

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Utilização de tecnologias de RA e RV para entrega de conteúdos
imersivos baseados na localização**

Dissertação de Mestrado em

Engenharia Informática

João Nuno Sampaio de Carvalho

Orientador: Professor Doutor Maximino Bessa



Vila Real, 2018

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Utilização de tecnologias de RA e RV para entrega de conteúdos
imersivos baseados na localização**

Dissertação de Mestrado em
Engenharia Informática

João Nuno Sampaio de Carvalho

Orientador: Professor Doutor Maximino Bessa

Composição do Júri:

Doutor Luís Felipe Leite Barbosa

Doutor Maximino Esteves Correia Bessa

Doutor Miguel Ângelo Correia de Melo

Vila Real, 2018

Declaração

Responsabilizo-me pessoalmente pelas ideias apresentadas nesta Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática. Toda a informação teórica e prática contida neste trabalho foi escrita por mim e é inteiramente da minha responsabilidade. Os direitos de autor foram respeitados, não tendo sido copiado ou reproduzido qualquer conteúdo das referências bibliográficas.

Com exceção da Figura 27 (Abreu, 2008) e a sua transformação (Figura 29), todos os esquemas foram por mim realizados, a menos que explicitamente referidos.

Este trabalho nunca foi avaliado previamente nesta ou noutra instituição de ensino.

Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática pela Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro.

Setembro de 2018

O autor,

João Nuno Sampaio de Carvalho

“Imagination will often carry us to worlds that never were.

But without it we go nowhere.”

Carl Sagan

Aos meus pais,

Agradecimentos

Todo meu percurso académico e este trabalho em concreto, não teriam sido possíveis sem o apoio e a ajuda de várias pessoas aos quais não podia deixar de agradecer.

Primeiramente, agradeço ao Professor Doutor Maximino Bessa pela oportunidade prestada e por aceitar orientar-me neste trabalho. Estou grato por toda a sua ajuda, ensinamentos transmitidos e disponibilidade para me ajudar.

Agradeço também a todos os docentes com quem tive a oportunidade de me cruzar e de trabalhar por de alguma forma contribuírem para o meu percurso académico.

Aos meus pais, que têm todo o meu orgulho e admiração, por acreditarem em mim, por todo carinho e amor, por me moldarem na pessoa que hoje sou, esta é também uma vitória vossa. Estou-vos eternamente grato.

Aos meus avós, pelo carinho e suporte essencial, pelas gargalhadas e pelos abraços, muito obrigado. À minha família, pelo suporte incondicional que sempre recebi de suas partes.

À minha companheira e amiga, Vanessa Oliveira, que me acompanha há mais de 7 anos e nunca duvidou das minhas aptidões, apoiando-me no estudo, motivando-me para que me torne uma pessoa melhor e mais completa. Por todo o esforço, dedicação e carinho, mas sobretudo pela felicidade, um grande obrigado.

Agradeço em especial aos meus colegas e amigos, Daniel Sousa, Ricardo Teixeira, Fábio Correia, Bruno Gomes, Paulo Pinheiro, Luís Cardoso e Pedro Martins por toda a ajuda, pela paciência, pelo companheirismo e motivação. Um obrigado a todos pelos ótimos momentos passados, mas sobretudo pela amizade, que me ajudou a ultrapassar a licenciatura e mestrado.

A todos os amigos e colegas que levo da minha passagem por Vila Real, pelos bons momentos passados e pelo apoio que foi crucial para a conclusão da minha dissertação.

E por fim, a todos aqueles que de qualquer forma contribuíram para a minha vida académica e a minha tese, estou grato pelo destino de todo este percurso.

Resumo

Os conteúdos imersivos disponibilizados através de tecnologias de informação têm um elevado potencial de aplicação em diferentes âmbitos de atuação, nomeadamente, em cenários de educação e exploração do legado cultural em localizações onde abundam registos culturais dignos de serem transmitidos como relíquias arquitetónicas e espaços com relevância histórica, religiosa, cultural ou ambiental. Estas tecnologias permitem exibir elementos virtualmente processados que complementam o cenário real que envolve o utilizador.

A investigação exibida nesta dissertação pretende estudar e avaliar a implementação de sistemas que utilizam realidade aumentada e virtual em dispositivos móveis com base na localização do utilizador.

O estudo descrito neste documento conclui que aplicações de conteúdos imersivos baseados na localização têm um impacto positivo nos visitantes de pontos de interesse e que, apesar de algumas dificuldades exploradas no estado de arte, os dispositivos móveis são capazes de suportar aplicações deste tipo com a qualidade necessária para o consumidor final.

Palavras-chave – Conteúdos imersivos, Legado cultural, RV e RA

Abstract

The immersive content available through technology has a high potential of application in different fields of action, such as in educational scenarios and the exploration of cultural legacy in places where cultural records are abundant and worthy of being discovered, such as architectural relics and spaces of historical, religious, cultural or environmental relevance. These technologies allow the display of virtually processed elements that complement the actual scenario surrounding the user.

The research presented in this dissertation intends to study and evaluate the implementation of systems that use augmented reality and virtual in mobile devices based on the location of the user.

The study described in this paper concludes that location-based immersive content applications have a positive impact on visitors of points of interest and that, despite some difficulties explored in the state of the art, mobile devices are able to support applications of this type with quality necessary for the final consumer.

Keywords – Immersive contents, Cultural legacy, VR and AR

Índice

Declaração	i
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv
Glossário de Acrónimos e Abreviaturas	xv
1. Introdução	1
1.1. Motivação e objetivos.....	2
1.2. Metodologia.....	3
1.3. Organização da dissertação	4
2. Conteúdos Imersivos e POI	5
2.1. Realidade Mista, Realidade Aumentada e Realidade Virtual.....	5
2.2. Técnicas, Equipamentos e Desenvolvimento RA e RV Móvel.....	10
2.2.1. Realidade Aumentada Móvel	10
2.2.2. Realidade Virtual Móvel Imersiva	13
2.2.3. Sistema de Localização	15
2.3. Conteúdos Imersivos nos Smartphones.....	15
2.4. Plataformas de desenvolvimento	18
2.5. Processos de Gamificação em aplicações móveis	21
2.6. Pontos de Interesse em Aplicações de Smartphone.....	24
2.7. Principais desafios	26
2.8. Conclusão do Estado de Arte.....	27
3. Desenvolvimento Do Sistema	29
3.1. Recolha de Dados, Requisitos, Calendarização e Mockups	29

3.2. Tecnologias para a implementação.....	34
3.3. Implementação do Protótipo.....	36
3.3.1. Pontos-de-Interesse.....	36
3.3.2. Localização.....	38
3.3.3. Páginas.....	41
3.3.4. Realidade Virtual.....	43
3.3.5. Realidade Aumentada.....	47
3.3.6. Caderneta e Processos de Gamificação	55
4. Avaliação.....	57
4.1. Métodos de Avaliação	57
4.2. Avaliação da Aceitação	58
4.2.1. Contextualização do Local	60
4.2.2. Resultados e Discussão da Avaliação de Aceitação	60
4.3. Avaliação de usabilidade	63
4.4. Avaliação objetiva dos requisitos/recursos da aplicação.....	65
5. Conclusões.....	67
5.1. Cumprimento dos Objetivos.....	67
5.2. Trabalho Futuro	67
Referências Bibliográficas.....	69
Anexos.....	75

Índice de Figuras

Figura 1 : Continuum de Realidade Mista.....	6
Figura 2 : Exemplo de um elemento virtual sobreposto num cenário real através da RA (Tech Apple, 2017).....	6
Figura 3 : Dispositivo HUD utilizado em RV (HWSW, 2017).....	8
Figura 4 - Diferentes capacetes de RV móvel baseados no telemóvel.....	13
Figura 5 - Oculus Go (à esquerda) e Fujitsu FV200 (à direita).....	14
Figura 6 : Experiência RV do Google Street View	16
Figura 7 : Tradução em tempo real RA	17
Figura 8 : RA na aplicação da IKEA.....	17
Figura 9 - Plano de gamificação	21
Figura 10 - Vistas da aplicação Strava	23
Figura 11 – Ingress (à esquerda) e Pokémon GO na vista de mapa (centro) e de POI (direita)	24
Figura 12 : Tango, utilizado para mostrar pinturas que desapareceram com o desgaste (The Verge, 2017).....	25
Figura 13 - Arquitectura de aplicação	31
Figura 14 - Fluxograma	32
Figura 15 : Mockups do protótipo desenvolvido, vista de mapa (à esquerda), página de ponto-de-interesse (ao centro) e Caderneta de gamificação (à direita)	33
Figura 16 - Bloco granítico da "Mão do Homem"	37
Figura 17 - Vistas do módulo de localização	39

Figura 18 - Representação de um Ponto-de-Interesse no mapa.....	40
Figura 19 - Página Principal	41
Figura 20 - Páginas de Pontos-de-Interesse.....	42
Figura 21 - Script de rotação da camara	44
Figura 22 - Esfera com textura do Ponto-de-Interesse	44
Figura 23 - Imagem recolhida através do método de stitching (Igreja S.Domingos).....	45
Figura 24 - Modo Realidade Virtual (à esquerda) e modo “janela” (à direita) do Interior da Igreja de S.Domingos.....	46
Figura 25 - Código QR gerado para utilização como marcador.....	48
Figura 26 - Exemplo de três imagens inseridas na base de dados.....	49
Figura 27 - Desenho do plano 2D das gravuras rupestres (Abreu, M. 2008).....	49
Figura 28 - Capturas de ecrã, Imagem de referência (à esquerda) e Marcador (à direita) ..	50
Figura 29 - Imagem transformada	51
Figura 30 - Angulação da representação face à rocha	52
Figura 31 - Posição relativa do objeto (desenho) em relação à imagem de referência	52
Figura 32 - Resultado da implementação final do módulo RA	53
Figura 33 - Página da Caderneta.....	56
Figura 34 - Modelo de Avaliação da Aceitação	58
Figura 35 - O grupo a percorrer os caminhos de Santiago	60
Figura 36 - Representação gráfica dos resultados obtidos no teste de aceitação	61
Figura 37 - Média das respostas no questionário UE	64

Figura 38 - Informações de Armazenamento da aplicação	66
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 : Previsões de mercado para RA e RV (* anos assinalados representam estimativas)	9
Tabela 2 - Previsões de número de utilizadores de smartphones (* anos assinalados representam estimativas)	9
Tabela 3 - Técnicas AR móvel segundo <i>Wuest. A.</i> (2017)	11
Tabela 4 - Comparação entre técnicas de aquisição e tracking em RA móvel, Bae et al (2016)	12
Tabela 5 : Sdk's RA e as suas características	20

Glossário de Acrónimos e Abreviaturas

Sigla	Expansão
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
POI	Ponto-de-Interesse
SDK	Software Development Kit
HUD	Head's Up Display
UI	User-Interface
GPS	Global Positioning System
API	Application Programming Interface

1. Introdução

A popularização do termo “conteúdo imersivo” surge no início da segunda metade do séc. XX com a generalização de equipamentos como o Power Glove (Sturman & Zeltzer, 1994) e consolas de videojogos que permitiam aos utilizadores interagirem com a tecnologia de novas maneiras. Na atualidade, os conteúdos imersivos vivem um período de renascença e começam novamente a tornarem-se populares e procurados pelo público, devido a avanços significativos nos campos da realidade virtual e aumentada. Estes desenvolvimentos que surgiram no início do séc. XXI foram motivados pelas evoluções tecnológicas que permitem e dão suporte a este tipo de aplicações ao nível de hardware e software. Com estes melhoramentos ao nível tecnológico tornou-se possível desenvolver sistemas imersivos em smartphones, equipamentos comuns e acessíveis que estão praticamente generalizados (Total, 2014) o que os torna um mercado apetecível com um dos públicos-alvo mais elevado no mercado global.

Uma experiência imersiva é caracterizada pelos sentidos de imersão, interação e envolvimento (Cairns, Cox, Berthouze, Jennett, & Dhoparee, 2006) que podem ser promovidos no utilizador através de estímulos sensoriais, sobrepondo conteúdos virtuais ao cenário real. No caso deste estudo o utilizador recebe estímulos audiovisuais através do seu smartphone que visam apresentar informações num contexto de legado cultural e pontos de interesse.

O uso de técnicas de gamificação tornaram-se uma aposta no século XXI, com o objetivo de cativar pessoas a atingir um objetivo ou aumentar níveis de participação. É uma resposta utilizada em cenários de educação que é capaz de despertar interesse nos utilizadores, um facto crítico na utilização de aplicações móveis. A aplicação RA (Realidade Aumentada) e RV (Realidade Virtual) desenvolvida nesta dissertação, utiliza dispositivos móveis em ambientes exteriores para apresentar ao utilizador informação acerca dos pontos de interesse que o rodeiam e permitindo-o ter acesso, por exemplo, a uma perspetiva única ou relevante, e.g. o interior de uma capela inacessível.

1.1. Motivação e objetivos

Num país que valoriza e é movido pelo mercado turístico e tem um legado histórico e cultural tão rico, é um risco que alguns elementos com relevância cultural sejam esquecidos e que a sua história e valor não sejam transmitidas às classes mais jovens. Existem vários programas e projetos com o objetivo de educar e dar a conhecer a importância da herança cultural, no entanto, estes falham no incentivo e encorajamento necessário para prender uma audiência.

Este trabalho procura executar uma solução prática, com fundamentos teóricos, que seja capaz de estimular os seus utilizadores através de conteúdos imersivos num âmbito de realidade aumentada e virtual enquanto os informa e ensina. Para isto, é imperativo não só utilizar capacidades imersivas e conteúdos interativos apelativos, mas também o uso de técnicas de gamificação para aumentar o interesse dos utilizadores.

Em termos teóricos, pretende-se enquadrar o paradigma da utilização de conteúdos imersivos em cenários semelhantes. Este estudo servirá como referência ao leitor e ponto de partida para a investigação. Está compilada a pesquisa relacionada com conceitos tecnológicos (como diferentes abordagens RA e RV), práticos (como as ferramentas utilizadas) e conceitos teóricos (como a gamificação). Analisar e enquadrar técnicas de implementação, diferentes plataformas de desenvolvimento e aplicações semelhantes, entre outras. O objetivo prático passa por implementar uma aplicação móvel RA/RV baseada na localização do utilizador. Pretende-se identificar a solução mais adequada para implementar um sistema que seja testado por utilizadores in-situ. Este teste tem como objetivo avaliar a aplicação desenvolvida e a utilização de conteúdos imersivos nestes cenários.

Neste sentido, os objetivos levantados nesta investigação são responder (com uma base teórica e prática através do desenvolvimento de uma aplicação) às seguintes questões:

1. A utilização da aplicação tem um impacto positivo junto dos visitantes de pontos de interesse, melhorando a experiência do turista e promovendo a exploração do ambiente onde estão inseridos?
2. É possível desenvolver um sistema orientado para o turismo com conteúdos imersivos, num dispositivo móvel? E quais as principais dificuldades?

1.2. Metodologia

Esta investigação é iniciada com uma pesquisa sobre as técnicas disponíveis e o atual paradigma da implementação de conteúdos imersivos em smartphones e outros dispositivos. Nesta pesquisa, são reunidos e explorados conceitos teóricos naturais deste tipo de aplicações, as dificuldades sentidas na implementação da tecnologia em questão, assim como limitações e problemas detetados de acordo com as técnicas utilizadas.

Antes da implementação do trabalho prático segue-se uma fase de levantamento de requisitos e propostas de aplicação onde se pretende definir os campos de utilização aplicação deve preencher. São elaborados esquemas representativos do funcionamento do protótipo e criadas amostras de como a aplicação deve parecer que servem como referência para o seu desenvolvimento.

Para seleccionar as ferramentas auxiliares à implementação do protótipo, foram explorados e dissecados uma série de SDKs (Kit de desenvolvimento de software) disponíveis no momento da escrita do presente documento, onde são apresentadas as funcionalidade e limitações de cada um. Desta lista, são seleccionados os que, pelas suas características, cumprem os requisitos necessários do trabalho que se pretende implementar. Uma pesquisa semelhante é trabalhada no sentido da escolha das APIs (Interface de Programação de Aplicações) e outras ferramentas a utilizar para o desenvolvimento da aplicação.

De seguida, começa a fase de implementação do trabalho prático onde é implementada a maior parte da aplicação. Nesta fase, há uma maior ênfase nos aspetos técnicos e práticos do protótipo e os esforços são concentrados na resolução de problemas encontrados e criação de novos elementos. Durante este processo aplicação está constantemente sujeita a alterações e ajustes em função dos resultados obtidos nos testes de desenvolvimento.

Por fim, existe uma fase de testes que de acordo com um conjunto de parâmetros de avaliação. Os testes são realizados in-situ e preveem o contacto do utilizador com a aplicação e o preenchimento de um questionário.

Neste questionário a informação está dividida em vertentes relacionadas com a aplicação, percepção da tecnologia e fatores demográficos que permitem avaliar a aplicação desenvolvida segundo os objetivos inicialmente definidos.

1.3. Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida nos seguintes capítulos:

- Introdução – São abordados alguns conceitos básicos e os parâmetros onde se insere a aplicação desenvolvida. São também definidos objetivos, seguindo o contexto inserido do trabalho. A metodologia por trás do desenvolvimento da dissertação é dissecada e são apresentadas as diferentes fases do trabalho.
- Conteúdos Imersivos e POI – É descrito o Estado da Arte que inclui a definição de conceitos RA e RV, são referidas aplicações com fins semelhantes e os principais desafios e objetivos da relação dos “conteúdos imersivos” com os pontos de interesse.
- Desenvolvimento De Sistema – Aborda as diferentes fases de desenvolvimento da aplicação.
- Avaliação – É apresentado o método de avaliação, os resultados obtidos e considerações sobre os mesmos.
- Conclusões – Apresenta as conclusões alcançadas no decorrer desta investigação e melhorias a desenvolver para referência futura.
- Referências – são apresentadas as referências bibliográficas consultadas ao longo da investigação realizada.

2. Conteúdos Imersivos e POI

Neste capítulo são introduzidos os conceitos de RA e RV que estão na origem da maior parte da distribuição de conteúdos imersivos. É elaborado um enquadramento histórico destas tecnologias, com algumas abordagens práticas da sua utilização. A leitura deste capítulo permite melhor compreender o funcionamento das RA e RV e as diferentes aplicações que podem ter.

Este capítulo introduz a relação entre interação tecnológica e os dispositivos móveis de processamento (smartphones). São abordados alguns casos de sucesso e identificadas características dessas aplicações.

São exploradas várias técnicas de gamificação em aplicações móveis, apresentados exemplos pioneiros na utilização destas técnicas e é feita uma síntese vantagens relacionadas com a gamificação.

É feito um estudo da relação do legado cultural e pontos de interesse com aplicações já disponíveis aos utilizadores de smartphones e apresentadas algumas das aplicações desta tecnologia relevantes para este contexto.

Por fim, é desenvolvida uma conclusão relativa ao capítulo que aborda o estado-da-arte destas tecnologias.

2.1. Realidade Mista, Realidade Aumentada e Realidade Virtual

Realidade Mista é a fusão dos mundos virtual e real na produção de ambientes de interação e visualização onde informação física e digital coexistem e interagem em tempo real (Souza & Sutko, 2009).

A realidade aumentada e realidade virtual são duas vertentes de um mundo virtual, um ambiente imersivo e multimédia simulado através de recursos computacionais, onde os utilizadores têm a capacidade de interagir com o ambiente digital no qual estão inseridos.

Assim, a Realidade Mista é vista como um domínio que não existe apenas no mundo físico ou virtual tirando conceitos e informação de ambos. A Realidade Mista pode ser dividida em duas partes, realidade aumentada e virtualidade aumentada (Milgram & Kishino, 1994).

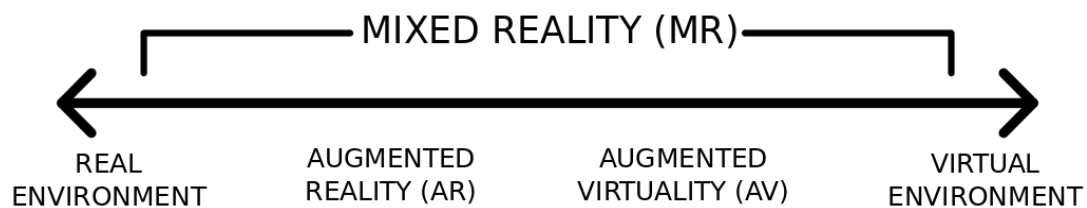


Figura 1 : Continuum de Realidade Mista

A figura anterior (figura 1) representa o espectro do domínio da realidade mista (Milgram & Kishino, 1994). Segundo os autores, a realidade mista está compreendida entre os conceitos de ambiente real e virtual. Nesta visão, a realidade mista existe quando há uma troca de informações entre os ambientes real e virtual.

Em teoria, a Realidade Mista deverá então permitir ao utilizador observar componentes do mundo real ao mesmo tempo que interage com objetos virtuais e obter reações do ambiente virtual a ações realizadas no ambiente real. A Realidade Aumentada é um campo da Realidade Mista onde a tecnologia é utilizada para fornecer informação adicional ao ambiente real (Graham, Zook, & Boulton, 2012) . Este conceito é alcançado na maior parte das vezes com um feed direto do ambiente real onde sob o qual são sobrepostos elementos de cariz virtual.

Com a utilização de tecnologia RA o ambiente que rodeia o utilizador pode não só ter representações de informação, objetos e outros elementos que não tinha anteriormente como pode também permitir a interação e manipulação digital dos mesmos, derrubando conceitos atuais de interface de utilizador (figura 2).



Figura 2 : Exemplo de um elemento virtual sobreposto num cenário real através da RA (Tech Apple, 2017)

Esta informação projetada ao dispor do utilizador pode não só tratar-se de uma representação de um objeto virtual (utilizando marcadores fiduciais) mas pode também conter informações sobre o mundo real (Azuma, 1997) que ajudem na tomada de decisões do utilizador. Uma das aplicações da AR e onde o conceito foi primeiramente desenvolvido é o caso de informação disponível em painéis de capacetes de pilotos de aeronaves militares da Força Aérea Americana (Rosenberg, The Use of Virtual Fixtures As Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments., 1992) (Rosenberg, Virtual Fixtures: Perceptual Overlays for Telerobotic Manipulation, 1993)

Sendo a representação de dados um conceito importante na RA, existem várias técnicas para difundir a informação no mundo real. A mais utilizada (Carmigniani, et al., 2011) é conhecida como processamento ótico, através do qual temos a habilidade de analisar o mundo real sendo capazes de definir uma certa imagem ou objeto que funcione como gatilho para iniciar uma ação ou representação.

O objetivo da realidade virtual como tecnologia é tornar possível uma atividade sensório-motora e cognitiva para uma pessoa (ou pessoas) num mundo artificial criado digitalmente, que pode ser imaginário, simbólico ou uma simulação de certos aspetos do mundo real (Fuchs, Moreau, & Guitton, 2011).

Na prática, a RV permite que o utilizador navegue e observe um mundo tridimensional sendo utilizada para convencer o utilizador de que ele se encontra noutra realidade, provocando o seu envolvimento por completo (Pimentel & Teixeira, 1993) em tempo real. Isto exige a capacidade do software de definir, e a capacidade do hardware de reconhecer, seis tipos de movimento: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, inclinação para cima/para baixo, angulação à esquerda/à direita e rotação à esquerda/à direita. A RV é uma alternativa da realidade física, na qual o indivíduo existe em três dimensões, tem a sensação do tempo real e a capacidade de interagir com o mundo ao seu redor (Netto, Machado, & Oliveira, 2002).

A RV representa todos os elementos no campo de visão do utilizador virtualmente ao contrário da realidade aumentada. Este processo exige um maior poder de processamento gráfico e computacional por parte dos aparelhos envolvidos.

Estas limitações tornam o paradigma atual da RV mais centrada em experiência menos portáteis, sendo normalmente desenvolvidos sistemas de HUD que funcionam conectados a dispositivos computacionalmente capazes como computadores ou consolas de videojogos.



Figura 3 : Dispositivo HUD utilizado em RV
(HWSW, 2017)

Como representado na Figura 3, o utilizador está normalmente num sistema isolado em que a sua visão e audição são completamente estimuladas por informação gerada virtualmente.

As experiências de realidade virtual podem causar a sensação de náusea num fenómeno conhecido como *motion sickness* (LaViola, 2000). Entre os aspetos técnicos que levam a esta reação por parte do utilizador estão a dessincronização de movimentos (Groen & Bos, 2008) quando o movimento da cabeça do utilizador não corresponde com a imagem que lhe é apresentada, problemas relativos ao campo de visão (Lin, Duh, Parker, Abi-Rached, & Furness, 2002), ângulo de visão (Ruddle, 2004) e frames por segundo<.

Estes problemas podem surgir num ambiente de realidade virtual normal, mas é necessário um especial cuidado em dispositivos móveis pelas suas debilidades relacionadas com recursos e capacidades técnicas.

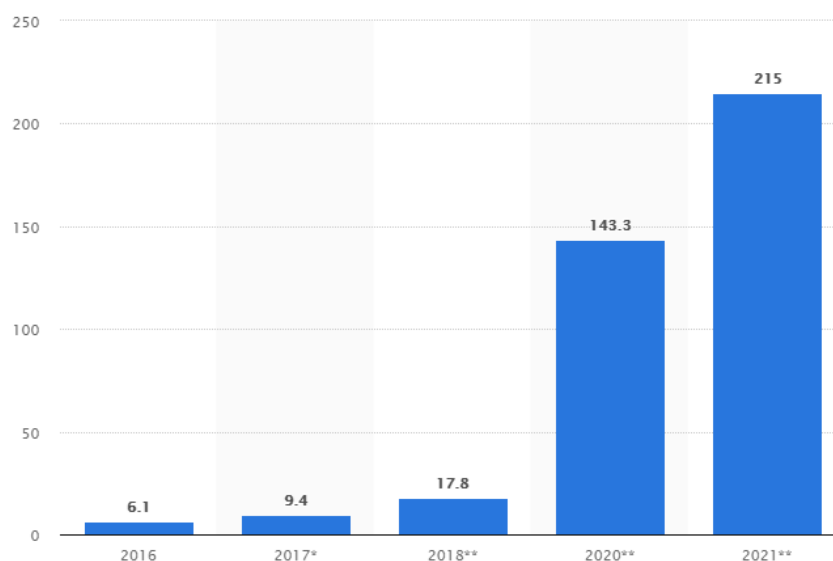


Tabela 1 : Previsões de mercado para RA e RV (* anos assinalados representam estimativas)

Segundo uma análise da Statista no início de 2017 que visa uma previsão para o tamanho global do mercado de realidade aumentada e virtual para 2017, 2018, 2020 e 2021, espera-se que o mercado de realidade aumentada e virtual alcance um tamanho de mercado de 215 bilhões de dólares em 2021.

A mesma fonte adianta números (representado na ordem dos milhões) relativos ao número de utilizadores de smartphones que comprovam a globalização destes dispositivos e o forte potencial deste mercado.

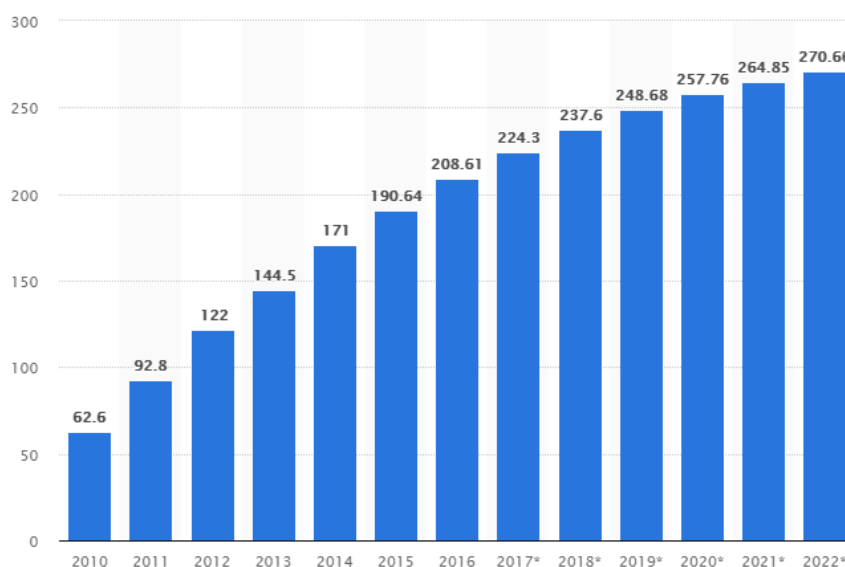


Tabela 2 - Previsões de número de utilizadores de smartphones (* anos assinalados representam estimativas)

2.2. Técnicas, Equipamentos e Desenvolvimento RA e RV Móvel

É importante reconhecer que a tecnologia que envolve RA e RV é dotada na quantidade e variedade de soluções que apresenta em termos de ferramentas capazes de atingir o objetivo pretendido. Com isso em mente, alguns instrumentos merecem ser realçados e estudados quer pela sua popularidade, eficácia ou inovação.

O estudo do estado de arte leva a uma melhor apropriação das escolhas efetuadas aquando do desenvolvimento da aplicação anteriormente proposta.

2.2.1. Realidade Aumentada Móvel

Em termos de funcionamento uma aplicação AR pode ser dissecada em cinco diferentes sistemas (Vallino, 1998) :

- I. Sistema de obtenção de imagem – É caracterizado pelo momento em que a imagem ou objeto no espaço real é obtida pela aplicação. Este passo utiliza sensores para traduzir características do espaço real em informação digital. O método mais comum é a extração de imagens do ambiente real através de uma camara, no entanto também podem ser implementados sistemas que utilizem sensores de movimento ou proximidade/profundidade para identificar características em certos objetos.
- II. Sistema de seguimento da orientação de imagem ou *tracking* – É o sistema responsável pelo ajuste da informação virtual apresentada em função da deslocação do utilizador em relação à sua posição inicial.
- III. Criação de objetos virtuais – Visa a criação de elementos de elementos virtuais apropriados para utilização na RA.
- IV. Sistema de fusão da imagem real e virtual – Determina o posicionamento e localização dos objetos virtuais nas imagens obtidas através do primeiro sistema.
- V. Sistema de apresentação ou render – Utiliza capacidades de processamento do dispositivo para apresentar os resultados sob forma gráfica.

No que toca aos conteúdos imersivos de cariz AR existem diferentes métodos de implementação em função do que se pretende obter enquanto produto final (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011).

Em relação ao ponto I anteriormente referido, existem técnicas baseadas em sensores de movimento e técnicas baseadas em métodos que utilizam camaras (Wuest, 2017):

Tabela 3 - Técnicas AR móvel segundo Wuest. A. (2017)

Técnicas baseadas na camara	Técnicas baseadas em sensores
Utilização de Marcadores	Utilização de Sensores de Inercia
Imagens de Referência	Através da Localização (GPS)
Visual SLAM	Através de Beacons (Bluetooth, WLAN)
Baseadas em Modelos	

Em relação às técnicas baseadas em camaras (tabela 3), a utilização de marcadores baseia-se na disposição no ambiente real de marcas visuais facilmente identificadas como forma de lançar a criação do objeto virtual.

A utilização de imagens de referência é uma variante menos intrusiva da utilização de marcadores, onde o próprio ambiente funciona como um marcador, não havendo a necessidade de adicionar objetos ao ambiente real com o propósito de o mapear.

Visual SLAM é o termo utilizado para algoritmos que fazem o mapeamento do ambiente real com recurso a camaras, este mapeamento é, no entanto, a técnica mais complexa e exigente do ponto de vista de recursos de processamento.

Por fim, as técnicas baseadas em modelos utilizam uma base de dados anteriormente trabalhada para reconhecer um objeto 3D no ambiente real.

As técnicas baseadas em sensores são menos utilizadas e mais indicadas para complementar as falhas de algumas das abordagens anteriores, criando modelos híbridos que utilizam dois ou

mais componentes para criar uma melhor experiência de RA. Por exemplo, a utilização da sensorialização através de Beacons, WLAN ou GPS pode permitir ao sistema melhor entender a localização e orientação do utilizador, utilizando essa informação como suplemento.

O ponto II, *tracking* está intimamente ligado com o primeiro e depende das técnicas escolhidas. No caso de modelos baseados em marcadores, imagens de referência ou modelos, a aquisição de imagens após a deslocação do utilizador pode revelar uma inclinação da referência o que é prova da nova orientação do utilizador e utilizada para calcular as transformações necessárias à representação virtual.

Num estudo (Bae, Walker, White, Sun, & Golparvar-Fard, 2016) uma análise do desempenho das técnicas de localização para RA móvel de onde resulta a seguinte tabela (tabela 4) que relaciona capacidades de tracking e técnicas de aquisição de imagem

Tabela 4 - Comparação entre técnicas de aquisição e tracking em RA móvel, Bae et al (2016)

Métrica\ Técnica	Baseada em Sensores	Baseada em Marcadores	Visual SLAM	Baseada em Modelos
Precisão	1.5 – 35 m	0.5 – 2 mm	0.5 – 20 mm	0.5 – 20 mm
Velocidade de deteção	100 – 200 msec.	20 – 140 msec	20 – 40 msec	5 – 240 msec
Resistência a Oscilações	Não	Sim	Não	Sim

O ponto III aborda a utilização de ferramentas de modelação ou acesso a repositórios de objetos para utilizar nestas tecnologias. Por norma estes objetos serão representações modeladas 3D ou 2D que se pretendem apresentar, no entanto, também seja possível associar outros tipos de objetivos ao tracking como ficheiros áudio que aplicações utilizam na deteção de certas imagens no ambiente para reproduzir.

2.2.2. Realidade Virtual Móvel Imersiva

Um sistema de realidade virtual móvel baseado em smartphones é normalmente composto por dois componentes: o smartphone e uma estrutura headset onde este é inserido. O headset está desenhado de maneira a ser utilizada como headset de realidade virtual tradicional que contém duas lentes com o objetivo de aumentar a imagem proveniente do smartphone e ajustar a mesma de modo a se obter um campo de visão que seja natural.

O display do dispositivo móvel é virtualmente dividido a meio e cada parte do mesmo executa um trabalho de rendering distinto, funcionando na prática como dois displays diferentes.



Figura 4 - Diferentes capacetes de RV móvel baseados no telemóvel

Na figura a cima (figura 4) podemos observar diferentes iterações de headsets concebidos para serem utilizados com smartphones. As diferenças entre os equipamentos no mercado passam por:

- I. Compatibilidade com o tamanho do smartphone – Uma vez que existem imensos equipamentos móveis e o tamanho dos ecrãs pode variar entre os 3.5' até aos 6', diferentes headsets serão compatíveis com diferentes tamanhos e formas de ecrãs.

- II. Suporte à Realidade Aumentada – Alguns headsets permitem descobrir a camara do smartphone, permitindo que esta seja utilizada em aplicações de realidade aumentada.
- III. Campo de visão e Foco – O campo de visão e foco adaptável depende das lentes utilizadas em cada equipamento.

Existem outras soluções para sistemas de realidade virtual móvel como é o caso dos Oculus Go e uma série de equipamentos tudo-em-um que surgem como uma alternativa onde a unidade de processamento já está incluída no equipamento eliminando a necessidade de fios ou um computador em relação às tecnologias de realidade virtual tradicionais e também não requer a utilização de um telemóvel, sendo assim um equipamento de RV autónomo.

A sua autonomia face a outros aparelhos permite que estes equipamentos incluam apenas o hardware necessário para este tipo de experiências oferecendo-lhe uma vantagem competitiva face a outros dispositivos móveis de RV.



Figura 5 - Oculus Go (à esquerda) e Fujitsu FV200 (à direita)

Os dois dispositivos apresentam uma resolução de 2560 por 1440 pixéis o que é bastante superior ao apresentando em smartphones da mesma gama de preço e até em gamas superiores, possuem sensores como giroscópios, armazenamento interno para aplicações e no caso do Fujitsu FV200, a segunda geração deste tipo de equipamentos da marca, tem até uma camara exterior para aplicações de RA.

2.2.3. Sistema de Localização

No que toca à localização do utilizador, um dos fatores a ser calculado pela aplicação, é preciso ter uma noção geral da tecnologia e das suas restrições, embora não seja necessário desenvolver uma solução de raiz para determinar a localização do utilizador. É necessário ter em conta que a maior parte dos dispositivos móveis mais recentes está desenhado para trabalhar com sistemas GPS e GLONASS de modo a ter uma melhor cobertura de localização e que estas funções estão disponíveis apenas nas bibliotecas Android. Também outros sensores como a bússola e giroscópio ajudam a melhorar a experiência direcionada à localização do utilizador e devem ser exploradas na implementação.

2.3. Conteúdos Imersivos nos Smartphones

O uso de smartphones para realidade aumentada tem vantagens e desvantagens. Primeiro, os telemóveis com câmaras tornaram-se comuns, então esta é das plataformas mais convenientes para fazer aplicações de realidade aumentada, tendo em conta a necessidade de tal componente. As aplicações AR também podem beneficiar dos sensores presentes nos smartphones, como acelerómetros, giroscópios e magnetómetros, que podem melhorar a qualidade da realidade aumentada e facilitar o rastreamento do utilizador (Steed & Julier, 2013) .

No entanto, apesar dos rápidos avanços nos telemóveis como uma plataforma de computação, o seu desempenho para aplicações de processamento de imagens em tempo real ainda é limitado. Em 2011 (Cheng & Wang, 2011) o poder de computação de um smartphone podia ser equiparado ao de um computador típico, talvez de 5 anos atrás, hoje esta diferença parece estar mais curta e esse deverá ser o sentido da progressão computacional entre computadores e smartphones. Os dispositivos móveis têm um acesso de memória relativamente lento e pouca capacidade de cache, com processadores que apesar de terem múltiplos cores de processamento não têm uma arquitetura suficientemente eficaz comparada com os computadores. O tamanho dos dispositivos móveis também é um obstáculo a um dos fatores mais importantes num equipamento desenhado para processar, a refrigeração, e a falta de ventoinhas impõe o uso de componentes de processação gráfica mais modestos em dispositivos móveis.

Embora as limitações computacionais de alguns equipamentos sejam evidentes, a sua popularidade leva a que todos os anos novas gerações de smartphones sejam comercializadas com evoluções e melhorias face aos modelos anteriores. Sendo assim previsto que dentro de algum tempo os smartphones possuam o poder computacional necessário para executar os comandos necessários à realidade aumentada facilmente.

A utilização de aplicações com conteúdos imersivos popularizou-se apenas nos últimos anos com apostas de parte da Google, como o Google Cardboard que forneceu uma plataforma para a utilização dos equipamentos android como máquinas de realidade virtual dividindo o display e simulando um tradicional Head-Mount Display. Com a popularidade do Cardboard começaram a surgir cada vez mais aplicações que usufruem destes recursos, o que levou a uma maior aposta da Google com o projeto Daydream (Jesus, 2016) e de outras empresas como a Samsung com o Samsung Gear VR para os seus smartphones, oferecendo uma experiência de realidade virtual para um público mais geral.

Seguindo esta popularidade também começaram a surgir avanços com a tecnologia RA nos smartphones com a aparição de algumas aplicações baseadas em marcadores. Como bons exemplos de aplicações imersivas para smartphones que já usam conceitos RA e RV para mudar a maneira como interagimos com estes dispositivos e o mundo, temos:

Google Street View - O Google Street View é uma funcionalidade do Google Maps e foi atualizado para suportar o conteúdo VR em dispositivos móveis. A app fornece uma vista de 360 graus de várias estradas, endereços, pontos de referência e outros locais ao utilizador. Com a funcionalidade VR o utilizador pode através do Google Cardboard ver tudo isto.



Figura 6 : Experiência RV do Google Street View

Google Translate – Com a capacidade de traduzir e apresentar o resultado em tempo real, isto é, capturando pedaços de texto com a camera, a aplicação é capaz de identificar e converter este texto em tempo real enquanto o substitui sobre a imagem que está a ser apresentada ao utilizador, para uma experiência de grande qualidade.

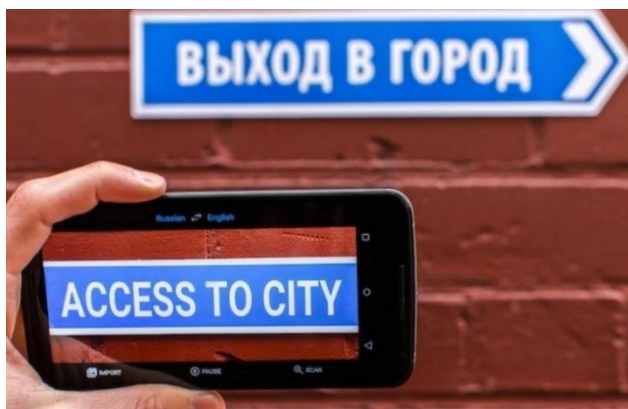


Figura 7 : Tradução em tempo real RA

A aplicação da Google é um grande passo em direção à popularização destas tecnologias e a aposta da gigante tecnológica mostra o seu potencial.

IKEA Place / Home Planner – Uma app que permite aos utilizadores experimentar, através da realidade aumentada, como é que os móveis ficarão nas divisões. A ideia é tornar mais fácil a avaliação do espaço que vai ser ocupado por cada artigo e a sua integração na divisão, ajudando o consumidor na sua decisão de compra.

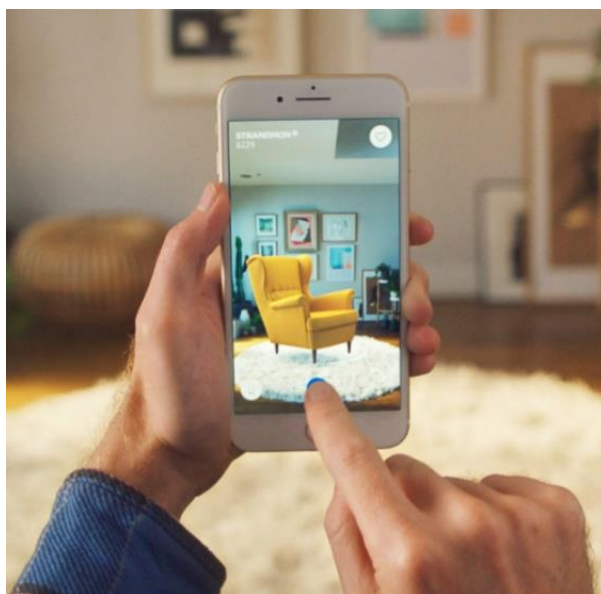


Figura 8 : RA na aplicação da IKEA

A IKEA é assim uma das primeiras grandes cadeias do mercado internacional a apostar neste tipo de tecnologias aliadas a equipamentos móveis com a finalidade de suporte ao seu comércio, sendo assim expectável que outras empresas sigam os seus passos.

Um estudo relacionado com esta aplicação (Lee & Nam, 2017) mostra que não há muitas aplicações de desenho de interior de casas RA/RV disponíveis. Com aplicações de jogos a dominar este mercado e assume que levará mais tempo para que estes se estabeleçam mais no mercado. Em segundo lugar, a satisfação das mulheres com as aplicações deste género supera a dos homens em aplicações como o Home Planner da IKEA.

2.4. Plataformas de desenvolvimento

A criação deste tipo de aplicações é essencialmente suportada por plataformas de desenvolvimento dedicadas como o Unity, uma plataforma de desenvolvimento híbrido capaz de criar aplicações para diferentes sistemas operativos como diversas consolas, iOS, Android, Windows e Macintosh. Também é possível encontrar soluções dentro de plataformas mais generalistas como é o caso de Android Studio em ambientes de programação para dispositivos Android, embora estas opções sejam menos utilizadas.

Estas plataformas dão suporte à utilizam de kits de desenvolvimento ou SDK's, na prática um SDK é um conjunto de ferramentas de desenvolvimento e códigos pré-gravados que podem para serem usados por desenvolvedores para criar aplicações. Os SDKs geralmente ajudam a reduzir a quantidade de esforço e tempo que seria necessário para criar este tipo de aplicações eliminando a necessidade de para criar soluções próprias em termos de código.

Entre os principais SDKs disponíveis em termos de desenvolvimento de realidade aumentada, é necessário destacar e explorar as seguintes opções: Kudan AR, Wikitude, Vuforia e ARToolKit.

- I. Kudan AR – Usando principalmente tecnologia SLAM, o Kudan permite reconhecer as imagens simples e os objetos 3D e fornece uma gestão fácil de base de dados no Unity Editor. O facto de ser compatível com o Unity faz com que seja possível utilizar este SDK tanto para Android como iOS no que toca a dispositivos móveis.

O Kudan também tem algumas desvantagens: apresentando uma grande taxa de falhas em certos dispositivos e algumas dificuldades com a instalação de licenças de teste o que dificulta a utilização da ferramenta por parte de principiantes.

- II. Wikitude – Wikitude é uma escolha versátil que conta com suporte para quase todas as técnicas anteriormente listadas, desde Visual SLAM, a reconhecimento por modelo ou marcadores. Permite o desenvolvimento para praticamente qualquer dispositivo uma vez que o SDK está integrado em diferentes plataformas entre as quais o Unity, Xamarim e Javascript. A possibilidade de integrar um módulo RA através de Javascript faz do Wikitude a principal escolha no que toca à inclusão de pequenas features em projetos já desenvolvidos.
- III. Vuforia – Vuforia é uma das plataformas mais populares para o desenvolvimento de realidade aumentada. Tal como o Wikitude o Vuforia é extremamente versátil no que toca tanto aos métodos de implementação como às soluções técnicas apresentadas. Está disponível para várias plataformas, mas é de notar que foi recentemente integrado no Unity como SDK oficial da plataforma para a utilização em sistemas RA. Conta com algumas capacidades apelativas como reconhecimento pela cloud e tem um vasto apoio ao desenvolvedor através de fóruns de suporte técnico com uma comunidade muito ativa.
- IV. ARToolKit – Ao contrário das soluções anteriores o ARToolKit vale a pena mencionar por se tratar de uma opção open-source. Conta já com muito tempo de desenvolvimento por parte da comunidade e é adaptável às necessidades do desenvolvedor embora não tenha todas as capacidades anteriormente descritas. É uma opção que pela sua natureza open-source pode dar mais trabalho a implementar.

Tendo em conta algumas das ferramentas já analisadas foram estudadas ao detalhe as características de cada SDK e o suporte que providenciam a diferentes abordagens necessárias para o desenvolvimento da aplicação.

Começando pela implementação da realidade aumentada, as características estudadas para cada SDK encontram-se identificadas na tabela 5.

Legenda:

	Contém
	Contém parcialmente
	Não contém

		Plataforma		Tipo AR		Sensorialização						
Plataforma	Tipo	IOS	Android	Marcadores	Natural feat.	Tracking Objetos 3D	GPS	IMU	Pesquisa Visual	Tracking Facial	Unity 3D	Website
D'Fuzion	Apenas uso comercial											t-immersion.com
XZIMG	Grátis + Opção Paga					BETA						xzimg.com
CraftAR	Grátis + Opção Paga								Cloud (1000 offline)			
DroidAR	Grátis + Opção Paga								Adicionado por Opencv			
ARToolKit	Open Source											artoolkit.org
Armedia	Grátis + Opção Paga											inglobetechnologies.com
Vuforia	Grátis + Opção Paga					Limitado						vuforia.com
ARLab	Grátis + Opção Paga											arlab.com
HoloBuilder	Grátis + Opção Paga											holobuilder.com
Xloudia	Apenas uso comercial											xloudia.com
Zenitum	Apenas uso comercial											zenitum.com
mixare	Open Source											mixare.org
PanicAR	Grátis + Opção Paga											dopanic.com
Kudan AR	Grátis + Opção Paga					SLAM						kudan.eu
Robocortex	Grátis + Opção Paga											robocortex.com
Wikitude	Grátis + Opção Paga					BETA						wikitude.com

Tabela 5 : Sdk's RA e as suas características

Em termos de SDKs para desenvolvimento de soluções de realidade virtual existe pouca variedade em termos de implementação para dispositivos móveis. Entre as opções mais utilizadas encontram-se:

- I. Google VR SDK versão Daydream – Uma solução da Google para dispositivos Android de alta gama que suportam RV e com recurso a comando para auxiliar a utilização da interface.
- II. Google VR SDK versão Cardboard – Uma versão mais generalista capaz de ser utilizada para criar aplicações em dispositivos a partir da versão 4.4 (API level 19) de Android e até iOS. Conta com funções como o tracking da posição da cabeça e correção da distorção da lente.

- III. Oculus Mobile SDK – É uma versão do SDK disponibilizado para a implementação em dispositivos Oculus mas adaptado para telemóveis de modelo Galaxy da marca Samsung. Estes dispositivos utilizam um headset próprio que recolhe informação sensorial auxiliar para complementar o tracking de movimentos

2.5. Processos de Gamificação em aplicações móveis

A gamificação é o termo dado ao uso de técnicas (Popkin, 2010) no design de aplicações que utilizam mecânicas de jogo com o objectivo de tornar a tecnologia mais atraente (Takahashi, 2010) e incentivar o investimento do utilizador na aplicação, tirando vantagem da predisposição humana para se deixar envolver por ambientes lúdicos (Radoff, 2011).

A gamificação tira proveito da popularização dos videojogos (McGonical, 2011) para se apresentar como um fenómeno emergente com muitas potencialidades de aplicação em diversos campos da atividade humana (Fardo, 2013). A linguagem e metodologia dos videojogos são eficazes na resolução de e aceites naturalmente pelas atuais gerações que cresceram interagindo com esse tipo de entretenimento justificando assim a gamificação a partir de uma perspectiva sociocultural.

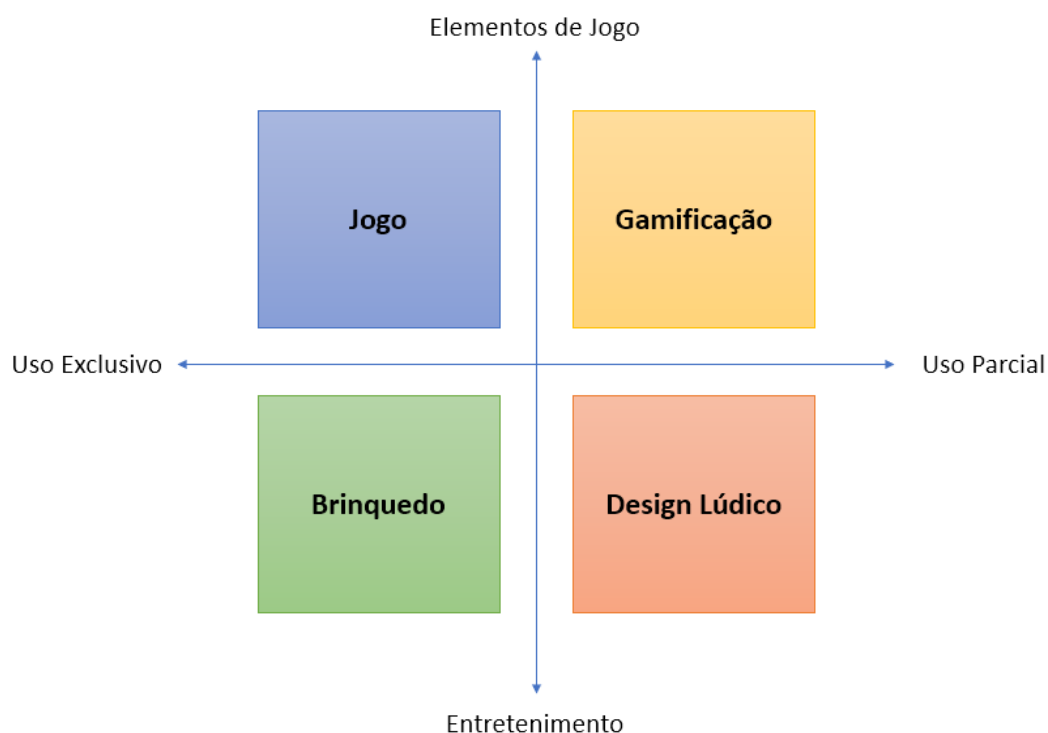


Figura 9 - Plano de gamificação

A imagem acima é uma proposta desenvolvida por (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011) para explicar a gamificação num plano. Os autores situam a gamificação como pressupondo o uso de elementos de videojogos, sem que o resultado seja um jogo completo, e também se diferencia do design lúdico na medida em que este pressupõe apenas um aspeto lúdico. Segundo os autores, abordar um problema de forma lúdica não implica definir objetivos e seguir uma metodologia mais precisa, que é o que a gamificação propõe (Fardo, 2013).

As técnicas de gamificação passam de uma maneira geral por tentar desenvolver no utilizador o sentimento de realização, recompensa e a fomentação da competição. Dentro das técnicas mais utilizadas estão a utilização de:

- Níveis de Conquistas;
- Desafios para completar;
- Utilização de esquemas de cores e apresentação apelativa;
- Incitar o utilizador a agir através da disposição da UI;
- Utilização de indicadores de progresso (O'Brien, 2010);
- Incorporação de atividades na aplicação (Takahashi, 2010);
- Incorporação de vertente de localização (McKenzie, 2011);

Estas técnicas e o termo de gamificação surgem primeiramente em plataformas como o Foursquare (Sutter, 2010), uma rede geo-social e de microblogging que permite ao utilizador indicar onde se encontra, e procurar por contactos seus que estejam próximos do local. O aspeto de gamificação está relacionado com a acumulação de emblemas relativos aos locais visitados pelos utilizadores.

Estas técnicas são utilizadas em ambientes tão diversificados como em sítios online de serviços financeiros (Rodrigues, Costa, & Oliveira, 2014), redes sociais e na educação.

Dentro do nicho de aplicações móveis é comum vermos técnicas de gamificação aplicadas sobre a forma de níveis ou conquistas em diferentes tipos de aplicações. Como por exemplo, a aplicação Strava a aplicação móvel que conecta milhões de corredores e ciclistas através dos

desportos que mais gostam, monitorizando os seus treinos numa espécie de rede social desportiva.

Para manter a sua base de clientes ativos a Strava utiliza técnicas de gamificação para os utilizadores interagirem com a aplicação sempre que vão treinar. As técnicas utilizadas são várias, como por exemplo a utilização de níveis de conquistas e troféus (para quilómetros

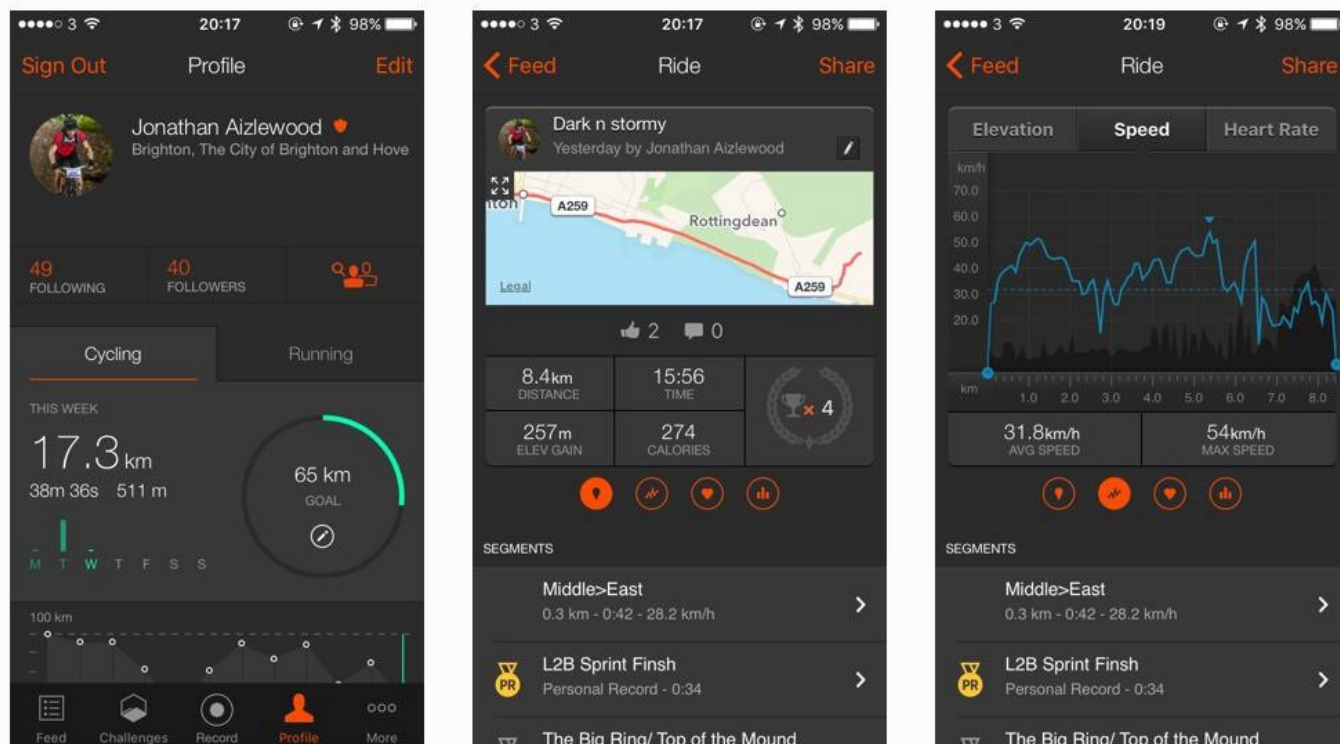


Figura 10 - Vistas da aplicação Strava

percorridos, treinos efetuados, etc.), tabelas de classificação de utilizadores baseadas nas suas estatísticas (de modo a promover a competitividade entre utilizadores) e permite também aos usuários da aplicação partilhar, comentar e interagir com outros utilizadores.

Na figura 10 é possível identificar algumas das técnicas abordadas anteriormente utilizadas na aplicação Strava. Na imagem da esquerda é visível uma barra de progresso para atingir um desafio relacionado com quilómetros percorridos, ao centro a capacidade de partilhar treinos com outros utilizadores.

À direita, uma vista onde é possível verificar medalhas e comparar resultados obtidos no treino efetuado com recordes obtidos, procurando aumentar a competitividade do utilizador.

2.6. Pontos de Interesse em Aplicações de Smartphone

Derivado do nosso país ter fundações antigas e um passado culturalmente recheado, encontramos em todas as localidades independentemente dos seus tamanhos locais que são dignos de registo e exploração. Desde belezas arquitetónicas, a túmulos e monumentos pré-históricos estes locais encontram-se muitas vezes esquecidos ou carecem de informação *in situ* para devidamente comunicar aos que se cruzam com elas a sua relevância e carácter.

Tendo um papel de especial importância na nossa sociedade, estes locais e história nas localidades devem ser explorados e transmitidos sob pena de serem esquecidos e negligenciados. Um dos objetivos do desenvolvimento da aplicação é exatamente fomentar esta exploração que permite ao utilizador conhecer estes locais.

Tecnologias atentas e adaptáveis que fornecem aos turistas serviços e informações relevantes a qualquer hora e em qualquer lugar podem não ser mais uma visão do futuro. O novo paradigma de exibição, decorrente da sinergia de novos dispositivos móveis, reconhecimento de contexto e RA, tem o potencial de melhorar as experiências dos turistas (Yovcheva, Buhalis, & Gatzidis, 2012) .



Figura 11 – Ingress (à esquerda) e Pokémon GO na vista de mapa (centro) e de POI (direita)

Como exemplo de aplicações que exploram pontos de interesse para apresentarem conteúdos e fomentarem a exploração de locais com relevância cultural temos duas aplicações implementadas pela mesma empresa de desenvolvimento de software, a Niantic, Inc. que surge em 2010 como uma startup interna da Google e lança Ingress e mais recentemente Pokémon Go, dois jogos de grande popularidade que convidam os jogadores a passear pelas suas vilas ou cidades.

Em Ingress, os POI são objetivos a ser capturados pelos utilizadores que são obrigados a se moverem fisicamente para estes locais para conseguirem jogar. Quando junto de um ponto relevante podem interagir com o mesmo, jogando.

Em Pokémon Go os POI têm menor relevância e são secundários, mas estão sempre apresentados na interface do utilizador e oferecem itens e outras regalias que levam os jogadores a visitá-los.

A google acaba por desenvolver em 2017 um sistema RA promissor utilizando a sua plataforma Tango que permitia aos visitantes do Instituto das Artes de Detroit requerem um smartphone à entrada do museu que através de capacidades RA aumentava a experiência do visitante apresentando informações referentes às diferentes peças do museu.



Figura 12 : Tango, utilizado para mostrar pinturas que desapareceram com o desgaste (The Verge, 2017)

Este e outros projetos são abandonados no final de 2017 por decisão da Google que pretende focar os seus esforços no suporte à plataforma ARCore, descontinuando o Tango.

Outro exemplo, o Google Arts and Culture é uma aplicação comercializada para iOS e Android para visitar virtualmente museus e obter informação de peças de arte remotamente. Com o suporte de realidade virtual a aplicação permite que o utilizador utilize o seu visualizador Google Cardboard e mergulhe na arte e na cultura visitando o interior de museus com o sistema anteriormente referido do Street View.

2.7. Principais desafios

Os principais desafios esperados estão intrinsecamente relacionados com as características da realidade aumentada e a utilização destes sistemas em equipamentos móveis. Algumas das barreiras mais técnicas e avançadas, como a experiência da realidade aumentada sem utilização de marcadores de maneira fluida e eficaz, continuam a ser trabalhadas, enquanto que a otimização de gastos de bateria e integração dos sensores dos equipamentos móveis são áreas que na presente época já estão relativamente bem exploradas e permitem a utilização de alguns destes sistemas junto do público geral.

Embora a atual panorama tecnológico dos smartphones revele que existem equipamentos no mercado capazes de se equipararem até a computadores de baixa gama em termos de poder de processamento, o desenvolvimento da aplicação deve ter em conta as características mais comuns destes aparelhos de maneira a tornar o programa acessível a um maior número de utilizadores. Diminuindo a carga de processamento o sistema torna-se mais rápido, facilitando a uma melhor experiência por parte do utilizador uma vez que a fluidez das ações do mesmo são essenciais para o contexto de realidade virtual e segundo (Moro, Stromberga, & Stirling, 2017) 40% dos participantes experimentaram taxas significativamente maiores de náusea e visão turva ao usar equipamentos RV móvel em relação aos baseados em computadores.

No ambiente onde a aplicação pretendida se insere, ou seja, o uso exterior, as condições de iluminação sofrem grandes variações originando falhas no processamento e identificação de objetos/formas que servem como referência. Este não é o único problema levantado em relação a questões de realidade aumentada, outras questões como a precisão na localização e orientação do dispositivo são essenciais para a utilização da aplicação. Na zona onde se encontra inserida a aplicação, devido a algumas áreas se encontrarem mais cobertas por vegetação alta à um risco maior de se darem estas dificuldades no processamento da localização.

Por outro lado, o acesso a dados móveis é também necessário a todo o tempo para garantir o carregamento do mapa esta característica é influenciada por obstruções físicas e particularidades do ambiente em que a aplicação está inserida, sendo que se trata do centro da cidade à uma maior concentração de células de sinal móvel e estas estão de modo geral mais preenchidas o que pode causar problemas de acesso à rede.

2.8. Conclusão do Estado de Arte

A revisão bibliográfica efetuada ao longo do presente capítulo, permite situar o atual paradigma no que toca à utilização da realidade aumentada e virtual em aplicações móveis, bem como as suas características e dificuldades de desenvolvimento e implementação.

Os dados estatísticos e de previsão apresentados durante o capítulo comprovam uma crescente curiosidade neste tipo de tecnologias que tem tendência a aumentar. Os exemplos apresentados são aplicações bastante populares que a maioria já experimentou e comprovam na prática a viabilidade destes sistemas.

Em relação aos sistemas de realidade virtual podem-se resumir as seguintes características: Envolvência do utilizador pelo ambiente virtual e possibilita a visualização remota de sítio físico. Apresenta uma baixa dificuldade de implementação, mas é necessário um cuidado especial em relação à performance tendo em conta os estudos de *motion sickness* e as capacidades reduzidas dos dispositivos móveis.

Os sistemas de realidade aumentada têm como características: Combinação de informação real e informação gerada computacionalmente, possibilita a interação com objetos reais apresentando contexto ou informação em tempo real. É uma área com variadas técnicas de implementação cuja escolha deve ser tida no contexto da aplicação, e geralmente de dificuldade de implementação moderada. Deve ser dada uma especial atenção para os problemas de desenvolvimento relacionados com a precisão da posição e orientação dos elementos virtuais ao serem sobrepostos nos elementos reais.

Os componentes de localização e gamificação são também elementos importantes na aplicação a desenvolver e a exploração efetuada neste capítulo comprova que a sua inclusão leva o utilizador a perceber as aplicações como hobbies e aumentam a sua envolvência.

3. Desenvolvimento Do Sistema

Neste capítulo é descrito todo processo de implementação da aplicação. Este processo começa com escolhas técnicas de suporte como a plataforma de desenvolvimento, e outros recursos utilizados durante o trabalho prático. Passa depois pela descrição dos processos de planeamento e de implementação onde o protótipo final é apresentado em pormenor.

A aplicação está idealizada como um meio de disponibilizar conteúdos imersivos RA e RV enquadrados num cenário de turismo e com base na localização.

3.1. Recolha de Dados, Requisitos, Calendarização e Mockups

Pretende-se inserir o uso da aplicação sobre um contexto de educação/didática do qual o utilizador pode usufruir de conteúdos e experiências imersivas, como por exemplo, visitando virtualmente locais de relevância histórica inacessíveis, ao mesmo tempo que enriquece o seu conhecimento, aprendendo mais sobre estes locais, conjugando uma componente lúdica e educativa.

Assim, foram determinados os seguintes requisitos funcionais:

- A posição do utilizador no mapa deve corresponder corretamente à sua localização.
- A posição dos POIs no mapa deve corresponder corretamente à sua localização.
- Os nomes de ruas, edifícios, rios, etc. apresentados no mapa devem corresponder corretamente com o ambiente relativo à localização.
- O utilizador pode interagir com POIs apresentados no UI a partir de uma certa distância.
- O utilizador poderá selecionar um tipo de interação com o POI (RA ou RV).
- O utilizador deverá ter acesso a conteúdos imersivos relativos aos POIs.
- No modo RV, a aplicação deverá reagir aos movimentos do utilizador.
- No modo RA, a aplicação deverá criar um objeto quando reconhecer um alvo.
- A aplicação deverá conter uma breve descrição/curiosidades dos POIs.
- A aplicação deverá incitar à utilização do utilizador através de desafios.
- O utilizador poderá adicionar os POIs que visitou à sua caderneta para completar desafios.

- O preenchimento da caderneta com POIs deverá levar ao desbloqueio de medalhas.

E os seguintes requisitos não-funcionais:

- A aplicação não deve exigir muito processamento nem memória.
- Os conteúdos imersivos devem ser acedidos através de dados móveis/Internet.
- A aplicação deve ter uma interface intuitiva e de fácil utilização.
- A aplicação deve ser compatível com dispositivos Android.
- A aplicação deve ser desenvolvida em Unity, utilizando a ferramenta Vuforia e outras APIs.

A aplicação estará dividida em quatro módulos que estão representados de uma maneira simplificada no diagrama de arquitetura de aplicação representado no gráfico seguinte. Através do mesmo conseguimos identificar os seguintes módulos:

- I. Controlador – Funções de navegação entre páginas e criação de botões. Inclui os scripts utilizados para implementar as funções de gamificação.
- II. Mapa – Responsável pela criação do mapa que tem definidas restrições para permitir a ligação com as experiências imersivas.
- III. Realidade Virtual – Inclui as funções relativas à experiência de realidade virtual.
- IV. Realidade Aumentada – Inclui as funções relativas à experiência de realidade virtual.

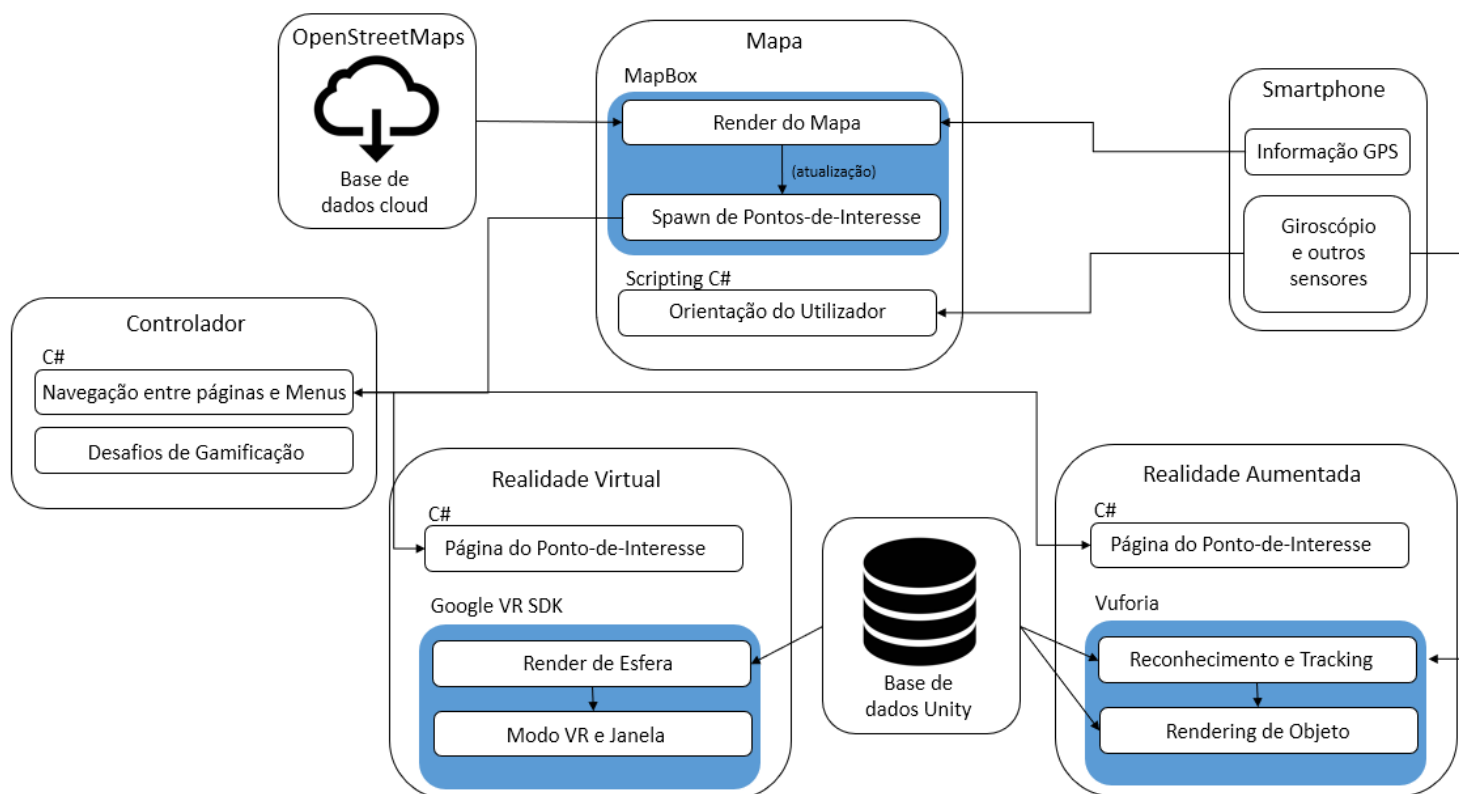


Figura 13 - Arquitectura de aplicação

Através da análise dos diagramas podemos identificar requisitos funcionais e não-funcionais que a aplicação deve respeitar para atingir os objetivos definidos. A elaboração destes requisitos é determinante para a clarificação dos propósitos da aplicação e serve como um guia para o desenvolvimento da mesma.

É realizada a ilustração de um fluxograma, para definir graficamente como deverá funcionar o software, como será a execução de alguma de suas partes e a atuação do sistema na realidade na qual ele está inserido. Esta mapeação de processos permite identificar necessidades da aplicação e entender o funcionamento desejado para a aplicação. Assim, foi produzido o seguinte fluxograma.

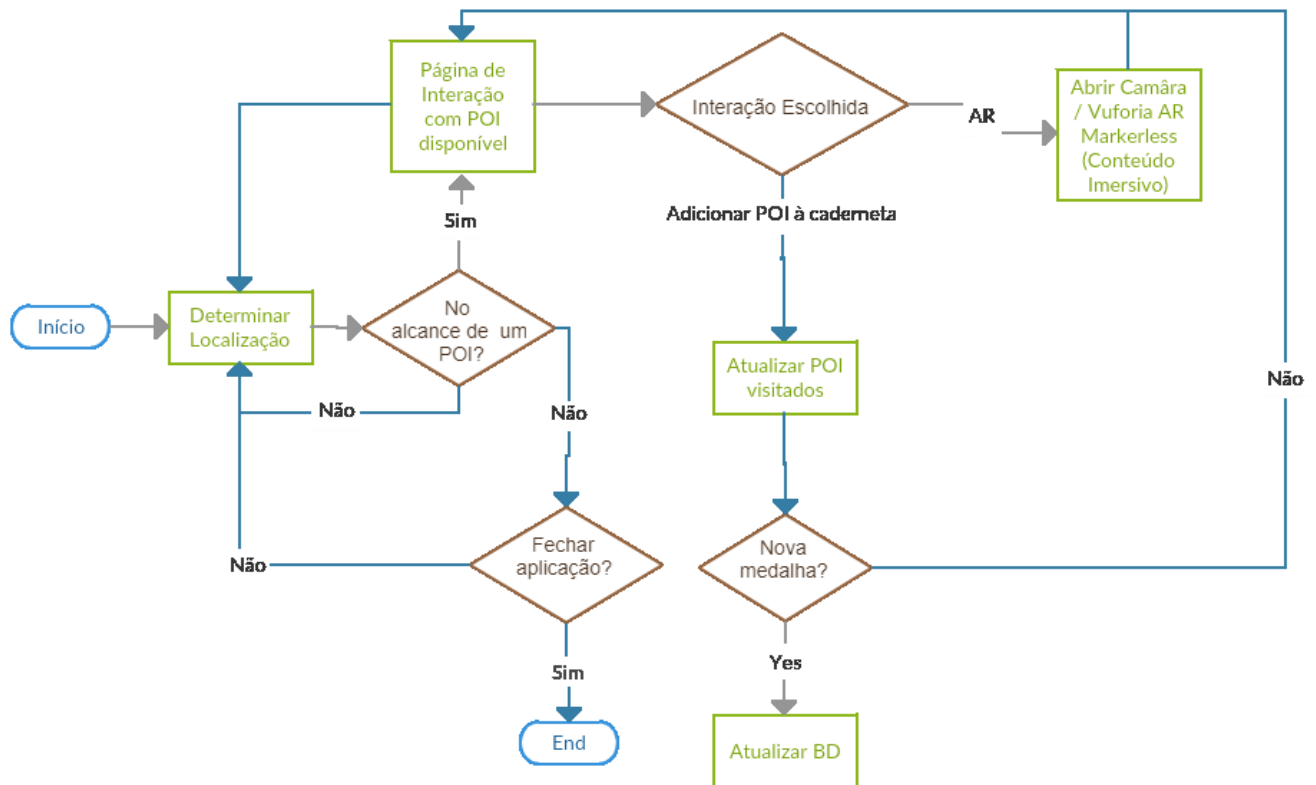


Figura 14 - Fluxograma

Com as características do programa melhor definidas é a altura de fazer uma estimativa do tempo a ser dedicado a cada fase de desenvolvimento do programa. Deste processo obtêm-se um cronograma, uma ferramenta crucial para a organização durante o trabalho de implementação.

A calendarização está definida em 3 fases. A primeira contempla a estruturação do programa, uma fase de testes das ferramentas escolhidas e posterior implementação dos módulos de localização, RA, RV e técnicas de gamificação.

A segunda fase visa o teste intensivo da aplicação para a identificação de problemas e um processo de resolução de erros e programação relativa a otimização e novas features. Por fim, a terceira fase está relacionada com a avaliação *in situ* do protótipo criado e a análise dos dados obtidos para completar a redação do presente artigo.

Esta etapa de planeamento termina com a criação de mockups. Ou seja, um modelo em do projeto, usado para demonstração/avaliação de design e que servirá como referência para a construção do protótipo final.



Figura 15 : Mockups do protótipo desenvolvido, vista de mapa (à esquerda), página de ponto-de-interesse (ao centro) e Caderneta de gamificação (à direita)

Na figura 15, estão representadas as mockups relativas ao *User-Interface* da aplicação.

Na primeira imagem uma reprodução do que é pretendido implementar no módulo de localização, uma cena capaz de mostrar ao utilizador onde este se encontra e qual a sua orientação de uma forma clara e limpa, utilizando a maior parte do ecrã disponível para apresentar o mapa, auxiliando assim o utilizador na navegação. Ao mesmo tempo, deve apresentar os pontos-de-interesse à sua volta.

A interação com estes pontos assim que a uma distância determinada leva o utilizador para a segunda UI, uma página dedicada ao ponto-de-interesse que serve como um portal para os conteúdos imersivos disponibilizados.

Por fim na terceira imagem está esboçada uma vista da Caderneta, utilizando uma das técnicas visadas em modelos de gamificação, desafios.

3.2. Tecnologias para a implementação

A escolha de uma plataforma de desenvolvimento foi relativamente simples depois de uma fase de pesquisa as opções que melhor preenchiam os requerimentos eram o Unity, Unreal Engine ou Android Studio. Pela falta de suporte do Unreal Engine a serviços mais especializados como de localização esta hipótese deixou de ser relevante e o Android Studio apesar de apresentar mais ferramentas e uma maior liberdade para a implementação em Android não apresenta suporte para os SDKs necessários para lidar com conteúdos imersivos ou 3D com a eficiência e flexibilidade desejada.

Assim, como ferramenta de suporte para a implementação da aplicação a escolha do Unity é a mais acertada pela exclusão de partes anteriormente referida, mas também pelos seguintes pontos:

- O suporte que esta plataforma apresenta a todo o tipo de soluções e APIs.
- Um editor fácil de utilizar com suporte para conteúdos 2D e 3D.
- Uma performance decente que está automaticamente otimizada para tirar o melhor dos dispositivos, o que é importante uma vez que se trata de uma app para smartphones.
- O histórico de aplicações que utilizam recursos semelhantes já desenvolvidas em Unity.
- Processo simples de a criação de aplicações multi-plataforma (iOS e Android) com suporte para várias versões.
- Programação em C# e/ou C++.
- E por fim, a experiência que eu já tenho em desenvolver nesta plataforma.

Determinada a plataforma que dá suporte ao desenvolvimento, é necessário um estudo às SDKs abordadas no capítulo “2.4. Plataformas de Desenvolvimento” que são suportadas pelo Unity para implementar os componentes RA, RV e de localização do protótipo.

Com base na pesquisa identificada na tabela 5 e na exploração realizada no capítulo de estado de arte o Vuforia é o kit de desenvolvimento escolhido. O Vuforia é a plataforma RA líder pela sua robustez e simplicidade. Oferece suporte a quase todos os tipos de técnicas RA o que irá

permitir uma maior flexibilidade na implementação de uma solução para o contexto da aplicação.

Para além disso, é compatível com a maioria dos dispositivos no mercado e oferece aos desenvolvedores ferramentas tanto básicas como avançadas. Presente em +45000 apps que correspondem a um share de 475 milhões de consumidores, o que comprova a sua popularidade entre os desenvolvedores de aplicações RA.

Em relação ao suporte à realidade virtual tendo em conta as características do dispositivo disponível para teste e de modo a se atingir uma gama mais generalizada de equipamentos foi escolhido o Google VR versão Cardboard para o Unity.

A nível da localização também foi necessário analisar e escolher um kit de desenvolvimento para que a aplicação tivesse um modulo de localização GPS eficaz e robusto. Depois de analisar as opções nativas ao Unity para a implementação de um sistema de localização destacaram-se opções como o MapZen e Mapbox. É de notar que durante o processo de escolha o SDK da Google para dar suporte à sua API de mapa para o Unity não estava disponível, estando sobre um processo de renovação. Foi mais tarde foi apresentado um novo SDK Unity com vista à utilização em ambientes de localização relacionados com RA, como de resto esta aplicação se insere.

O Mapbox foi escolhido como principal fornecedor dos mapas, uma vez que retira informação do OpenStreetMaps, uma referência grátis que por ser open-source está constantemente a ser atualizada e tem uma maior camada de informação. O Mapbox integrado no Unity permite também gerir melhor a sensorialização GPS capturada pelo dispositivo e serve como uma camada de verificação para uma melhor medição da localização do utilizador.

3.3. Implementação do Protótipo

3.3.1. Pontos-de-Interesse

Estando a ser desenvolvida no âmbito de dissertação na instituição universitária de Trás-os-Montes e Alto-Douro faz sentido explorar a cidade de Vila Real e os seus ícones turísticos e utilizar esta região do interior de Portugal para a implementação da aplicação.

Estando inserido no interior do país e paralela com a região do Douro, o distrito de Vila Real apresenta uma diversa oferta turística desde o turismo religioso ao enoturismo. Recentemente eventos como a presença do Circuito Internacional de Vila Real, que atrai um grande número de turistas à região, são oportunidades para dar a conhecer a história desta cidade a quem a visita, uma aplicação como a proposta nesta dissertação pode ajudar a passar o conhecimento e motivar quem se desloca à região para explorar os seus tesouros. Segundo a autarquia, “Vila Real é um destino cada vez mais procurado por turistas portugueses, espanhóis e franceses atraídos pelo património, gastronomia e natureza”. Em 2017, o palácio de Mateus recebeu mais de 100.000 visitantes. Pela Loja Interativa de Turismo passaram 11.000 visitantes no ano passado e o número de dormidas subiu das 50.000 para as 130.000, entre 2013 e 2016. [Porto Canal]

De modo a tornar mais eficaz os testes à aplicação é conveniente ter uma área de teste mais concentrada, tornando o centro da cidade uma localização perfeita podendo ser fácil e rapidamente coberta a pé ao mesmo tempo que oferece vários pontos-de-interesse para testar as capacidades da aplicação.

No centro da cidade de Vila Real é possível visitar uma série de pontos relacionados com o turismo religioso como o caso das igrejas de São Pedro, São Domingos, Nossa Senhora da Conceição e a capela de São Paulo, apenas num raio de 5kms. A proximidade entre estes elementos torna-os excelentes alvos para testar a aplicação.

Considerada uma das igrejas mais antigas de Vila Real, a igreja de São Pedro foi edificada em 1528, o que por si só mostra a história e relevância cultural que um edifício como este tem num ambiente turístico. Como parte do objetivo prático relacionado com a área da Realidade Virtual, o interior destas igrejas deverá ser acessível ao utilizador através da aplicação, podendo este admirar as características das mesmas quando se encontrarem encerradas.

Outro contexto que foi imaginado quando a ideia do projeto surgiu, passa por aplicar estas visitas no âmbito dos caminhos de Santiago, uma rota milenar seguida por milhões de peregrinos desde o início do século IX, tirando assim partido da predisposição dos caminhantes para a explorar e descoberta de novas experiências.

As igrejas referidas anteriormente encontram-se no caminho interior português de Santiago que liga Viseu a Santiago de Compostela. Por esta rota os peregrinos passam à saída de Vila Real na localidade de Escariz onde se encontra um marco histórico denominado de “Mão do Homem”, trata-se de arte rupestre sob a forma de gravuras em rochas graníticas (Ervedosa, 1990) . O facto destas gravuras serem pouco perceptíveis torna este marco um alvo perfeito para a componente de Realidade Aumentada inserida no plano prático da dissertação, sendo o objetivo definir qual a rocha onde se encontram as gravuras e tornar mais perceptível a localização das mesmas através de capacidades AR.



Figura 16 - Bloco granítico da "Mão do Homem"

Assim, os pontos-de-interesse escolhidos para o protótipo foram as igrejas de São Pedro, São Domingos, Nossa Senhora da Conceição e a capela de São Paulo para interação com realidade virtual permitindo ao utilizador visitar os seus interiores e a “Mão do Homem” em Escariz para a apresentação de conteúdos de realidade aumentada.

3.3.2. Localização

O módulo de localização foi o primeiro a ser implementado, uma vez que é o suporte de toda a aplicação. O desenvolvimento deste módulo tem como objetivo obter a localização do utilizador através dos dados GPS obtidos pelo seu dispositivo e apresentar a sua representação no mapa bem como a sua orientação.

A obtenção do mapa está intrinsecamente relacionada com a localização do utilizador para poupar recursos, transferindo apenas secções em volta do utilizador. Assim, primeiramente extraem-se os dados do dispositivo (coordenadas de latitude e longitude, orientação), as coordenadas são correspondidas com a base de dados do OpenSourceMap e com recurso a ferramentas do MapBox são descarregados 5 mosaicos de mapa referentes ao local que são dispostos no ecrã. Nestes mosaicos está disposta a informação de ruas, edifícios, etc e no seu centro a posição do utilizador.

De uma maneira simplificada a localização do utilizador e a sua representação no mapa é obtida através das seguintes funções:

- I. Location.cs – Guarda a informação latitude e longitude do utilizador no momento, bem como a sua orientação (em graus de 0 a 359). Utiliza um *timestamp* em segundos para saber quando estas informações foram atualizadas pela última vez e requer novas atualizações.
- II. DeviceLocationProvider.cs – É responsável pela obtenção dos dados através do hardware e sistema operativo do dispositivo (neste caso um smartphone Android). Ativa os serviços de localização e bússola e envia atualizações contínuas de latitude, longitude e orientação.
- III. TileProvider.cs – Transforma a informação obtida da localização num retângulo do tamanho do ecrã com centro no ponto de latitude/longitude registado. Enviando dados para a próxima função
- IV. MapVisualizer.cs – Faz corresponder a base de dados com o Tile gerado, apresentando o mapa.
- V. SpawnOnMap.cs – Função criada para representar os pontos-de-interesse no mapa, em determinadas localizações.

Esta metodologia permite aumentar a informação apresentada quando é requerido à aplicação que faça zoom, mas torna os processos mais lentos e requer uma taxa de dados 4 vezes maior do que se o mapa fosse apresentado num só plano. Por estas razões as funções de zoom foram desativadas.

A utilização das bases de dados incluídas no OpenSourceMap permite fazer uma diferenciação por camadas da informação relativa a um local. Como por exemplo, o nome das ruas ou até representações 3D de edifícios. Para não preencher em demasia o ecrã com informação que pode ser desnecessária e confusa foi realizado um processo de seleção da informação a apresentar. Dentro das escolhas que fazem parte do *User-Interface* estão:

- I. Estradas nacionais e secundárias e ruas pedonais.
- II. Os nomes de ruas principais – Para auxiliar o utilizador na navegação.
- III. Representações 3D de edifícios e zonas verdes – Que poderão ajudar na orientação do utilizador, mas também têm um papel significativo na credibilidade do ambiente virtual uma vez que representam uma virtualização do ambiente real.

Podemos verificar a presença destes elementos na versão final do módulo de localização:



Figura 17 - Vistas do módulo de localização

Na figura 12 também são perceptíveis as mudanças de orientação no ícone de representação do utilizador que resultam da obtenção de dados relativos à bússola do dispositivo assim que disponíveis. Caso esta informação não seja recolhida a orientação irá variar conforme a deslocação do dispositivo. Isto é, o objeto irá iniciar uma rotação conforme a transformação xy para as próximas coordenadas obtidas.

No módulo de localização encontra-se também a informação da localização dos pontos-de-interesse e os respetivos indicadores. Isto permite apresentar no mapa uma representação em 3D destes locais. Esta representação é apresentada quando o utilizador entra no seu campo periférico e serve como um marco distinto de que naquele local é possível uma interação com a aplicação.

O ponto que marca o utilizador no mapa tem uma distância definida à sua volta que permite executar funções quando entra em contacto com objetos. Este recurso, de gatilho, é utilizado para apresentar uma indicação de que o utilizador está próximo de um POI e criar um botão para este visitar a sua página como está exemplificado na figura 13.

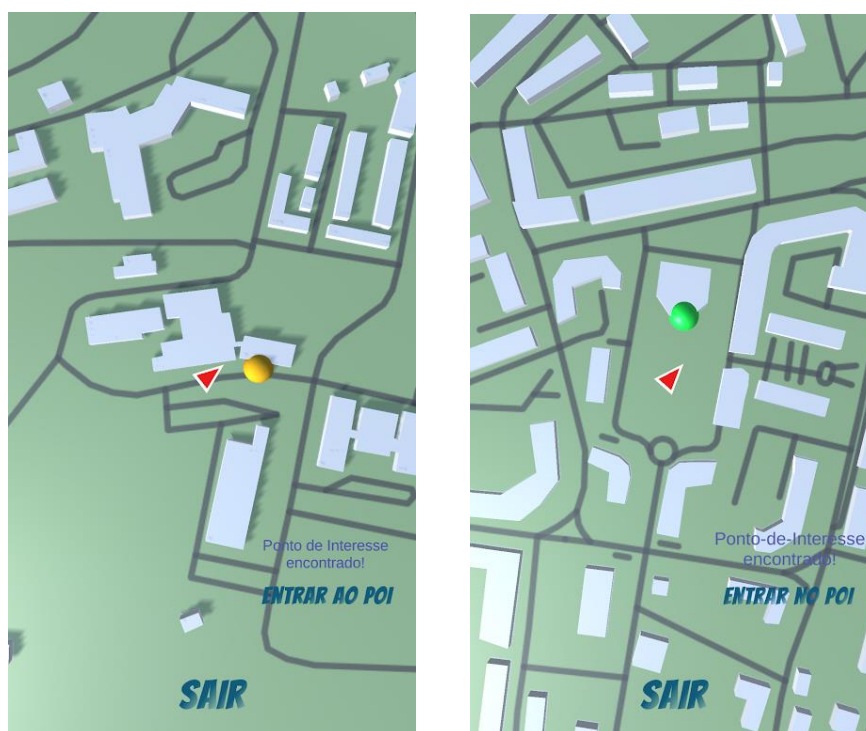


Figura 18 - Representação de um Ponto-de-Interesse no mapa

A distância necessária para a interação com o ponto no mapa é uma variável personalizada para cada ponto-de-interesse que tem em conta não só a proximidade do utilizador, mas também se o ponto se encontra no seu campo de visão. O aparecimento do marcador no raio de interação é também acompanhado pela reprodução de um clip de som para alertar o utilizador para a nova notificação.

3.3.3. Páginas

A aplicação encontra-se organizada por páginas ou “cenas”, nestas cenas estão representados os diferentes menus e ecrãs. A segunda fase de implementação passa pela criação de cenas *placeholder* para serem utilizadas posteriormente com o objetivo de organizar e ter uma melhor ideia da estrutura da aplicação.

As páginas são criadas e estruturadas através de ligações que são geridas por botões permitindo uma fácil navegação entre as mesmas.



Figura 19 - Página Principal

Quando o utilizador clica na ação “Entrar no POI” (figura 20), este irá navegar até uma página dedicada ao ponto-de-interesse indicado. Esta página revela o ponto de interesse,

apresentando o seu nome, uma fotografia e uma descrição que ajuda o utilizador a conhecer o local. A informação para estas descrições foi recolhida pelos sítios da diocese de Vila Real e arquivos arqueológicos no caso da “Mão do Homem”.



Figura 20 - Páginas de Pontos-de-Interesse

A partir destas páginas o utilizador pode aceder ao conteúdo imersivo personalizado para cada uma delas, adicioná-las como visitadas à caderneta, ou voltar para o mapa.

3.3.4. Realidade Virtual

A implementação dos conteúdos imersivos de realidade virtual começa com a recolha de informação relativa aos pontos. E sabendo que o que se pretende é realizar uma visita virtual aos mesmos num contexto em que não estejam acessíveis, determinar que tipo de experiência melhor pode preencher essa necessidade.

A visualização de um cenário real pode ser realizada com recurso a um vídeo 360°, uma imagem panorâmica ou 360° ou até uma simulação virtual. Pelo esforço computacional que uma simulação virtual exige de um equipamento móvel esta opção é à partida posta de parte.

Entre um vídeo ou uma imagem 360° existem diferentes significativas que devem ser tidas em conta:

- I. O tamanho ocupado por um vídeo 360° é afetado não só pela sua resolução, mas também pela duração do mesmo e pela faixa sonora que o acompanha. Estando inserido num ambiente móvel onde a capacidade de armazenamento é limitada uma solução a este problema poderá ser o streaming do vídeo, obtendo os dados pela internet quando necessários. Porém, esta solução carrega uma carga elevada em termos de gastos de dados móveis numa aplicação que se quer utilizar sobretudo em locais onde não há acesso a redes Wi-Fi dedicadas.
- II. A renderização do vídeo 360° apresenta uma carga computacional superior à de uma imagem 360°.
- III. Um vídeo 360° é, no entanto, uma maneira mais interessante de apresentar conteúdos, com a capacidade de se adicionar uma narração ou até elementos interativos.

Assim, a utilização de imagens panorâmicas 360° dos locais a visitar é mais viável. Em relação aos métodos de visualização a utilização de um capacete de realidade virtual para dispositivos móveis é uma opção.

No entanto, serão poucos os casos em que o utilizador estará num local de visita e possua consigo uma ferramenta destas. Portanto, de modo a não substituir, mas sim para complementar esta solução foi desenvolvido outro método de visualização de conteúdos. Esta segunda opção passa por utilizar o telemóvel em “*portrait mode*” para aceder à imagem 360°, utilizando as

suas capacidades de giroscópio para observar através de diferentes ângulos a imagem. Assim, o telemóvel funciona como uma janela para o interior do ponto-de-interesse.

Numa primeira fase da implementação, é utilizada uma imagem 360° que serve como exemplo para teste. Estes ficheiros panorâmicos têm um rácio de 2:1 e são geradas de modo a que quando envolvem uma esfera criem uma imagem coerente. Assim, é criado um objecto 3D sob a forma de esfera ao qual é aplicada como textura a imagem 360°, assim que aplicados os corretos shaders é obtida uma imagem que se assemelha a um globo terrestre onde a imagem faz sentido na face exterior da esfera.

Para tornar a navegação da imagem possível o que se procura é posicionar a camara dentro da esfera e que a textura seja visível a partir do seu interior. Isto é possível ao aplicar uma modificação pré-feita à textura que a torna *Skybox-ready*, isto é, que a torna pronta para ser utilizada como Skybox – o fundo que rodeia o ambiente virtual, sempre que nenhum objeto virtual esteja no campo de visão é apresentada a textura da Skybox.

Obtemos assim uma esfera com capacidade de apresentar a nossa imagem 360, onde posicionamos exatamente no seu centro a camara que representa a vista obtida pelo utilizador.

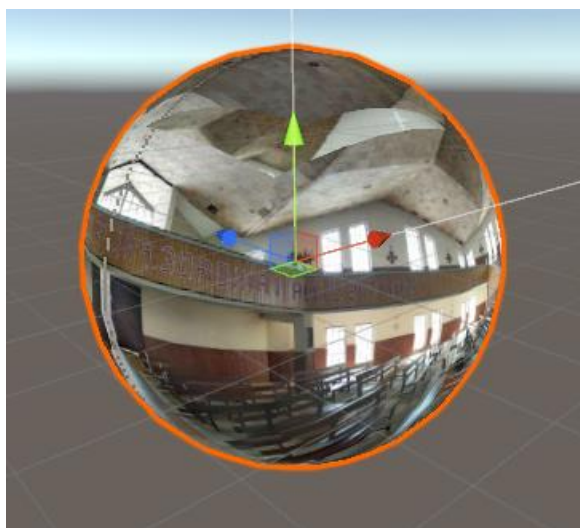


Figura 22 - Esfera com textura do Ponto-de-Interesse

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Cam_Gyro : MonoBehaviour {

    GameObject camParent;

    // Use this for initialization
    void Start () {
        camParent = new GameObject ("CamParent");
        camParent.transform.position = this.transform.position;
        this.transform.parent = camParent.transform;
        Input.gyro.enabled = true;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
        camParent.transform.Rotate (0, -Input.gyro.rotationRateUnbiased.y, 0);
        this.transform.Rotate (-Input.gyro.rotationRateUnbiased.x, 0, 0);
    }
}
```

Figura 21 - Script de rotação da camara

De seguida dá-se a implementação do modo realidade virtual de “janela”, para tal é criado um script (Figura 17) que está associado à entrada nesta cena que ativa a recolha de informações

do giroscópio do dispositivo e aplica transformações à orientação da camera conforme os movimentos registados.

Este script sofre posteriormente uma alteração passado a fase de testes para que os movimentos sejam mais suaves utilizando funções algorítmicas de suavização disponibilizadas pelas bibliotecas do Unity (`rotationRateUnbiased`) que melhoraram a experiência.

A adaptação para a realidade virtual tradicional é um processo simples, onde após incluído o módulo do Google VR que dá suporte às funções de realidade virtual, através de um método chamado por um botão o programa entra em modo RV utilizando os métodos disponibilizados pelo SDK para transformar a camera conforme os movimentos da cabeça do utilizador.

Definidos os métodos e técnicas e com uma versão estável a correr com alguns exemplos, é necessário recolher as imagens 360° dos locais, neste caso, as igrejas de São Pedro, São Domingos, Nossa Senhora da Conceição e a capela de São Paulo.

Recorrendo a repositórios de acesso público utilizados para imagens panorâmicas, foi possível obter imagens referentes a 2 dos locais, os restantes foram recolhidos com recurso a stitching (Ozawa, Kitani, & Koike, 2012), esta técnica alinha os diferentes “mosaicos” para criar uma só imagem. É essencialmente utilizada para criar uma imagem panorâmica com centro na posição do utilizador utilizando as várias imagens recolhidas a partir desse centro.

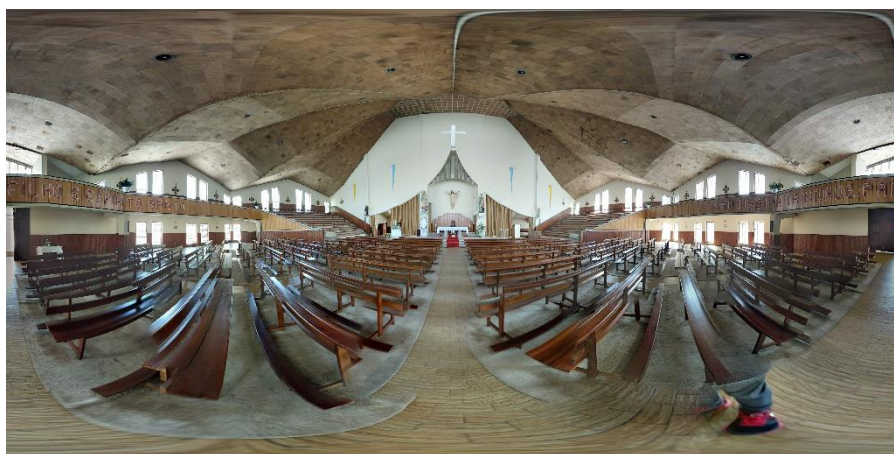


Figura 23 - Imagem recolhida através do método de stitching (Igreja S.Domingos)

Com as imagens recolhidas a implementação passou para um processo de substituição das imagens *placeholder* pelas novas a utilizar e uma fase de testes, o resultado é o seguinte:



Figura 24 - Modo Realidade Virtual (à esquerda) e modo “janela” (à direita) do Interior da Igreja de

Após uma fase de experimentação é detetado um atraso e taxa de fotogramas relativamente baixas (<25) no modo de Realidade virtual enquanto que o modo “janela” é executado com maior fluidez.

O problema está relacionado com a carga adicional gerada pela instanciação de duas camaras ao mesmo tempo, levando a um processo de rendering 2 vezes mais exigente. Para aliviar esta carga do dispositivo móvel e eliminar as distorções causadas na imagem causadas pelo atraso, foram feitos ajustes à imagem quando esta é processada no modo de realidade virtual, diminuindo a sua resolução para metade. Isto revelou-se suficiente para melhorar a qualidade de visualização enquanto que o detalhe é relativamente semelhante uma vez que o ecrã do dispositivo é pequeno.

3.3.5. Realidade Aumentada

A implementação da realidade aumentada na aplicação está relacionada com o contexto da experiência referida no subcapítulo “3.4.1. Pontos-de-Interesse”, onde se pretende oferecer conteúdo imersivo ao turista que está a visitar a “Mão-do-Homem” (Figura 14).

A aplicação deverá realçar as representações rupestres presentes na pedra. Em teoria, a aplicação permite ao turista apontar o telemóvel para o bloco de granito que contem gravuras rupestres, sobrepondo estes desenhos à imagem que obtém, ajudando o utilizador a identificar não só as formas representadas, mas também onde estas se encontram na pedra.

Como determinado anteriormente, o SDK escolhido para implementar esta solução RA é o Vuforia e sendo que esta ferramenta oferece diferentes técnicas de tracking e reconhecimento, a primeira fase de implementação é dedicada a escolher os melhores métodos segundo o contexto da aplicação.

Inicialmente são descartadas as técnicas baseadas em: Modelos, pela dimensão do bloco de granito (de aproximadamente 2x3 metros) que torna inviável a deteção da sua forma, uma vez que esta técnica é utilizada para objetos de menor tamanho e Visual SLAM uma vez que o mapeamento digital do ambiente não faz sentido no contexto do local onde o terreno é praticamente plano dificultando a extração de características distintivas.

Assim, é iniciado uma fase de testes com base na deteção por Marcadores e Imagens de Referência, testando as duas soluções através de demonstrações oferecidas pelo SDK em diferentes condições de luminosidade e distância. Obtendo resultados semelhantes com as duas soluções é decidido implementar ambas na aplicação.

Para a implementação baseada em Marcadores é gerado um marcador fiducial baseado em VuMark, uma ferramenta dedicada à criação de marcadores únicos para utilização em aplicações Vuforia. Esta técnica baseia-se na criação de um alvo 2D a ser detetado pela aplicação que pelo seu tamanho e inclinação na imagem obtida, consegue servir como referência para determinar a distância e orientação necessárias para representar objetos 3D, uma vez que o seu tamanho, forma e texturas são variáveis previamente instanciadas.

Para esta solução foi gerado um marcador do tipo código “QR”, isto porque segundo (Kong & Hong, 2012) os códigos QR têm muitas vantagens quando utilizados como marcadores. Estes podem codificar uma quantidade relativamente maior de informação que um marcador padrão, além de ter uma capacidade aumentada de correção de erros.

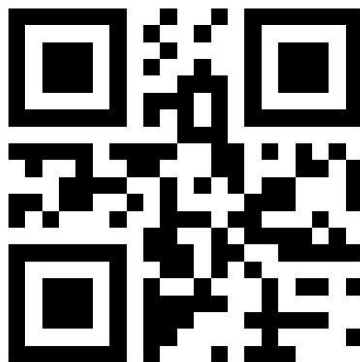


Figura 25 - Código QR gerado para utilização como marcador

Para a solução baseada em imagens que servem como referência é necessário construir uma base de dados de imagens para identificar características dentro das mesmas que sirvam como pontos de referência para representar objetos em cena. Para isso é feita uma recolha de imagens que no contexto do conteúdo a apresentar são fotografias da pedra onde estão representadas as gravuras.

Estas fotografias devem representar a pedra de diferentes ângulos, distâncias e níveis de luminosidade, para que se torne possível identificar o objeto em diferentes condições. Assim, foram capturadas 15 imagens únicas.

Estas imagens são submetidas para a ferramenta indicada pelo Vuforia que irá construir um pacote de extensão reconhecida pelo Unity com o objetivo de importar esta base de dados para reconhecimento. Existe também a opção deste reconhecimento se fazer via cloud, o que pouparia espaço no tamanho da aplicação (eliminando a necessidade de carregar consigo todos os dados e imagens associadas com a base de dados) exigiria, porém, um gasto de dados móveis e um maior intervalo para o reconhecimento das imagens dependendo da velocidade de ligação com o servidor.

☐		6	Single Image	★☆☆☆☆	Active	May 17, 2018 15:02
☐		5	Single Image	★★★★☆	Active	May 17, 2018 15:01
☐		4	Single Image	★★★★☆	Active	May 17, 2018 15:01

Figura 26 - Exemplo de três imagens inseridas na base de dados

Na figura acima representada é possível ver a vista da ferramenta web onde são inseridas as imagens para construção de base de dados. Aqui é possível remover ou desativar imagens do pacote gerado para exportação. Após submetidas são também classificadas pela aplicação conforme o seu grau de qualidade (que varia entre 0 a 5 estrelas) que representa a presença de características nas imagens que as tornam mais fáceis de serem detetadas pelo sistema de reconhecimento da Vuforia.

Após importado o pacote relativo ao marcador e às imagens de referência dentro da plataforma de desenvolvimento, estas são representadas horizontalmente para dispor os objetos a gerar.

Neste caso, o objeto a gerar com o reconhecimento das imagens ou marcador é um plano 2D representativo das gravuras e não um objeto 3D. Este plano é um desenho (Abreu, 2008) das gravuras rupestres:



Figura 27 - Desenho do plano 2D das gravuras rupestres (Abreu, M. 2008)

O desenho foi ajustado para ser representado com a orientação correta, e realizados os primeiros testes com o marcador, posteriormente a aplicação foi testada *in situ* onde foram obtidos os seguintes resultados:



Figura 28 - Capturas de ecrã, Imagem de referência (à esquerda) e Marcador (à direita)

A confirmação de que o reconhecimento está a funcionar corretamente no local, traz o projeto para uma fase da implementação onde é essencial otimizar a aplicação de maneira a melhorar a experiência do utilizador. Para isto são definidos objetivos:

- I. Aprimorar a imagem representada para esta não ter um fundo visível de maneira a não obstruir as gravuras físicas e a pedra.
- II. Melhorar a sincronização do plano do desenho com o plano original.
- III. Remover por completo a necessidade de utilizar um marcador, melhorando a função de reconhecimento por imagem.

Para resolver o ponto I, foram realizadas transformações ao desenho original, eliminando o fundo branco que cobre a imagem através do uso do canal alfa, modificando o formato da imagem para PNG.



Figura 29 - Imagem transformada

Assim, a imagem obtida não irá obstruir a pedra, permitindo ao utilizador servir-se do ecrã do seu dispositivo para ver simultaneamente as gravuras digitais e físicas. Isto traz vantagens do ponto de vista de utilização em relação ao modelo anterior, conferindo ao utilizador uma melhorada sensação de imersão uma vez que a interação entre o ambiente virtual e real torna-se mais credível.

O ruído da imagem que é referente às deformações da rocha também foi eliminado da imagem transformada uma vez que não relevância para o turista, criando assim uma imagem limpa pronta a ser incluída na implementação da aplicação.

Em relação ao ponto II, para melhorar a sincronização do plano do desenho com a pedra são necessários fazerem-se ajustes ao nível posição e orientação da imagem em relação à sua referência.

Primeiramente, estando tanto as referências (fotos) como o objeto a renderizar (desenho) num plano de duas dimensões enquanto que a pedra é um objeto 3D é necessário dar um ângulo

ao objeto semelhante ao ângulo de inclinação da rocha, neste caso serão cerca de $170^\circ/160^\circ$, sendo que a rocha se encontra deitada.

Assim, pretende-se obter uma representação do desenho como na seguinte figura:

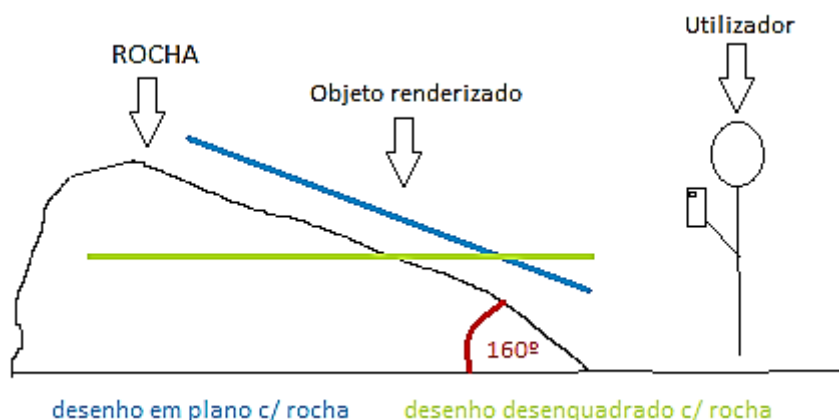


Figura 30 - Angulação da representação face à rocha

Não só o objeto deve estar enquadrado com a rocha em relação ao plano como deve também estar posicionado de maneira a sobrepor as gravuras da pedra. Para tal, para cada imagem na base de dados foram efetuados ajustes, distanciando e posicionando o desenho das imagens de referência da melhor maneira possível para criar uma ilusão de substituição das gravuras físicas.

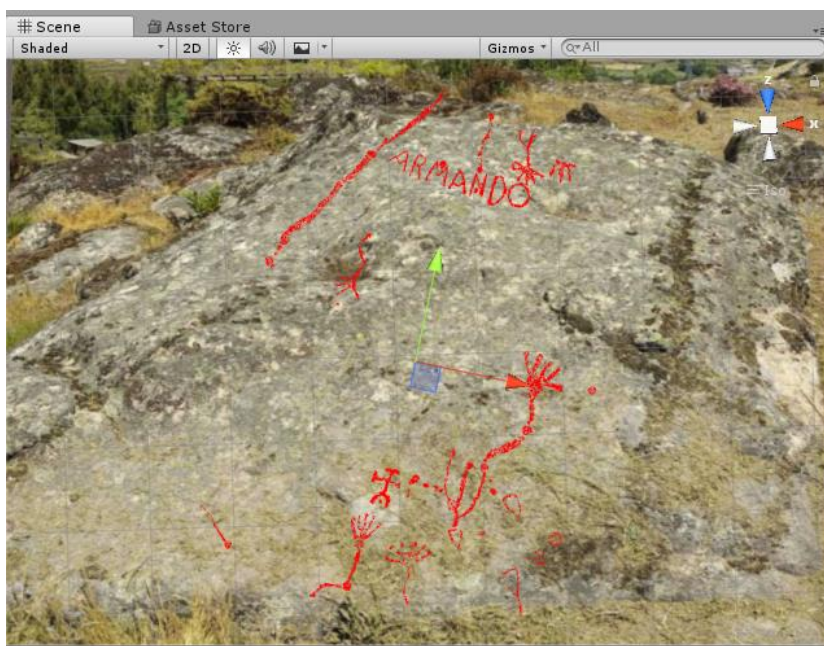


Figura 31 - Posição relativa do objeto (desenho) em relação à imagem de referência

O ponto III abordado anteriormente está relacionado com as abordagens técnicas tomadas. Visto que a utilização de uma base de dados como referência se verificou como uma alternativa eficaz face à tradicional utilização de marcadores e uma vez que no contexto em que se insere é preferível utilizar uma técnica menos intrusiva é preferível utilizar apenas a técnica de referências por imagem. Assim, é eliminada a necessidade de se utilizar um marcador físico que iria cobrir parcialmente a rocha e tornar a experiência menos agradável.

Para isto, a base de dados foi renovada com mais fotos para cobrir ângulos mortos. Mesmo assim, o suporte para a utilização do marcador continua dentro da aplicação como último recurso, caso por algum motivo o ambiente tenha sido modificado e as imagens da base dos dados já não representem corretamente o cenário onde se encontra a rocha.

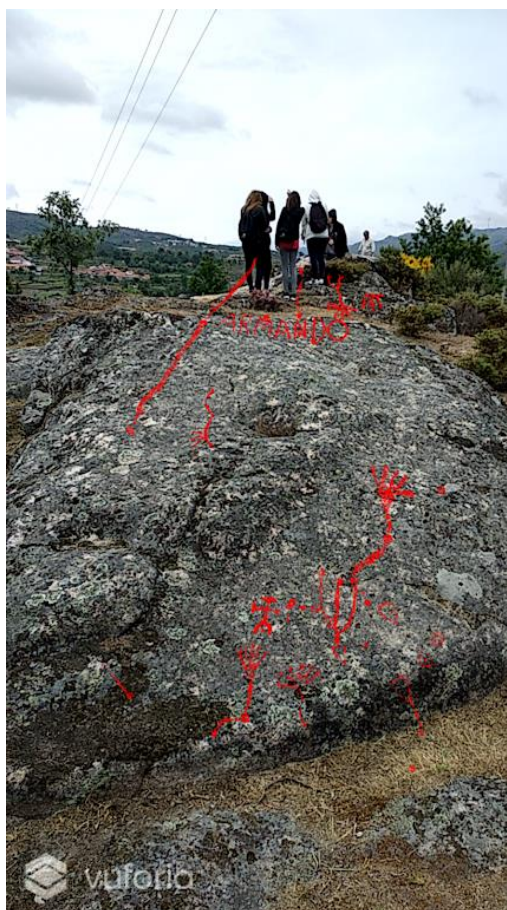


Figura 32 - Resultado da implementação final do módulo RA

O resultado das modificações identificadas anteriormente é o apresentado na figura 32, onde é possível observar as gravuras digitais projetadas sobre a pedra em tempo-real.

Do ponto de vista de funcionamento o módulo de realidade aumentada funciona com base na seguinte estrutura:

- I. Existe uma base de dados previamente inserida na aplicação com imagens do local e cada imagem tem um objeto associado para renderizar.
- II. A aplicação extrai imagens da camara do dispositivo móvel e a cada segundo compara as imagens obtidas com a base de dados.
- III. Quando encontra semelhanças suficientes, cria a representação sobre a imagem que está a ser obtida, e monitoriza os movimentos do utilizador para realizar transformações posicionais ao desenho (através da análise de imagem e giroscópio)
- IV. Caso deixe de encontrar a uma imagem que considere semelhante às da base de dados está definido um limite de 15 segundos para retirar a representação do ecrã (para salvaguardar obstruções temporárias)
- V. Se encontrar uma imagem que melhor identifica alguma referência na base de dados em relação à anterior, substitui e passa essa referência a ser a que está ativa.

3.3.6. Caderneta e Processos de Gamificação

A utilização de processos de gamificação é um dos objetivos para a parte prática da presente dissertação e como tal, foram postas em prática 5 técnicas abordadas no estado de arte que promovem a utilização da aplicação. São estas:

- I. Utilização de esquemas de cores e apresentação apelativa;
- II. Incitar o utilizador a agir através da disposição da UI;
- III. Utilização de indicadores de progresso (O'Brien, 2010);
- IV. Incorporação de atividades e desafios para completar na aplicação (Takahashi, 2010);
- V. Incorporação de vertente de localização (McKenzie, 2011);

Na secção “3.4.3 Páginas” são já observáveis algumas técnicas de gamificação presentes na criação dos menus da aplicação. Por exemplo, o botão para o início não se limita a dizer “start” como é usual nos videojogos, pelo contrário, “Explorar!” procura uma reação por parte do utilizador, que o leva a clicar.

A utilização de esquemas de cores e apresentação apelativa é outra das técnicas abordadas no capítulo “2.4 Processos de Gamificação em aplicações móveis”.

Está presente na maneira como as páginas da aplicação foram desenhadas através da utilização de cores básicas. Ainda em relação ao aspecto da aplicação, as páginas seguem um esquema minimalista com uma paleta de cores homogénea pelas diferentes páginas da aplicação.

A disposição de conteúdos imersivos sem qualquer base na localização perderia a base lúdica que torna atrativa a exploração destes locais. A incorporação de vertente de localização é vista como uma técnica com uma dinâmica didática que promove o utilizador a interagir com a aplicação. Segundo (McKenzie, 2011) o utilizador tem maior envolvimento com aplicações quando estas contemplam a visita de locais com um status social mais elevado.

Pontos-de-Interesse são abordados neste estudo como tendo uma conotação positiva e o facto de serem alvos de visita por parte de turistas aumenta o seu status do ponto de vista social, o que segundo o estudo realizado, leva a um aumento da interação com a aplicação.

A utilização de indicadores de progresso (O'Brien, 2010) e incorporação de atividades na aplicação (Takahashi, 2010), como técnicas de gamificação estão implementadas sob a forma de Caderneta, uma vertente da aplicação que fomenta o utilizador a completar desafios.

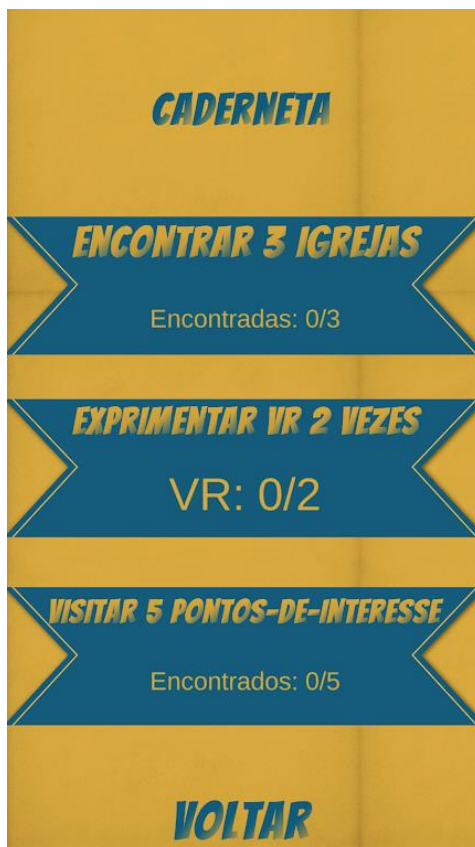


Figura 33 - Página da Caderneta

Como podemos verificar na figura 33, os contadores para cada desafio funcionam como indicadores de progresso e as atividades propostas procuram envolver o utilizador na utilização da aplicação.

4. Avaliação

Com a conclusão da implementação do protótipo final, este foi testado *in-situ* para recolher resultados com a finalidade de avaliar aspetos relacionados com a utilização da aplicação e questões de perceção face às tecnologias envolvidas.

Neste capítulo, faz-se uma contextualização dos métodos, locais e do âmbito em que decorreu a avaliação, apresentam-se o modelo e os testes realizados e, posteriormente, são apresentados os resultados recolhidos com a respetiva discussão.

4.1. Métodos de Avaliação

Com o objetivo de avaliar o protótipo desenvolvido o método de avaliação deve abordar diferentes componentes relacionadas com a aplicação, as experiências nela contida e o próprio utilizador.

Para tal, foram utilizadas 3 fases distintas de avaliação com o objetivo de averiguar diferentes aspetos relacionados com o trabalho realizado. Estes diferentes métodos visam responder aos objetivos propostos no capítulo “1.1 *Motivação e Objetivos*”. Estas diferentes componentes de avaliação são:

- I. Avaliação da Aceitação – Através de um breve contacto com a aplicação (5 minutos por pessoa), num contexto similar ao que está estudado como utilização primária da aplicação, seguido do preenchimento de um questionário extensivo.
- II. Avaliação de Usabilidade - Através de um contacto prolongado com a aplicação o avaliador terá a capacidade de melhor classificar a aplicação através de questionários UE (User-Experience) e SUS (System Usability Scale).
- III. Avaliação objetiva dos requisitos/recursos da aplicação – Com o objetivo de testar a tecnologia aplicada e o trabalho prático em particular, verificando as metas inicialmente propostas a nível prático e potenciais melhorias.

4.2. Avaliação da Aceitação

Nesta fase é utilizado um modelo que cataloga diferentes componentes e procura explicar como cada um está relacionado e influencia a percepção do utilizador face à aplicação e às tecnologias envolvidas.

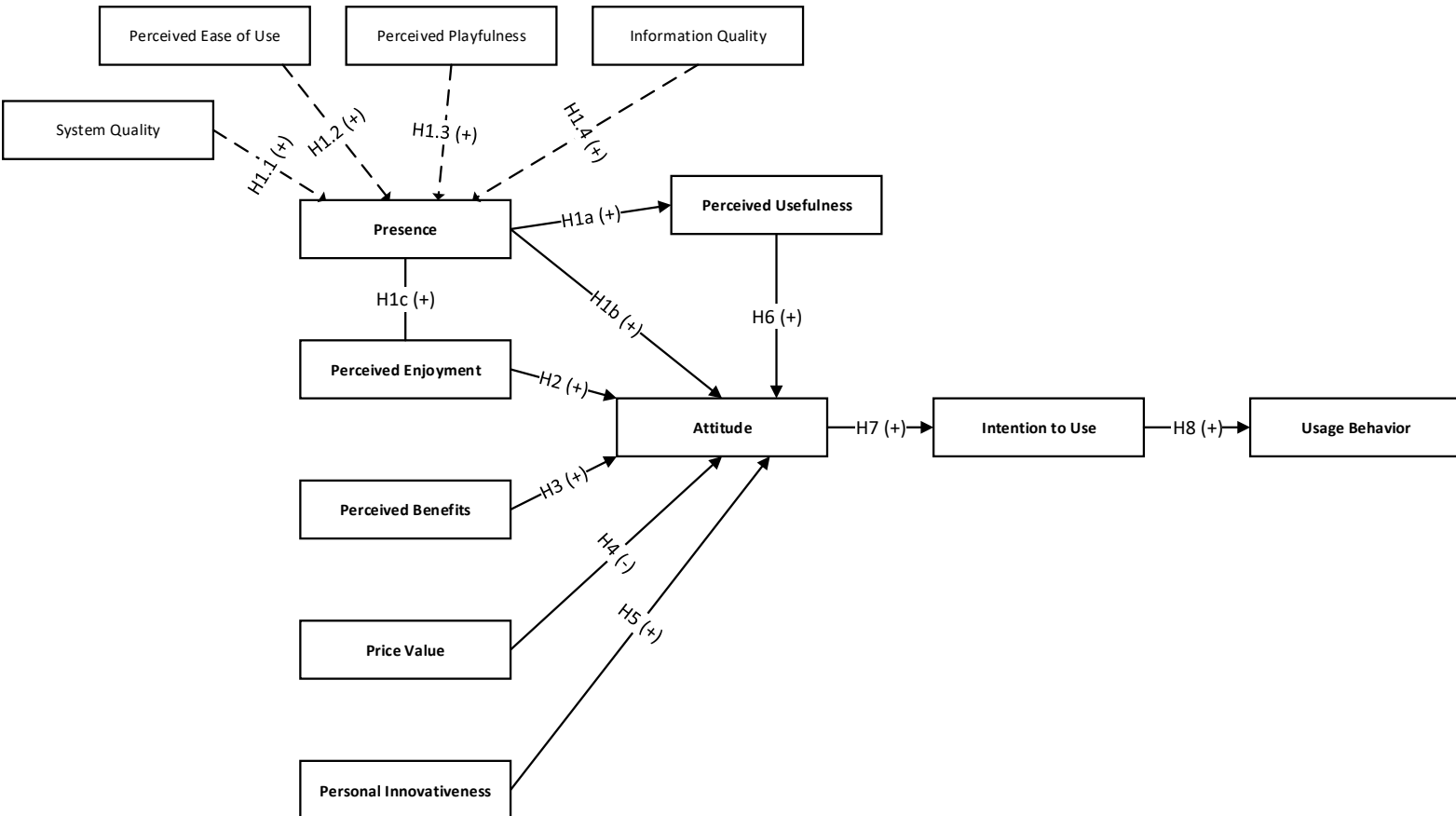


Figura 34 - Modelo de Avaliação da Aceitação

Foram descartadas algumas partes irrelevantes do modelo por não fazerem sentido em relação ao que se procura avaliar e utilizados os restantes atributos para avaliar o protótipo relacionando-os com uma vertente demográfica adicional. Assim, a avaliação presente nos questionários tem com base:

- I. Perceção de Facilidade de Uso (Rese, Schreiber, & Baier, 2014) (Venkatesh & Bala, 2008) – Com o objetivo de classificar com que clareza o utilizador entende a aplicação e a consegue utilizar.

- II. Qualidade do Sistema (Jung, Chung, & Leue, 2015) – Para testar a qualidade das experiências RA e RV sob o ponto de vista do utilizador.
- III. Percepção de Utilidade (Jung, Chung, & Leue, 2015) – Para tirar conclusões em relação à percepção do utilizador quanto às tecnologias RA e RV.
- IV. Presença (Huang & Liao, 2015) – Identificar o grau de presença sentido pelo utilizador durante o teste, de modo a avaliar as experiências realizadas.
- V. Qualidade de Informação (Ahn, Ryu, & Han, 2007) – Para avaliar a qualidade dos conteúdos imersivos fornecidos ao utilizador.
- VI. Percepção de Benefícios (Ollson, 2012) - Para identificar os benefícios que o utilizador associa às tecnologias RA e RV.
- VII. Percepção da Apreciação (Venkatesh & Bala, 2008) – Com o objetivo de determinar se os utilizadores acharam as experiências agradáveis.
- VIII. Atitude (Porter & Donthu, 2006) – Relacionada com a percepção de utilidade, este campo ajuda a perceber a atitude dos utilizadores em relação à tecnologia.
- IX. Intenção Comportamental de Utilização (Ibáñez, Serio, & Villarán, 2016) – Para entender a reação comportamental que a aplicação tem no utilizador.
- X. Percepção de Inovação – Avaliar a atitude do utilizador em relação à inovação tecnológica.
- XI. Dados demográficos e gerais.

O formulário final do questionário utilizado para a avaliação de aceitação pode ser consultado em “Anexos”.

4.2.1. Contextualização do Local

A avaliação de aceitação decorreu no dia 24 de maio de 2018, inserida no colóquio pelo Caminho Português Interior de Santiago de Compostela: Vila Real – Escariz, uma atividade organizada pela UTAD. Foi realizada a caminhada com início junto a um dos pontos de interesse inseridos na aplicação, na Praça Camilo Castelo Branco, com passagem também pela Igreja da Nossa Senhora da Conceição.



Figura 35 - O grupo a percorrer os caminhos de Santiago

Após uma caminhada de uma hora e meia pelos caminhos de Santiago dá-se, por fim, a chegada ao Parque de Merendas em Escariz onde se encontra a Mão do Homem, o local onde está presente o marco histórico utilizado para demonstrar as capacidades AR da aplicação.

O facto dos utilizadores que vão testar a aplicação estarem a percorrer o caminho de Santiago dá mais sentido ao teste da aplicação, pois sendo este o principal cenário de utilização idealizado, deverão ser obtidos resultados mais relevantes.

Depois das noções mais básicas lhes terem sido transmitidas, os testandos tiveram a oportunidade de ter contacto com a aplicação e posteriormente responderam a questionários individuais que podem ser consultados em “Anexos”.

4.2.2. Resultados e Discussão da Avaliação de Aceitação

Para avaliar o modelo definido foram inquiridos 38 indivíduos do sexo masculino e feminino, com idades compreendidas entre os 18 e 47 anos e maioritariamente da zona Norte do país. Os utilizadores que avaliaram a aplicação estavam a percorrer o caminho de Santiago,

com partida no centro de Vila Real e chegada a Escariz, que se encontra no contexto para qual a aplicação foi pensada.

Após testarem a aplicação *in-situ*, foi pedido aos participantes que preenchessem os questionários em anexo, com o modelo de avaliação. O questionário é composto por questões às quais são atribuídos valores de concordância entre 1 e 5. Os resultados obtidos estão representados na figura 36 sob forma de total, em que cada série e cor corresponde a um utilizador e a uma avaliação e tem o comprimento relacionado com a força de concordância fase às questões respondidas.

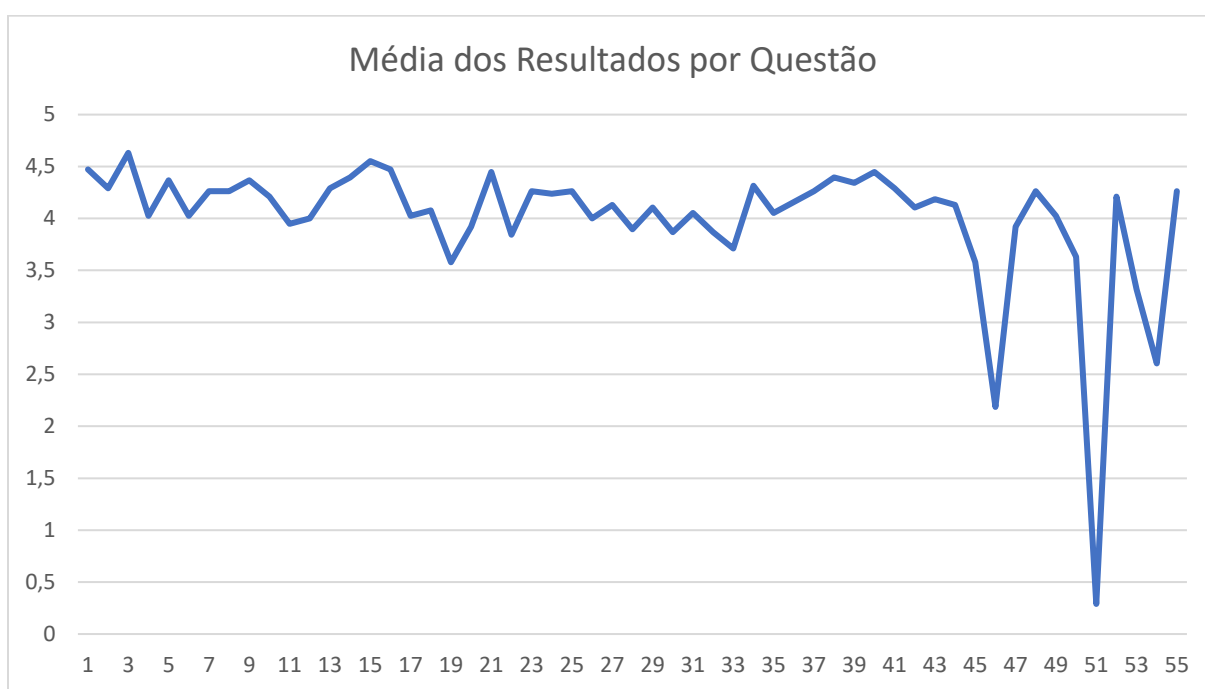


Figura 36 - Representação gráfica dos resultados obtidos no teste de aceitação

Os resultados revelaram que em relação à Percepção de Facilidade de Uso, a média de 4.6 (de 0 a 5) das respostas mostra que a maioria dos utilizadores concorda que a interação com o sistema é clara e compreensível e que o sistema é fácil de utilizar ($m=4.5$), no entanto existe uma maior discrepância em relação ao esforço mental requerido para interagir com o sistema ($m=4$) ao observarmos um desvio padrão de 1.1 entre os resultados obtidos.

No que toca a questões de qualidade de sistema, os utilizadores concordam que a aplicação é fácil de utilizar (SYSQ3, $m=4.3$) e fácil de aprender (SYSQ1, $m=4.4$) e que esta tem uma estrutura apelativa ($m=4.4$), no entanto em relação à compatibilidade da aplicação com sistemas

que já utilizem a harmonia é menor. Apenas uma média de 3.9 de concordância, talvez fruto da exclusividade da aplicação para a plataforma Android já mais à frente no questionário todos (100%) revelam ter acesso a um smartphone.

Os resultados da percepção de utilidade são muito favoráveis com a maior média de concordância ($m=4.7$) em todo o questionário a ser atribuída pelos utilizadores às questões “A aplicação AR é perfeita para transmitir informação num ambiente de turismo” e “A aplicação AR é inspiradora para apresentação de informação em casos de localizações relacionadas com turismo” o que demonstra claramente a noção que o público tem da utilidade da utilização deste tipo de tecnologias para melhor a sua experiência como turistas.

Em termos de sentido de presença nas experiências RA e RV os utilizadores confessam sentirem-se satisfatoriamente envolvidos no ambiente virtual (PRE3, $m=3.5$ e PRE4, $m=3.9$) mas dão mais força à noção de que a experiência é divertida e de que lhes foi agradável (PRE5, $m=4.4$).

Em relação à percepção dos benefícios associados às tecnologias AR os utilizadores mostraram-se entusiasmados em relação ao que estas tecnologias podem trazer com uma média de concordância global de 4.

As respostas foram também positivas em relação à percepção de apreciação fase às experiências realizadas ($m=4.4$). E os utilizadores demonstraram também terem uma atitude otimista em relação às tecnologias e à inovação.

O teste foi realizado por 26 elementos do sexo feminino e é visível em termos gerais uma menor concordância nas questões e uma menor apreciação deste tipo de tecnologias por parte dos elementos deste gênero. Com 85% dos elementos do sexo feminino a atribuir valores menores a 90% dos elementos do sexo masculino. A média de idades situa-se entre os 19 e 24 anos e os utilizadores foram na maior parte residentes da zona Norte do país que nunca tinham visitado a Mão do Homem.

Os resultados obtidos através da avaliação permitem concluir que o público vê utilidade nas tecnologias de conteúdo imersivo e em específico na utilização deste tipo de tecnologias para os auxiliar em questões turísticas. Também é possível perceber que a maioria dos elementos do

sexo feminino têm menor interesse que elementos do sexo masculino em relação a este tipo de tecnologias.

4.3. Avaliação de usabilidade

Para realizar esta avaliação a aplicação disponibilizada a 10 avaliadores residentes da área de Vila Real, para que tivessem a oportunidade de testar todos os componentes envolvidos durante um espaço de meia semana. Ao contrário dos testes anteriores esta avaliação foca-se essencialmente na interação entre o utilizador e o sistema desenvolvido, procurando encontrar respostas de maior valor em relação à usabilidade e satisfação do sistema uma vez que o contacto com a aplicação é prolongado.

É confiada aos utilizadores a tarefa de extensivamente porem à prova a aplicação e no final responderem a uma série de questionários. Como foi referido anteriormente estes questionários envolvem um SUS (System Usability Scale), um dos mais populares e simples métodos de averiguação do nível de usabilidade de um sistema, criado por John Brooke em 1986 e que procura avaliar efetividade, eficiência e satisfação.

Aposto o contacto com a aplicação também preencheram um questionário UE (User-Experience) (Cota & Gonçalves, 2016), de modo a cobrir uma impressão abrangente da experiência do usuário. Segundo os autores, são medidos aspetos de usabilidade clássica (eficiência, perspicácia, confiabilidade) e aspetos de experiência do utilizador (originalidade, estimulação).

Após um período de 4 dias, os resultados foram recolhidos e analisados. A estatística referente ao SUS (avaliação de 1 a 5) mostra que os utilizadores não acharam o sistema desnecessariamente complexo ($m=1.5$) e que avaliaram a aplicação como sendo fácil de utilizar ($m=4.5$). Quanto à frequência com que utilizariam a aplicação a média é de 3, com os utilizadores a classificarem a sua necessidade/satisfação para com a aplicação de maneira satisfatória. As restantes métricas de usabilidade revelam que os avaliadores concordam de maneira unânime que não há uma necessidade de suporte nem de aprender muitas coisas sobre o sistema antes de o utilizar ($m=1$ em “É necessário de aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema” e $m=1$ em “Penso que necessitava do suporte técnico para conseguir utilizar o sistema”) o que é ainda mais suportado pela média de 4 na resposta a “Penso que a maioria das

“pessoas aprenderia a utilizar este sistema rapidamente”. Estes dados revelam que a nível de acessibilidade e usabilidade a aplicação está construída para ser utilizada de maneira simples.

Em relação aos dados recolhidos no questionário de User-Experience (avaliação de 1 a 7), os resultados obtidos em relação à simplicidade de utilização e fácil aprendizagem estão a par dos analisados anteriormente.

	1	2	3	4	5	6	7	
Desagradável	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Agradável
Incompreensível	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	Compreensível
Criativo	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Sem criatividade
De Fácil aprendizagem	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	De difícil aprendizagem
Valioso	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Sem valor
Aborrecido	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Excitante
Desinteressante	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	Interessante
Imprevisível	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Previsível
Rápido	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Lento
Original	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Convencional
Obstrutivo	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	Condutor
Bom	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Mau
Complicado	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	Fácil
Desinteressante	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Atrativo
Comum	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Vanguardista
Incómodo	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	Cómodo
Seguro	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	Inseguro
Motivante	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Desmotivante
Atende as expectativas	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Não atende as expectativas
Ineficiente	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	Eficiente
Evidente	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Confuso
Impraticável	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	Prático
Organizado	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Desorganizado
Atraente	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Feio
Simpático	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	Antipático
Conservador	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	Inovador

Figura 37 - Média das respostas no questionário UE

Como é possível observar na figura 37, os avaliadores destacam também a inovação presente nas componentes imersivas disponibilizadas pela aplicação. Podemos tirar também conclusões relativas às técnicas de implementação aplicadas com a maioria a considerar o sistema rápido.

Classificado como moderadamente “Agradável”, “Atraente” e “Excitante” a aplicação tem aqui algum folgo para crescer em termos de design e também em relação ao tipo de conteúdo imersivo disponibilizado.

4.4. Avaliação objetiva dos requisitos/recursos da aplicação

Para contextualizar os resultados técnicos obtidos com as exigências inicialmente propostas, os requisitos funcionais e não-funcionais inicialmente propostos foram individualmente verificados.

De todos os requisitos funcionais proposto no capítulo “3.1. Recolha de Dados, Requisitos, Calendarização e Mockups”, apenas a última alínea (“O preenchimento da caderneta com POIs deve levará ao desbloqueio de medalhas”) não foi concretizada, sendo apenas implementados os desafios, pois com a pequena quantidade de POIs inserida na aplicação não existe uma diferenciação possível entre medalhas/desafios.

Em relação aos requisitos não-funcionais são necessários efetuar testes para avaliar o cumprimento da alínea “A aplicação não deve exigir muito processamento nem memória.”, um requisito com o objetivo de alarga a gama de equipamentos compatíveis com a aplicação.

Durante esta fase de testes, a aplicação apresentou a utilização média de memória de rápido acesso (RAM) de 10 MB, enquanto que o valor máximo capturado foi de 190 MB precisamente no momento em que o processo em questão exige uma maior alocação de memória. Trata-se da cena VR em modo portrait, onde é criada uma esfera com textura em alta definição que tem de estar prontamente acessível de todos os ângulos. São valores aceitáveis sendo que a maioria dos dispositivos de baixa gama já utilizam cerca de 1GB de RAM.

Em relação ao armazenamento, a aplicação ocupa apenas 127 MB no dispositivo graças aos processos de otimização e compressão automáticos utilizados pelo Unity sendo que deste tamanho de dados as texturas dos interiores dos POIs constituem cerca de 250 MB não comprimidos.

É possível ainda observar que cerca de 900 kB são reservados a dados do utilizador como o progresso referente aos desafios e alguma memória está reservada à cache de processos como a localização e mapeamento.

 ImmersivePOI 1.0	
LIMPAR DADOS	LIMPAR CACHE
Espaço utilizado	
Tamanho da aplicação	123 MB
Dados do utilizador	885 kB
Cache	2,32 MB
Total	127 MB

Figura 38 - Informações de Armazenamento da aplicação

Os restantes requisitos não-funcionais foram postos em prática e quanto à questão de fácil utilização é avaliada nos anteriores capítulos.

5. Conclusões

5.1. Cumprimento dos Objetivos

O estudo do estado de arte e os resultados obtidos ao longo da implementação e fase de avaliação da aplicação permitem agora responder às questões propostas, como principal objetivo do trabalho:

1. A utilização da aplicação tem um impacto positivo junto dos visitantes de pontos de interesse, melhorando a experiência do turista e promovendo a exploração do ambiente onde estão inseridos?

Sim. Como provado com os resultados obtidos na amostra da avaliação, este tipo de aplicações tem um impacto positivo nos visitantes de pontos de interesse.

2. É possível desenvolver um sistema orientado para o turismo com conteúdos imersivos, num dispositivo móvel? E quais as principais dificuldades?

Sim. Apesar das dificuldades exploradas no estado de arte, os dispositivos móveis são capazes de fornecer conteúdos imersivos com a qualidade desejada pelo consumidor e a mobilidade que estes apresentam é uma vantagem em questões como a do turismo e exploração. Tem, no entanto, de existir um balanço entre a exigência de processamento nos conteúdos imersivos disponibilizados.

5.2. Trabalho Futuro

O protótipo final demonstra através dos testes realizados durante a implementação e avaliação, uma boa integridade de utilização, mas à espaço para melhorar o que foi obtido a partir deste estudo. Assim, foram identificados alguns pontos que visam o melhoramento do protótipo implementado.

Sendo os pontos-de-interesse o principal foco da aplicação estes não deveriam estar limitados à inserção manual e deveria ser desenhada uma plataforma de inserção de pontos e novos conteúdos sem que fosse necessária a produção de mais linhas de código. Este sistema

teria de ser desenhado a partir do zero e várias modificações teriam de ser feitas ao protótipo para conseguir suportar uma estrutura deste tipo.

Para tornar a aplicação mais estável devem ser procuradas novas soluções que tornem a aplicação mais independente das condições de iluminação e do sinal de GPS obtido.

O desenvolvimento da aplicação deveria igualmente incluir a compatibilidade com os sistemas operativos iOS, de modo a colmatar uma das sugestões identificadas na avaliação de aceitação junto dos utilizadores.

Referências Bibliográficas

- Abreu, M. (2008). *As gravuras da Mão do Homem*. Vila Real: Unidade de Arqueologia, Departamento de Geologia, UTAD.
- Ahn, T., Ryu, S., & Han, I. (2007). The impact of Web quality and playfulness on user acceptance of online retailing. *Information & Management*, 263-275.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality Presence: Teleoperators and Virtual Environments. pp. 355-385.
- Bae, H., Walker, M., White, J., Sun, Y., & Golparvar-Fard, M. (2016). Fast and scalable structure-from-motion based localization for high-precision mobile augmented reality systems. *The Journal of Mobile User Experience*.
- Cairns, P., Cox, A. L., Berthouze, N., Jennett, C., & Dhoparee, S. (2006). Quantifying the experience of immersion in games. *CogSci 2006 Workshop: Cognitive Science of Games and Gameplay*.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, 341-377.
- Cheng, K., & Wang, Y. (2011). Using mobile GPU for general-purpose computing—a case study of face recognition on smartphones. *IEE International Symposium*, 4-8.
- Cota, M. P., & Gonçalves, R. (2016). *User-Experience Questionnaire*. Obtido de <https://www.ueq-online.org/>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design to Gamefulness : Defining "Gamification". *International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. New York, USA.
- Ervedosa, C. (1990). As gravuras rupestres do Alto da Mão do Homem. *Homenagem a J. R. dos Santos Júnior*. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical.

- Fardo, M. (2013). A gamificação aplicada em sistemas de aprendizagem. *RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação*.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Guitton, P. (2011). *Virtual Reality: Concepts and Technologies*. CRC Press.
- Graham, M., Zook, M., & Boulton, A. (2012). Augmented reality in urban places: contested content and the duplicity of code. *Transactions of the Institute of British Geographers*.
- Groen, E., & Bos, J. (2008). Simulator sickness depends on frequency of the simulator motion mismatch: An observation. *Presence*, 584-593.
- Huang, T., & Liao, S. (2015). A model of acceptance of augmented-reality interactive technology: the moderating role of cognitive innovativeness. *Electronic Commerce Research*, 269–295.
- Ibáñez, M., Serio, A., & Villarán, D. (2016). The Acceptance of Learning Augmented Reality Environments: A Case Study. *International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. Austin, TX, USA: IEEE.
- Jesus, D. (2016). *A realidade virtual chegou à Google*. pplware.
- Jung, T., Chung, N., & Leue, C. (2015). The determinants of recommendations to use augmented reality technologies: The case of a Korean theme park. *Tourism Management*, 75-86.
- Kong, R., & Hong, J. (2012). An Augmented Reality System Using Qr Code as Marker in Android Smartphone. *Spring Congress on Engineering and Technology*. Xian, China: IEEE.
- LaViola, J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 47–56.
- Lee, J., & Nam, K. (2017). An Analysis of Usability on Smartphone Virtual Reality Interior. *International Journal of Applied Engineering Research*, 4-8.

- Lin, J., Duh, L., Parker, E., Abi-Rached, H., & Furness, T. (2002). Effects of field of view on presence, enjoyment, memory, and simulator sickness in a virtual environment. *Proceedings of IEEE Virtual Reality*, 164-171.
- McGonigal, J. (2011). *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How*. New York: The Penguin Press.
- McKenzie, G. (2011). Gamification and location-based services. *Workshop on Cognitive Engineering for Mobile GIS*. California, Santa Barbara.
- Milgram, P., & Kishino, A. (1994). Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, pp. 1321-1329.
- Moro, C., Stromberga, Z., & Stirling, A. (2017). Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear VR) virtual reality in medical and health science education. *Australasian Journal of Educational Technology*.
- Netto, A., Machado, L., & Oliveira, M. (2002). Realidade virtual-definições, dispositivos e aplicações. . *Revista Eletrônica de Iniciação Científica-REIC*. .
- O'Brien, C. (2010). *Get ready for the decade of gamification*. San Jose Mercury News.
- Ollson, T. e. (2012). User evaluation of mobile augmented reality scenarios. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 29-47.
- Ozawa, T., Kitani, K., & Koike, H. (2012). Human-centric panoramic imaging stitching. . *Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference* , (pp. 20-22).
- Pimentel, K., & Teixeira, K. (1993). Virtual reality through the new looking glass.
- Popkin, H. (2010). *FarmVille invades the real world*. MSNBC.
- Porter, C., & Donthu, N. (2006). Using the technology acceptance model to explain how attitudes determine Internet usage: The role of perceived access barriers and demographics. *Journal of Business Research*, 999-1007.

- Radoff, J. (2011). *Game On: Energize Your Business with Social Media Games*. . [S.l.]: Wiley. , 32-35.
- Rese, A., Schreiber, S., & Baier, D. (2014). Technology acceptance modeling of augmented reality at the point of sale: Can surveys be replaced by an analysis of online reviews? *Journal of Retailing and Consumer Services*, 869-876.
- Rodrigues, L., Costa, C., & Oliveira, A. (2014). Gamification: The Using of User Discussion Groups in the Software Development in e-Banking. *International Conference on Information Systems and Design of Communic*. New York, NY, USA.
- Rosenberg, L. (1992). The Use of Virtual Fixtures As Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments. USAF Armstrong Laboratory: Technical Report AL-TR-0089.
- Rosenberg, L. (1993). Virtual Fixtures: Perceptual Overlays for Telerobotic Manipulation. *Proc. of the IEEE Annual Int. Symposium on Virtual Reality*, (pp. 76-82).
- Ruddle, R. (2004). The effect of environment characteristics and user interaction on levels of virtual environment sickness. *Proceedings of IEEE Virtual Reality*., 141-148.
- Souza, A., & Sutko, S. (2009). Digital Cityscapes. *Merging digital and urban playspaces*.
- Steed, A., & Julier, S. (2013). Design and implementation of an immersive virtual reality system based on a smartphone platform. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*.
- Sturman, D. J., & Zeltzer, D. (1994). A survey of glove-based input. *IEEE Computer graphics and Applications*.
- Sutter, J. (2010). *Browse the Web, earn points and prizes*. CNN.
- Takahashi, D. (2010). *Gamification gets its own conference*. Venture Beat.
- Total, S. U. (2014). 1.75 Billion in 2014. *Mobile users pick up smartphones as they become more affordable, 3G and 4G networks advance*.

- Vallino, J. (1998). Interactive Augmented Reality. . *Technical Report Interactive Augmented Reality. Now York, USA.* .
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*.
- Wuest, A. (2017). A talk from the Develop Track. *AWE USA 2017 - the largest conference for AR+VR*. Santa Clara, California.
- Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2012). Smartphone Augmented Reality Applications for Tourism. *e-Review of Tourism Research*, 63-66.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality : An Overview and Five Directions for AR in Education. . *Journal of Educational Technology Development & Exchange*, 119-140.

Anexos

Anexo A – Questionário de Avaliação de User-Experience

Por favor dê-nos a sua opinião.

A fim de avaliar o produto, por favor preencha o seguinte questionário. É constituído por pares de opostos relativos às propriedades que o produto possa ter. As graduações entre os opostos são representadas por círculos. Ao marcar um dos círculos, você pode expressar sua opinião sobre um conceito.

Exemplo:

Atraente	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Feio
----------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------

Esta resposta significa que avalia o produto mais **atraente** do que **feio**.

Marque a sua resposta da forma mais espontânea possível. É importante que não pense demasiado na resposta porque a sua avaliação imediata é que é importante.

Por favor, assinale sempre uma resposta, mesmo que não tenha certezas sobre um par de termos ou que os termos não se enquadrem com o produto.

Não há respostas "certas" ou respostas "erradas". A sua opinião pessoal é que conta!

Por favor, dê-nos a sua avaliação atual do produto em causa.

Por favor, marque apenas um círculo por linha.

	1	2	3	4	5	6	7	
Desagradável	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Agradável
Incompreensível	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Compreensível
Criativo	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Sem criatividade
De Fácil aprendizagem	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	De difícil aprendizagem
Valioso	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Sem valor
Aborrecido	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Excitante
Desinteressante	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Interessante
Imprevisível	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Previsível
Rápido	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Lento
Original	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Convencional
Obstrutivo	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Condutor
Bom	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Mau
Complicado	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Fácil
Desinteressante	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Atrativo
Comum	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Vanguardista
Incómodo	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Cómodo
Seguro	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Inseguro
Motivante	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Desmotivante
Atende as expectativas	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Não atende as expectativas
Ineficiente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Eficiente
Evidente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Confuso
Impraticável	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Prático
Organizado	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Desorganizado
Atraente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Feio
Simpático	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Antipático
Conservador	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Inovador

Anexo B – Questionário de Avaliação de SUS

System Usability Scale – Questionário de Usabilidade

Obrigado por participar no questionário. Por favor responda com cruzes às alíneas seguintes conforme o seu grau de concordância (de 1- Discordo Totalmente até 5- Concordo Totalmente).

1. Eu gostaria de usar este sistema com frequência

1	2	3	4	5

2. Achei o sistema desnecessariamente complexo

1	2	3	4	5

3. Achei o sistema fácil de utilizar

1	2	3	4	5

4. Penso que necessitava do suporte técnico para conseguir utilizar o sistema

1	2	3	4	5

5. Encontrei várias inconsistências no sistema

1	2	3	4	5

6. Penso que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar este sistema rapidamente

1	2	3	4	5

7. Sinto-me confiante a utilizar este sistema

1	2	3	4	5

8. É necessário de aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema

1	2	3	4	5

Anexo C – Questionário de Avaliação de Aceitação

Questionário

Utilização de tecnologias de RA e RV para entrega de conteúdos imersivos baseados na localização

Caro participante,

O presente questionário destina-se à realização de um estudo tendo em vista caracterizar a utilização de aplicações de conteúdos imersivos em smartphones e a sua relação com o turismo e legado cultural.

Procure ser o mais exato possível nas tuas respostas, estas são absolutamente confidenciais. Agradeço assim, desde já, a tua colaboração.

1. Sexo:

(Assinale apenas uma das opções apresentadas)

☐ Masculino

☐ Feminino

2. Idade:

(Assinale apenas uma das opções apresentadas)

☐ < 15

☐ 15 – 18

☐ 19 – 24

☐ 25 – 39

☐ > 40

3. Nível de Escolaridade:

(Assinale apenas uma das opções apresentadas)

☐ 1º Ciclo de Ensino Básico (4º ano)

☐ 2º ou 3º Ciclo de Ensino Básico (5º ano ao 9º ano)

☐ Ensino secundário (10º ao 12º ano)

☐ Ensino superior

4. Local de residência (Cidade): _____

5. Tem acesso a um smartphone próprio?

(Assinale apenas uma das opções apresentadas, se a resposta for "Não" pode avançar para a questão nº 7)

☐ Sim

☐ Não

6. Quantas horas/dia estimas utilizar o teu smartphone?
(Assinale apenas uma das opções apresentadas)
- ☐ Menos de 1 hora
- ☐ 1 a 3 horas
- ☐ 3 a 5 horas
- ☐ 5 a 7 horas
- ☐ mais de 7 horas
7. Antes desta experiência já tinhas experimentado uma aplicação VR/AR?
(Assinale apenas uma das opções apresentadas)
- ☐ Sim. Se sim, Qual? _____
- ☐ Não
8. Qual é a tua percepção geral das tecnologias VR/AR?
(Assinale apenas uma das opções apresentadas)
- ☐ São tecnologias interessantes
- ☐ Tenho interesse em VR mas não em AR
- ☐ Tenho interesse em AR mas não em VR
- ☐ Não tenho interesse nas tecnologias VR/AR
9. Já alguma vez esteve presente no ponto-de-interesse que testou através da aplicação?
(Assinale apenas uma das opções apresentadas)
- ☐ Sim
- ☐ Não
10. Com base na sua experiência de hoje classifique o seu nível de concordância com as seguintes afirmações:
(Para cada tópico assinale apenas uma opção de escala)

	<u>Discordo</u> <u>Totalmente</u>	<u>Discordo</u> <u>Parcialmente</u>	Não concordo, nem discordo	<u>Concordo</u> <u>Parcialmente</u>	<u>Concordo</u> <u>Totalmente</u>
A minha interação com o sistema é clara e compreensível					
Interagir com o sistema não requer muito esforço mental					
Sinto que o sistema é fácil de utilizar					
Sinto que é fácil fazer com a aplicação faça o que pretendo					

	Discordo, Totalmente	Discordo, Parcialmente	Não concordo, nem discordo	Concordo, Parcialmente	Concordo, Totalmente
A utilização da aplicação AR é fácil de aprender					
Existem funções de ajuda e são de fácil compreensão					
A aplicação AR é fácil de utilizar					
A aplicação AR é conveniente para apresentar informação adicional					
A aplicação AR tem uma estrutura visualmente agradável					
A aplicação AR permite aceder a informação relevante					
A aplicação AR é compatível com sistemas que uso					
A aplicação AR pode ser utilizada com um smartphone sem grande preparação necessária					

Para mim, a aplicação AR tem relevância e valor					
A aplicação AR fornece informação adicional agradável					
A aplicação AR é perfeita para transmitir informação num ambiente de turismo					
A aplicação AR é inspiradora para apresentação de informação em casos de localizações relacionadas com turismo					

Tive um sentimento de presença nas cenas apresentadas					
Senti que estava a visitar os locais no ambiente apresentado					
Senti que os objetos podiam ser quase tocados					
Senti-me envolvido pelo ambiente apresentado					
Gostei da experiência					
A minha experiência foi forte					

	Discordo, Totalmente	Discordo, Parcialmente	Não concordo, nem discordo	Concordo, Parcialmente	Concordo, Totalmente
O conteúdo pareceu-me credível					
O ambiente apresentado parecia natural					
Tive a percepção que os objetos apresentados eram reais					

Utilizar aplicações AR pode adicionar novo significado a locais, serviços, produtos, etc.					
Utilizar aplicações AR oferece-me novas experiências					
Utilizar aplicações AR pode aumentar a minha compreensão do ambiente onde estou inserido					
Aplicações AR trazem benefícios ao quotidiano					
Utilizar aplicações AR é cativante					
Tenho grande expectativa em relação a aplicações AR					
Utilizar aplicações AR traz experiências agradáveis					
Utilizar aplicações AR suportam as minhas atividades em diferentes comunidades					
Utilizar aplicações AR influenciam-me a partilhar informações/arte com outros					
Utilizar aplicações AR ajuda-me a inspirar-me					
Utilizar aplicações AR oferece-me um modo de me expressar					

Achei a aplicação AR agradável					
O processo de utilização da aplicação AR é agradável					
Diverti-me a utilizar a aplicação AR					

	Discordo, Totalmente	Discordo, Parcialmente	Não concordo, nem discordo	Concordo, Parcialmente	Concordo, Totalmente
Tenho uma atitude positiva em relação a aplicações AR					
Utilizar aplicações AR faz sentido no contexto turístico					
As aplicações AR deviam ser adotadas no contexto turístico					
A utilização de uma aplicação AR é uma boa ideia					

Utilizar esta aplicação é divertido					
Não tive perceção do tempo enquanto interagi com a aplicação					
Ao utilizar esta aplicação senti desconforto					
Utilizar esta aplicação cativa a exploração					
Ao utilizar esta aplicação estimula a minha curiosidade					
Ao utilizar esta aplicação estimula a minha imaginação					

Se eu soubesse de uma nova tecnologia, procuraria maneiras de experimentar					
Entre os meus colegas, sou geralmente o primeiro a experimentar novas tecnologias					
Em geral, sou hesitante em experimentar novas tecnologias					
Gosto de experimentar novas tecnologias					

11. Quais foram os principais problemas que encontrou no decorrer desta experiência?

12. Utilize este espaço para fazer alguma sugestão que segundo a sua experiência iria melhorar a aplicação testada:

Obrigado pela sua participação!

Este projeto está inserido no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática da Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro, está a ser desenvolvido pelo mestrado João Carvalho sob a orientação do Professor Maximino Bessa.

Vila Real, [Maio](#) 2018