

Universidade Fernando Pessoa

Realidade aumentada em ambientes interiores não estruturados



David Sousa

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Fernando Pessoa

Dissertação apresentada à Universidade Fernando Pessoa como parte dos
requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática,
ramo Computação Móvel

Master Thesis

Orientador: Prof. Doutor Feliz Ribeiro Gouveia
Fevereiro de 2019

Resumo

A Realidade Aumentada, *Augmented Reality* (AR), caracteriza-se pela sobreposição de elementos virtuais à imagem do mundo real, enriquecendo desse modo a percepção visual que o utilizador pode ter de uma cena visual. Aplicações de Realidade Aumentada têm sido desenvolvidas em diversas áreas da atividade humana contribuindo com inúmeras vantagens para quem as utiliza. Contudo, a complexidade no desenvolvimento de aplicações deste tipo exige metodologias e ferramentas de modo a aproveitar em pleno as potencialidades desta tecnologia. A presente dissertação apresenta o desenvolvimento de um protótipo que exemplifica os requisitos e processos necessários para o desenvolvimento de aplicações móveis de AR, fornecendo uma estrutura para o desenvolvimento destas aplicações de uma forma simples e expedita. O protótipo proposto é independente do dispositivo ou plataforma utilizada para desenvolvimento de aplicações de AR. Neste sentido, vão ser implementados nesta dissertação módulos funcionais para a realização das tarefas necessárias para o desenvolvimento de aplicações de AR, nomeadamente funções para aquisição de imagem, para renderização de objetos virtuais e funções para rastreamento de objetos virtuais, permitindo desse modo que objetos virtuais estejam perfeitamente alinhados com as imagens do mundo real. Estes módulos vão ser implementados utilizando ferramentas tais como Unity e funções desenvolvidas no âmbito desta dissertação. Finalmente, com os módulos implementados, foi desenvolvido um caso de estudo que apresenta os aspetos relacionados com a aplicação, o cenário envolvido e os resultados decorrentes da sua utilização.

Palavras chave: aplicações móveis; exposições interativas; museus; realidade aumentada;

Abstract

Augmented Reality (AR) is characterized by the overlap of virtual elements to the real world image, thereby enriching the user's visual perception of a visual scene. Applications of Augmented Reality have been developed in several areas of human activity contributing with innumerable advantages to those who use them. However, the complexity of developing such applications requires methodologies and tools in order to take full advantage of the potential of this technology. The present dissertation proposal presents the development of a prototype that exemplifies the requirements and processes necessary for the development of AR mobile applications, providing a framework for the development of these applications in a simple and expeditious way. The proposed prototype is independent of the device or platform used to develop AR applications. In this sense, it will be implemented in this dissertation functional modules to perform the tasks necessary for the development of AR applications, namely functions for image acquisition, for rendering of virtual objects and functions for tracking virtual objects, thus allowing virtual objects perfectly aligned with real-world images. These modules will be implemented using tools such as Unity and functions developed within the scope of this dissertation. Finally, with the modules implemented, a case study was developed that presents the aspects related to the application, the scenario involved and the benefits derived from its use.

Keywords: augmented reality; interactive exhibits; mobile applications; museum applications;

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor Feliz Ribeiro Gouveia, pela sua dedicação e orientação prestadas na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto de Informática (IDLAB) da Universidade de Tallinn, em especial ao Professor Doutor David Lamas por todo o apoio prestado na fase inicial desta dissertação.

À diretora do Museu Nacional Soares dos Reis, Dr.^a Maria João Vasconcelos e ao apoio em particular da Dr.^a Adelaide Carvalho por toda a ajuda durante o processo de criação de conteúdo da aplicação.

À minha mãe, meu padrasto e avó Pilar por acreditarem nas minhas escolhas, apoiando-me incondicionalmente e esforçando-se junto a mim.

Aos meus amigos, presentes ou não, pelas palavras e gestos de apoio e carinho.

Conteúdo

Conteúdo	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Acrónimos	x
1 Introdução	1
1.1 Aplicações de Realidade Aumentada	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Metodologia	2
2 Realidade Aumentada	3
2.1 Definição	3
2.2 Tecnologias em dispositivos móveis	4
2.2.1 Tecnologias de Realidade Aumentada	4
2.2.1.1 Tecnologia Ótica	4
2.2.1.2 Tecnologia por vídeo	5
2.2.2 Técnicas de rastreamento	6
2.2.2.1 Rastreamento baseado em sensores	6
2.2.2.2 Rastreamento baseado em visão computacional	7
2.2.3 Tipos de extração de características	7
2.3 Plataformas de realidade aumentada	10
2.3.1 Unity	10
2.3.2 Vuforia	11
2.4 Aplicações de realidade aumentada	11
2.4.1 Aplicações para museus	11
3 Requisitos da aplicação	16
3.1 Contexto	16
3.1.1 Breve descrição	16

3.1.2	Museu Nacional Soares dos Reis	17
3.1.3	Arquitetura da aplicação	18
3.2	Funcionalidades a implementar	19
3.3	Requisitos	19
3.3.1	Requisitos funcionais	19
3.3.2	Requisitos não funcionais	20
3.3.3	Outros requisitos	20
3.4	Implementação	21
3.5	Ferramenta de edição	22
4	Estudo da aplicação	25
4.1	Descrição	25
4.2	Análise	26
4.2.1	Estudo univariado	27
4.2.2	Estudo bivariado	38
5	Conclusão	56
	Anexo 1	58
	References	62

Lista de Figuras

2.1	Reality-Virtuality Continuum (Milgramt and Kishinott, 1994)	3
2.2	Tecnologia Ótica (Azuma, 1997)	5
2.3	Tecnologia de Vídeo (Azuma, 1997)	5
2.4	Tecnologia de vídeo baseada em monitores (Azuma, 1997)	6
2.5	Utilização do algoritmo SIFT (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013c)	8
2.6	Utilização do algoritmo SURF (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013d)	9
2.7	Utilização do algoritmo FAST (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013a)	9
2.8	Utilização do algoritmo ORB (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013b)	10
2.9	Utilização da aplicação no «Mataró Museum» na exposição Mar de Fons .	12
2.10	Visualização da aplicação no «Barcelona Egyptian Museum» na exposi- ção Tutankhamon. História de uma descoberta	12
2.11	Visualização da aplicação "Magnus App"	13
2.12	Visualização da aplicação "Smartify"	14
3.1	Esquema de como a aplicação deverá funcionar	16
3.2	Foto da fachada do Museu Nacional Soares dos Reis (Turismo do Porto e Norte de Portugal, 2019)	17
3.3	Arquitetura da aplicação	18
3.4	Canto Superior Esquerdo	21
3.5	Canto Inferior Direito	22
3.6	Menu de Quadros	23
3.7	Página de visualização da informação dos quadros	23
3.8	Página de visualização da informação dos pontos de interesse de cada quadro	24
4.1	Sala de Pousão no Museu Nacional Soares dos Reis, onde a experiência foi realizada.	25

Lista de Tabelas

2.1	Resumo das principais características de aplicações para museus.	15
4.1	Pergunta 1. Frequência absoluta.	27
4.2	Pergunta 2. Frequência absoluta.	27
4.3	Pergunta 3. Frequência absoluta.	28
4.4	Pergunta 4. Frequência absoluta.	29
4.5	Pergunta 5. Frequência absoluta.	30
4.6	Pergunta 6. Frequência absoluta.	31
4.7	Pergunta 7. Frequência absoluta.	31
4.8	Pergunta 8. Frequência absoluta.	32
4.9	Pergunta 9. Frequência absoluta.	33
4.10	Pergunta 10. Frequência absoluta.	34
4.11	Pergunta 11. Frequência absoluta.	35
4.12	Pergunta 12. Frequência absoluta.	35
4.13	Pergunta 13. Frequência absoluta.	36
4.14	Pergunta 14. Frequência absoluta.	37
4.15	Valores observados	38
4.16	Valores observados agrupados	39
4.17	Valores esperados	40
4.18	Valores observados	41
4.19	Valores observados agrupados	41
4.20	Valores esperados	42
4.21	Valores observados	43
4.22	Valores observados agrupados	44
4.23	Valores esperados	45
4.24	Valores observados	46
4.25	Valores observados agrupados	46
4.26	Valores esperados	47
4.27	Valores observados	47
4.28	Valores observados agrupados	48
4.29	Valores esperados	48

4.30	Valores observados	49
4.31	Valores observados agrupados	50
4.32	Valores esperados	51
4.33	Valores observados	52
4.34	Valores observados agrupados	53
4.35	Valores esperados	54

Acrónimos

AR *Augmented Reality*

BRIEF *Binary Robust Independent Elementary Features*

CCD *Charge-Coupled Device*

CSS *Cascading Style Sheet*

FAST *Features from Accelerated Segment Test*

HMD *Head Mounted Display*

HTML *HyperText Markup Language*

LCD *Liquid Crystal Display*

ORB *Oriented FAST and rotated BRIEF*

PHP *Hypertext Preprocessor*

SIFT *Scale Invariant Feature Transform*

SQL *Structured Query Language*

SURF *Speeded-Up Robust Features*

XAMPP *X (any of four different operating systems), Apache, MySQL, PHP and Perl*

XML *Extensible Markup Language*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Aplicações de Realidade Aumentada

Uma aplicação de realidade aumentada (RA) permite acrescentar elementos virtuais a imagens reais melhorando a experiência do utilizador. Existem muitas áreas em que a realidade aumentada pode ser utilizada: medicina, engenharia, desporto, arte. É uma área em grande desenvolvimento quer em termos de investigação, quer em termos de aplicações no mercado, e, como a realidade aumentada pode ser útil em muitas áreas, existe um interesse nessas mesmas aplicações mas ainda se considera uma tecnologia complexa.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e analisar a utilização em contexto real de uma aplicação móvel de realidade aumentada. Um dos objetivos dessa aplicação será o acesso a informação sobre obras de arte existentes num museu, isto é, a apresentação de informação adicional sobre a obra de arte. Assim, deverá permitir ao utilizador apontar um dispositivo móvel para uma determinada obra e a aplicação vai realçar um ou mais detalhes da obra, que deverá existir na base de dados. De seguida apresenta alguma informação sobre o objeto realçado. Com o auxílio da realidade aumentada vai ser possível «aumentar» uma obra, explicando-a com mais detalhe (pontos de inspiração, áreas específicas da mesma que sejam relevantes). Para construir a base de dados serão usadas alguns quadros existentes no Museu Nacional Soares dos Reis. Introduzem-se várias imagens do quadro na base de dados e, utilizando uma plataforma de desenvolvimento de realidade aumentada, definem-se os pontos de interesse sobre os quais haverá informação adicional. Com esta aplicação não será necessária a colocação de nenhum objeto extra por parte do museu, como por exemplo colunas, tudo funcionará no dispositivo móvel do utilizador. Outra vantagem da utilização do dispositivo móvel de cada utilizador é a possibilidade de

escolher o idioma pretendido. O Museu Nacional Soares dos Reis tem a possibilidade de definir os idiomas pretendidos.

Outro dos objetivos do trabalho será tornar esta aplicação fácil de atualizar posteriormente, sem ser necessário uma equipa de programadores para o fazer. Deverá ser possível, mais tarde, adicionar e atualizar a informação da base de dados, permitindo a adição de uma obra de arte, breve descrição da mesma e áreas a realçar, também com uma nova descrição sobre essa zona.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada para este trabalho foi criar um protótipo de uma aplicação para iOS e Android que seja capaz de identificar algumas obras de arte do Museu Nacional Soares dos Reis, assim como identificar pontos de interesse nessas mesmas obras e exibir pequenos textos descritivos sobre essas zonas. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as aplicações de realidade aumentada em museus já existentes, assim como os seus métodos e resultados. A revisão bibliográfica ajudou a definir os requisitos da aplicação e a escolher as tecnologias para a desenvolver. O desenvolvimento da aplicação foi feito sem interação com os potenciais utilizadores, deixando-se a avaliação para a parte experimental. No fim foi realizado um inquérito a visitantes do museu escolhidos de forma aleatória sobre a experiência com a aplicação. Os dados foram analisados posteriormente e foram alvo de um estudo estatístico.

Capítulo 2

Realidade Aumentada

A expressão «Realidade Aumentada» («Augmented Reality») foi usada pela primeira vez em 1990 por Thomas P. Caudell. (Caudell and Mizell, 1992). Anteriormente a 1990, foram criadas algumas interfaces gráficas que podem ser consideradas realidade aumentada. Na década de 60, Sutherland (Sutherland, 1965) utilizou um capacete com visor transparente para observar imagens 3D desenvolvidas por si. Ao longo da década de 90 aumentou o interesse em misturar elementos virtuais com elementos reais e possibilitou o desenvolvimento da realidade aumentada.

2.1 Definição

A realidade aumentada é uma particularização de um conceito mais geral, denominado realidade misturada. (Kirner, 2007).

De acordo com Milgram e Kishino (Milgramt and Kishinott, 1994), a realidade aumentada pode ser localizada entre o mundo real e os ambientes da realidade virtual no *Reality-Virtuality Continuum* como se vê na figura 2.1.

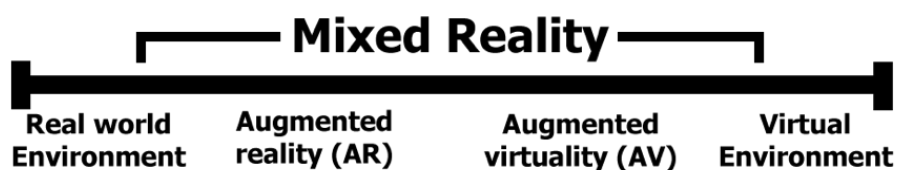


Figura 2.1: *Reality-Virtuality Continuum* (Milgramt and Kishinott, 1994)

A realidade aumentada faz parte do conceito de ambiente de realidade mista onde objetos reais e virtuais são vistos da mesma forma. É uma tecnologia que permite aos utilizadores observar o mundo real com objetos virtuais acrescentados de uma forma que eles parecem coexistir no mesmo espaço como objetos do mundo real. (Azuma, 1997) define que os

sistemas de realidade aumentada devem compartilhar as seguintes propriedades: juntar objetos reais e virtuais num ambiente real; serem interativos em tempo real e alinhar objetos virtuais e reais em três dimensões.

Uma das maneiras mais simples de se conseguir isto baseia-se no uso de um computador com uma câmara que, através de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, mistura a cena do ambiente real, capturada pela câmara, com objetos virtuais gerados por computador. O programa também gere o posicionamento, oclusão e interação dos objetos virtuais, dando a impressão ao utilizador que o cenário é único.

A realidade misturada pode receber duas denominações: realidade aumentada, quando o ambiente principal ou predominante é o mundo real e, virtualidade aumentada, quando o ambiente principal ou predominante é o mundo virtual. (Zorzal et al., 2008)

Assim, a realidade aumentada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais no mundo real, através de um dispositivo tecnológico, melhorando ou aumentando a visão do utilizador. Cabe ressaltar que, neste caso, os objetos virtuais são trazidos para o espaço do utilizador, onde ele tem segurança e sabe como interagir, sem a necessidade de aprendizagem. (Zorzal et al., 2008)

2.2 Tecnologias em dispositivos móveis

2.2.1 Tecnologias de Realidade Aumentada

Um dos primeiros passos na construção de um sistema de AR é decidir a tecnologia a ser usada, com base nas necessidades do sistema. Azuma (1997) estabelece duas opções de tecnologia: Ótica e Vídeo, cada uma com os seus benefícios e desvantagens. Monitores Montados na Cabeça (*Head Mounted Display* (HMD)) foram um dos primeiros dispositivos que tornaram possível a Realidade Aumentada. Eles foram usados, por exemplo, em aeronaves militares que forneciam informações básicas de navegação e voo por meio de lentes, que permitiam ao piloto ver o mundo real com a dita informação sobreposta.

2.2.1.1 Tecnologia Ótica

A tecnologia ótica (Azuma, 1997) é qualquer sistema que utiliza luz para transmitir informação utilizando um feixe ótico, como os HMD colocando os combinadores óticos diante dos olhos do utilizador. Os combinadores óticos são parcialmente transmissivos e reflexivos, para que o utilizador possa visualizar o mundo real através deles ao mesmo tempo em que vê imagens virtuais criadas pelo gerador de cenas, como visto no diagrama da figura 2.2.

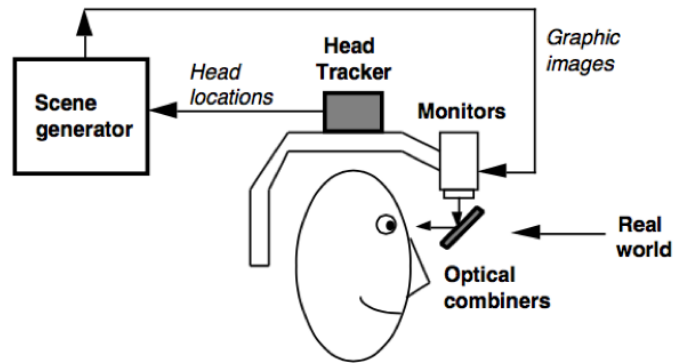


Figura 2.2: Tecnologia Ótica (Azuma, 1997)

Dependendo do hardware usado, essa visão direta do mundo real pode ter algumas desvantagens: apenas uma fração da luz do mundo real alcança os olhos do utilizador e, enquanto o mundo real é visto sem qualquer atraso, pode haver algum atraso nas imagens virtuais. No entanto, em caso de falha, o utilizador já não poderá visualizar o mundo real por meio do vídeo HMD, ao contrário dos seus equivalentes óticos.

2.2.1.2 Tecnologia por vídeo

A tecnologia de vídeo depende de câmaras de vídeo para captar imagens do mundo real que serão combinadas com objetos virtuais. Essa tecnologia é usada por outro tipo de sistemas baseados em HMD e sistemas baseados em monitores.

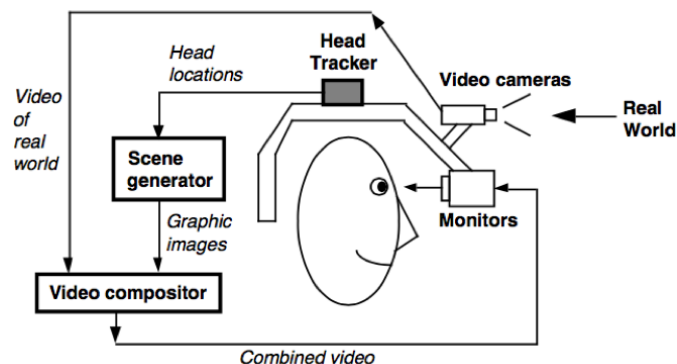


Figura 2.3: Tecnologia de Vídeo (Azuma, 1997)

O HMD de vídeo transparente combina um HMD de visualização fechada com câmaras de vídeo montadas na cabeça que capturam e fornecem a visão do mundo real do utilizador combinada com as imagens virtuais criadas pelo gerador de cenas. Um diagrama explicativo do funcionamento (Azuma, 1997) pode ser visto na figura 2.3. Em caso de

falha, o utilizador não pode mais visualizar o mundo real por meio do vídeo HMD, ao contrário dos seus equivalentes óticos.

Os sistemas baseados em monitores incluem uma ou duas câmaras para capturar o ambiente real que é combinado com as imagens virtuais geradas num monitor em frente ao utilizador, como mostrado na figura 2.4.

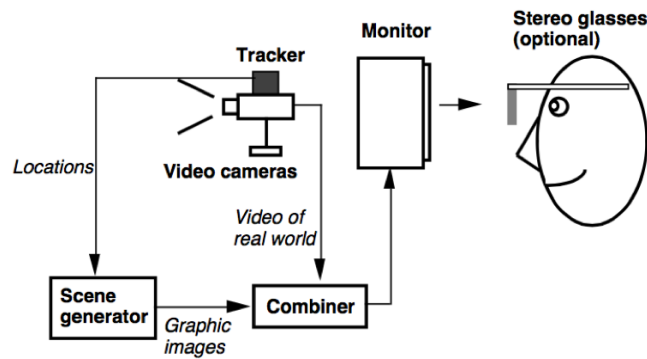


Figura 2.4: Tecnologia de vídeo baseada em monitores (Azuma, 1997)

Qualquer dispositivo com uma câmara, ecrã e um software pode ser considerado um sistema AR deste tipo. Rekimoto chamou isso de «a abordagem da metáfora da lupa» (Rekimoto, 2014) quando propôs um sistema chamado NaviCam que consistia numa pequena TV *Liquid Crystal Display* (LCD), câmara *Charge-Coupled Device* (CCD) e um sensor giroscópio. Avanços na tecnologia tornaram possível incorporar este conceito em dispositivos modernos como «smartphones», computadores portáteis e video jogos. De facto, a alta portabilidade desses sistemas levou ao crescimento de jogos AR. Os monitores portáteis são "uma boa alternativa aos sistemas [...] de HMD para aplicações de AR, particularmente porque são minimamente intrusivos, socialmente aceitáveis, prontamente disponíveis e altamente móveis", de acordo com Zhou et al. (2008).

2.2.2 Técnicas de rastreamento

O rastreamento (tracking) mede a posição e a orientação do observador no espaço em relação ao sistema de captura de imagem, dando ao utilizador a possibilidade de se deslocar movimentando o dispositivo. Duas das principais técnicas usadas para rastreamento - sensor e visão - podem ser usadas independentemente ou em conjunto (técnica híbrida).

2.2.2.1 Rastreamento baseado em sensores

As técnicas de rastreamento baseadas em sensores utilizam tecnologias como sensores magnéticos, acústicos, inerciais, óticos e / ou mecânicos. Todos eles têm as suas respectivas vantagens e desvantagens. Os sensores magnéticos têm alta taxa de atualização da

característica a medir e são leves, mas podem ser distorcidos por qualquer substância metálica próxima que perturbe o campo magnético. Os sensores acústicos permitem detetar os movimentos tanto do utilizador como do dispositivo. As alterações dos objetos, reais e virtuais, causadas por esses movimentos são posteriormente projetadas nos olhos do utilizador.

2.2.2.2 Rastreamento baseado em visão computacional

Esta técnica usa métodos de processamento de imagens para calcular a posição da câmara em relação a objetos do mundo real.

Os métodos baseados em marcadores determinam a posição da câmara em tempo real a partir de marcadores artificiais reconhecidos pela deteção de propriedades de marcadores conhecidas pelo algoritmo de processamento (como padrões ou cantos). Com essa informação, é possível calcular e posicionar um objeto virtual dentro da cena do mundo real capturada pela câmara, de acordo com a posição e orientação do marcador.

Os métodos baseados em recursos dependem de pontos, arestas, texturas e outros recursos que ocorrem naturalmente para determinar a posição da câmara. Com a posição conhecida, algumas características podem ser usadas para melhorar o rastreamento e atualizar a posição. Segundo Zhou et al, (2008), "a tendência mais recente em técnicas de rastreamento de visão computacional [...] é o rastreamento baseado em métodos", onde um modelo de recursos de objetos rastreados é usado para rastrear a sua localização no mundo real. Como os limites de objetos são eficientes para encontrar e resistentes à iluminação, estes são os recursos usados com mais frequência.

2.2.3 Tipos de extração de características

Um aspeto fundamental numa aplicação de realidade aumentada é o reconhecimento de imagens. Esse reconhecimento baseia-se nas características da imagem que se mantêm inalteradas por translação, rotação e mesmo ampliação ou redução da imagem. As alterações de iluminação ou do ângulo de visão da imagem por parte da câmara também não devem alterar completamente essas características ou, pelo menos, alterá-las muito. Designa-se por extração de características a identificação das características da imagem e comparação com a base de dados para reconhecimento da imagem. Foram desenvolvidos vários algoritmos que têm esse objetivo, sendo os mais usados: *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT), *Speeded-Up Robust Features* (SURF) e *Oriented FAST and rotated BRIEF* (ORB).

Um dos primeiros métodos criados com este propósito foi o método do detetor de cantos de Harris (Harris and Stephens, 1988) baseado nos valores próprios de uma matriz de determinados momentos. Contudo este método não era invariante por ampliação ou redução.

O algoritmo **SIFT** (Lowe, 2004), faz uma abordagem onde são analisadas em último lugar as características mais exigentes, isto é, que exigem mais da máquina. Deste modo, se a imagem já foi rejeitada por não verificar alguma das características inicialmente analisadas então não chega à fase de analisar as características mais exigentes. Este método tem essencialmente quatro fases. Na primeira fase identificam-se potenciais pontos de interesse que se mantenham inalterados por ampliação ou redução do ângulo de visão da imagem. De seguida, são selecionados pontos-chave baseados em medidas de estabilidade, comparando a posição real com a posição virtual desses pontos-chave. Uma ou mais orientações são atribuídas a cada localização de pontos-chave com base nas direções do gradiente de imagem local. Os gradientes da imagem local são medidos na escala selecionada na região em torno de cada ponto-chave.



Figura 2.5: Utilização do algoritmo SIFT (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013c)

O algoritmo **SURF** (Bay et al., 2006) é, de certo modo, baseado no método do detetor de cantos de Harris pois usa também uma matriz de medidas para analisar a correspondência de imagens. Este método começa por selecionar pontos-chave na imagem tais como cantos, bolhas em junções em T. De seguida, a vizinhança de cada ponto-chave é representada por um vetor de características que posteriormente é usado para comparar imagens, frequentemente utilizando distâncias entre vetores.

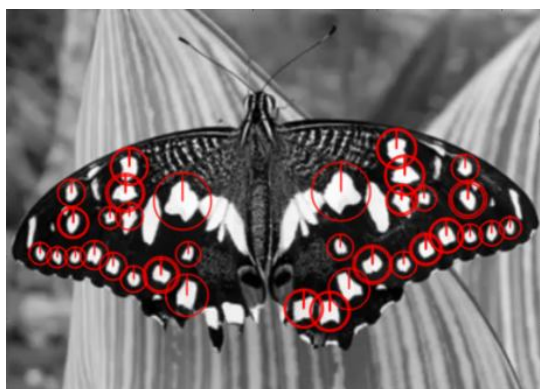


Figura 2.6: Utilização do algoritmo SURF (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013d)

O algoritmo *Features from Accelerated Segment Test (FAST)* (Rosten and Drummond, 2006) foi criado com o propósito de melhorar o desempenho dos métodos detetor de cantos de Harris e SIFT, exigindo menos tempo de processamento. Numa primeira fase é usada detecção de cantos e posteriormente é utilizado um algoritmo de aprendizagem para conseguir um grande aumento da velocidade.

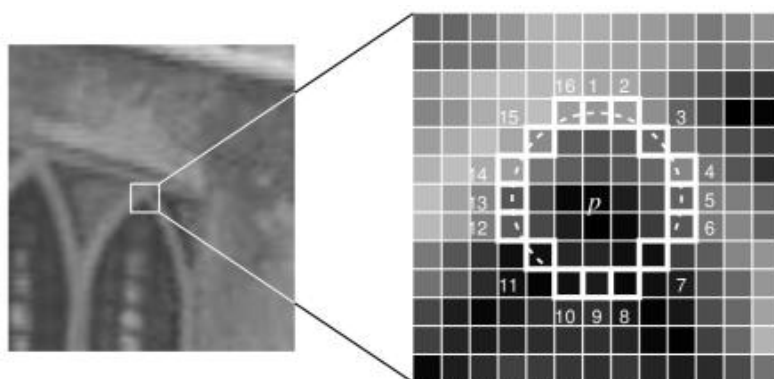


Figura 2.7: Utilização do algoritmo FAST (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013a)

O algoritmo *Binary Robust Independent Elementary Features (BRIEF)* (Calonder et al., 2010) tem a característica importante de traduzir os descritores em binário que provoca uma melhoria no tempo de execução. Um motivo para esse facto é a possibilidade de utilização da distância de Hamming.

O algoritmo **ORB** (Rublee and Bradski, 2011) é uma alternativa aos métodos anteriores, que usa também descritores binários, e que se propõe ser mais eficiente e invariante por rotação. No seu trabalho, os criadores do método, tentam demonstrar que o método ORB é duas vezes mais rápido que o método SIFT e que, na maioria dos casos, mantém a eficiência. Uma das principais contribuições deste método é a utilização de um componente de orientação rápida e precisa baseada no método FAST. Outra contribuição importante

é o cálculo eficiente de recursos BRIEF bem como a correspondente análise de variância e correlação. Também inclui um método de aprendizagem para resolver o problema de correlação dos recursos do BRIEF levando a um melhor desempenho quando são tratados os vizinhos mais próximos.

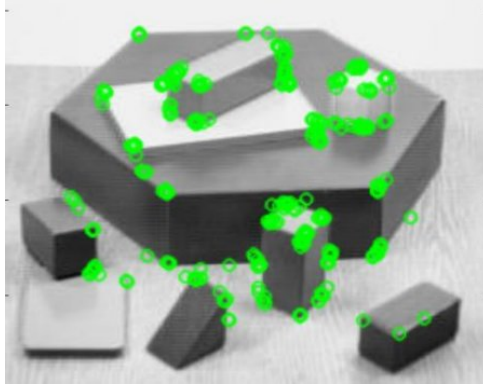


Figura 2.8: Utilização do algoritmo ORB (Alexander Mordvintsev & Abid K., 2013b)

Apresentaram-se acima as principais características dos métodos mais importantes no reconhecimento de imagem das últimas duas décadas. Essencialmente tem sido a preocupação de melhoria na velocidade que tem orientado a evolução dos mesmos. A qualidade dos métodos, isto é, a precisão no reconhecimento é boa em todos estes métodos.

2.3 Plataformas de realidade aumentada

Plataformas de realidade aumentada colocam objetos virtuais em interação com objetos reais a partir do uso de uma aplicação. Com elas, é possível mudar a forma de se relacionar com o mundo criando, inclusive, uma experiência única do consumidor.

2.3.1 Unity

O Unity é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicações multi-plataforma desenvolvida pela Unity Technologies, que desenvolve jogos em duas e três dimensões para dispositivos móveis, consolas e computadores. A primeira versão lançada foi o Unity 1.0 em 2005. As linguagens de programação suportadas são o C++ e o C# (Unity, 2018).

A razão para a escolha do Unity como a plataforma de desenvolvimento da aplicação de realidade aumentada deste projeto foi a simplicidade e a versatilidade do software. Esta ferramenta permite suporte para diversas plataformas tais como: Android, Windows, Linux, PlayStation, Xbox, Facebook, entre muitas outras.

2.3.2 Vuforia

A biblioteca Vuforia deve ser importada para o Unity após a criação de um novo projeto. O Vuforia pode ser usado em conjunto com uma plataforma de desenvolvimento, onde os seus recursos podem ser explorados.

A biblioteca Vuforia disponibiliza funções para serem usadas no desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada. As mais utilizadas no desenvolvimento da parte prática desta dissertação dizem respeito à identificação de imagens, designados de "image target". As imagens são guardadas na base de dados e a aplicação, usando as bibliotecas do Vuforia, faz o relacionamento e posterior identificação, quando o dispositivo móvel aponta para uma imagem existente na base de dados. Nesta aplicação o reconhecimento é feito sem o uso de marcadores.

O Vuforia disponibiliza uma licença gratuita que permite usar até dez bases de dados e no seu portal oferece ferramentas para a criação dessas mesmas bases de dados permitindo criar um ficheiro num formato adequado para ser usado no Unity.

2.4 Aplicações de realidade aumentada

2.4.1 Aplicações para museus

Nesta dissertação há um interesse particular na utilização da realidade aumentada em museus, para enriquecer a experiência do visitante do museu. Há muitos museus que disponibilizam aplicações de realidade aumentada aos visitantes. Nesta secção apresentam-se algumas aplicações disponibilizadas por museus que apresentam texto descritivo de alguns quadros existentes no museu.

O museu «Mataró Museum» em Barcelona aquando da exposição «Mar de Fons» apresentou a primeira experiência espanhola em reconhecimento de imagem com Realidade Aumentada num museu (DigitalAVMagazine, 2012). Focalizando com um «smartphone» ou «tablet», as obras de arte são automaticamente identificadas e as informações no ecrã são sobrepostas na visão da câmara.

O museu torna-se um espaço social onde os visitantes podem interagir com o conteúdo usando Realidade Aumentada, obter mais informações em tempo real, completando a informação através da Wikipédia e tornar-se curador e artista através do voto e contribuição de obras de arte no Facebook. Na figura 2.9 pode ver-se um exemplo da aplicação disponibilizada pelo museu "Mataró Museum". Nesta imagem é possível ver o utilizador a interagir com a aplicação no tablet onde lhe é disponibilizada alguma informação do quadro, assim como um vídeo.

O «Barcelona Egyptian Museum» por ocasião da celebração do 90º aniversário da descoberta do túmulo de Tutankhamon, acolheu a exposição temporária: "Tutankhamon. História de uma descoberta".



Figura 2.9: Utilização da aplicação no «Mataró Museum» na exposição Mar de Fons

«Tutankhamon. História de uma descoberta» incorpora uma aplicação de realidade aumentada para «smartphones» e «tablets» que permite ao visitante interagir com diferentes objetos e imagens da amostra. Através de dispositivos móveis, esses objetos são automaticamente identificados, aparecendo no ecrã elementos virtuais que são combinados com imagens reais e dando informações adicionais em formato digital, especialmente material de vídeo, áudio e web.

A exposição presta homenagem aos métodos de trabalho seguidos e ao impacto mediático que gerou a descoberta, tendo até sido promovidos debates sobre a origem do rei, as causas da sua morte ou a existência de uma terrível maldição.

A exposição é composta por mais de sessenta peças da Coleção de Arqueologia Egípcia Jordi Clos, que ilustram certos aspetos do ambiente de Tutankhamon ao mesmo tempo que representam uma grande variedade de objetos com os quais os egípcios dotaram os seus túmulos.



Figura 2.10: Visualização da aplicação no «Barcelona Egyptian Museum» na exposição Tutankhamon. História de uma descoberta

A aplicação "Magnus App"(Magnus) oferece a todos os interessados em arte uma maneira de seguir, descobrir e compartilhar a sua experiência artística. A Magnus foi fundada em 2013 em Nova Iorque com o objetivo de usar tecnologia de reconhecimento digital para

fornecer o nome do artista, o preço, os preços anteriores de revendedores e leilões de outras obras e a história da exposição do artista. A imagem pode ser compartilhada via texto, e-mail, Instagram, Facebook e outras redes sociais e pode ser guardada na coleção digital do utilizador.

O que torna esta aplicação diferente das tentativas anteriores de base de dados de arte e aplicações semelhantes é que o Magnus também inclui o mercado de arte primário. A aplicação faz isso por meio do «crowdsourcing» de informações dos utilizadores, como se fosse um Quora com tema de arte e preenchendo-o na base de dados da aplicação. As informações devem ser verificadas por vários utilizadores e analisadas pela equipa de funcionários da aplicação em tempo real. Existem atualmente 8 milhões de peças de arte na base de dados da Magnus, 12% das quais são do mercado de arte primária. O restante vem de leilões listados publicamente (Green, 2016). Atualmente está disponível apenas em iOS, mas uma versão para Android está a ser planeada, de acordo com o portal da aplicação.

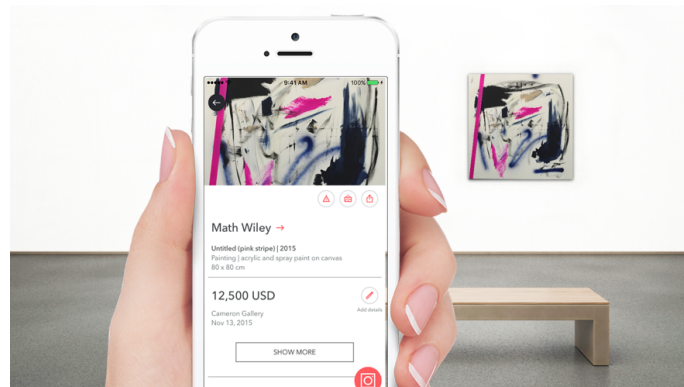


Figura 2.11: Visualização da aplicação "Magnus App"

A aplicação Smartify (Smartify, 2017) é uma aplicação gratuita que permite digitalizar obras de arte para não apenas identificá-las, mas também aceder a comentários de arte instantânea num dispositivo móvel. Funcionando como um “Shazam para o mundo da arte” (Yalcinkaya, 2017), a aplicação já está em uso em mais de 30 das principais galerias e museus do mundo e foi lançado no dia 21 de setembro de 2017 no evento Global Founding Partners Launch na Royal Academy of Arts, em Londres. A equipa da Smartify inspirou-se nas conexões que eles sentiam com a arte, onde eles conheciam o contexto e contavam as histórias das obras de arte e dos artefactos. O que eles criaram em resposta é um guia de arte que “vai além de guias de áudio e catálogos, como um amigo entusiasta e experiente disponível para contar aos visitantes mais sobre os trabalhos que estão a visualizar.” Além de fornecer um conjunto de informações instantaneamente acessíveis, a aplicação funciona em diferentes locais e permite que os utilizadores criem uma coleção pessoal das suas obras de arte favoritas, até mesmo alertando-as para um conteúdo semelhante em que possam estar interessados. Essa coleção pode ser compartilhada com

uma comunidade de utilizadores de todo o mundo. Além de colaborar com museus e galerias, a Smartify uniu-se à Wikimedia Foundation, uma organização sem fins lucrativos que oferece suporte à Wikipédia, para utilizar a galeria de imagens da Wikipédia para aumentar a precisão e a velocidade da sua tecnologia de reconhecimento de imagem. A introdução da aplicação melhora a experiência para os frequentadores de museus, uma vez que traz narrativa e interação para a frente, permitindo que os utilizadores formem opiniões pessoais e relacionamentos significativos com obras de arte. Nick Sharp, diretor digital da Royal Academy of Arts, disse que “o Smartify é um grande melhoramento das nossas exposições e exibições: ele une o contexto, a história e a voz do artista perfeitamente para proporcionar uma experiência rica e interativa. Os nossos dispositivos móveis podem atuar como um bloco de notas, caderno, câmera e agora guia interativo. É uma ferramenta maravilhosa para os artistas e amantes da arte que visitam a Royal Academy”.



Figura 2.12: Visualização da aplicação "Smartify"

A tabela 2.1 resume as principais características das aplicações acima referidas.

	Mataró Museum	Barcelona Egipcian Museum	Magnus App	Smartify
Reconhecimento de imagem	x	x	x	x
Focagem com dispositivos móveis	x	x	x	x
Visitantes podem sugerir novas in- formações	x	x	x	
Informação adicional via vídeo/áudio/web		x	x	x

Tabela 2.1: *Resumo das principais características de aplicações para museus.*

Neste capítulo fizemos um levantamento do estudo do estado da arte de aplicações de realidade aumentada para museus assim como as suas características. No entanto é possível fazer melhorias, em particular permitir ao cliente da aplicação uma atualização da base de dados fácil sempre que assim o desejar e também, não apresentar apenas comentários gerais sobre as obras mas também comentários para zonas específicas da obra.

Capítulo 3

Requisitos da aplicação

3.1 Contexto

3.1.1 Breve descrição

O desenvolvimento de aplicações é um processo demorado. Consiste, no início num debate juntando ideias, planeando a criação de um protótipo, realizando testes e por fim a versão final. Há várias ferramentas disponíveis no mercado para facilitar este processo. O objetivo foi criar uma aplicação para dispositivos móveis que reconhecesse obras de arte, por exemplo pinturas, e apresentasse informações detalhadas sobre diferentes aspetos dessa obra de arte. Apresenta ainda retângulos indicadores de pontos de interesse da obra onde é possível clicar para mostrar mais informações específicas sobre esse ponto de interesse.



Figura 3.1: Esquema de como a aplicação deverá funcionar

Outro dos objetivos foi criar uma aplicação fácil de atualizar no futuro, sem necessidade

de uma equipa de programadores, e também que pudesse dar suporte a vários idiomas. Esta funcionalidade pode ser usada também para definir conteúdos para públicos-alvo diferentes, como crianças.

3.1.2 Museu Nacional Soares dos Reis

O Museu Nacional Soares dos Reis está instalado no antigo Palácio dos Carrancas na freguesia de Miragaia, na cidade e distrito do Porto, em Portugal. Trata-se de um museu de belas artes, artes decorativas e arqueologia.

O Museu Nacional Soares dos Reis foi criado durante o cerco do Porto por decreto do regente D. Pedro, de 11 de Abril de 1833 e destinou-se a conservar os bens confiscados à igreja e aos absolutistas e a promover a sua utilização cultural, com fins pedagógicos. O edifício escolhido foi o convento de Santo António da cidade, situado em S. Lázaro.

Em 1937 o museu mudou de instalações e a aquisição pelo estado do Palácio dos Carrancas permitiu a instalação do museu na sua localização atual. A inauguração da grande mostra "A Obra de Soares dos Reis", a 4 de Julho de 1940, celebrava o início de uma etapa importante na história do museu.

O público do Museu Nacional Soares dos Reis é relativamente novo, 40% têm menos de 35 anos e com predominância das profissões de especialistas das atividades intelectuais e científicas, cerca de 63%. O público nacional é essencialmente da região norte, um pouco mais de 60%. O público estrangeiro tem diversas proveniências (são 40 as nacionalidades representadas) mas destaca-se com clareza a França, cerca de 40%. Cerca de 70% dos visitantes informa-se previamente à visita. (DGPC, 2016)



Figura 3.2: Foto da fachada do Museu Nacional Soares dos Reis (Turismo do Porto e Norte de Portugal, 2019)

Este museu foi o escolhido para a nossa experiência devido à célere resposta por parte da direção e também pela grande disponibilidade apresentada.

O Museu Nacional Soares dos Reis é, neste texto, designado pelo cliente da aplicação.

3.1.3 Arquitetura da aplicação

Os processos de desenvolvimento e funcionamento da aplicação envolvem várias fases. No desenvolvimento foi fundamental a utilização da ferramenta Unity que faz uso da biblioteca Vuforia. Para configurar a aplicação em função do interesse do cliente foi criada uma ferramenta de edição na web.

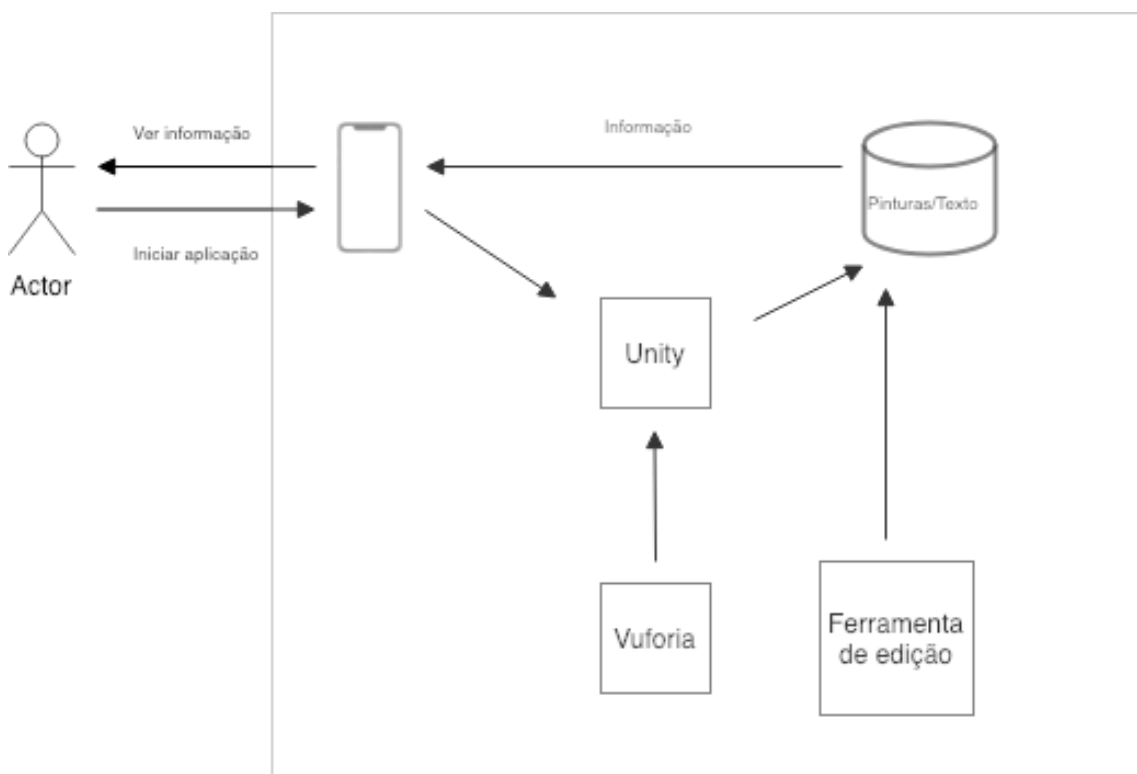


Figura 3.3: *Arquitetura da aplicação*

O esquema anterior evidencia a sequência das fases anteriormente referidas quer no processo de desenvolvimento quer no processo de funcionamento da aplicação.

O utilizador inicia a aplicação no seu dispositivo móvel e a mesma faz uso das ferramentas utilizadas pelo Unity, usando a biblioteca Vuforia. A informação constante da base de dados é acedida conforme a escolha do utilizador entre as escolhas que lhe foram disponibilizadas. No processo de criação da aplicação fez-se uso de uma ferramenta de edição para facilitar a criação das zonas a salientar nas obras e posterior atualização dependendo da informação existente na base de dados.

3.2 Funcionalidades a implementar

Como a aplicação pretendida deveria reconhecer determinadas imagens, num contexto de realidade aumentada, escolheu-se utilizar o programa Unity e a biblioteca Vuforia. Como se pretendeu que o cliente da aplicação pudesse atualizar a base de dados sem necessidade de conhecimentos de programação, criou-se uma aplicação web para possibilitar essa configuração. A informação sobre as imagens que serão reconhecidas deve ser introduzida na plataforma do Vuforia incluindo os ficheiros de cada imagem. Esta plataforma configura toda a informação da forma que o Unity precisa para a reconhecer.

Cada imagem a ser reconhecida deve dar origem no Unity a um objeto ImageTarget. A criação desses objetos deve ser feita através de código para não ser preciso intervenção de um programador sempre que haja alguma atualização na base de dados. Esse código lê os ficheiros disponibilizados na plataforma Vuforia.

Para indicar pontos de interesse em cada imagem foi preciso criar outro ficheiro de configuração, escrito em *Extensible Markup Language* (XML). De novo, para não ser precisa a intervenção de um programador, criou-se uma aplicação web onde se indicam os pontos de interesse graficamente e é gerado de forma automática o ficheiro XML. A aplicação web desenvolvida vai ser designada, neste texto, por plataforma de configuração.

3.3 Requisitos

Parte do desenvolvimento geralmente consiste no uso de diversas ferramentas para finalizar a aplicação. Essencialmente a programação em código faz-se baseada no que já existe da biblioteca Vuforia e a parte de programação visual faz-se com as ferramentas disponibilizadas pelo Unity.

Em reunião com a direção do Museu Nacional Soares dos Reis apresentaram-se requisitos que foram discutidos e aceites pelos mesmos. Em seguida segue uma lista dos requisitos da aplicação.

3.3.1 Requisitos funcionais

ID: RF 1

Descrição: A aplicação deve reconhecer quadros através de visão computacional.

ID: RF 2

Descrição: A aplicação deve reconhecer pontos de interesse num determinado quadro.

ID: RF 3

Descrição: A aplicação deverá mostrar informações relativas ao ponto de interesse sele-

cionado pelo utilizador.

3.3.2 Requisitos não funcionais

ID: RNF 1

Descrição: A informação deve estar disponível em pelo menos 2 idiomas (PT e EN).

ID: RNF 2

Descrição: A aplicação deverá permitir que a base de dados seja modificada sem a necessidade de uma equipa de programadores.

3.3.3 Outros requisitos

Além dos requisitos acima mencionados foram ainda utilizados outros requisitos. Utilizou-se o conjunto de software *X (any of four different operating systems), Apache, MySQL, PHP and Perl (XAMPP)*. Para o desenvolvimento do portal, a nível de servidor, usou-se a linguagem *Hypertext Preprocessor (PHP)* para a criação de páginas dinâmicas e aceder à base de dados MySQL, que usa a linguagem *Structured Query Language (SQL)*. Para dar interatividade às páginas utilizou-se a linguagem JavaScript e para a criação das páginas usou-se *HyperText Markup Language (HTML)/Cascading Style Sheet (CSS)*.

Na utilização da plataforma Unity para além da biblioteca Vuforia foi necessário criar processos onde se utilizou a linguagem C#. Toda a informação associada às imagens das obras que a aplicação criada necessita foi gravada em formato XML, num ficheiro que é acedido sempre que a aplicação é executada.

3.4 Implementação

Foi necessário realizar alguns testes antes de iniciar a implementação da aplicação. Cada quadro da base de dados tem uma descrição que é apresentada ao utilizador quando o quadro é reconhecido pela aplicação. Em cada quadro poderão existir pontos de interesse que também possuem uma descrição. Os pontos de interesse são assinalados sobre a imagem do quadro através de retângulos. Esses retângulos são construídos no Unity indicando as suas coordenadas num referencial tridimensional. Os pontos de interesse são definidos pelo cliente na plataforma de configuração guardando as coordenadas do canto superior esquerdo e do canto inferior direito do retângulo. Essas coordenadas são expressas em unidades de pixel usadas pela linguagem Javascript e, portanto, é preciso converter essas coordenadas em coordenadas do Unity.

Para estabelecer uma fórmula de conversão de coordenadas usou-se um quadro como exemplo que possibilitou a definição da fórmula que, experimentalmente, se revelou eficiente. Como se observa na figura 3.4 foi criado um pequeno quadrado no canto superior esquerdo do quadro e registaram-se as correspondentes coordenadas no Unity. Como consequência do quadro ser plano uma das coordenadas, a designada pela variável y , será sempre 0. Ainda na figura 3.4 observa-se que $x = -0,4$ e $z = 0,5$. Estas coordenadas correspondem ao ponto de coordenadas $(0,0)$ no Javascript.

Na figura 3.5 pode-se observar agora um quadrado no canto inferior esquerdo e as res-

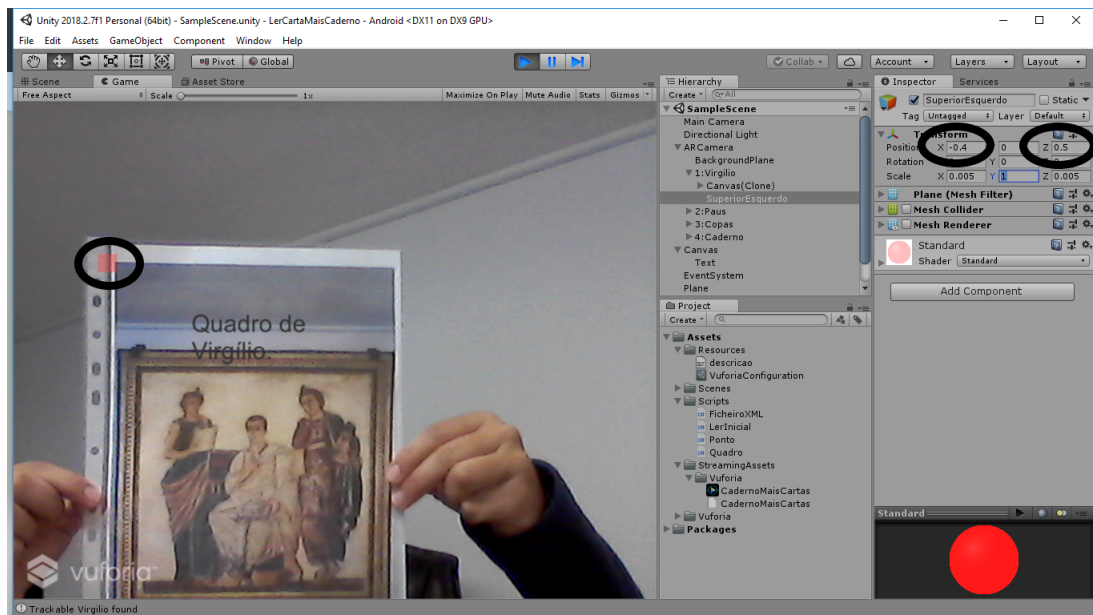


Figura 3.4: Canto Superior Esquerdo

petivas coordenadas, $x = 0,4$ e $z = -0,5$. Estas coordenadas correspondem ao ponto de coordenadas $(wCanvas, hCanvas)$ no Javascript, sendo $wCanvas$ a largura total do quadro e $hCanvas$ a altura total do quadro. Para estabelecer uma fórmula que permita exprimir as

coordenadas do Unity em função das coordenadas do Javascript admitiu-se a existência de uma função, definida por $f(x) = ax + b$, que dá a abcissa no Unity em função da abcissa no Javascript e outra função, definida por $g(y) = cy + d$, que dá a cota no Unity em função da ordenada no Javascript. Pretende-se determinar os valores de a, b, c e d .

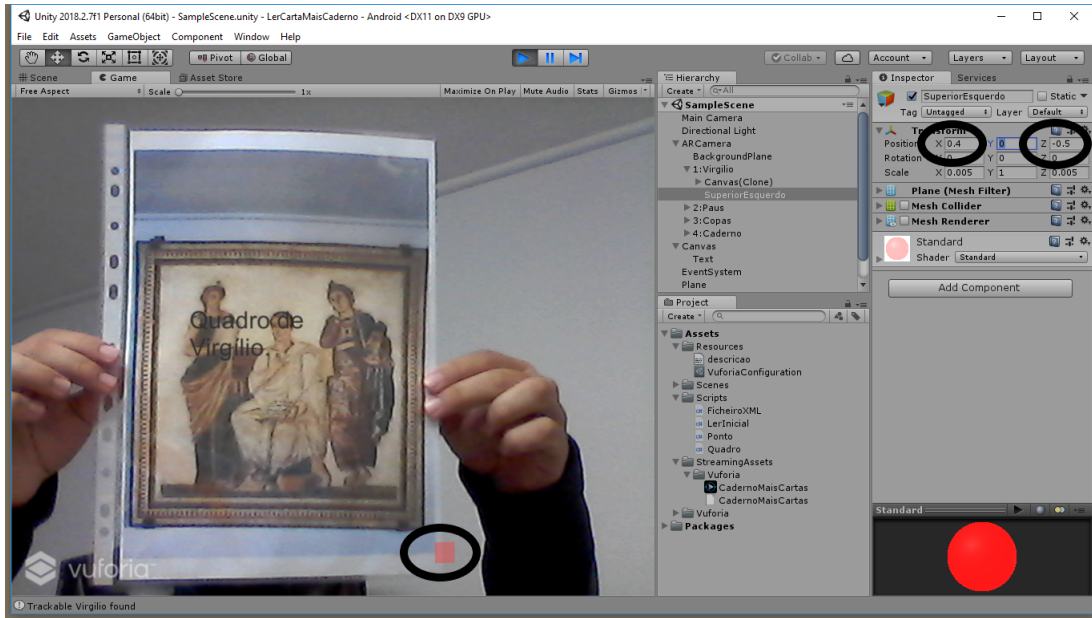


Figura 3.5: *Canto Inferior Direito*

Para determinar a e b , basta atender a que $f(0) = -0,4$ e $f(wCanvas) = 0,4$, conduzindo ao sistema $\begin{cases} a \times 0 + b = -0,4 \\ a \times wCanvas + b = 0,4 \end{cases}$, resultando $b = -0,4$ e $a = \frac{0,8}{wCanvas}$. Assim, a abcissa no Unity será relacionada com a abcissa do Javascript por $f(x) = \frac{0,8}{wCanvas}x - 0,4$. Para determinar c e d , basta atender a que $g(0) = 0,5$ e $g(hCanvas) = -0,5$, conduzindo ao sistema $\begin{cases} c \times 0 + d = 0,5 \\ c \times hCanvas + d = -0,5 \end{cases}$, resultando $d = 0,5$ e $c = -\frac{1}{hCanvas}$. Assim, a cota no Unity será relacionada com a ordenada do Javascript por $g(y) = -\frac{1}{hCanvas}y + 0,5$.

3.5 Ferramenta de edição

Os quadros reconhecidos pela aplicação devem existir numa base de dados. O cliente da base de dados poderá estar interessado em alterar essa base de dados. Um dos requisitos deste trabalho é que o cliente não precise de programadores para efetuar essas alterações. Com esse objetivo foi criada uma aplicação web onde o cliente pode inserir as imagens dos quadros e a informação correspondente. Na página de entrada o cliente autentica-se,

para aceder à informação. De seguida tem acesso à lista dos quadros disponíveis na base de dados, na figura 3.6

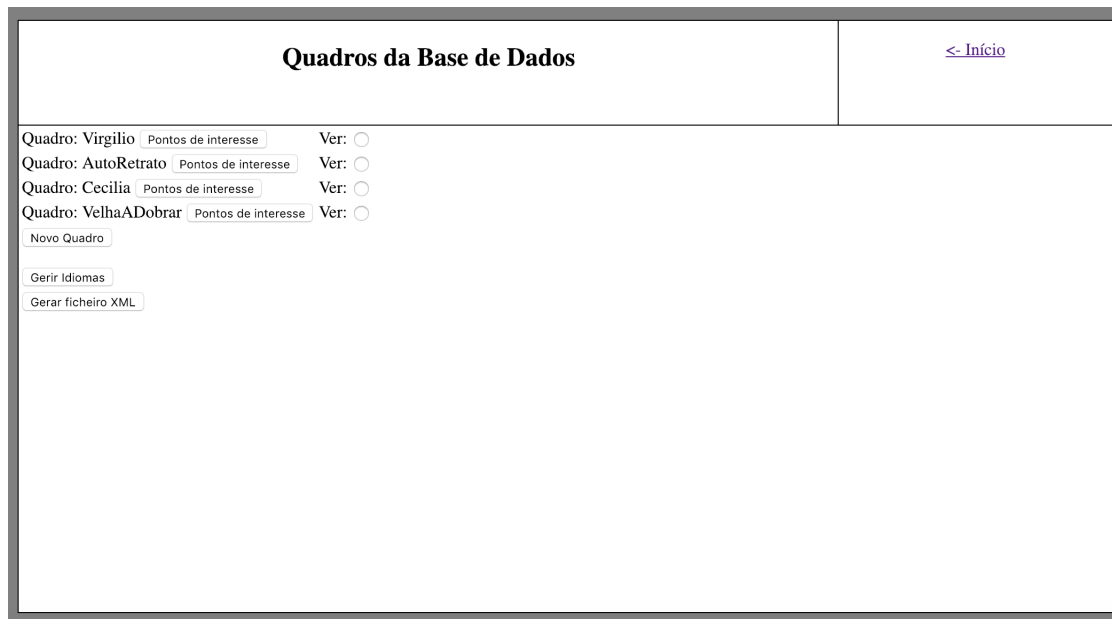


Figura 3.6: Menu de Quadros

Pode ver uma imagem do quadro, na figura 3.7, e pode introduzir e alterar o texto descritivo correspondente, inserir novos quadros ou apagar da base de dados algum existente.

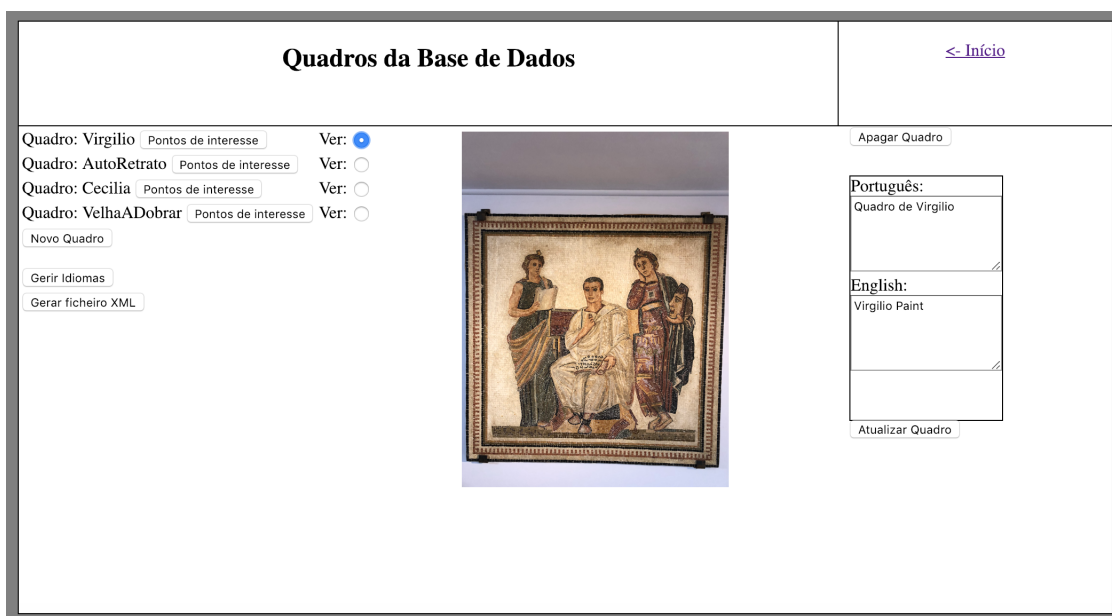


Figura 3.7: Página de visualização da informação dos quadros

Para cada quadro pode aceder aos seus pontos de interesse, como se mostra na figura 3.8.



Figura 3.8: *Página de visualização da informação dos pontos de interesse de cada quadro*

Para definir um novo ponto de interesse basta desenhar, sobre a imagem da obra, um retângulo no local a salientar usando o apontador do rato. Pode definir ainda o texto descritivo desse ponto de interesse. O cliente tem ainda a possibilidade de definir idiomas e o texto pode ser inserido nesses mesmos idiomas.

Quando a base de dados for alterada, a aplicação não precisa de ser alterada porque toda a informação que a aplicação precisa vai existir num ficheiro em formato XML e quando o cliente atualiza a base de dados é automaticamente gerado um novo ficheiro XML.

Este ficheiro é criado pela aplicação web com informação sobre as imagens e os correspondentes pontos de interesse. Na altura de criar a aplicação e transferi-la para o dispositivo móvel, o ficheiro já deve estar disponível no Unity.

Capítulo 4

Estudo da aplicação

4.1 Descrição

A experiência decorreu no Museu Nacional Soares dos Reis na sala do pintor Henrique Pousão durante os dias 20, 21 e 22 de Dezembro de 2018 com a utilização de 4 obras do pintor.

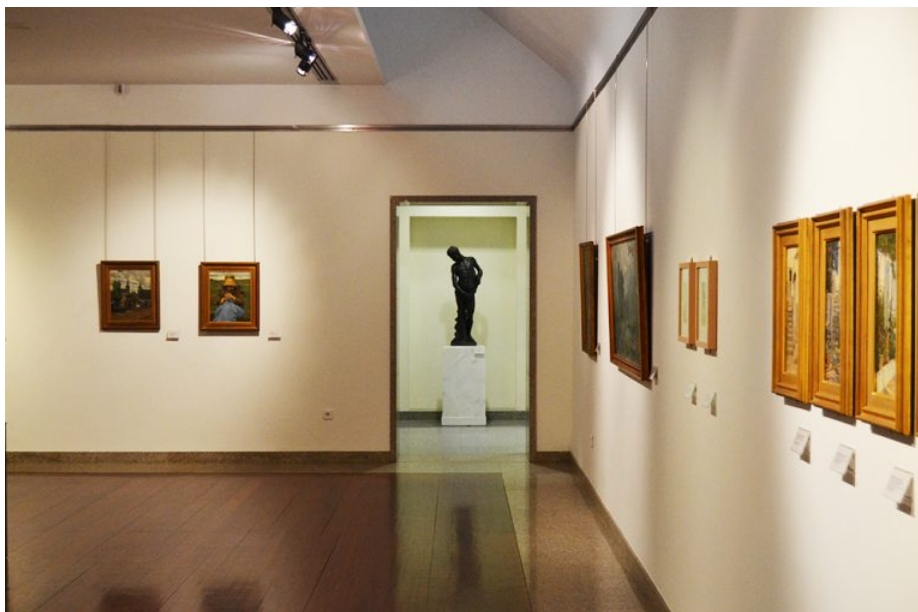


Figura 4.1: *Sala de Pousão no Museu Nacional Soares dos Reis, onde a experiência foi realizada.*

Nesta secção faz-se uma descrição geral dos métodos utilizados durante a experiência. O processo desenrolou-se da seguinte forma:

1. Não houve sinalização alguma na entrada do museu sobre a tecnologia a ser testada e em que sala.

-
2. Na sala, como tem duas entradas, escolheu-se a entrada maior para o autor da aplicação estar identificado com um crachá do museu.
 3. Escolheu-se fazer a experiência apenas com um telefone em vez de dois como tinha pensado (iOS e Android), pois iria implicar duas pessoas para estarem lá presentes; a utilização de um só telefone permitiu também estar mais focado nas movimentações das pessoas.
 4. De seguida o autor apresentou-se e passou para a mão das pessoas o protocolo apresentando algumas considerações sobre a experiência.
 5. O telefone do autor foi o usado nos testes porque assim o sistema seria bem conhecido, caso houvesse algum problema.
 6. Os visitantes puderam andar livremente pela sala com o telefone. A informação disponibilizada foi sobre as obras em que a aplicação está funcional, de resto o autor esteve apenas como observador.
 7. Quando entregaram o telemóvel, tiveram uma mesa para preencher os questionários. (foram impressos 15 questionários em português e 15 em inglês).
 8. Depois de todo o processo, o autor ouviu as recomendações agradecendo e dando como finalizado esse teste.

Foram contactados 35 visitantes e desses, apenas 30 realizaram a experiência. Todos os que realizaram a experiência preencheram o questionário.

4.2 Análise

Para validar a opinião dos visitantes que experimentaram a aplicação decidiu-se elaborar um pequeno questionários sobre a sua experiência.

Na análise estatística sobre os resultados desses questionários analisa-se cada uma das perguntas separadamente, ou seja, um estudo univariado.

Foi também efetuado um estudo bivariado, procurando-se identificar dependências de algumas perguntas relativamente a outras. Algumas das perguntas do questionário representam uma opinião do visitante sobre a utilização da realidade aumentada nas visitas a museus e em particular sobre a nossa aplicação, como é o caso das perguntas 9, 11, 13 e 14.

Estudou-se a associação entre a pergunta 2, idade e a pergunta 9, entre a pergunta 2 e a pergunta 11, entre a pergunta 3, escolaridade e a pergunta 11, entre pergunta 6, já ter ouvido falar em realidade aumentada e a pergunta 9, entre a pergunta 7, já ter experimentado realidade aumentada e a pergunta 9. As comparações entre a pergunta 9 e 14 e a pergunta 13 e 14 procuram relacionar perguntas que traduzem opinião sobre a aplicação.

4.2.1 Estudo univariado

Análise à Pergunta 1

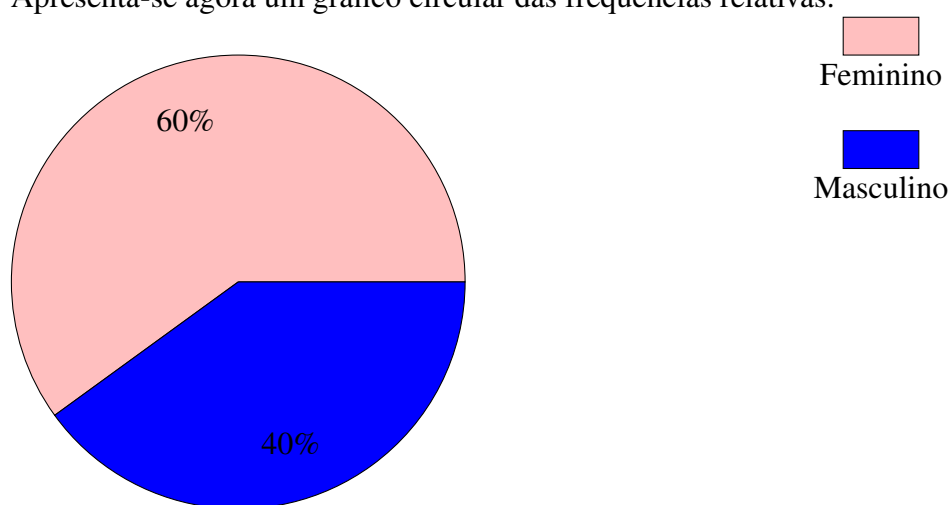
Neste caso a pergunta era: «Género».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Feminino	Masculino
18	12

Tabela 4.1: Pergunta 1. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquéritos diz respeito à opção «Feminino», e essa diferença é considerável, cerca de 20% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, não há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 2

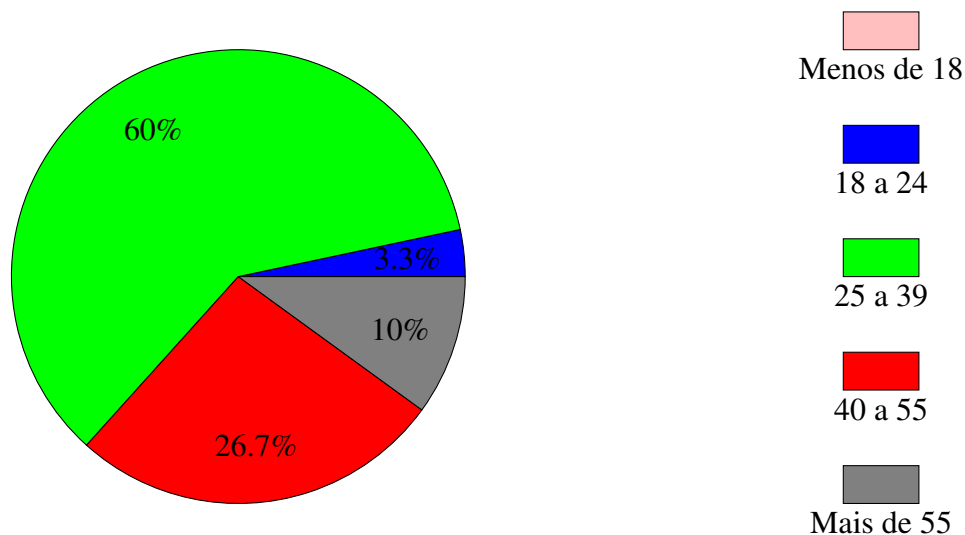
Neste caso a pergunta era: «Idade».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Menos de 18	18 a 24	25 a 39	40 a 55	Mais de 55
0	1	18	8	3

Tabela 4.2: Pergunta 2. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «25 a 39», e essa diferença é considerável, cerca de 33% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, não há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 3

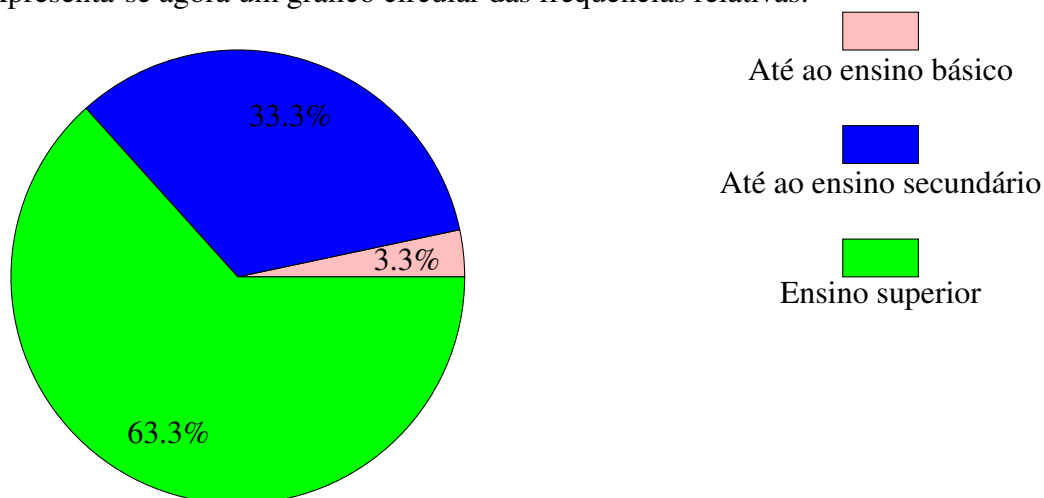
Neste caso a pergunta era: «Nível Escolaridade».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Até ao ensino básico	Até ao ensino secundário	Ensino superior
1	10	19

Tabela 4.3: Pergunta 3. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Ensino superior», e essa diferença é considerável, cerca de 30% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, não há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 4

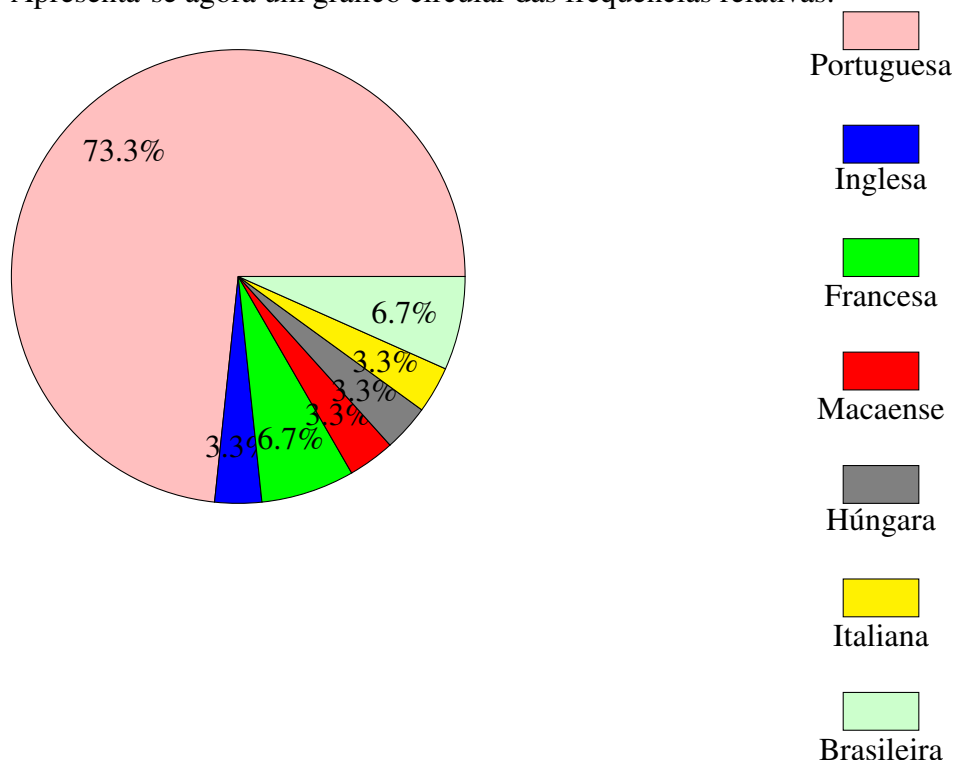
Neste caso a pergunta era: «Nacionalidade».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Portuguesa	Inglesa	Francesa	Macaense	Húngara	Italiana	Brasileira
22	1	2	1	1	1	2

Tabela 4.4: Pergunta 4. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Portuguesa», e note-se que essa diferença é muito acentuada, cerca de 67% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, não há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 5

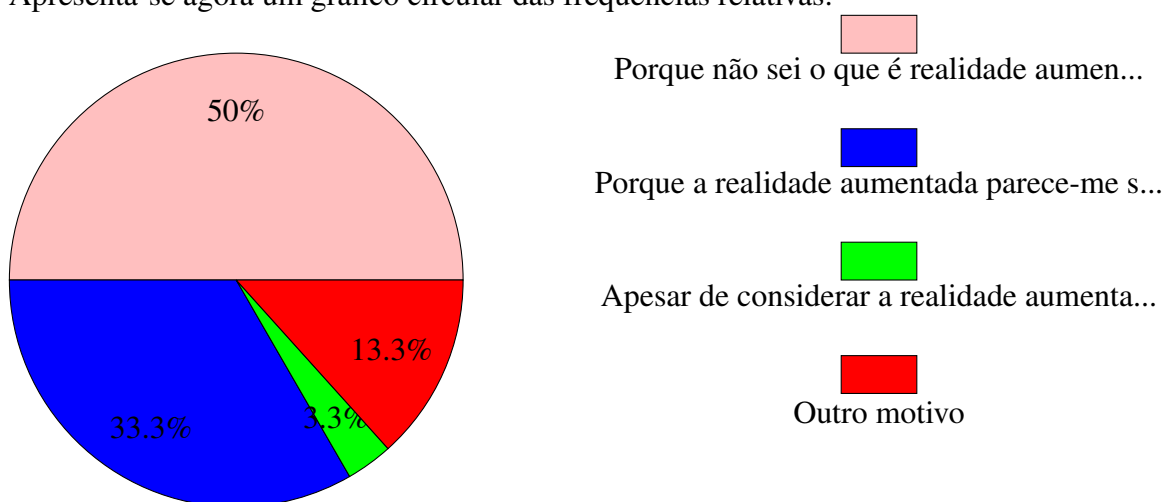
Neste caso a pergunta era: «Qual o principal motivo que o levou a aceitar participar nesta experiência?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Porque não sei o que é realidade aumentada e fiquei curioso em passar a conhecer.	Porque a realidade aumentada parece-me ser uma atividade interessante neste contexto (museus)	Apesar de considerar a realidade aumentada pouco interessante neste contexto, fiquei com curiosidade em experimentar	Outro motivo
15	10	1	4

Tabela 4.5: Pergunta 5. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Porque não sei o que é realidade aumentada e fiquei curioso em passar a conhecer.», mas essa diferença não é muito acentuada, cerca de 17% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, esta opção foi mais escolhida que as restantes, mas a diferença não é grande.

Análise à Pergunta 6

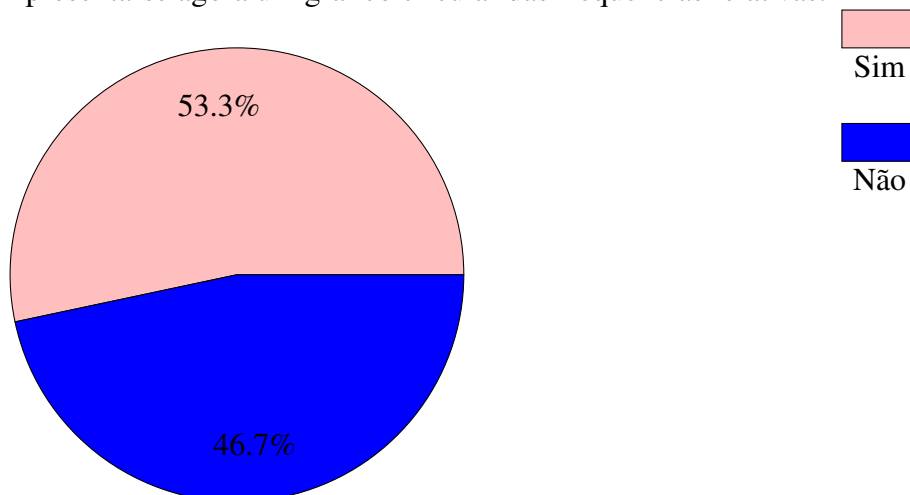
Neste caso a pergunta era: «Já tinha ouvido falar em realidade aumentada?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Sim	Não
16	14

Tabela 4.6: Pergunta 6. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Sim», mas essa diferença não tem muito significado, cerca de 7% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 7

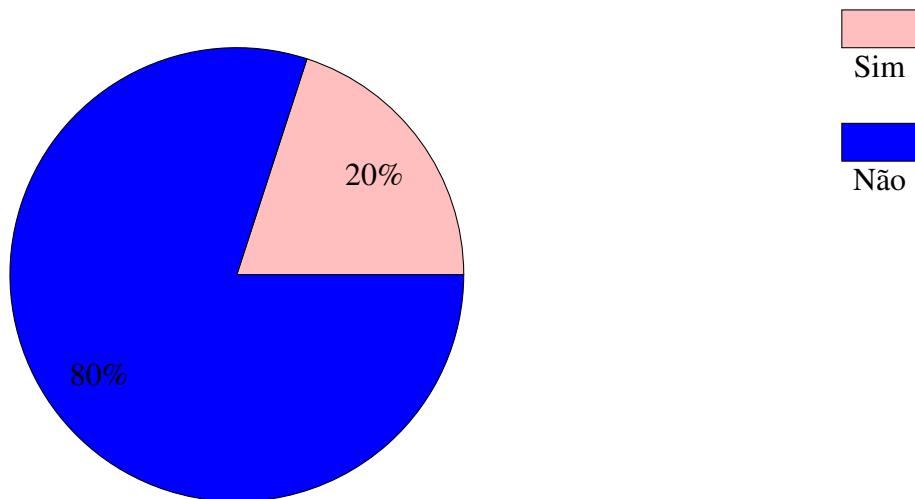
Neste caso a pergunta era: «Se sim, já tinha experimentada alguma aplicação de Realidade Aumentada?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Sim	Não
6	24

Tabela 4.7: Pergunta 7. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquéritos diz respeito à opção «Não», e note-se que essa diferença é muito acentuada, cerca de 60% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, não há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 8

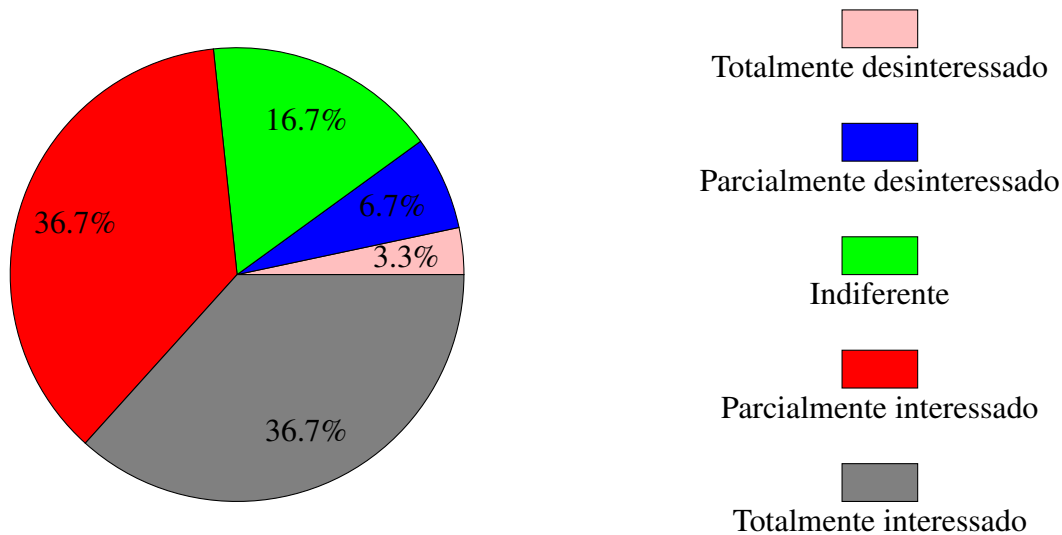
Neste caso a pergunta era: «Depois de ter experimentado esta aplicação ficou interessado em experimentar outras aplicações de realidade aumentada?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente desinteressado	Parcialmente desinteressado	Indiferente	Parcialmente interessado	Totalmente interessado
1	2	5	11	11

Tabela 4.8: Pergunta 8. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que não há uma opção com um maior número de inquiridos. As opções «Parcialmente interessado» e «Totalmente interessado», têm ambas uma frequência relativa de cerca de 37%. Este facto leva a pensar que, na amostra, nenhuma das opções se destaca das restantes.

Análise à Pergunta 9

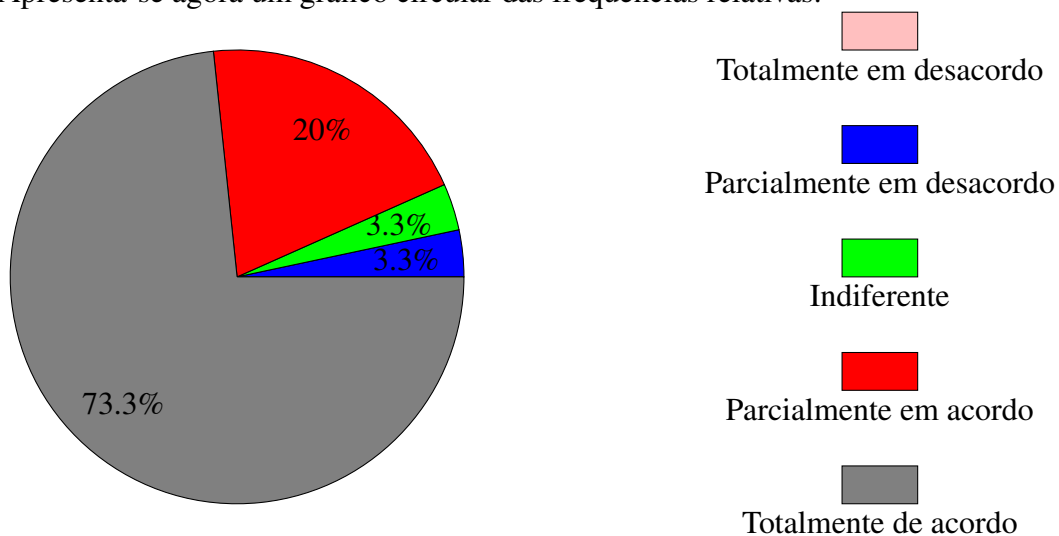
Neste caso a pergunta era: «Considera o objetivo da aplicação útil?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo
0	1	1	6	22

Tabela 4.9: Pergunta 9. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Totalmente de acordo», e note-se que essa diferença é muito acentuada, cerca de 53% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, para esta pergunta os inquiridos estão: «Totalmente de acordo», de forma clara.

Análise à Pergunta 10

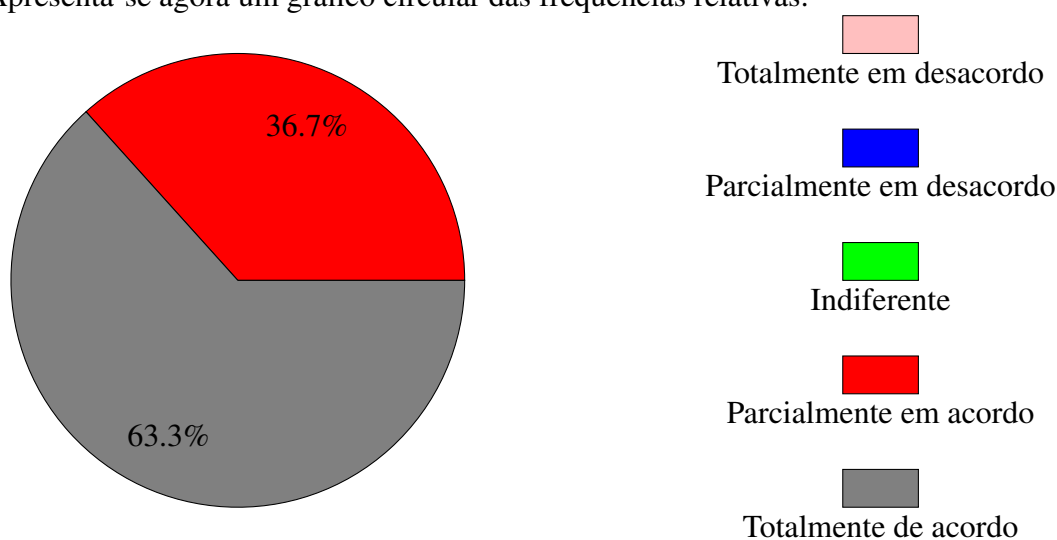
Neste caso a pergunta era: «A aplicação funcionou de forma estável?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo
0	0	0	11	19

Tabela 4.10: Pergunta 10. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Totalmente de acordo», e essa diferença é considerável, cerca de 27% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, para esta pergunta os inquiridos estão: «Totalmente de acordo».

Análise à Pergunta 11

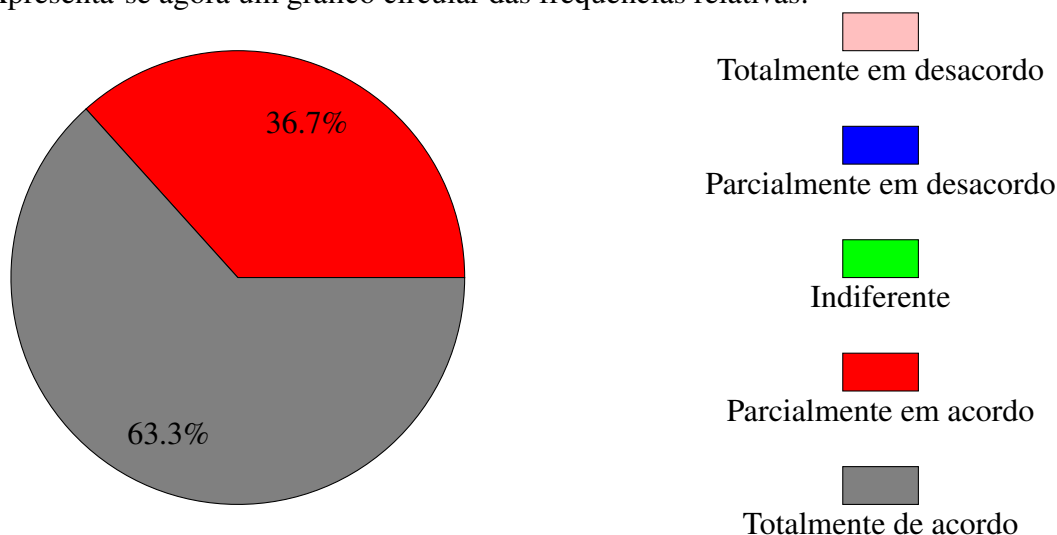
Neste caso a pergunta era: «Achou a aplicação intuitiva e fácil de navegar?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo
0	0	0	11	19

Tabela 4.11: Pergunta 11. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Totalmente de acordo», e essa diferença é considerável, cerca de 27% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, para esta pergunta os inquiridos estão: «Totalmente de acordo».

Análise à Pergunta 12

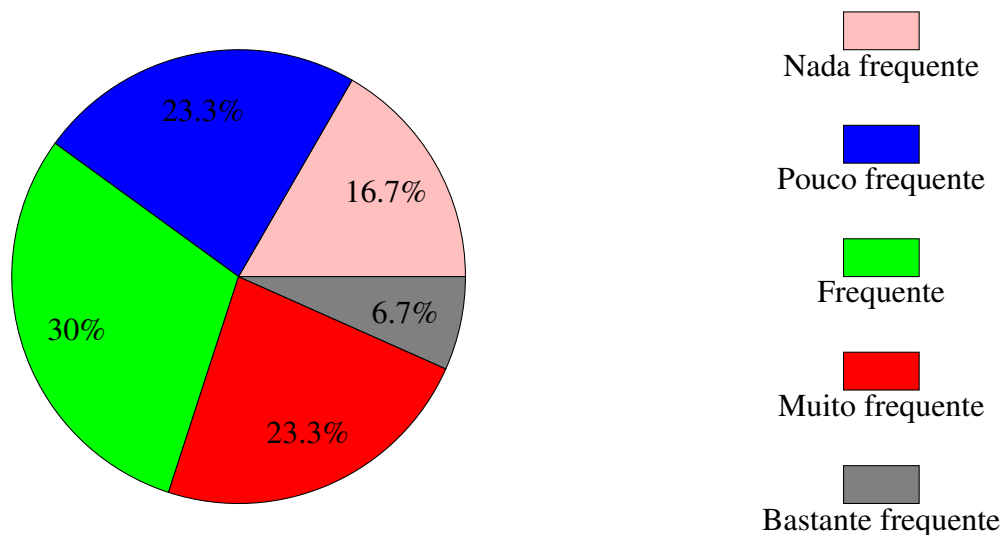
Neste caso a pergunta era: «É visitante frequente de museus?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Nada frequente	Pouco frequente	Frequente	Muito frequente	Bastante frequente
5	7	9	7	2

Tabela 4.12: Pergunta 12. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquéritos diz respeito à opção «Frequente», mas essa diferença não tem muito significado, cerca de 7% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto leva a pensar que, na amostra, há uma distribuição equilibrada pelas várias opções.

Análise à Pergunta 13

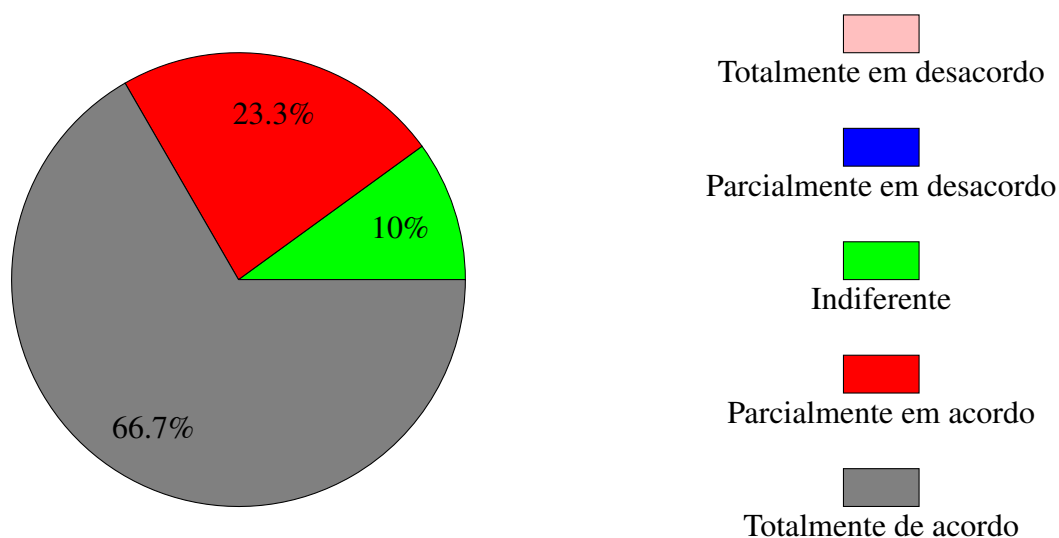
Neste caso a pergunta era: «Considera que aplicações de realidade aumentada em museus podem contribuir para um maior enriquecimento cultural dos visitantes do espaço?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo
0	0	3	7	20

Tabela 4.13: Pergunta 13. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Totalmente de acordo», e note-se que essa diferença é muito acentuada, cerca de 43% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, para esta pergunta os inquiridos estão: «Totalmente de acordo», de forma clara.

Análise à Pergunta 14

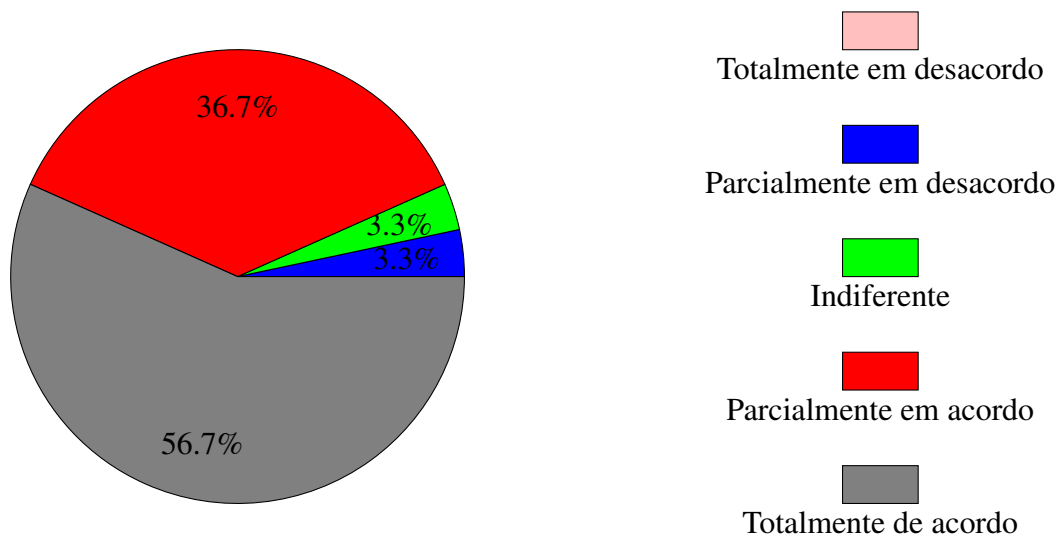
Neste caso a pergunta era: «Acha que a utilização de aplicações de realidade aumentada podem aumentar o número/interesse de visitantes em museus?».

Apresenta-se de seguida a tabela de frequências absolutas.

Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo
0	1	1	11	17

Tabela 4.14: Pergunta 14. Frequência absoluta.

Apresenta-se agora um gráfico circular das frequências relativas.



Podemos observar que o maior número de inquiridos diz respeito à opção «Totalmente de acordo», e essa diferença é considerável, cerca de 20% de diferença para a opção em segundo lugar. Este facto indica-nos que, na amostra, para esta pergunta os inquiridos estão: «Totalmente de acordo».

4.2.2 Estudo bivariado

Associação entre a Pergunta 2 e a Pergunta 9

Neste caso as perguntas eram: «Idade » e «Considera o objetivo da aplicação útil?»
 Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)
 Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18	0	0	0	0	0	0
18 a 24	0	0	0	1	0	1
25 a 39	0	1	0	1	16	18
40 a 55	0	0	1	3	4	8
Mais de 55	0	0	0	1	2	3
Totais	0	1	1	6	22	30

Tabela 4.15: Valores observados

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas

opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18; 18 a 24	0	0	1	0	1
Menos de 18; 25 a 39	1	0	1	16	18
Menos de 18; 40 a 55	0	1	3	4	8
Menos de 18; Mais de 55	0	0	1	2	3
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.16: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Menos de 18; 18 a 24» da pergunta 2 é 1 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 9 é 1 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.03 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18; 18 a 24	0.033	0.033	0.2	0.733	1
Menos de 18; 25 a 39	0.6	0.6	3.6	13.2	18
Menos de 18; 40 a 55	0.267	0.267	1.6	5.867	8
Menos de 18; Mais de 55	0.1	0.1	0.6	2.2	3
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.17: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 11.926$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.53$. Como o valor é superior a 0.5 admite-se que essa associação é forte, ou seja, o reconhecimento da utilidade da aplicação depende da idade do utilizador.

Associação entre a Pergunta 2 e a Pergunta 11

Neste caso as perguntas eram: «Idade » e «Achou a aplicação intuitiva e fácil de navegar?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18	0	0	0	0	0	0
18 a 24	0	0	0	0	1	1
25 a 39	0	0	0	6	12	18
40 a 55	0	0	0	4	4	8
Mais de 55	0	0	0	1	2	3
Totais	0	0	0	11	19	30

Tabela 4.18: *Valores observados*

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em de-sacordo; Parcial-mente em desacordo; Indiferente; Parcial-mente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18; 18 a 24	0	1	1
Menos de 18; 25 a 39	6	12	18
Menos de 18; 40 a 55	4	4	8
Menos de 18; Mais de 55	1	2	3
Totais	11	19	30

Tabela 4.19: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Menos de 18; 18 a 24» da pergunta 2 é 1 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente; Parcialmente em acordo» da pergunta 11 é 11 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.37 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente; Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Menos de 18; 18 a 24	0.367	0.633	1
Menos de 18; 25 a 39	6.6	11.4	18
Menos de 18; 40 a 55	2.933	5.067	8
Menos de 18; Mais de 55	1.1	1.9	3
Totais	11	19	30

Tabela 4.20: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 1.292$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.2$. Como o valor é próximo de zero admite-se que, na amostra, não há associação entre as duas variáveis, ou seja, o reconhecimento da facilidade da utilização da aplicação não depende da idade.

Associação entre a Pergunta 3 e a Pergunta 11

Neste caso as perguntas eram: «Nível de escolaridade » e «Achou a aplicação intuitiva e fácil de navegar?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Até ao ensino básico	0	0	0	0	1	1
Até ao ensino secundário	0	0	0	4	6	10
Ensino superior	0	0	0	7	12	19
Totais	0	0	0	11	19	30

Tabela 4.21: *Valores observados*

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente; Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Até ao ensino básico	0	1	1
Até ao ensino secundário	4	6	10
Ensino superior	7	12	19
Totais	11	19	30

Tabela 4.22: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Até ao ensino básico» da pergunta 3 é 1 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente; Parcialmente em acordo» da pergunta 11 é 11 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.37 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente; Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Até ao ensino básico	0.367	0.633	1
Até ao ensino secundário	3.667	6.333	10
Ensino superior	6.967	12.033	19
Totais	11	19	30

Tabela 4.23: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 0.627$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.14$. Como o valor é próximo de zero admite-se que, na amostra, não há associação entre as duas variáveis, ou seja, o reconhecimento da facilidade da utilização da aplicação não depende do nível de escolaridade.

Associação entre a Pergunta 6 e a Pergunta 9

Neste caso as perguntas eram: «Já tinha ouvido falar em realidade aumentada?» e «Considera o objetivo da aplicação útil?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	0	1	0	2	13	16
Não	0	0	1	4	9	14
Totais	0	1	1	6	22	30

Tabela 4.24: *Valores observados*

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em de-sacordo; Parcial-mente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	1	0	2	13	16
Não	0	1	4	9	14
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.25: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Sim» da pergunta 6 é 16 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 9 é 1 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.53 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	0.533	0.533	3.2	11.733	16
Não	0.467	0.467	2.8	10.267	14
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.26: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 3.275$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.31$. Como o valor não é muito próximo de zero admite-se que, na amostra, há associação entre as duas variáveis mas, como o valor é inferior a 0.5 admite-se que essa associação não é muito forte, ou seja, o reconhecimento da utilidade da aplicação depende um pouco de já ter ouvido falar em realidade aumentada.

Associação entre a Pergunta 7 e a Pergunta 9

Neste caso as perguntas eram: «Se já ouviu falar em realidade aumentada, já experimentou alguma aplicação?» e «Considera o objetivo da aplicação útil?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	0	1	0	0	5	6
Não	0	0	1	6	17	24
Totais	0	1	1	6	22	30

Tabela 4.27: *Valores observados*

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores

observados.

	Totalmente em de-sacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	1	0	0	5	6
Não	0	1	6	17	24
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.28: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Sim» da pergunta 7 é 6 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 9 é 1 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.2 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em de-sacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Sim	0.2	0.2	1.2	4.4	6
Não	0.8	0.8	4.8	17.6	24
Totais	1	1	6	22	30

Tabela 4.29: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 5.852$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.4$. Como o valor não é muito próximo de zero admite-se que, na amostra, há associação entre as duas variáveis mas, como o valor é inferior a 0.5 admite-se que essa associação não é muito forte, ou seja, o reconhecimento da utilidade da aplicação depende um pouco de já ter experimentado aplicações de realidade aumentada.

Associação entre a Pergunta 9 e a Pergunta 14

Neste caso as perguntas eram: «Considera o objetivo da aplicação útil?» e «Acha que a utilização de aplicações de realidade aumentada pode aumentar o número/interesse de visitantes em museus?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo	0	0	0	0	0	0
Parcialmente em desacordo	0	0	0	0	1	1
Indiferente	0	1	0	0	0	1
Parcialmente em acordo	0	0	1	2	3	6
Totalmente de acordo	0	0	0	9	13	22
Totais	0	1	1	11	17	30

Tabela 4.30: Valores observados

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	0	0	0	1	1
Totalmente em desacordo; Indiferente	1	0	0	0	1
Totalmente em desacordo; Parcialmente em acordo	0	1	2	3	6
Totalmente em desacordo; Totalmente de acordo	0	0	9	13	22
Totais	1	1	11	17	30

Tabela 4.31: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 9 é 1 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 14 é 1 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.03 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	0.033	0.033	0.367	0.567	1
Totalmente em desacordo; Indiferente	0.033	0.033	0.367	0.567	1
Totalmente em desacordo; Parcialmente em acordo	0.2	0.2	2.2	3.4	6
Totalmente em desacordo; Totalmente de acordo	0.733	0.733	8.067	12.467	22
Totais	1	1	11	17	30

Tabela 4.32: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 34.827$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.73$. Como o valor é superior a 0.5 admite-se que essa associação é forte, ou seja, quem considera a aplicação útil também considera que a sua utilização pode aumentar o número/interesse de visitantes em museus.

Associação entre a Pergunta 13 e a Pergunta 14

Neste caso as perguntas eram: «Considera que aplicações de realidade aumentada em museus podem contribuir para um maior enriquecimento cultural dos visitantes do espaço?» e «Acha que a utilização de aplicações de realidade aumentada pode aumentar o número/interesse de visitantes em museus?»

Vai ser usado o Teste do Qui-Quadrado e calculado um coeficiente de contingência (Spiegel, 2009)

Começa-se por apresentar, numa tabela de contingência, os valores observados.

	Totalmente em desacordo	Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo	0	0	0	0	0	0
Parcialmente em desacordo	0	0	0	0	0	0
Indiferente	0	1	1	1	0	3
Parcialmente em acordo	0	0	0	4	3	7
Totalmente de acordo	0	0	0	6	14	20
Totais	0	1	1	11	17	30

Tabela 4.33: Valores observados

Como alguns totais, nos valores observados, são nulos vai ser preciso agrupar algumas opções, para que isso deixe de acontecer. Obtém-se assim uma nova tabela de valores observados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente	1	1	1	0	3
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Parcialmente em acordo	0	0	4	3	7
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Totalmente de acordo	0	0	6	14	20
Totais	1	1	11	17	30

Tabela 4.34: *Valores observados agrupados*

Como o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente» da pergunta 13 é 3 e o total da opção «Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo» da pergunta 14 é 1 então, caso não houvesse associação entre as variáveis, usando uma regra de três simples poder-se-ia concluir que haveria 0.1 respostas correspondentes às duas opções. Usando raciocínio análogo obtém-se a tabela dos valores esperados.

	Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo	Indiferente	Parcialmente em acordo	Totalmente de acordo	Totais
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Indiferente	0.1	0.1	1.1	1.7	3
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Parcialmente em acordo	0.233	0.233	2.567	3.967	7
Totalmente em desacordo; Parcialmente em desacordo; Totalmente de acordo	0.667	0.667	7.333	11.333	20
Totais	1	1	11	17	30

Tabela 4.35: *Valores esperados*

Tem-se o coeficiente $\chi^2 = 21.615$ e a partir dele calcula-se o coeficiente de contingência, $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}}$, sendo N o número de observações, neste caso $N = 30$. Assim vem $\sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2+N}} = 0.65$. Como o valor é superior a 0.5 admite-se que essa associação é forte, ou seja, quem considera que aplicações de realidade aumentada podem contribuir para um maior enriquecimento cultural também considera que estas mesmas aplicações podem aumentar o número/interesse de visitantes em museus.

Dos resultados dos inquéritos conclui-se uma aceitação grande da utilização de realidade aumentada em museus em particular do proposto da nossa aplicação.

O estudo consultado sobre o perfil dos visitantes do Museu Nacional Soares dos Reis (DGPC, 2016) indicava que 40% dos visitantes têm menos que 35 anos. No nosso estudo 63% têm menos de 40 anos, em ambos os casos há uma predominância do público mais jovem. No estudo consultado 79% têm nível de escolaridade pós-secundário. No nosso estudo esse valor é de 63%, ou seja, em ambos os casos a maioria dos visitantes frequenta o ensino superior. No estudo consultado, a nacionalidade estrangeira mais frequente é a francesa. No nosso estudo as nacionalidades estrangeiras mais frequentes são a francesa e a brasileira. Assim, os dados que dispomos sobre o perfil dos visitantes do museu são aproximados dos dados sobre o perfil dos questionados neste estudo. Este facto reforça as conclusões do nosso estudo sobre o interesse desta aplicação, apesar da amostra não ser aleatória pois o estudo decorreu concentrado em três dias consecutivos, não é muito grande e dependeu da vontade dos visitantes em participar ou não neste estudo.

Capítulo 5

Conclusão

Ao iniciar este trabalho de Realidade Aumentada foram colocados vários objetivos. O principal objetivo seria desenvolver uma aplicação móvel de Realidade Aumentada. A aplicação desenvolvida deveria recuperar informação sobre algumas obras de arte existentes num museu, neste caso o Museu Soares dos Reis. A aplicação pode funcionar em «smartphones» ou «tablets». O utilizador aponta o dispositivo para a obra de arte que é reconhecida pela aplicação e é imediatamente apresentada informação relevante sobre essa obra de arte. Nessa mesma altura a aplicação assinala eventuais pontos de interesse sobre a obra que podem ser escolhidos pelo utilizador para obter informação mais específica sobre esse ponto de interesse.

A nossa experiência no período de testes revelou-nos algumas dificuldades que tiveram de ser resolvidas a nível de programação. A maior dificuldade foi relativa à informação sobre os pontos de interesse mas conseguiu-se uma solução que permite um excelente funcionamento da aplicação. Depois de superadas as dificuldades de funcionamento da aplicação surgidas neste período de testes, o funcionamento da aplicação durante as sessões realizadas perante visitantes do museu foi um sucesso total. As opiniões dos visitantes foram extremamente favoráveis e houve também algumas sugestões no sentido de ser incluída, na aplicação, uma ajuda sobre o seu funcionamento, isto porque, alguns pormenores do funcionamento da aplicação são muito intuitivos mas nem todos e, como a experiência com aplicações móveis não é a mesma para todos os utilizadores, o seu à vontade para funcionar com a aplicação também varia.

Os questionários preenchidos pelos visitantes que experimentaram a aplicação foram alvo de um estudo estatístico e as conclusões que foram sendo apresentadas na respetiva secção apontam também no sentido de uma aceitação em geral da aplicação por parte dos utilizadores, tanto na sua utilidade como no seu funcionamento. Uma característica importante desta aplicação não é sentida pelos utilizadores mas sim pelo cliente da aplicação, neste caso o museu. Sempre que pretender efetuar alterações na informação a ser apresentada, seja no texto ou mesmo nas obras apresentadas, não é preciso recorrer a um programador para alterar a aplicação. Como a aplicação, ao ser executada, consulta a base de dados

então basta alterar essa base de dados com a informação respetiva. Como é frequente, este trabalho pode ser melhorado. A base de dados referida é descarregada para o dispositivo do cliente na mesma altura em que se descarrega a aplicação. Assim, quando o cliente da aplicação efetuar alterações na base de dados, essas alterações não se vão refletir nos dispositivos onde já foi descarregada a aplicação. Uma melhoria, a pensar num trabalho futuro, será desenvolver a aplicação de modo que a base de dados exista num servidor sem ser descarregada para o dispositivo do utilizador. Deste modo, apesar de poder tornar a aplicação mais lenta, pois a aplicação terá de aceder ao servidor sempre que for executada, tem a vantagem de ter sempre disponível a versão mais recente da base de dados.

Da direção do Museu Nacional Soares dos Reis recebemos, ao longo de todo o processo, comentários indicadores do grande interesse no desenvolvimento da aplicação, o que dá bons indicadores sobre uma possível utilização desta aplicação no futuro. No final deste trabalho, além dos conhecimentos adquiridos há a sensação de prazer pelo trabalho desenvolvido com o possível contributo para a divulgação da arte.

Anexo 1

Questionário em português apresentado aos visitantes do museu após finalizarem a experiência.

Questionário

Caro participante,

O meu nome David Sousa e sou aluno do Mestrado em Engenharia Informática da Universidade Fernando Pessoa e encontro-me em fase de investigação para elaboração da dissertação sobre "Realidade Aumentada em ambientes interiores não estruturados".

Com o intuito de iniciar a recolha dos dados, solicito a sua colaboração através do preenchimento do respetivo questionário. Garanto o anonimato das suas respostas e estas serão tratadas apenas para efeitos estatísticos no âmbito deste estudo.

A duração prevista para responder a este questionário é de 2 minutos.

Agradeço desde já a sua colaboração.

1. Género

Mark only one oval.

- Masculino
 Feminino

2. Idade

Mark only one oval.

- < 18
 18 - 24
 25 - 39
 40 - 55
 > 55

3. Nível de escolaridade

Mark only one oval.

- Até ao ensino básico
 Até ao ensino secundário
 Ensino Superior

4. Nacionalidade

Mark only one oval.

- Português
 Inglês
 Francês
 Outra: _____

5. Qual o principal motivo que o levou a aceitar participar nesta experiência?

Mark only one oval.

- Porque não sei o que é realidade aumentada e fiquei curioso em passar a conhecer
- Porque a realidade aumentada parece-me ser uma atividade interessante neste contexto (museus)
- Apesar de considerar realidade aumentada pouco interessante neste contexto, fiquei com curiosidade em experimentar
- Outro motivo

6. Já tinha ouvido falar em realidade aumentada?

Mark only one oval.

- Sim
- Não

7. Se sim, já tinha experimentado alguma aplicação de Realidade Aumentada?

Mark only one oval.

- Sim
- Não

8. Depois de ter experimentado esta aplicação ficou interessado em experimentar outras aplicações de realidade aumentada?

Mark only one oval.

- Totalmente desinteressado
- Parcialmente desinteressado
- Indiferente
- Parcialmente interessado
- Totalmente interessado

9. Considera o objetivo da aplicação útil?

Mark only one oval.

- Totalmente em desacordo
- Parcialmente em desacordo
- Indiferente
- Parcialmente em acordo
- Totalmente de acordo

10. A aplicação funcionou de forma estável?

Mark only one oval.

- Totalmente em desacordo
- Parcialmente em desacordo
- Indiferente
- Parcialmente em acordo
- Totalmente de acordo

11. Achou a aplicação intuitiva e fácil de navegar?

Mark only one oval.

- Totalmente em desacordo
- Parcialmente em desacordo
- Indiferente
- Parcialmente em acordo
- Totalmente de acordo

12. É visitante frequente de museus?

Mark only one oval.

- Nada frequente
- Pouco frequente
- Frequente
- Muito frequente
- Bastante frequente

13. Considera que aplicações de realidade aumentada em museus podem contribuir para um maior enriquecimento cultural dos visitantes?

Mark only one oval.

- Totalmente em desacordo
- Parcialmente em desacordo
- Indiferente
- Parcialmente em acordo
- Totalmente de acordo

14. Acha que a utilização de aplicações de realidade aumentada podem aumentar o número/interesse de visitantes em museus?

Mark only one oval.

- Totalmente em desacordo
- Parcialmente em desacordo
- Indiferente
- Parcialmente em acordo
- Totalmente de acordo

References

- Alexander Mordvintsev & Abid K. FAST Algorithm for Corner Detection ? OpenCV-Python Tutorials 1 documentation, 2013a. URL <https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py{ }tutorials/py{ }feature2d/py{ }fast/py{ }fast.html>.
- Alexander Mordvintsev & Abid K. ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) ? OpenCV-Python Tutorials 1 documentation, 2013b. URL <https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py{ }tutorials/py{ }feature2d/py{ }orb/py{ }orb.html>.
- Alexander Mordvintsev & Abid K. Introduction to SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) ? OpenCV-Python Tutorials 1 documentation, 2013c. URL <https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py{ }tutorials/py{ }feature2d/py{ }sift{ }intro/py{ }sift{ }intro.html>.
- Alexander Mordvintsev & Abid K. Introduction to SURF (Speeded-Up Robust Features) ? OpenCV-Python Tutorials 1 documentation, 2013d. URL <https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py{ }tutorials/py{ }feature2d/py{ }surf{ }intro/py{ }surf{ }intro.html>.
- Ronald T Azuma. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4):355–385, 1997. URL <http://www.cs.unc.edu/{~}azuma>.
- Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool. SURF : Speeded Up Robust Features. pages 404–405, 2006.
- Michael Calonder, Vincent Lepetit, Christoph Strecha, and Pascal Fua. BRIEF : Binary Robust Independent Elementary Features ? 2010.
- T.P. Caudell and D.W. Mizell. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, (February):659–669 vol.2, 1992. ISSN 0818624205. doi: 10.1109/HICSS.1992.183317. URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/183317/>.

- DGPC. Principais Resultados Públicos do Museu Nacional Soares dos Reis. Technical report, 2016.
- DigitalAVMagazine. O Museu de Mataró usa novas tecnologias em uma exposicao pioneira, 2012. URL <https://www.digitalavmagazine.com/pt/2012/04/04/el-museo-de-mataro-utiliza-las-nuevas-tecnologias-en-una-exposicion-pionera/>.
- Dennis Green. This 'Shazam for art' app wants to fix the hardest part about buying your first piece of art, 2016. URL <https://www.businessinsider.com/magnus-app-is-like-shazam-for-art-2016-5>.
- Chris Harris and Mike Stephens. A COMBINED CORNER AND EDGE DETECTOR. pages 147–152, 1988. doi: 10.5244/C.2.23.
- Claudio Kirner. *Realidade Aumentada : Conceitos , Projeto e Aplicações*, volume 1. 2007. ISBN 8576691086. URL <http://ckirner.com/download/livros/Livro-RVA2007-1-28.pdf>.
- David G Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. pages 1–28, 2004.
- Magnus. Shazam for Art. URL <http://alteroids.com/>.
- Paul Milgramt and Fumio Kishinott. Special Issue on Networked Reality. (12):1321–1329, 1994.
- Jun Rekimoto. A Magnifying Glass Approach to Augmented Reality Systems. (June), 2014.
- Edward Rosten and Tom Drummond. Machine learning for high-speed corner detection. pages 1–14, 2006.
- Ethan Rublee and Gary Bradski. ORB : an efficient alternative to SIFT or SURF. 2011.
- Smartify. Scan the art, uncover the story, 2017. URL <https://smartify.org/>.
- Murray Spiegel. *Estatística*. McGraw-Hill, 2009.
- Ivan E. Sutherland. The ultimate display. *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP)*, pages 506–508, 1965. ISSN 0018-9162. doi: 10.1109/MC.2005.274. URL <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.136.3720>.
- Turismo do Porto e Norte de Portugal. Museu Nacional Soares dos Reis, 2019. URL <http://www.portoenorte.pt/pt/o-que-fazer/museu-nacional-soares-dos-reis/>.

- Unity. The world's leading real-time engine, 2018. URL <https://unity3d.com/>.
- Gunseli Yalcinkaya. New app Smartify functions as 'a Shazam for the art world', 2017. URL <https://www.dezeen.com/2017/10/08/new-app-smartify-hailed-shazam-art-world-technology/>.
- Feng Zhou, Henry Been-lirn Duh, and Mark Billinghurst. Trends in Augmented Reality Tracking , Interaction and Display : A Review of Ten Years of ISMAR. pages 193–202, 2008.
- Ezequiel Roberto Zorzal, Claudio Kirner, Alexandre Cardoso, Edgard a. Lamouonier Jr., Mônica Rocha Ferreira De Oliveira, and Luciano Ferreira Silva. Ambientes Educacionais Colaborativos com Realidade Aumentada. *RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação*, 6, 2008. ISSN 1679-1916. URL <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14574>.