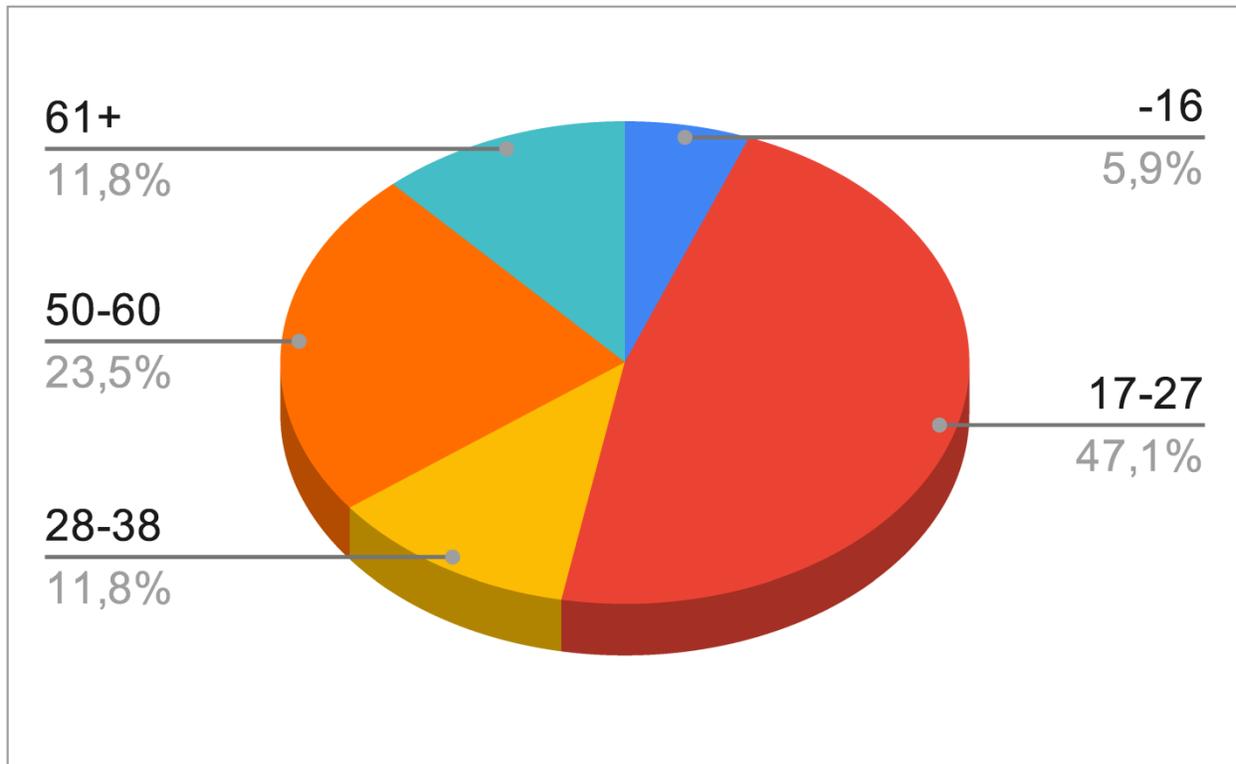


Gráfico 2. Relação da faixa etária dos visitantes entrevistados no Museu do Teatro Romano de Lisboa

Os visitantes consideram que as experiências de RA devem estar indicadas, contextualizadas e devem ser informativas. Se o QR Code não estiver associado ao seu objetivo os visitantes não acedem, pois julgam tratar-se apenas de mais um *link* para uma ligação externa. Um dos colaboradores do Museu de Lisboa mostrou desconhecimento sobre a RA e não percebeu que as experiências no interior do museu continham áudio, pelo que julgou não acrescentarem nova informação em relação à que já se encontra junto aos artefactos. De facto, esse é o aspecto mais observado pelos visitantes em que qualquer elemento incluído na exposição deve ser mais informativo e deve complementar a informação apresentada no local, através de imagem e/ou áudio.

Em relação às experiências no interior, os artefactos como estão mais próximos do visitante obriga que reposicione o dispositivo móvel, perdendo um pouco o efeito da RA. Já em comparação, a experiência da cavea permite uma maior imersão e foi aquela em que se obteve melhores resultados no projeto.

Os visitantes também referem que o uso dos próprios dispositivos móveis para estas experiências é um ponto negativo, visto que o usam para tirar fotografias durante o dia e acabam por ficar sem bateria quando estão a experimentar a RA, que também consome muita energia. A evolução dos dispositivos móveis é um fator importante de consideração no desenvolvimento de projetos de RA.

O ideal seria o museu disponibilizar aos visitantes equipamentos eletrônicos para experienciar a RA, o que facilitaria imediatamente a percepção de que existem vários tipos de experiência em RA.

6.3 Testemunhos

De forma a sintetizar em palavras próprias a experiência dos utilizadores, apresenta-se de seguida a transcrição de excertos recolhidos.

”Pensava que o uso de realidade virtual na demonstração do teatro não seria tão impactante como foi, tendo sido uma grande ajuda para a obtenção de novos conhecimentos. Os aspectos negativos - a utilização de dados móveis para realizar a experiência tal como a grande descarga da bateria. Na parte subterrânea falta explicação (algo que indique para que o *QR Code* é usado) e falta de imersão. O melhor aspecto da experiência é a junção da tecnologia com as ruínas.” Gonçalo, 18 anos

“Este tipo de experiências é bastante enriquecedor, especialmente a parte da reconstrução do Teatro. São uma boa maneira de obter novos conhecimentos, este museu tem poucas informações e objetos mas com esta experiência consegui ficar mais envolvida e querer obter mais conhecimentos. Aspecto negativo - a parte subterrânea do museu devia existir explicações junto dos *QR Codes* (pois sem eles não se entende o que é suposto acontecer). Melhor aspecto - a reconstrução do Teatro e a explicação, a reconstrução ajuda bastante a entender melhor o espaço e como era utilizado, e ter explicado em duas línguas também é bastante fundamental. Maria, 17 anos

“I was very satisfied with the experience since I could see the ruins and it’s reconstruction, also having an explanation on why it was built and how it was used it gives people who have no knowledge about certain aspects of the past a way to acquire information much more easily. It feels kind “lonely” since we are basically having an explanation given totally by technology with no human interaction. The best part is the amount of information the app gives us since it’s not written in any place.” James, 37 anos

“The best part of this whole experience might be the way the app allows us to see how the ruins were back in the day and at the same time we can see it in real life.” Andrea, 22 anos

“This all new, I never had an experience like this before, I think this is really well done. The reconstruction allowed me to have a better perception of how the theater used to be. The explanation made it even easier because there’s no sign telling us what we’re seeing or how they used to use the theater (like the explanation on the app did).” William, 61 anos

7. PROJETOS

Os conteúdos de realidade aumentada produzidos no contexto do projeto do mestrado estão disponíveis através dos seguintes *QR Codes*.

7.1 Cavea



Figura 40. *QR Code* de acesso à experiência da cavea

7.2 Proscénio



Figura 41. QR Code de acesso à experiência do proscénio

7.3 Estátua de Sileno

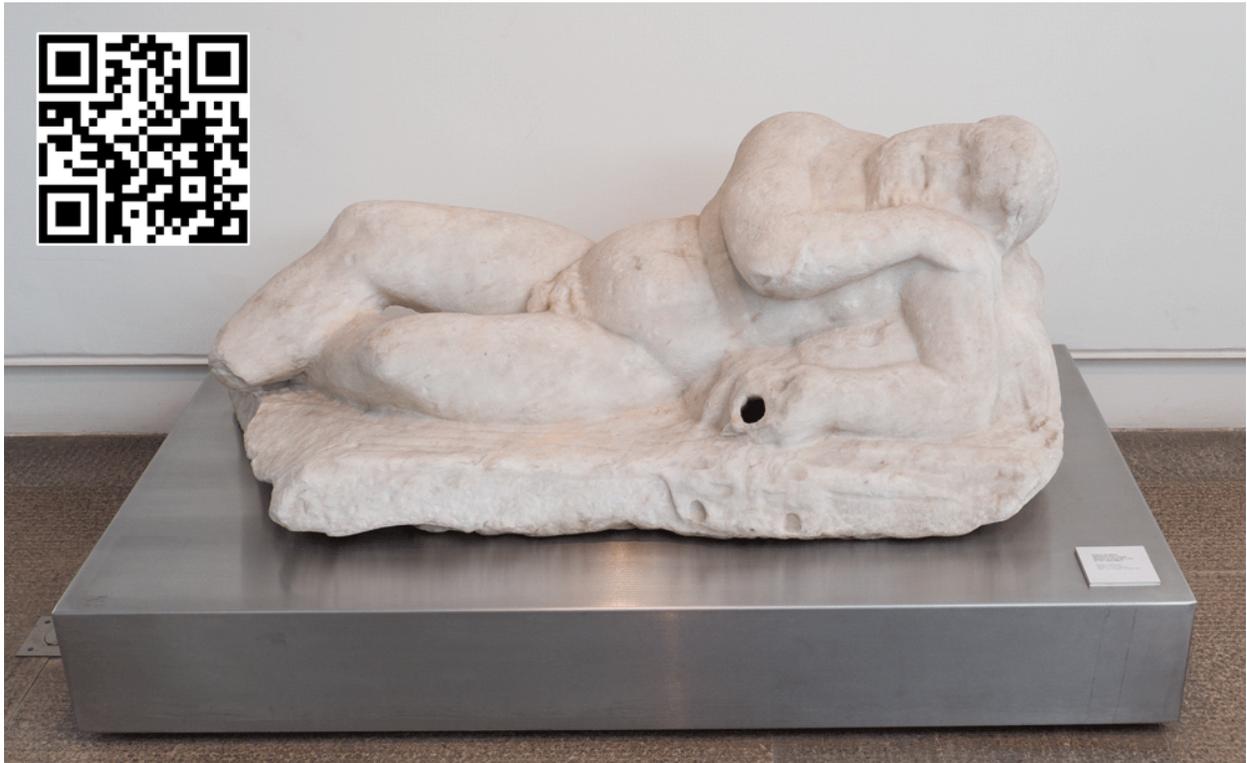


Figura 42. QR Code de acesso à experiência da estátua de Sileno

7.4 Aplicação do avatar



Figura 43. QR Code de acesso à aplicação do avatar

8. CONCLUSÃO

Este projeto mostrou que existe potencial explorar a Realidade Aumentada nos museus, no caso o Teatro Romano de Lisboa, e a baixo custo. Isto porque a RA gera maior empatia por parte dos visitantes, mais interatividade e potencia a aprendizagem. Os visitantes, quando conhecem a tecnologia, percebem os seus benefícios. Mas ainda existem muitas limitações técnicas a impedir que seja potenciada em todas as suas vertentes.

Das experiências também se verificou que o uso do áudio e do texto são fatores de satisfação para os visitantes, principalmente quando complementam a informação disponível. A narração áudio também aumenta a eficiência da aprendizagem principalmente quando dão vida a personagens históricas. Königschulte et al. (2010).

Ficou-se ainda com a noção de que há uma percentagem de pessoas que não tem conhecimento do que é a RA. Projetos deste género poderão dar a conhecer este tipo de tecnologias e fomentar um maior interesse na área. O Teatro Romano de Lisboa teria toda a vantagem em apostar na exploração da RA para potenciar o seu espólio. Em particular a de avatares a explicar o espaço museológico e os artefactos, e a imersão dos espaços através da reconstituição virtual (sempre acompanhado de informação áudio e texto). A fotogrametria e a reconstrução das peças do seu espólio com informação adicional seria outro dos pontos a serem explorados, porque o Museu já faz este trabalho. A sua implementação teria, assim, custos reduzidos. Um dos exemplos, é a estátua do Sileno, cujo museu já a tem em fotogrametria e que poderia ser colocada digitalmente por cima dos fragmentos do proscênio.

Atualmente existem diversas empresas, plataformas e *softwares* que permitem executar projetos no âmbito da RA. Este projeto pretende demonstrar que a RA é uma mais-valia para as instituições, desde que dispostas a alocar recursos humanos nesta área. A utilização das tais plataformas e *softwares* gratuitos permitiriam, a par disso, a execução dos projetos a baixo custo. Na organização dos objetos que poderão ter contextualização através das aplicações, os museus devem ter atenção a diversos fatores, como o espaço físico e sua localização, incluindo a distância a que o dispositivo móvel terá de estar do objeto. Isto porque se o espaço for reduzido o visitante poderá não retirar o melhor da experiência oferecida. Sinaléticas que indiquem o melhor local para o utilizador se posicionar ou o que deverá fazer com a aplicação ou dispositivo móvel, são alguns dos casos em que o museu deverá ter em conta quando pretende implementar a RA.

Este projeto foi uma primeira abordagem ao que se pode fazer nesta área e há espaço para muitas melhorias, tanto nos processos de trabalho como de seleção de projetos que se mostrem mais interessantes para o público. As experiências no Teatro Romano foram efetuadas tendo em conta algumas limitações do museu. No espaço arqueológico a cobertura não permite ter grande luminosidade e no museu o espaço físico e a intensidade da luz que o percorre foram limitativos para as experiências desenvolvidas. Nas melhorias referidas, por exemplo, talvez fosse possível criar algo similar a um holograma do Teatro Romano dentro do Museu.

Tal como refere Frasca et al. (2016) a exposição multimédia deve ser capaz de harmonizar com o espaço do museu – do ponto de vista arquitetónico – e os conteúdos devem ser adaptados ao instrumento escolhido por profissionais qualificados (museólogos, designers gráficos, *videomakers*, etc.).

O trabalho executado ao longo destes meses confirmou esta afirmação. O projeto teria sido mais ambicioso se tivesse conhecimentos mais aprofundados das ferramentas de criação dos elementos digitais e tivesse a trabalhar comigo uma equipa versátil. O que permitiria desenvolver outras valências de RA, incluindo jogos interativos.

Os jogos interativos didáticos têm a capacidade de atrair o público mais jovem. Há estudos que demonstram que a maioria voltaria ao museu se pudesse interagir com dispositivos semelhantes e que os jogos são uma boa solução de aprendizagem do conteúdo dos museus de uma forma lúdica. Outros estudos indicam que os alunos que utilizam a RA compreendem melhor o património cultural ao interagir com os objetos de diversos pontos de vista, o que facilita a sua contextualização e desenvolvem a sua competência digital. Aso et al. (2021).

Partiu-se para o desenvolvimento do projeto tendo por base que os visitantes do museu iriam aceder às experiências através dos respetivos dispositivos móveis. Mas percebeu-se já na fase das entrevistas que se esses dispositivos lhes tivessem sido fornecidos pelo museu permitiria ultrapassar várias limitações: contextualização das experiências e sua percepção, e contingências de utilização da aplicação e dispositivos móveis. Estas experiências não dependem do fornecimento de dispositivos móveis, como *tablets* ou óculos para RA, mas as experiências seriam mais funcionais, imersivas e interessantes se o museu disponibilizasse o *hardware* necessário, tal como acontece no exemplo do museu de Notre Damme.

As grandes empresas tecnológicas, como a Google, a Meta, entre outras, estão a investir no desenvolvimento dos auriculares e de óculos de RA¹⁶. Esse investimento e concorrência entre empresas deverá conduzir a uma redução de preço dos novos equipamentos, o que poderá facilitar a sua aquisição por parte das instituições que queiram apostar na RA. Para Bertrand Nepveu (fundador da Vrvana), criador de um dos primeiros *headsets* de realidade mista (RV e RA), em dez anos todas as pessoas terão um auricular, que se vai tornar uma extensão do ser humano¹⁷.

O Metaverso poderá ser também uma grande oportunidade para o aproveitamento da RA em contexto museológico. Abre-se a possibilidade de visitantes de qualquer lugar do mundo acederem virtualmente às exposições. A RA será um excelente complemento para as instituições poderem mostrar aos visitantes o seu espólio, de uma forma interativa e imersiva e a custos reduzidos.

¹⁶ https://www.phonearena.com/news/google-reportedly-splits-its-ar-division_id145557

¹⁷ <https://mixed-news.com/en/apple-headset-will-be-macintosh-moment/>

Os conhecimentos adquiridos na realização deste projeto permite indicar algumas abordagens que as instituições/museus poderão seguir se pretenderem implementar experiências de realidade aumentada nos seus espaços.

- As experiências têm de estar contextualizadas para os visitantes saberem que há recursos interativos além dos convencionais
- Os espaços museológicos devem dispor de *wi-fi* para que o visitante não utilize os próprios dados ao realizar as experiências
- Os espaços museológicos devem disponibilizar dentro do possível o equipamento tecnológico porque nem todos os visitantes têm dispositivos móveis capazes de suportar as experiências de realidade aumentada
- Para que as experiências resultem é necessário ter em atenção a localização do visitante em relação ao artefacto, pelo que se aconselha sinalética para o posicionar
- Os museus devem dar formação aos seus colaboradores nestas ferramentas para que possam desenvolver projetos de realidade aumentada sem grandes custos
- As experiências imersivas complementadas com áudio e texto, e as informativas com utilização de um avatar são as mais estimulantes para o visitante

9. LISTA DE IMAGENS

Figura 1. Visualização do objeto 3D no espaço físico do museu (yordStudio.com).....	14
Figura 2. Reprodução digital das pessoas no espaço físico real (janm.org , 2023)	15
Figura 3. Reprodução digital da construção da catedral de Notre Damme ao longo dos séculos (nbn.org , 2023)	15
Figura 4. Esboço inicial (Figma) do projeto de RA do Teatro Romano de Lisboa	20
Figura 5. Aplicação da Cávea (inglês), com os botões para a panorâmica virtual, a estátua de Sileno, Proscénio (objetos 3D), de texto e fechar texto (<i>software</i> Zapworks Studio)	21
Figura 6. Aplicação do avatar, com botões texto avatar, panorâmica real com imagens virtuais e o modelo 3D do Teatro Romano (<i>software</i> Zapworks Studio)	22
Figura 7. Entrada principal do espaço arqueológico da cavea do Teatro Romano de Lisboa	23
Figura 8. Entrada do edifício do Museu do Teatro Romano de Lisboa	24
Figura 9. Interior do Museu do Teatro Romano de Lisboa	25
Figura 10. Aplicação do Teatro Guadix para Android (disponível na Google store).....	26
Figura 11. Aplicação BBC <i>Civilisations</i> para Android (disponível na Google store)	27
Figura 12. Aplicação Viseu 5.0 para Android (disponível na Google store)	28
Figura 13. Espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa.....	28
Figura 14. Espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa.....	30
Figura 15. Plataforma Zapworks.....	33
Figura 16. Disposição dos elementos na conta Zapworks	34
Figura 17. Plataforma de criação da Zapworks Design.....	35
Figura 18. Imagem final renderizada do avatar através do Blender	36
Figura 19. Imagem panorâmica para 360° do espaço arqueológico Teatro Romano de Lisboa.....	37
Figura 20. Imagem final renderizada do Teatro Romano de Lisboa em 3D.....	38
Figura 21. Imagem virtual panorâmica para 360° do espaço virtual do Teatro Romano de Lisboa	39
Figura 22. Imagem da estátua de Sileno que vai servir de <i>tracking</i> para uma das experiências	40
Figura 23. Imagem de dois blocos do proscénio que vai servir de <i>tracking</i> para uma das experiências.....	41
Figura 24. Integração do Zapworks no Unity através de um <i>package</i> do github	42
Figura 25. Integração do Blender com o Unity com a colocação dos ficheiros nos <i>assets</i> do Unity ...	42
Figura 26. Exportação dos ficheiros em <i>webgl</i> do Unity para uma pasta posteriormente zipada	43
Figura 27. Colocação do ficheiro zip no Zapworks e posterior publicação	43

Figura 28. Avatar criado no Metahumans e avatar final alterado no Blender	46
Figura 29. Erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio	47
Figura 30. Exemplo de alguns erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio	48
Figura 31. Erros do formato glb quando exportado para o Zapworks Studio	49
Figura 32. Integração do Unity com o Blender e Zapworks.....	50
Figura 33. Exemplo de alguns problemas na conversão e redução do objeto 3D no Blender	51
Figura 34. Imagem (png) do texto com fundo transparente (preto incluído para efeitos de visualização).....	53
Figura 35. Visualização da estátua de Sileno (teste inicial - objeto 3D) no Museu do Teatro Romano de Lisboa	56
Figura 36. Visualização da panorâmica virtual no espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa.....	57
Figura 37. Visualização da panorâmica virtual no espaço arqueológico do Teatro Romano de Lisboa.....	58
Figura 38. Visualização da experiência da estátua de Sileno no Museu do Teatro Romano de Lisboa.....	59
Figura 39. Visualização da experiência do proscénio no Museu do Teatro Romano de Lisboa	60
Figura 40. QR Code de acesso à experiência da cavea	66
Figura 41. QR Code de acesso à experiência do proscénio.....	67
Figura 42. QR Code de acesso à experiência da estátua de Sileno.....	68
Figura 43. QR Code de acesso à aplicação do avatar.....	69

10. LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relação dos acessos às experiências de realidade aumentada	62
Gráfico 2. Relação da faixa etária dos visitantes entrevistados no Museu do Teatro Romano de Lisboa	64

11. REFERÊNCIAS

- Amorim, P., Barbosa, P. & Ferreira, S. B. L. (2019). *Augmented reality and museum accessibility: a case study to support hard of hearing people*. IHC '19: Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Article No.: 14, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/3357155.3358434>
- Aso, B., Navarro-Neri, I., García-Ceballos, S. & Rivero, P. (2021). *Quality requirements for implementing augmented reality in heritage spaces: teachers' perspective*. Education sciences. 11(8):405. <https://doi.org/10.3390/educsci11080405>
- Azuma, R. T. (1997). *A survey of augmented reality*. Presence, vol. 6, No. 4, August 1997, 355-385. <https://www.dca.fee.unicamp.br/~leopini/DISCIPLINAS/IA369T-22014/Seminarios-entregues/Grupos-Visualiza%c3%a7%c3%a3o/Visualizacao-Gr-LuisPattam-paperdeapoio-1.pdf>
- Barreto, J., Gouveia, P. & Prada, R. (2018). *Extended play at faraday museum*. VJ2018 – 10th Conference on Videogame Sciences and Arts. https://museufaraday.ist.utl.pt/Press&Media/Artigo%20Extended%20Play%20at%20Faraday%20Museum%20Gower_Bell.pdf
- Brown, E. & Cairns, P. (2004). *A ground investigation of gamme immersion*. CHI EA '04: CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. Pages 1297–1300. <https://doi.org/10.1145/985921.986048>
- Cabeça, V. (2020). *Internet 2020: cresce a liderança dos smartphones*. Markttest, 2020. <https://www.markttest.com/wap/a/n/id~269e.aspx>. Acesso em 2 de Janeiro de 2022.
- Canciani, M., Conigliaro, E., Del Grasso, M., Papalini, P. & Saccone, M. (2016). *3D survey and augmented reality for cultural heritage. The case study of Aurelian wall at Castra Praetoria in Rome*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLI-B5. 931-937. 10.5194/isprs-archives-XLI-B5-931-2016. https://www.researchgate.net/publication/304028177_3D_survey_and_augmented_reality_for_cultural_heritage_the_case_study_of_aurelian_wall_at_castra_praetoria_in_rome
- Fernandes, L. (2017). *Teatro romano de Lisboa: as ruínas e o seu museu ou como a arqueologia promove o diálogo educacional*. Dossiê Práticas Arqueológicas e Educação Patrimonial. Revista Temporis [Ação] (Periódico acadêmico de História, Letras e Educação da Universidade Estadual de Goiás). Cidade de Goiás; Anápolis. V. 17, N. 01, p. 88-123 de 415, jan./jun., 2017. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/temporisacao/article/view/5900/4663>. Acesso em 15 de agosto de 2022
- Forster, I. (2018). *Tangible objects versus digital interfaces: opportunities to harness the potential of augmented reality to interact with photographic collections in museums and archives*. Collections. 14. 227-242. <https://doi.org/10.1177/15501906180140020>
- Frasca, R., Pantile, D., Mazzeo, A., Ventrella, M. & Verreschi, G. (2016). *New technologies and tools for immersive and engaging visitor experiences in museums: the evolution of the visit-actor*

in next-generation storytelling, through augmented and virtual reality, and Immersive 3D projections. 12th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). <https://doi.org/10.1109/SITIS.2016.78>

Gherardini, F., Santachiara, M. & Leali, F. (2019). *Enhancing heritage fruition through 3D virtual models and augmented reality: An application to Roman artefacts.* <http://dx.doi.org/10.4995/var.2019.11918>

Gonçalves, J. M. A, Marto, A. G. R. & Sousa, A. A. (2017). *Mobile augmented reality in cultural heritage context: Current technologies.* 24.º Encontro Português de Computação Gráfica e Interação (EPCGI). <https://doi.org/10.1109/EPCGI.2017.8124313>

Israel, S. & Scoble, R. (2016). *The fourth transformation: how augmented reality & artificial intelligence will change everything.* Patrick Brewster Press.

Königschulte, A., Araújo, L. de & ERB, U. (2010). *Integrating an educational game in a museum Exhibition challenges and limitations.* https://www.researchgate.net/publication/236681481_Integrating_an_Educational_Game_in_a_Museum_Exhibition_Challenges_and_Limitations

Liestøl, G. & Andrew M. (2013) *Views alignment and incongruity in indirect augmented reality.* 49-62. 2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH). <https://ieeexplore.ieee.org/document/6671263>

Luna, U., Rivero, P. & Vicent, N. (2019). *Augmented reality in heritage apps: current trends in europe.* <https://doi.org/10.3390/app9132756>

Mekni, M., & Lemieux, A. (2014). *Augmented reality: Applications, challenges and future trends.* Applied computational science, 20, 205-214. <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6121/spr2020/readings/Mekni2014.pdf>

Spadoni, E., Porro, S., Bordegoni, M., Arosio, I., Barbalini, L. & Carulli, M. (2022) *Augmented reality to engage visitors of science museums through interactive experiences.* Heritage 2022, 5, 1370-1394. <https://doi.org/10.3390/heritage5030071>

Spierling, U., Winzer, P. & Massarczyk, E. (2017). *Experiencing the presence of historical stories with location-based augmented reality.* 49-62. 10.1007/978-3-319-71027-3_5. https://www.researchgate.net/publication/321043033_Experiencing_the_Presence_of_Historical_Stories_with_Location-Based_Augmented_Reality

Wang, C. & Zhu, Y. (2022). *A survey of museum applied research based on mobile augmented reality.* Computational Intelligence and Neuroscience, vol. 2022, Article ID 2926241, 22 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2926241>

ANEXOS

1. Documento do Museu de Lisboa



O Projeto de Mestrado de Novos Media e Práticas Web da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, da autoria de João Silva incidiu sobre o sítio arqueológico do Teatro Romano de Lisboa que integra o próprio Museu de Lisboa - Teatro Romano / EGEAC.

Após várias reuniões com o maquetista Carlos Cabral Loureiro, responsável pelas reconstituições tridimensionais do monumento cénico de época romana optou-se por algumas vias de trabalho e aspetos parcelares de desenvolvimento do futuro trabalho que depois foram discutidos com a direção do museu. O trabalho desenvolvido somente foi possível realizar pela cedência da base do modelo, o qual depois de definidos os pontos a desenvolver puderam ser desenvolvidos por João Silva.

O projeto de reconstituição e, especialmente de animação virtual do monumento assentou na seleção de três pontos de aplicação: a cavea do teatro; a inscrição do *proscenium* (nº de inventário MTR.ARQ.0081) e a estátua do Sileno (nº de inventário MTR.ESC.001). A seleção conjunta destes locais e objetos do Teatro Romano para serem trabalhados de um ponto de vista virtual prendeu-se, por um lado, com a dificuldade de compreensão das estruturas arqueológicas em questão mercê do seu deficiente estado de conservação, no que se refere ao primeiro caso. Nos restantes casos foi a relevância das peças na própria coleção do museu que ditou a sua inclusão no presente projeto. Por fim, a combinação do desenvolvimento da investigação que o próprio museu tem levado a cabo e as potencialidades da sua adequação às novas tecnologias mediante a existência prévia de reconstituições que se podiam ajustar às experiências propostas, foram, de igualmente, aspetos a ter em conta.

Deste modo, um dos objetivos a que o trabalho de João Silva se propôs, o de aumentar e melhorar o conhecimento, por parte dos visitantes, sobre este espaço arqueológico considera-se cumprido, ainda que apenas uma parte destes tenha efetivamente usufruído da experiência.

Entre visitantes nacionais e estrangeiros, as questões relacionadas com dificuldades no uso de novas tecnologias foram, possivelmente, umas das razões para a menor frequência de utilização. Por outro lado, a utilização destas experiências por grupos escolares ou em atividades não se revela viável, como aliás não era expetativa deste projeto, uma vez que este tipo de grupos visita o museu em visitas organizadas e com um tempo controlado de visita.

As potencialidades destas experiências ficaram demonstradas pelo projeto que agora se apresenta e permitem concluir sobre a mais-valia da inclusão destes recursos digitais em espaços museais.

Lídia Fernandes

A handwritten signature in black ink that reads 'Lídia Fernandes'.

Coordenadora Museu de Lisboa – Teatro Romano

13 de março 2023

2. Questionário A

No questionário A, sobre se a realidade aumentada potencia a visita a museus, foram incluídas as seguintes perguntas: Idade? Tinha conhecimentos sobre a realidade aumentada antes destas experiências? Os elementos que observou aumentou o interesse na Realidade Aumentada? Qual destas experiências achou mais interessantes no âmbito do conhecimento museológico? 1 - Observação do espaço museológico com acesso a informação localizada junto aos artefactos; 2 - Observação do Teatro Romano virtual através de uma localização específica no museu; 3 - Avatares localizados em determinados pontos do museu a explicar os artefactos; Estas experiências podem facilitar o envolvimento do visitante com o espaço museológico? A inclusão de um Avatar a explicar os artefactos facilita a sua percepção e conhecimento? O conhecimento ou localização dos artefactos é mais perceptível: 1 - Informação em formato de infografia e texto; 2 - Experiência virtual com informação próxima do artefacto; A utilização de modelos virtuais 3D pode facilitar o conhecimento e a aumentar o interesse pelos espaços arqueológicos? Uma experiência imersiva com realidade aumentada potencia o conhecimento do espaço museológico?

<https://forms.gle/Kphs2m7bVBdrMcWx6>

3. Questionário B

O questionário B, que não foi considerado e que se referia à realidade aumentada imersiva (cavea, proscénio e estátua de Sileno) com as seguintes perguntas: Idade? Tinha conhecimentos sobre a realidade aumentada antes destas experiências? As experiências que utilizou contribuíram para melhorar o seu conhecimento sobre os artefactos? Refira a experiência/as que contribuíram na obtenção de mais conhecimento sobre o espaço museológico? 1 - Cavea virtual; 2 - Estátua de Sileno; 3 – Proscénio; Estas experiências podem facilitar o envolvimento do visitante com o espaço museológico? A inclusão de um avatar melhoraria a sua experiência no museu? A utilização de modelos virtuais ajuda a melhorar o conhecimento e a aumentar o interesse pelos espaços arqueológicos? Uma experiência imersiva com realidade aumentada potencia o conhecimento do espaço museológico?

<https://forms.gle/1ah7tc8Qbq548DCk9>