



# ESCOLA NAVAL



*talant de bi-faire*

*Filipe Barbosa da Cunha Mendes Elvas*

*Realidade Aumentada Aplicada a Panoramas Táticos*

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,  
na especialidade de Marinha



Alfeite

2018





# ESCOLA NAVAL

ta sante de bi faire



**Filipe Barbosa da Cunha Mendes Elvas**

***Realidade Aumentada Aplicada a Panoramas Táticos***

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,  
na especialidade de Marinha**

**Orientação de:** Professor Doutor Cortez e Correia

**Coorientação de:** CFR Plácido da Conceição

O Aluno Mestrando

O Orientador

---

ASPOF Mendes Elvas

---

Professor Cortez e Correia

**Alfeite**

**2018**



# Epígrafe

“Qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinta de magia”

Arthur C. Clarke



# Dedicatória

Aos meus pais pelo apoio incondicional e pela constante motivação nos momentos mais difíceis.



# Agradecimentos

Este trabalho não se teria realizado sem o apoio de várias pessoas que ajudaram na sua realização através de contributos que direta ou indiretamente influenciaram o seu percurso. Por isso, é importante reconhecer a sua dedicação ao longo desta fase.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Senhor Professor Anacleto Cortez e Correia, pela sua disponibilidade, apoio, motivação e orientação constante ao longo de todo o trabalho. Foi um pilar de extrema importância para a concretização desta dissertação.

Ao meu coorientador CFR Plácido da Conceição, pelo auxílio prestado na correção, fornecimento de dados e opiniões relevantes que me ajudaram a orientar o meu trabalho da melhor forma.

À minha namorada, que me incentivou ao longo de todo este percurso apoiando-me incondicionalmente e acreditando sempre em mim.

Um agradecimento especial aos meus pais por toda a dedicação e apreço que têm por mim, pela sua amizade e carinho. Sem vós, tudo seria mais difícil.

Muito obrigado a todos.



# Resumo

Com o desenvolvimento tecnológico que se tem vindo a verificar nos últimos anos, uma das tecnologias que mais expectativas tem suscitado, é a Realidade Aumentada (RA): uma forma de estender a perceção humana da realidade.

Com o intuito de tornar a Marinha Portuguesa mais consentânea com a evolução a nível tecnológico, a Realidade Aumentada apresenta uma boa solução para uma melhoria sustentável, capacitando variadas áreas de necessidade, impedindo, assim, a estagnação temporal da tecnologia.

Uma das missões da Marinha Portuguesa assenta na formação e ensino dos seus elementos. Através do seu método de visualização, a Realidade Aumentada pode tornar a aprendizagem mais gráfica e interativa, usando objetos virtuais em 3D, inserindo-os em ambientes reais, promovendo assim dinamismo ao ministrar formação.

Pretende-se com esta dissertação, não só captar a atenção das potencialidades que a Realidade Aumentada pode oferecer, mas também potenciar uma simbiose entre a tecnologia Realidade Aumentada e o ensino/formação ministrado na Escola Naval e na Marinha Portuguesa. Para esse efeito, e após a recolha de informação e dados relativa ao tema proveniente de fontes e autores diversos, auscultou-se a opinião de Aspirantes da E.N., por forma a apurar-se o proveito do uso desta tecnologia, na aprendizagem de operações navais e manobras e evoluções dos navios. Com os dados obtidos, foi desenvolvida uma solução, com o propósito de apresentar diferentes formaturas de navios, através de uma interface digital, onde a visualização é efetuada através de um *smartphone*. Da análise efetuada à solução foram extraídos dados relevantes, podendo estes ser de suscetível interesse para a Marinha Portuguesa.

Este conceito é apenas um exemplo da potencialidade desta tecnologia, abrindo caminho a projetos futuros relacionados com a Realidade Aumentada.

**Palavras Chave:** Operações Navais, Realidade Aumentada, Ensino.



# Abstract

With the technological development that has been verified in recent years, one of the technologies that more expectations has raised, is the Augmented Reality (AR): a way to extend the human perception of reality.

With the aim of making the Portuguese Navy more in line with developments in technology, the Augmented Reality presents a good solution for a sustainable improvement, enabling a variety of areas of need, thus preventing the temporary stagnation of technology.

One of the missions of the Portuguese Navy is based on the training and teaching of its elements. Through its visualization method, Augmented Reality can make learning more graphical and interactive, using 3D virtual objects, inserting them in real environments, thus promoting dynamism in the delivery of training.

This dissertation aims not only to capture the attention of the potentialities that the Augmented Reality can offer, but also to foster a symbiosis between the Augmented Reality technology and the teaching / training taught at the Naval School and the Portuguese Navy. To that end, and after collecting information and data related to the theme from various sources and authors, the opinion of Aspirants of the EN was heard, in order to ascertain the use of this technology in learning naval operations and maneuvers and vessel evolutions. With the data obtained, a solution was developed, with the purpose of presenting different sizes of ships, through a digital interface, where the visualization is carried out through a smartphone. From the analysis made to the solution, relevant data were extracted, which could be of interest to the Portuguese Navy.

This concept is just one example of the potentiality of this technology, paving the way for future perspectives related to Augmented Reality.

**Keywords:** Naval Operations, Augmented Reality, Teaching



# Índice

Epígrafe.....	v
Dedicatória .....	vii
Agradecimentos.....	ix
Resumo .....	xi
Abstract .....	xiii
Índice .....	xv
Índice de Figuras.....	xix
Índice de Tabelas .....	xxiii
Lista de Siglas e Acrónimos .....	xxv
Introdução .....	3
Enquadramento.....	3
Motivação.....	4
Objetivo da investigação .....	5
Metodologia de investigação .....	6
Estrutura da dissertação.....	7
1. Domínio da Realidade Aumentada .....	11
1.1. Percurso da Realidade Aumentada .....	13
1.2. Áreas de desenvolvimento da Realidade Aumentada .....	15
1.3. Ferramentas de desenvolvimento em Realidade Aumentada.....	19
1.4. Processo de desenvolvimento em Realidade Aumentada .....	24
2. Tecnologia de suporte da Realidade Aumentada.....	27
2.1. Dispositivos e sistemas de Realidade Aumentada .....	29

2.1.1. Visores de mão ( <i>hand-held displays</i> ) .....	30
2.1.2. Visores espaciais ( <i>spacial displays</i> ) .....	32
2.1.3. Visores frontais ( <i>head attached displays</i> ) .....	34
2.1.4. Resumo das características dos dispositivos de Realidade Aumentada 40	
2.2. Objeto 3D.....	42
2.2.1. Localização e Orientação ( <i>Pose</i> ).....	44
2.2.2. Com Marca ( <i>Marker-based</i> ) .....	45
2.2.3. Sem Marca ( <i>Markerless</i> ) .....	47
2.3. Tecnologia de desenvolvimento da solução de Realidade Aumentada...	49
3. Levantamento de Requisitos .....	51
3.1. Geração de ideias .....	53
3.2. Definição dos requisitos .....	55
3.3. Especificação da solução de Realidade Aumentada .....	63
4. Desenvolvimento da Solução.....	69
4.1. Detalhes de Construção.....	71
4.2. Exportação da Aplicação .....	80
5. Validação da Solução .....	83
5.1. Análise de resultados.....	85
5.2. Análise Estatística .....	93
Conclusão .....	97
Apreciações Finais .....	99
Trabalho Futuro.....	102
Referências Bibliograficas.....	105
Apêndices .....	113

Apêndice A – Quadro Scrum .....	115
Apêndice B – Questionário de Levantamento de Requisitos.....	116
Apêndice C – Marcas Utilizadas .....	124
Apêndice D – Inquérito de Avaliação .....	126
Apêndice E – Respostas de Desenvolvimento (Análise de Resultados).....	149



# Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo regulador de Weiringa.....	7
Figura 2. Diagrama da estrutura da dissertação .....	9
Figura 3. HUD aplicado num avião .....	14
Figura 4. Aplicação de RA em Medicina .....	16
Figura 5. Aplicação de RA em Engenharia Civil .....	17
Figura 6. Aplicação da RA na Educação.....	17
Figura 7. Aplicação da RA na Marinha .....	18
Figura 8: Aplicação da RA em Navegação .....	19
Figura 9. Esquema de elaboração de um Sprint .....	26
Figura 10. Diferentes tipos de visores e a sua distância ao olho humano.....	30
Figura 11. Visor de mão de observação por vídeo.....	31
Figura 12. Configuração do visor de observação por video.....	31
Figura 13. Configuração do visor de observação por ótica.....	32
Figura 14. Visor espacial de observação por vídeo através de écran .....	33
Figura 15. Visor espacial de observação por ótica.....	34
Figura 16. Visor espacial por aumento direto.....	34
Figura 17.(a) Estrutura do olho humano; (b) Visor de retina .....	36
Figura 18. (a) visor frontal de observação por vídeo .....	36
Figura 19. Disposição das lentes utilizadas: (a) refrativo; (b) catadioptrico; (c) prisma sem forma. ....	37
Figura 20. Configuração de um visor por projeção (monocular).....	38
Figura 21. Marcas: (a) padrão, (b) de identificação binária (c) binária de dados .	46

Figura 22. Marcas de código de barras 2D: (a) QR Code, (b) PDF 417.....	46
Figura 23. Requisito: conhecimentos sobre Realidade Aumentada.....	57
Figura 24. Requisito: número de navios na formatura.....	58
Figura 25. Requisito: posição de observação da formatura.....	58
Figura 26. Requisito: ângulo de observação da formatura.....	59
Figura 27. Requisito: aparecimento da imagem virtual.....	59
Figura 28. Requisito: interação com imagem virtual.....	60
Figura 29. Requisito: condições meteorológicas.....	60
Figura 30. Requisito: representação do guia da formatura.....	61
Figura 31. Requisito: formatura inicial.....	61
Figura 32. Requisito: tipo de marca utilizada.....	62
Figura 33. Requisito: características técnicas dos dispositivos e aplicações RA ....	63
Figura 34. Formatura dos navios (FORM 1).....	64
Figura 35. Formatura dos navios (FORM 3).....	64
Figura 36. Formatura dos navios (FORM E).....	65
Figura 37. Formatura dos navios (FORM F).....	66
Figura 38. Visualização inicial do <i>Unity</i> .....	71
Figura 39. Abrir o menú de configurações Vuforia na plataforma Unity. ....	72
Figura 40. Diferentes plataformas para exportar o projeto construído em Realidade Aumentada.....	73
Figura 41. Marcas pre-definida (esq.) e personalizada (dir.) na superfície plana	73
Figura 42. Plataforma Vuforia com a base de dados ARFirst já criada.....	74
Figura 43. Algumas marcas visuais presentes na aplicação e respetiva classificação. .....	75
Figura 44. Associação da marca à superfície plana no programa.....	75

Figura 45. Marca integrada na solução.....	76
Figura 46. Modelo de navio utilizado na solução. ....	77
Figura 47. Vista panorâmica da solução, em fase de construção, com as diferentes marcas e os navios correspondentes.....	77
Figura 48. Navios junto da respetiva marca, sobre o oceano.....	79
Figura 49. Cenário com chuva assinalada a laranja. ....	80
Figura 50. Logotipo da aplicação ARSHIP.....	81
Figura 51. Funcionamento da aplicação ARSHIP num telemóvel Android .....	81
Figura 52. Respostas ao inquérito: percentagem de respostas certas e erradas antes da visualização da solução de RA.....	87
Figura 53. Respostas ao inquérito: familiaridade com aplicações móveis e RA... ..	88
Figura 54. Respostas ao inquérito: contacto com tecnologia de RA. ....	89
Figura 55. Áreas de aplicação de Realidade Aumentada.....	90
Figura 56. Respostas corretas após a visualização da solução. ....	91



# Índice de Tabelas

Tabela 1. Plataformas e SDK de suporte a Realidade Aumentada.....	24
Tabela 2. Quadro síntese das principais características dos equipamentos RA. ....	41
Tabela 3. Quadro síntese dos fatores exteriores que afetam a tecnologia de RA.....	42
Tabela 4. Respostas ao inquérito: género e idade. ....	85
Tabela 5. Respostas ao inquérito: Categoria e Classe. ....	86
Tabela 6. Respostas ao inquérito: local de observação de formaturas, número e tipo de navios frequentados. ....	86
Tabela 7. Respostas ao inquérito: antes da visualização da solução de RA.....	87
Tabela 8. Respostas ao inquérito: familiaridade com aplicações móveis e a RA. ....	88
Tabela 9. Respostas ao inquérito: conhecimentos de RA. ....	88
Tabela 10. Respostas ao inquérito: aplicabilidade da RA.....	89
Tabela 11. Respostas ao inquérito: após visualização da solução de RA. ....	90
Tabela 12. Respostas ao inquérito: avaliação da solução e das vantagens da RA.....	92
Tabela 13. Dados de análise estatística da QD3.....	94
Tabela 14. Dados da análise estatística de QD4.....	95
Tabela 15. Quadro Scrum .....	115



# Lista de Siglas e Acrónimos

AIS	Automatic Identification System
DSR	Design Science Research
FAST	Features from Acelerated Segmented Test
HAD	Head Attached Display
HMD	Head Mounted Display
HMPD / HPD	Head Mounted Projected Display / Head Projected Display
HUD	Heads Up Display
RA	Realidade Aumentada
SDK	Software Development Kit
SIFT	Scale Invariant Feature Transform
SLAM	Simultaneous Location and Mapping
SURF	Speed Up Robust Features
NMSS	Non Maximum Supression Search
ATP	Allied Tactical Publications
3D	3 Dimensões



# INTRODUÇÃO

Enquadramento

Objetivos

Metodologia da Investigação

Estrutura da Dissertação



# Introdução

## Enquadramento

*“Augmented Reality isn’t going to be a big thing, it’s going to be everything”*  
(PEDDIE, 2017, p. xv).

Um dos aspetos fundamentais da vida em sociedade, é a comunicação. Vivemos numa sociedade globalizada em que a difusão e partilha de informação é efetuada de forma muito rápida, graças aos avanços tecnológicos relativamente recentes que nos permitem comunicar, exibindo e partilhando todo o tipo de informação.

A evolução das últimas décadas, foi no sentido da comunicação ser baseada essencialmente nos computadores (PEDDIE, 2017). Através de um computador é possível, por exemplo, efetuar uma comunicação onde se podem partilhar textos, imagens, vídeos ou outro tipo de informação.

Os avanços tecnológicos na área da Realidade Aumentada (RA) permitiram novos suportes para mostrar informação e conhecimento, tendência essa que se tem vindo a acentuar com a disponibilização de dispositivos de visualização inovadores (PEDDIE, 2017, p. 2). O objetivo da Realidade Aumentada é ambicioso, pois pretende uma comunicação mais interativa e próxima de um ambiente real, uma comunicação mais “em contacto”, como, por exemplo, a simulação da presença de pessoas e objetos, ou a apresentação e o manuseamento de objetos virtuais próximo do interlocutor com quem se comunica (PEDDIE, 2017, p. 2).

Peddie (2017) afirma que, com a tecnologia de Realidade Aumentada, o objetivo é a obtenção de uma maior integração entre o utilizador e o dispositivo de visualização, sendo o utilizador, a interface de comunicação. Esta simbiose visa uma maior naturalidade na partilha de informação projetada nos dispositivos, por exemplo o estado de saúde do utilizador - após a medição dos seus parâmetros vitais pelo dispositivo, ou um maior realismo na projeção de cenários de jogos e de formação/ensino.

Os benefícios obtidos com a Realidade Aumentada, podem traduzir-se na melhoria do desempenho das tarefas quotidianas, através, por exemplo, da projeção no écran do dispositivo RA, de informação contextualizada relativa a tarefas a serem realizadas, nomeadamente quando, se procura informação detalhada sobre uma entidade (e.g. edifício, monumento, peça artística, conceito) que se observa, se pretende a tradução em tempo-real dum texto (e.g. numa placa sinalética ou jornal), ou saber a distância a percorrer e o trajeto mais curto até certo local (SOOD, 2012, pp. 2-10). Também em cenários de guerra, reais ou simulados, as potencialidades da Realidade Aumentada são evidentes, designadamente no conhecimento situacional do ambiente de conflito e no apoio à tomada de decisão das forças no teatro de operações.

## Motivação

Na Marinha, um navio necessita de treinar, se possível em situações reais e em diferentes cenários, por forma a obter um elevado grau de prontidão. O treino a bordo de um navio permite a consolidação de conhecimentos anteriormente adquiridos através da prática. Um dos conhecimentos importantes a exercitar, é, por exemplo, o relativo manobras e evoluções de navios e formaturas navais.

O treino é assim, um meio para alcançar o nível de prontidão necessário de qualquer navio. Quando o treino é realizado em ambiente real, é geralmente realizado nos postos a bordo, navegando o navio isolado ou em formatura. Sendo esta a situação ideal de treino, existem, no entanto, obstáculos à sua realização plena, nomeadamente o custo que é necessário incorrer para navegar em ambiente de treino. Uma alternativa para obviar esse inconveniente, é o recurso ao treino em simuladores ou ambientes simulados. A tecnologia moderna oferece alternativas para o treino simulado, a custos relativamente baixos, através da Realidade Aumentada.

Existem atualmente aplicações da Realidade Aumentada no ensino, que conferem à aprendizagem mais interatividade e dinamismo, com a apresentação de objetos ou esquemas virtuais, para concretizar conceitos abordados por escrito ou oralmente, resultando numa apreensão mais eficaz dos formandos. Por outro lado, com a utilização de dispositivos de uso corrente, designadamente os telemóveis, é possível abranger um maior número de formandos com investimentos baixos na aquisição de *hardware*.

A Realidade Aumentada afigura-se assim, uma tecnologia de grande potencialidade de aplicação no ensino e formação naval, quer ao nível dos conteúdos teóricos das ciências de base (e.g. navegação, oceanografia, meteorologia, gestão de operações, etc.), quer de matérias e procedimentos de natureza mais prática a bordo dos navios. Como exemplos, desta última vertente perspetiva-se a criação de cenários parcialmente virtualizados, em que um navio (real, isolado ou em formação de navios virtuais), treina procedimentos internos ou de esquadra, tais como exercícios de limitação de avarias, postos de combate com ameaças múltiplas (aérea, submarina e de superfície), manobras e evoluções, operações táticas, operações de reabastecimento, navegação em águas restritas, entre outras.

## Objetivo da investigação

Com esta dissertação pretende-se *investigar a aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada no contexto militar naval, através do ensino de formaturas navais definidas pela NATO.*

Deste modo, a **questão principal** (QP) à qual a presente dissertação pretende obter resposta é:

*Como pode a Realidade Aumentada ser usada eficazmente no ensino da tática naval?*

A partir desta questão principal, formularam-se um conjunto de **questões derivadas** (QD), a serem respondidas nas várias fases do processo de investigação:

- QD1 – Qual o **processo** de conceção e desenvolvimento que deve ser seguido na elaboração do projeto em Realidade Aumentada visando, o ensino de operações navais?
- QD2 – Qual o **dispositivo** de Realidade Aumentada mais adequado para construir a solução proposta para o ensino de operações navais?
- QD3 – A **solução** de Realidade Aumentada obtida é eficaz para o ensino de operações navais?
- QD4 – A Realidade Aumentada tem **vantagens** no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais?

Esta investigação para além de permitir avaliar as potencialidades da tecnologia Realidade Aumentada no contexto naval, servirá também para aferir, a recetividade da sua utilização na Marinha.

## Metodologia de investigação

O método utilizado na elaboração desta dissertação foi o método *Design Science Research (DSR)* (WIERINGA, 2009). Este método é indicado para a natureza deste trabalho visto que apresenta os passos científicos a desenvolver na produção de um artefacto tecnológico. O DSR suporta a criação de um artefacto visando um objetivo específico, bem como a sua avaliação, por forma a confirmar a sua adequabilidade funcional (ZAIDAN, BAX, & PARREIRAS, 2016).

O método DSR tem várias abordagens (HEVNER, 2004) (GIBBONS, 1994) (ZAIDAN, BAX, & PARREIRAS, 2016) (WIERINGA, 2009), destacando-se a abordagem de Weiringa, pelo seu carácter prático e simplicidade de aplicação (WIERINGA, 2009).

A utilização do DSR por Weiringa baseia-se num ciclo regulador que obedece a 5 passos, que se ilustram na Figura 1: (1) a *investigação de problema*, onde se toma contacto com o problema, compreendendo-o, definindo os seus objetivos, prioridades, critérios e impactos; (2) o *desenho de soluções*, onde se inicia o projeto para solucionar o problema; (3) a *validação do desenho*, onde se verifica a utilidade e concretização do projeto, recorrendo a opiniões de peritos, verificando a satisfação dos critérios e o efeito esperado; (4) a *implementação da solução*, onde o *desenho* é posto em prática com o objetivo de solucionar o problema; e por fim (5) a *validação da solução*, que avalia o impacto da solução proposta. Todos estes passos intercalam problemas práticos com questões de conhecimento (WIERINGA, 2009).

Nesta dissertação, o ciclo é aplicado da seguinte forma: (1) efetuado na **Introdução** e no **Capítulo 1 e 2**, onde são coligidos os conhecimentos para formular e caracterizando o problema de investigação; (2) e (3) elaborados durante o **Capítulo 3**, onde, através de um levantamento de requisitos, se recolheu informação sobre as funcionalidade a implementar numa solução de Realidade Aumentada, efetuou-se a sua validação e se procedeu à sua conceção e desenho; (4) realizado no **Capítulo 4**, com a

elaboração da aplicação de Realidade Aumentada, e o seu refinamento até à elaboração da **Conclusão** da dissertação; (5) efetuado no **Capítulo 5**, através da recolha e análise de dados resultantes da avaliação da solução de Realidade Aumentada construída, por potenciais utilizadores.

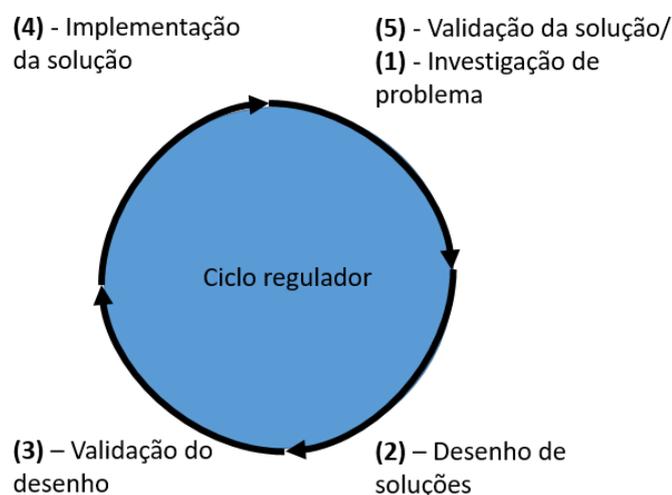


Figura 1. Ciclo regulador de Weiringa.  
[Fonte: Adaptado de (WIERINGA, 2009)].

## Estrutura da dissertação

Esta dissertação é constituída pela introdução, cinco capítulos e a conclusão, cujo conteúdo é a seguir descrito:

**Introdução** – É apresentada uma contextualização sumária do tema bem como os objetivos da dissertação, as questões de investigação, a metodologia científica utilizada e a forma como a dissertação está estruturada.

**Capítulo 1 – Domínio da Realidade Aumentada.** Neste capítulo é apresentado um breve historial da Realidade Aumentada. São descritas as diversas áreas onde a Realidade Aumentada tem vindo a ser aplicada. Descreve-se diversas plataformas de construção de aplicações de Realidade Aumentada, assim como diferentes paradigmas de construção de aplicações em Realidade Aumentada. Finalmente, é descrita a metodologia de desenvolvimento de aplicações de *software*, eleita para esta dissertação, a metodologia ágil SCRUM, utilizada nesta dissertação, para a realização da solução de Realidade Aumentada.

**Capítulo 2 – Tecnologia de suporte da Realidade Aumentada.** Neste capítulo é efetuada uma análise dos dispositivos utilizados em Realidade Aumentada bem como os sistemas de visualização existentes. É explicada a forma como os equipamentos interagem com o utilizador e as suas diferentes categorias. Também são abordados os métodos de deteção e reconhecimento das diferentes *marcas* de Realidade Aumentada, bem como as *marcas* mais frequentemente utilizadas.

**Capítulo 3 – Levantamento de Requisitos.** Neste capítulo, o objetivo é o de definir as funcionalidades para a aplicação de Realidade Aumentada e assim poder estabelecer uma solução que satisfaça as necessidades do utilizador. Os métodos adotados para coligir os requisitos foram o *brainstorm* e a elaboração de um questionário. No final do capítulo são apresentados os requisitos que a solução deverá incorporar.

**Capítulo 4 – Desenvolvimento da Solução.** Neste capítulo é descrita a construção da solução proposta, detalhando os passos desenvolvidos. São abordados os sistemas e plataformas usadas, bem como o desenho dos cenários para as manobras e formaturas. São ainda descritos os componentes importados e integrados no cenário.

**Capítulo 5 – Validação da Solução.** Para a validação da solução construída, foi elaborado um inquérito, de forma a apurar a opinião dos utilizadores relativamente à solução disponibilizada. As respostas obtidas foram objeto de análise estatística com vista à generalização dos resultados.

**Conclusão** – São apresentadas as conclusões do processo de investigação levado a cabo no âmbito da dissertação, bem como dos trabalhos futuros que se perspetivam realizar no âmbito da Realidade Aumentada.

A elaboração da dissertação foi um processo iterativo com ajustamentos vários ao nível do planeamento e dos objetivos, visando obter uma solução de Realidade Aumentada conforme os requisitos dos utilizadores. O diagrama apresentado na Erro! A origem da referência não foi encontrada., representa a relação entre as tarefas realizadas na elaboração do projeto.

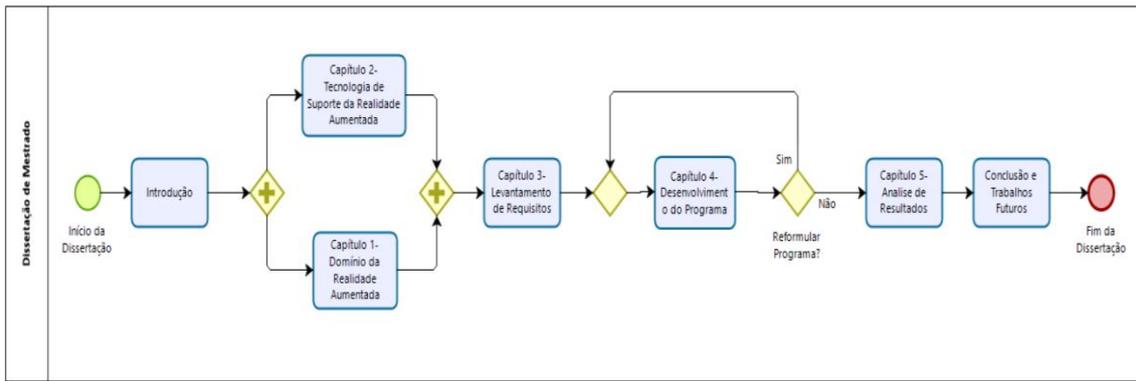


Figura 2. Diagrama da estrutura da dissertação



# **CAPÍTULO 1**

## **1. Domínio da Realidade Aumentada**

1.1 Percurso da Realidade Aumentada

1.2 Áreas de desenvolvimento da Realidade Aumentada

1.3 Ferramentas de desenvolvimento em Realidade Aumentada

1.4 Processo de desenvolvimento em Realidade Aumentada



## 1.1. Percurso da Realidade Aumentada

As características que definem a Realidade Aumentada, são a combinação do real e do virtual, a interatividade em tempo real e o registo em 3D. Com a Realidade Aumentada é possível uma melhoria dos sentidos, principalmente da visão, através do “enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais e sensações hápticas), geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, concebidas através de dispositivos tecnológicos” (AZUMA, 1997).

O termo “Realidade Aumentada” provém de um passado recente e a sua definição teve a sua origem na década de 90 (AUKSTAKALNIS, 2016, p. 2), apesar de já desde dos anos 50 se ouvir falar nesta tecnologia, (CARMIGNIANI & BORKO, 2011, p. 4). A Realidade Aumentada começou por demonstrar o seu potencial, principalmente na área da aviação, tanto militar como civil. A sua primeira aplicação como instrumento de auxílio, foi para a companhia Boeing, mostrando, através da sobreposição de imagens virtuais em ambientes reais, locais onde fios e cabos deveriam encaixar e ligar, quer na construção dos aviões, quer na sua manutenção, evitando o processo moroso de leitura de extensos manuais que frequentemente necessitavam de tradução, economizando assim tempo e dinheiro (CARMIGNIANI & BORKO, 2011, p. 4).

Também na Força Aérea dos Estados Unidos da América se deram os primeiros passos na utilização desta tecnologia durante a Segunda Grande Guerra, com a criação de equipas para trabalhar na criação de sistemas que auxiliassem o piloto durante o voo, bem como os ângulos de disparo. Através do surgimento do sistema *Heads Up Display* (HUD)(Figura 3), era possível aos pilotos, efetuarem uma linha de disparo mais precisa sobre os alvos, efetuando o sistema os cálculos necessários para o efeito (AUKSTAKALNIS, 2016, pp. 3-4). Este sistema exibia a informação numa área fixa transparente, tendo o observador apenas um ângulo de visão para a informação, ou seja, no caso dos pilotos, a informação era apenas visível quando este olhava na direção frontal, desaparecendo quando este olhava para os equipamentos do *cockpit*. Atualmente, os HUD são mais utilizados em alguns aviões comerciais e automóveis (AUKSTAKALNIS, 2016, p. 4). Na aviação militar, os HUD estão a ser substituídos pelos

*Head Mounted Displays* (HMD), com outras vantagens e funcionalidades, como é o caso do maior ângulo de visão permitido pelo HMD, e não ser necessário manobrar a aeronave para enquadrar o HUD com um perigo, sendo o enquadramento feito pelo HMD (AUKSTAKALNIS, 2016, p. 5).



Figura 3. HUD aplicado num avião  
[Fonte: adaptado de (HARTLEY, 2013)].

A partir do virar do século e fruto da evolução tecnológica, uma ferramenta de investigação e de utilização apenas da comunidade científica, ficou pronta para ser lançada ao público, com o objetivo de cada um poder criar um aplicação específica, através do ARTollKit (PEDDIE, 2017, pp. 170-172). Com esta ferramenta, o utilizador conseguia captar imagens vídeo com qualquer tipo de câmara e sobrepor objetos em 3D nesse vídeo através da internet. No entanto, eram poucos os que tinham facilidade em aceder a este tipo de experiência, principalmente devido às limitações a nível do equipamento requerido, algo que atualmente já não se verifica (PEDDIE, 2017, pp. 170-172).

Desde a primeira plataforma criada para o público, muitos outros projetos se seguiram e outras plataformas foram criadas com objetivos mais específicos e direcionados (e.g. *Augment, Infinity AR*) (PEDDIE, 2017, pp. 170-179).

Foi, no entanto, a partir do lançamento da aplicação *Pokemon Go*, que a Realidade Aumentada passou a ter maior visibilidade e impacto económico (OLIVEIRA, 2016) (PEDDIE, 2017, pp. 142-143). A aplicação *Pokemon Go* promove uma interação entre o utilizador e pequenas criaturas fictícias, localizadas em diversas áreas. O jogo serve-se do método da observação por vídeo (ver seção 2.1) para sobrepor criaturas virtuais no mundo real, necessitando o utilizador apenas de um telemóvel que suporte a aplicação. Através do seguimento GPS do utilizador, a aplicação consegue manipular o aparecimento destas criaturas virtuais, consoante a posição do utilizador, conseguindo assim alterar os cenários com a movimentação do utilizador. Esta aplicação provou a potencialidade da tecnologia de Realidade Aumentada (MINOTTI, 2017) e despertou interesse da população e de investidores (PEDDIE, 2017, pp. 142-143).

O mercado da Realidade Aumentada, tem sido palco de uma enorme competição entre empresas mundiais que continuam a apostar em soluções, quer através da construção de plataformas, quer da construção e melhoria de aplicações. O horizonte destas empresas expandiu, descobrindo novas formas de chegar ao consumidor. Como afirmou Mark Zuckerberg (2017), CEO da empresa *Facebook Inc.* na palestra F8, o futuro irá construir-se “criando coisas que até hoje só eram possíveis num mundo digital, e vamos conseguir interagir com elas e explorá-las juntos” (ZUCKEBERG, 2017).

## 1.2. Áreas de desenvolvimento da Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada, ao fornecer uma perceção espacial em 3D, permite uma melhor compreensão dos conteúdos, contribuindo para uma maior facilidade de apreensão, melhoria do desempenho operacional em muitas atividades profissionais.

A tecnologia de Realidade Aumentada apresenta aplicações tanto para fins lúdicos, como em áreas profissionais ligadas, nomeadamente à medicina, indústria, educação e forças armadas.

Na **Medicina** (CRAIG, 2013, p. 19), prevê-se vir a ser extremamente útil o uso da Realidade Aumentada, não só em termos demonstrativos e educacionais (Figura 4), com a projeção de partes do corpo humano (e.g. órgãos e estrutura óssea), por forma a

facilitar o estudo dos mesmos, mas também, vir auxiliar a cirurgia (MAAD, 2010, p. 73), tornando-a mais precisa pela projeção de informação relativa aos órgãos intervencionados do paciente.

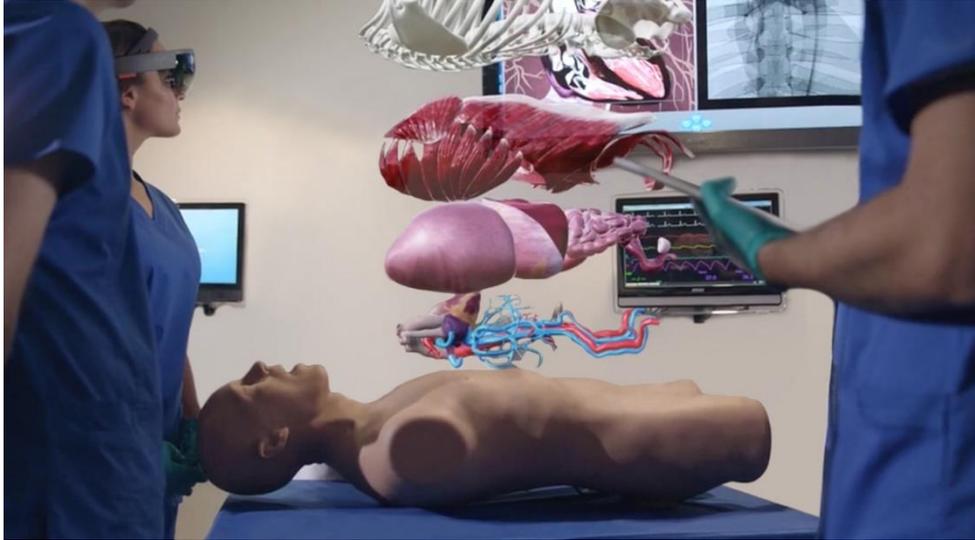


Figura 4. Aplicação de RA em Medicina  
[Fonte: adaptado de (Healthcare, 2017)].

Na **Indústria** (BARFIELD, 2016, p. 333) (e.g. Engenharia Civil, em Engenharia Mecânica, Arquitetura e *Design*), permitindo visualização de materiais e construções, antes de estes serem montados ou concluídos, permitindo a observação de um produto final de um projeto idealizado, podendo ajustar a localização de certos materiais e até mesmo modificar a estrutura de construção (Figura 5).

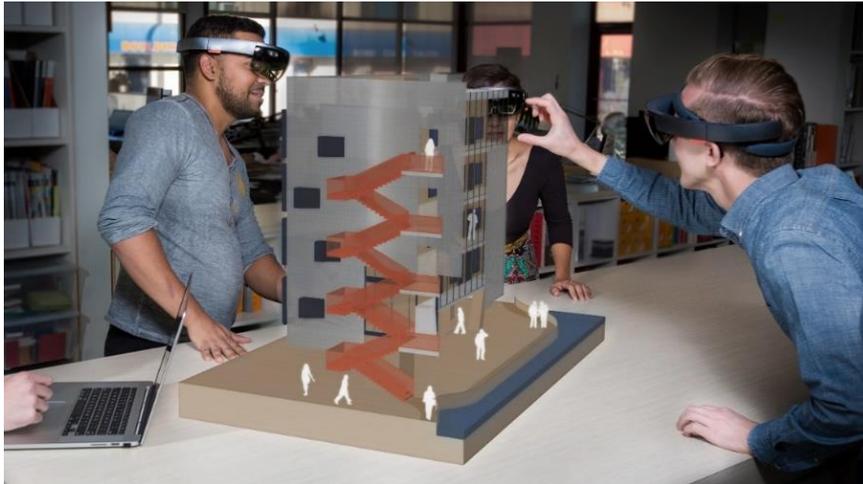


Figura 5. Aplicação de RA em Engenharia Civil  
[Fonte: adaptado de (Anand, 2018)].

Para **fins educativos** (BLOXHAM, 2013), em ambientes de ensino/formação e em *briefings*, facilitando a emissão da mensagem pelo orador e a sua retenção pelo destinatário da mesma. Com a demonstração e visualização dos conteúdos é maior a facilidade de aprendizagem e apreensão de conhecimentos, o que torna o ambiente de aprendizagem mais interativo, interessante e mais desafiante para o formando e formador (Figura 6).

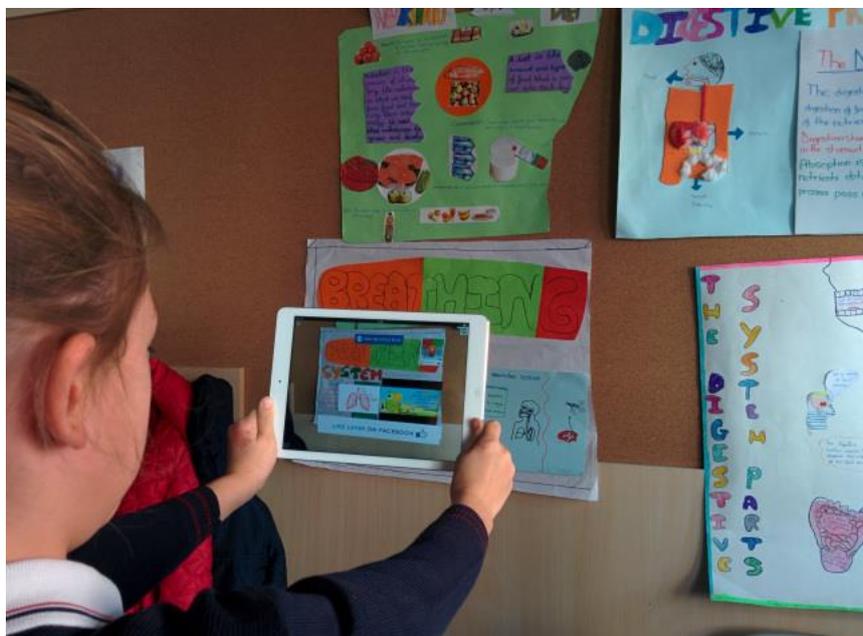


Figura 6. Aplicação da RA na Educação  
[Fonte: adaptado de (CAMERON, 2014)].

Nas Forças Armadas, a tecnologia de Realidade Aumentada tem vindo a ser aplicada transversalmente aos diferentes ramos. No caso da **Marinha**, são inúmeros os

desenvolvimentos neste campo nos últimos 2 anos. Neste período, a Marinha dos EUA lançou um capacete para os mergulhadores que permite um melhor esclarecimento dos objetivos no meio subaquático, bem como o auxílio e explicação na montagem de equipamentos (WHEELER, 2016). Outro projeto desenvolvido pela Marinha dos EUA, demonstrado no exercício naval Trident Warrior, foi o GunnAR (OWENS, 2017). Permite que, uma ordem de disparo transmitida à distância, apareça no visor do capacete destinado a operadores de metralhadoras a bordo dos navios (Figura 7). Também para as forças terrestres existem projetos de capacetes para o auxílio e simplificação de panoramas táticos, tornando os cenários de treino mais realistas, como é o exemplo do AITT (SECK, 2016), programa em parceria com o Marine Corps.



Figura 7. Aplicação da RA na Marinha  
[Fonte: adaptado de (Kanavakis, 2016)].

Na área específica da navegação, foram elaboradas aplicações de Realidade Aumentada para ajudas à navegação (Figura 8). Com o objetivo comum de tornar a navegação mais segura e evitar acidentes no mar, estes programas visam principalmente a identificação de perigos e de navios em trânsito, permitindo uma melhor clarificação do panorama situacional. Este tipo de ajudas facilita o trabalho no comando do navio, nomeadamente os de maiores dimensões, principalmente em situações de maior tráfego como a entrada e saída de portos (MICHAEL Baldauf, 2014). A aplicação ACCSEAS, por exemplo, criada em 2015, permite através de um *Head*

*Mounted Display* (HMD), a visualização de contactos e perigos, usando informação AIS. Outro projeto, foi iniciado em 2017, com objetivo de construir uma ponte de navio equipada com tecnologia de Realidade Aumentada, capaz de notificar avisos à navegação, perigos na área e avisos meteorológicos, por forma a garantir a segurança e facilitar a travessia dos navios, principalmente em situações de perigosidade acrescida como em navegações árticas (WINGROVE, 2017).

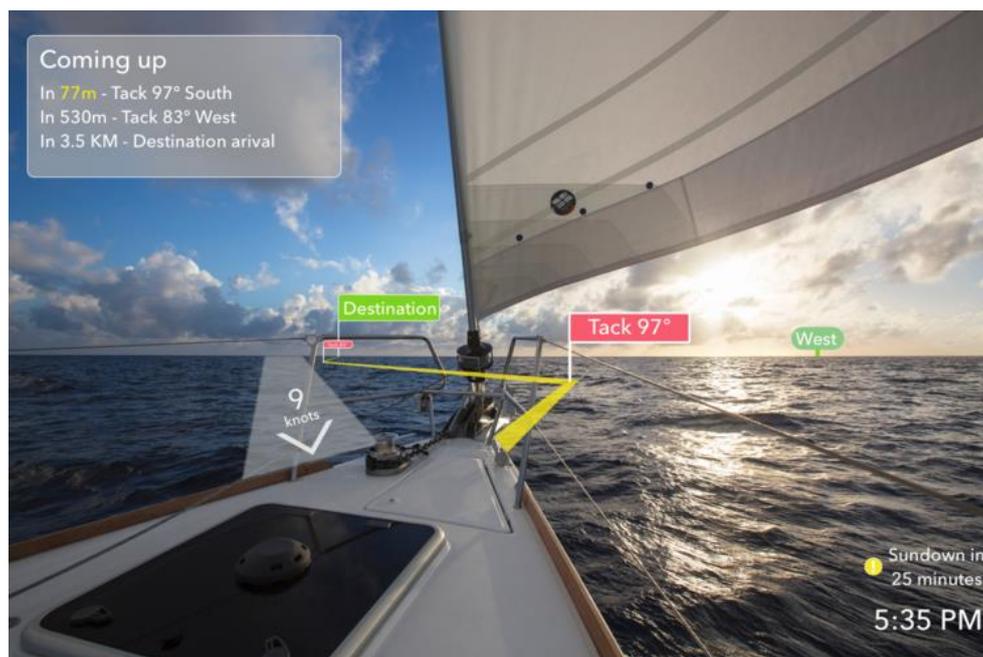


Figura 8: Aplicação da RA em Navegação  
[Fonte: adaptado de (Azadux, 2018)].

Também existem aplicações de Realidade Aumentada noutras áreas importantes para a navegação e para a subsistência de um navio no mar. É exemplo o auxílio à instalação de equipamentos (e.g. antenas), permitindo aos técnicos, através de óculos de Realidade Aumentada, uma montagem eficiente do equipamento pretendido, como é o caso do projeto SATCOM (RUSSEL, 2017).

### 1.3. Ferramentas de desenvolvimento em Realidade Aumentada

Empresas relevantes no mercado da tecnologia e serviços digitais, como o *Facebook*, *Snapchat*, *Microsoft*, *Apple* e a *Google* têm vindo a reforçar a sua posição no mercado da Realidade Aumentada com projetos e lançamentos de novos produtos,

existindo inúmeras aplicações dos mais variados temas, desde jogos até a aplicações que nos auxiliam no cotidiano.

No desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada, para fazer uso da capacidade de reconhecimento e processamento pelo *hardware* do dispositivo, é necessário a existência de *software* que suporte o desenvolvimento das referidas aplicações. Os programadores de aplicações de Realidade Aumentada usam, como auxílio do desenvolvimento, ferramentas com que efetuam a programação das aplicações. Empresas de software e marcas de dispositivos disponibilizam essas ferramentas, designados por *Software Development Kits* (SDK) para permitirem aos programadores, a criação de aplicações numa plataforma de desenvolvimento aleatória (e.g. *Vuforia*) ou para a criação dos seus produtos, nas suas plataformas específicas (e.g. *Microsoft HoloLens*). Existem também plataformas destinadas ao desenvolvimento de tipo de aplicações mais específicas (e.g. *Augment*, *Scope AR*) ou para tipos de dispositivos de Realidade Aumentada de tecnologia proprietária. De entre os ambientes de desenvolvimento mais utilizadas atualmente, encontram-se os que se descrevem a seguir.

A *ARTollKit* foi o primeiro ambiente de Realidade Aumentada criado e usa principalmente marcadores artificiais para sobreposição da imagem virtual ao cenário real. Foi adquirido recentemente pela Daqri<sup>1</sup>, uma *startup* que continua a investir na evolução da plataforma (PEDDIE, 2017, p. 172).

A *Vuforia*<sup>2</sup> é uma dos ambientes mais utilizados atualmente. Fundiu-se recentemente com a *Unity* um dos motores de jogos mais divulgados. A *Vuforia* permite desenvolver aplicações com auxílio de marcas artificiais usando instrumentos de reconhecimento como o *VuMark*. As marcas artificiais, podem mesmo ser imagens conhecidas dos utilizadores, que são visualmente mais apelativas.

O ambiente *Unity/Vuforia* está em constante atualização, e foi a base da construção de outras plataformas derivadas com enfoque diferente, designadamente:

---

<sup>1</sup> [www.daqri.com](http://www.daqri.com)

<sup>2</sup> [www.vuforia.com](http://www.vuforia.com)

- *Augment* - permite a criação de objetos e a sua inserção no espaço real, com o objetivo de verificar se o objeto se enquadra no espaço em que foi inserido (como é o caso de móveis ou candeeiros numa sala);
- *Scope AR* - serve como apoio na indústria como aplicação de auxílio e instrução na operação de equipamentos;
- *View AR* - ajuda na seleção de materiais e objetos para certos espaços, oferecendo uma melhor opção de escolha ao consumidor.

O *Unity* tem várias opções de subscrição, sendo duas delas pagas, destinadas a empresas e a programadores profissionais. No entanto, existe uma versão gratuita que oferece os componentes básicos do ambiente, permitindo a criação de várias aplicações com integração do *Vuforia*. A plataforma *Unity* suporta linguagens *C#* ou *javascript* na elaboração dos programas (PEDDIE, 2017, pp. 172-173).

O *Facebook*<sup>3</sup> apresentou na sua cimeira anual, F8, um novo ambiente de Realidade Aumentada, o *Camera Effects Platform* (FACEBOOK, 2017), baseado na câmara dos *smartphones*, como primeiro passo da pretendida futura massificação da Realidade Aumentada. Esta plataforma permite aos programadores o desenvolvimento de aplicações, focadas principalmente no reconhecimento e seguimento de faces.

A empresa *Snapchat*<sup>4</sup>, foi a primeira a levar a Realidade Aumentada a grande número de utilizadores, através das câmaras dos *smartphones*. Foi com os chamados *filtros* que o *Snapchat* ganhou popularidade entre os utilizadores. Filtros são basicamente vídeos captados pela câmara que, ao reconhecerem o rosto do utilizador, acrescentavam-lhe máscaras ou deformavam-no, utilizando técnica de reconhecimento facial, com o objetivo da manipulação ser partilhada na internet.

A *Microsoft*<sup>5</sup> tem uma abordagem à temática, baseada em óculos de Realidade Aumentada. O dispositivo mais importante da Microsoft é o *Hololens* (MICROSOFT, 2015), um HMD, que permite ao utilizador ver o mundo em realidade aumentada e

---

<sup>3</sup> [www.facebook.com](http://www.facebook.com)

<sup>4</sup> [www.snapchat.com](http://www.snapchat.com)

<sup>5</sup> [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)

interagir com hologramas (PEDDIE, 2017, p. 177). Com o objetivo de desenvolvimento da tecnologia do *Hololens*, existe um portfólio de ferramentas para programadores, disponível no *Visual Studio*.

A *Google*<sup>6</sup> lançou 2 plataformas de desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada, com o objetivo de incentivar os criadores a desenvolverem aplicações para *Android*: inicialmente o *Tango* (GOOGLE, 2017) e posteriormente o *ARCore* (PEDDIE, 2017, p. 177).

O projeto *Tango* teve como objetivo principal o mapeamento e reconhecimento da superfície envolvente através de um *smartphone Android*, com recurso às suas duas câmaras e ao sensor de profundidade. Este projeto utiliza a plataforma *Unity* e suporta as linguagens *C*, *C++* e *java* para desenvolvimento de aplicações. Está previsto ser descontinuado em 2018, sendo parte do insucesso relativo do *Tango* devido à falta de capacidade dos telemóveis existentes, quando do seu lançamento. (MATNEY, 2017)

O *ARCore* sucede ao *Tango* como resposta à plataforma *ARKit* da *Apple*. Através da câmara e sensores do *smartphone*, o *ARCore* posiciona objetos virtuais e animados nos cenários reais, fazendo menor utilização intensiva de *hardware* que o *Tango*. A capacidade dos telemóveis atualmente disponíveis é a adequada para suportar o *ARCore*. A *Google* demonstrou também um projeto de visão computacional em tempo real, designado por *Google Lens*, que permitia a visão através de um dispositivo com observação por ótica.

A *Apple*<sup>7</sup>, lançou o *Iphone X* com a tecnologia de Realidade Aumentada já integrada, com o objetivo de captar a comunidade. Simultaneamente efetuou o lançamento de uma plataforma para criadores de aplicações para *iOS*, o *ARKit* (APPLE, 2017). Esta plataforma concorre no mercado como a plataforma referida da *Google*: o *ARCore*.

No mercado atual da Realidade Aumentada, a tendência é para a evolução das plataformas e SDKs, gerando oportunidades para a criação de novas aplicações. Espera-

---

<sup>6</sup> [www.google.pt](http://www.google.pt)

<sup>7</sup> [www.developer.apple.com](http://www.developer.apple.com)

se no futuro próximo, um investimento considerável nesta, havendo mesmo projeções da *Augmented Reality*<sup>8</sup>, que indicam que o número de encomendas de *smart glasses* irá exceder o número de encomendas de *smartphones* em 2020 (PEDDIE, 2017, p. 5).

Na elaboração de um programa em Realidade Aumentada, é necessário ter em conta a escolha de um SDK compatível para a plataforma que se pretende utilizar. Os SDK mais utilizados em aplicações de Realidade Aumentada, bem como as plataformas que os suportam, constam da Tabela 1. Os SDK presentes Tabela 1 são, na sua maioria, compatíveis com o *Unity* e a maioria funciona nos sistemas *Android* e *iOS*, sistemas operativos da maioria dos telemóveis atualmente disponíveis. O SDK *Vuforia* destaca-se pelo seu potencial e grau de integração com o *Unity*.

A escolha para a construção da solução, no âmbito da dissertação, recaiu num ambiente de desenvolvimento em Realidade Aumentada utilizando os ambientes *Unity/Vuforia*. Tal fato, deveu-se à referida integração da *Vuforia* na plataforma *Unity*, tornando mais simples importar elementos do SDK fornecido pela *Vuforia*. Esses elementos, fornecem mais valias para a construção de uma solução, tanto pela sua qualidade, como pela sua vasta gama de opção. A escolha também teve em conta, a compatibilidade do *Unity* com o sistema operativo do equipamento a ser utilizado, o *Android* (ver seção 2.3).

---

<sup>8</sup> <http://augmentedreality.com>

Tabela 1. Plataformas e SDK de suporte a Realidade Aumentada  
 Fonte: (Pedchenko, 2017)

	Android	iOS	Windows	UWP	Unity Editor	Mac	Smart Glasses	Linux	Trabalha com Unity
ARCore	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
ARKit	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
ARToolKit	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
CEP	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
EasyAR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Wikitude	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓
Kundan	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Maxst	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Vuforia	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Xzimg	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓

**Legenda:**

- ✓ - Característica presente
- ✗ - Característica indisponível ou limitada

## 1.4. Processo de desenvolvimento em Realidade Aumentada

Num projeto de Realidade Aumentada, é necessário adotar uma metodologia que permita definir os requisitos dos utilizadores e os passos a realizar para os atingir. A solução de Realidade Aumentada pretendida na presente dissertação, visa apoiar o ensino, como tal, é necessária eficácia na difusão dos conteúdos junto dos formandos, devendo, por isso, a aplicação ser capaz de despertar o seu interesse e conseguir, de forma lúdica, uma eficaz transmissão de conhecimentos. Deste modo, o processo para desenvolvimento da solução de Realidade Aumentada, assemelha-se em muito ao

usado na criação de jogos. Tendo isso em consideração, existem condições para responder à QD1.

**QD1** – Qual o **processo** de conceção e desenvolvimento que deve ser seguido na elaboração do projeto em Realidade Aumentada visando, o ensino de operações navais?

Nos projetos tecnológicos e de elaboração de *software*, é frequente o uso de metodologias ágeis por equipas de desenvolvimento de aplicações, devido aos resultados positivos que geralmente lhe estão associadas (SUTHERLAND, 2014). O Scrum é um exemplo de uma metodologia ágil, usada por equipas, e tem como objetivo organizar um projeto, por forma a tirar a máxima produtividade de cada indivíduo, fazendo com que as tarefas sejam completadas no tempo estimado e com resultados esperados. A elaboração do projeto Scrum é feita através de *sprints* (Figura 9). Os *sprints* são prazos definidos (sempre inferiores a um mês) e sempre com a mesma duração, que têm como intuito a conclusão de uma determinada parte do programa nesse período de tempo. Posteriormente, a parte concluída irá ser testada pelo cliente. Através de reuniões intermédias para avaliação e orientação do *sprint*, é verificada a produtividade da equipa, bem como o cumprimento das tarefas. Este método, não só aumenta a rapidez de produção, graças à motivação dos participantes, mas também permite a evolução do projeto consoante as necessidades dos utilizadores, podendo o projeto adaptar-se à alteração, que venha a ocorrer, nos requisitos do utilizadores (SUTHERLAND, 2014, pp. 17-18).

Descrevem-se a seguir, as atividades a levar a cabo, para construção da solução de Realidade Aumentada nesta dissertação, seguindo a metodologia Scrum. Em termos gerais, o projeto de construção da solução de Realidade Aumentada inicia-se com uma lista de necessidades, ou seja, dos requisitos que devem ser elaborados no desenvolvimento da solução, tornando-se esta lista como que a linha orientadora do projeto. É também efetuada a avaliação e estimativa do esforço e tempo despendido em cada tarefa presente na lista, por forma a verificar se todos os parâmetros são exequíveis, e em quanto tempo (SUTHERLAND, 2014, pp. 184-185).

Logo que a lista é efetuada e completada, inicia-se o ciclo dos *sprints* que termina quando o produto final estiver completo. Cada *sprint* inicia-se com o seu planeamento,

fase em que se esquematizam as tarefas que serão efetuadas por cada individuo no decorrer desse *sprint*, sendo que, durante esse *sprint*, nada pode ser retirado ou acrescentado (SUTHERLAND, 2014). Durante o *sprint*, é importante estar ciente, a todo o momento, do trabalho efetuado ou por efetuar, por forma a não perder a noção da quantidade de trabalho efetuado em relação ao tempo restante.

A elaboração de um quadro Scrum é a melhor solução para evitar atrasos involuntários e para contabilizar de uma forma expedita o tempo. Este quadro divide-se em três colunas, representando cada uma delas o trabalho desenvolvido, em desenvolvimento e o que falta desenvolver. O objetivo no final do *sprint* é que todas as tarefas estejam situadas na coluna “Desenvolvido”. O quadro Scrum elaborado no projeto do âmbito desta dissertação, está presente no Apêndice A.

Estão previstas reuniões frequentes com o orientador do projeto/dissertação para o melhor acompanhamento do trabalho, embora o ideal fosse reunir diariamente (prática comum nas equipas que utilizam o Scrum). No final do *sprint* é feita uma reunião com todos os elementos que contribuíram para o projeto, equipa e utilizadores, onde é apresentado o que foi concluído nesse *sprint*. Finalmente, as partes concluídas são demonstradas aos utilizadores para experimentação e obtenção de *feedback*. Esse *feedback* irá contribuir para o subsequente desenvolvimento dos trabalhos no sentido de melhorar no próximo *sprint* aspetos menos conseguidos nas fases anteriores, perfazendo-se assim um ciclo (SUTHERLAND, 2014, pp. 184-188).

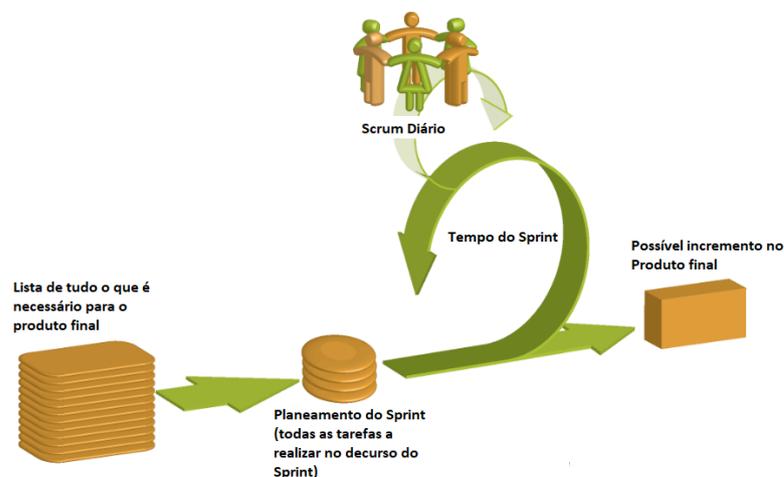


Figura 9. Esquema de elaboração de um Sprint  
[Fonte: adaptado de (Variani, 2014)].

# **Capítulo 2**

## **2. Tecnologia de suporte da Realidade Aumentada**

2.1 Dispositivos e sistemas de Realidade Aumentada

2.2 Objeto 3D

2.3 Tecnologia de desenvolvimento da solução de Realidade Aumentada



## 2.1. Dispositivos e sistemas de Realidade Aumentada

Atualmente é possível a visualização de informação virtual, sobre objetos ou cenários reais, num contexto de Realidade Aumentada, através de duas técnicas principais: a *combinação ótica* (*optical combination*) ou a *mistura de vídeo* (*video mixing*). Cada uma das opções técnicas de visualização das imagens sobrepostas, apresenta vantagens e desvantagens.

Através da ***combinação ótica***, o utilizador possui a visão “direta” do objeto virtual, ou seja, esse objeto é gerado sobre o ambiente que o utilizador observa. Já na ***mistura de vídeo***, como o nome indica, existem dois momentos no processo de composição da imagem final: a gravação em vídeo, que capta o ambiente real; e a posterior adição de objetos ao vídeo que, no final do processo de mistura, irá ser apresentado ao utilizador, fundindo assim o ambiente real e dos objetos virtuais (BIMBER & RASKAR, 2004, p. 71).

Os dispositivos de visualização em Realidade Aumentada classificam-se em três categorias: *visores de mão* (*hand-held displays*), *visores espaciais* (*spacial displays*) e *visores frontais* (*head attached displays*) (BIMBER & RASKAR, 2004, pp. 71,72). Esta classificação dos dispositivos é baseada no modo como é efetuada a interface com o utilizador, ou, por outras palavras, na forma como o utilizador usa os dispositivos. Apesar de terem os mesmos objetivos, estes dispositivos utilizam tecnologias e métodos de visualização distintos, variando as suas componentes ótica, mecânica e eletrónica, e revelando-se, cada um deles, mais apropriado para determinadas situações. Também a distância do *visor* ao objeto real é variável nos diferentes dispositivos, como é possível observar na Figura 10.

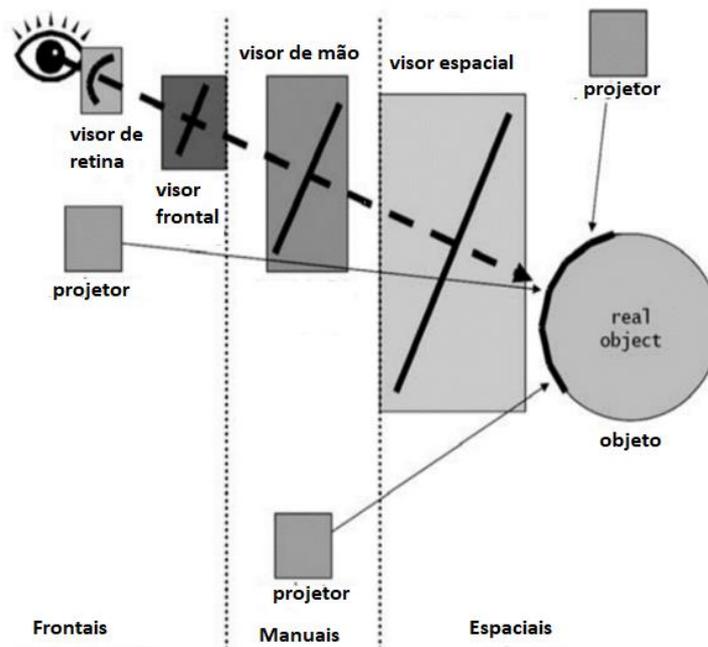


Figura 10. Diferentes tipos de visores e a sua distância ao olho humano [Fonte: adaptado de (BIMBER & RASKAR, 2004, p. 72)].

### 2.1.1. Visores de mão (*hand-held displays*)

Os visores de mão (*hand-held displays*) são atualmente os dispositivos mais utilizados, pelo relativamente baixo custo e facilidade de aquisição. Estão nesta categoria, equipamentos como os *tablets* e os telemóveis (figura 11).



Figura 11. Visor de mão de observação por vídeo  
 [Fonte: adaptado de (telemóveis.com, 2016)].

Estes dispositivos produzem imagens de objetos a curto alcance através do método de *observação por vídeo (video see through)*, ou seja, através de câmaras que gravam em tempo real vídeo da realidade envolvente, e que a seguir, o transmite no ecrã do dispositivo, dando assim, ao utilizador, a perceção de uma observação direta do ambiente. O vídeo da realidade exterior, após ser captado, é combinado com o das imagens virtuais, definidas e criadas pelo *software* do programador. Em seguida, o vídeo tratado e é mostrado no ecrã do dispositivo, como se pode observar na Figura 12. Esta tecnologia usa assim a técnica anteriormente descrita como de *mistura de vídeo (video mixing)*.

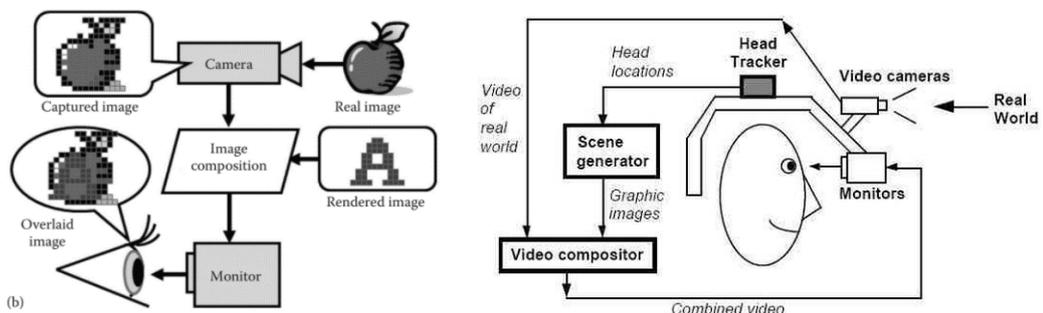


Figura 12. Configuração do visor de observação por vídeo  
 [Fonte: adaptado de (HALLER, BILLINGHURST, & THOMAS, 2006), (QTBOY, 2007)].

Estes dispositivos, visto terem capacidade de armazenamento, processamento e apresentação dos objetos, produzem Realidade Aumentada por intermédio de aplicações. Torna-se assim possível, a interação entre o utilizador e objetos virtuais através da aplicação (BIMBER & RASKAR, 2004, pp. 79-81).

Existem também, embora com menos difusão e utilização, dispositivos *visores de mão* que usam a *observação por ótica* (cujo modo de funcionamento pode ser observado na Figura 13, como é o caso dos espelho-combinador de mão (*hand-held mirror combiners*) (BIMBER & RASKAR, 2004, p. 79).

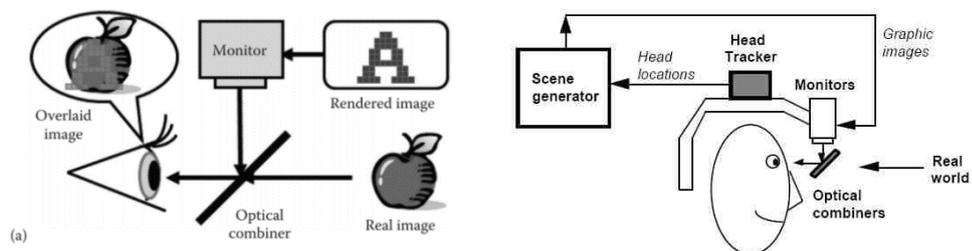


Figura 13. Configuração do visor de observação por ótica.  
[Fonte: adaptado de (HALLER, BILLINGHURST, & THOMAS, 2006), (QTBOY, 2007)].

Os sistema de observação por vídeo e observação por ótica têm as suas vantagens e desvantagens detalhadas nas Tabela 2 e Tabela 3. (BARFIELD, 2016).

### 2.1.2. Visores espaciais (*spacial displays*)

Com os *visores espaciais (spacial displays)* é possível uma abordagem diferente visto que, com estes dispositivos, o suporte material não se encontra ligado diretamente ao utilizador, mas sim no ambiente, através de projetores usados para criar o objeto.

Segundo Bimber (2004), os visores espaciais permitem três tipos de visualização espacial: *observação por vídeo (video see through)*, *observação por ótica (optical see through)* ou *por aumento direto (direct augmentation)*.

A *observação por vídeo* através de écran (*screen based video see through*) recorre à *mistura de vídeo*. Com este método o utilizador efetua a observação do cenário, combinando o real e virtual, através de um vídeo (Figura 14). Este sistema utiliza uma câmara de vídeo para captar as imagens, em substituição da visão do observador. A seguir, estas imagens são tratadas, com inserção dos objetos virtuais no vídeo. Por fim,

a visualização do vídeo é efetuada através de um monitor, de um computador ou de outro dispositivo. Normalmente, neste sistema, o observador tem um ponto de observação fixo e a imagem transmitida depende da posição da câmara. A qualidade final da imagem dependente, não só da capacidade de processamento do *hardware* usado para a visualização, mas também da resolução do vídeo (BIMBER & RASKAR, 2004, pp. 83-90).



Figura 14. Visor espacial de observação por vídeo através de écran [Fonte: adaptado de (BIMBER & RASKAR, 2004, p. 84)].

A *observação por ótica* num dispositivo espacial (*spacial optical see through display*), permite a visualização através da combinação ótica de objetos virtuais, na projeção no ambiente físico (Figura 15). Esta projeção é feita recorrendo, por exemplo, a óculos que projetam em certos materiais, como espelhos planos ou curvos e ecrãs transparentes. Certos óculos permitem inclusive, a projeção de hologramas, gerando cenários com elevado realismo. Trata-se, no entanto, no estado atual da tecnologia, de uma funcionalidade com limitações.



Figura 15. Visor espacial de observação por ótica  
[Fonte: adaptado de (Tang, 2018)].

Os dispositivos de *aumento direto* (*project based display*) permitem a interação dos utilizadores com objetos virtuais, sendo a imagem projetada em objetos físicos (Figura 16) (BIMBER & RASKAR, 2004, pp. 83-90).



Figura 16. Visor espacial por aumento direto  
[Fonte: adaptado de (Segretti, 2014)].

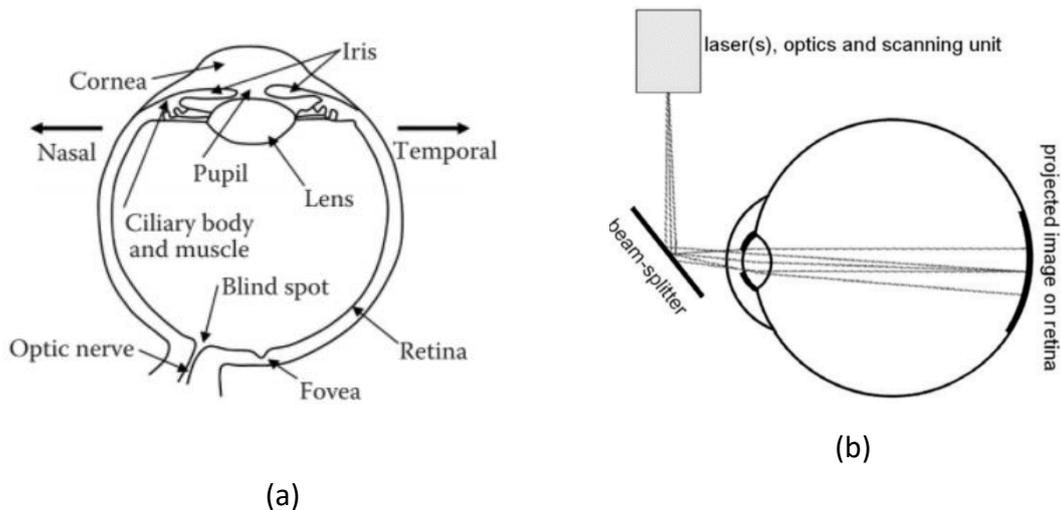
### 2.1.3. Visores frontais (*head attached displays*)

Na tipologia de Bimber, um *visor frontal* (*head attached display*) é um dispositivo que o observador coloca na parte frontal da cabeça. Apesar de não ser o mais utilizado, é o que oferece uma experiência mais realista, na observação de objetos 3D em Realidade Aumentada.

Atualmente, os *visores* frontais apresentam-se em diferentes formatos, em função do fim para que são utilizados (e.g. capacetes, *Heads Up Display* (HUD), *smart glasses* e lentes de contacto) (PEDDIE, 2017).

Bimber classifica os visores frontais, em diferentes subtipos consoante a tecnologia que utilizam e a forma como a visualização é tecnicamente realizada. Os subtipos são: *visor de retina* (*retinal display*), *visor na cabeça* (*head mounted display* - HMD) e *visor por projeção* (*head projector display*).

O **visor de retina** (*retinal display*), permite a visualização do objeto virtual a uma distância de poucos centímetros dos olhos, como se o mesmo levasse em frente do observador (BIMBER & RASKAR, 2004, p. 73). Este efeito é conseguido, através de pequenos *lasers* de elevada velocidade, emitindo feixes de luz (não agressiva para o sistema ótico humano), simulando varrimentos sucessivos do olho. Os feixes de luz emitidos que atingem a córnea, estimulam a pupila, provocando a sua dilatação e contração sucessivas. O efeito é a adaptação e filtragem ocular da luz remanescente, que, passando pelas lentes oculares cristalinas, provocam a refração na retina (Figura 17) (BARFIELD, 2016, p. 61). Em virtude da velocidade a que a luz é emitida, a retina assimila o suficiente a imagem transmitida, de forma a que esta seja reconhecida pelo cérebro. Os sistemas baseados na projeção sobre retina humana apresentam atualmente, grande resolução e qualidade de imagem. Permitem também um alargado campo de visão, visto que, a imagem é projetada na totalidade da retina em vez de simplesmente colocada à frente do observador (HALLER, BILLINGHURST, & THOMAS, 2006, p. 51). Os *visores* de retina podem assumir formas diversas, a mais comum a de óculos, e mais recentemente no projeto *Magic Leap*, a de lentes de contacto (ANDRÉ, 2017).



(a)  
 Figura 17.(a) Estrutura do olho humano; (b) Visor de retina  
 [Fonte: adaptado de (BARFIELD, 2016, p. 61)].

Os dispositivos baseados em **visores de cabeça** (HMD) foram pioneiros na década de 60, com Suderland, mesmo antes do termo Realidade Aumentada ter sido adotado (BARFIELD, 2016, p. 60). Nestes dispositivos é possível identificar duas formas de visualização: observação por ótica (*optical see through*) e observação por vídeo (*video see through*)(Figura 18), semelhante ao referido anteriormente (ver secção 2.1.1).



(a).  
 Figura 18. (a) visor frontal de observação por vídeo  
 [Fonte: adaptado de (D`Angelo, 2016)]. (b) Visor frontal de observação ótica  
 [Fonte: adaptado de (Systems, 2012)]

No caso de um HMD com *observação por ótica*, o ambiente envolvente é captado de forma direta. De seguida, a imagem virtual é sobreposta à imagem real, resultando na integração das duas numa composição única. A sobreposição é realizada num combinador ótico que se encontra situado diante dos olhos do utilizador, à distância eye

*relief* (distância entre os olhos do utilizador e a imagem virtual apresentada). O combinador óptico é um espelho refletor que, facultando a visão devido à transparência, reflete simultaneamente a imagem transmitida pelo monitor da imagem. Este, naturalmente, não deve estar em posição que bloqueie o ângulo de visão do utilizador. A Figura 19, ilustra o modo de funcionamento de três tipos de combinadores óticos e oculares utilizadas em dispositivos HMD (BARFIELD, 2016, pp. 62-67).

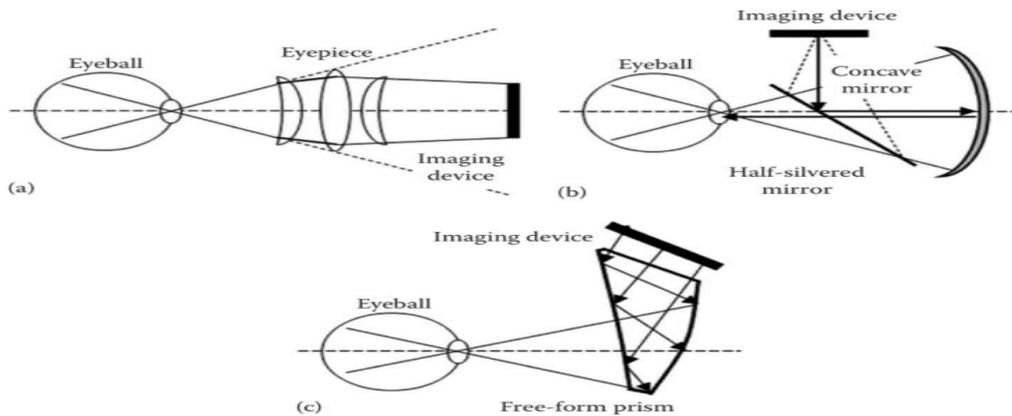


Figura 19. Disposição das lentes utilizadas: (a) refrativo; (b) catadióptrico; (c) prisma sem forma.

[Fonte: adaptado de (BARFIELD, 2016, p. 67)].

Para além do tipo de observação, outra característica diferenciadora dos dispositivos HMD é o número de oculares. Segundo Barfield (2016), o HMD pode ser: *monocular*, quando o sistema de observação envolve apenas um olho, estando o outro livre; *biocular*, quando a observação é efetuada com ambos os olhos, que formam conjuntamente as imagens; e *binocular*, quando são utilizadas entradas diferente para cada olho, podendo assim a imagem gerada não ser igual em ambos os olhos. Estas diferentes oculares são utilizadas consoante as áreas de aplicação, sendo que as oculares referidas são aplicadas a qualquer HMD (BARFIELD, 2016).

Outro visor frontal, tipificado por Bimber, (2004) é o **visor por projeção** (*head mounted projective display - HMPD*), que apesar de semelhante ao HMD, funciona de forma distinta. Este dispositivo, em vez dos combinadores óticos anteriormente referidos, utiliza lentes oculares, para projeção. Como se pode observar na Figura 20, a imagem emitida pela fonte, ao passar pelas lentes, é ampliada. De seguida, uma

superfície refletora (*beamsplitter*) projeta a imagem noutra superfície retrorefletora (*retro-reflective screen*). A imagem é novamente redirecionada para um separador de feixes (*beamsplitter*), que a refrata antes de chegar ao olho humano.

Na Figura 20, a parte do esquema que se situa dentro do tracejado azul faz parte do HMPD, estando o material retrorefletivo no seu exterior. Os HMPD têm a limitação de só poderem funcionar se o ambiente envolvente for retrorefletivo (CARMIGNIANI & BORKO, 2011, pp. 125-126).

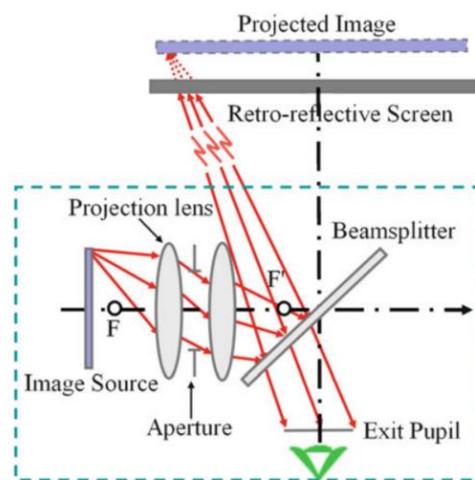


Figura 20. Configuração de um visor por projeção (monocular).  
[Fonte: adaptado de (CARMIGNIANI & BORKO, 2011, p. 126)].

Quando se utilizam visores frontais, é necessário ter em conta fatores que podem prejudicar a qualidade das imagens. Esses fatores, dependem do tipo e qualidade dos materiais, bem como a maturidade da tecnologia utilizada. Segundo Barfield, devem ser consideradas os seguintes condicionantes para uma adequada visualização:

- **resolução da imagem** - relevante para a qualidade final da imagem e para o realismo do cenário (BARFIELD, 2016, p. 70).
- **oclusão** - é importante que a imagem virtual se apresente corretamente sobreposta à imagem real, conferindo uma boa profundidade de campo (BARFIELD, 2016, pp. 72-73).
- **distância do campo de visão** - apesar da imagem virtual aparecer em determinado local, o cenário real envolvente tem diferentes localizações a distâncias distintas da imagem virtual. É necessário, por isso, que a focagem da imagem tenha isso em conta. Assegurar a focagem é mais simples nos sistemas de observação por vídeo,

por ser efetuada automaticamente pela câmara que capta as imagens reais (BARFIELD, 2016, p. 71).

- **latência do sistema** - falta de sincronização entre o objeto virtual e o cenário real, devido ao atraso no processamento dos dados, relativamente ao movimento da cabeça do observador - onde o dispositivo está colocado. Esta situação provoca desorientação no observador, em relação ao espaço físico onde se encontra. A correção da latência é mais fácil na observação por vídeo, visto a sincronização poder ser efetuada através do tratamento do vídeo. Na observação por ótica esta limitação é corrigida com recurso a filtros, que permitem o melhor processamento da imagem (BARFIELD, 2016, pp. 75-76).
- **paralaxe** - efeito existente principalmente na observação por vídeo e difícil de eliminar. Traduz-se num ligeiro desvio existente entre as imagens captadas pela câmara e pela ótica, que pode ser vertical ou horizontal, produzindo uma perspetiva incorreta, respetivamente, em altura ou profundidade (BARFIELD, 2016, pp. 76-77).
- **distorção** - existe principalmente nos sistemas de visores de retina. Este efeito sucede quando ocorrem movimentos repentinos da cabeça, não havendo tempo suficiente para o dispositivo processar a imagem. Também é comum serem provocadas noutros tipos de visores devido ao posicionamento dos espelhos ou lentes, ou mesmo da fonte da imagem (BARFIELD, 2016, p. 77).
- **contraste** – diferença entre a luminosidade da imagem e do ambiente real com impacto na experiência de visualização. Apesar de depender do ambiente onde se encontra o utilizador, é mais fácil observar a imagem virtual inserida no ambiente real quando existe diferença de luminosidade entre ambos e uma boa fonte iluminação do dispositivo (BARFIELD, 2016, p. 77).

Embora esta dissertação esteja centrada na característica relacionada com o tipo de observação do visor, existem, no entanto, diversas outras funcionalidades dos dispositivos, úteis para certos utilizadores, como é o caso das funcionalidade destinadas aos invisuais (BARFIELD, 2016, p. 78).

#### **2.1.4. Resumo das características dos dispositivos de Realidade Aumentada**

Nesta seção sintetiza-se as características dos diferentes tipos de dispositivos e tecnologias Realidade Aumentada, descritas na seção anterior. As Tabela 2 e Tabela 3 comparam os equipamentos descritos, nos atributos relevantes para projetos de Realidade Aumentada.

Na Tabela 2, são comparadas as características técnicas de cada tipo de equipamento e avaliadas as limitações para a construção de uma solução RA. Para os três tipos de equipamentos - visor de mão, visor espacial e visor frontal -, são avaliados os modos de visualização: combinação ótica e mistura de vídeo.

Observa-se que equipamentos com *visores de vídeo*, possuem limitações ao nível da *resolução*, *occlusão*, *latência* e *paralaxe*, limitações frequentemente associadas às câmaras de vídeo. Já nos equipamentos com *visores óticos*, existem limitações relacionadas com a *distorção* e o *contraste*, sendo esta tecnologia mais afetada pelo ambiente externo, devido à utilização de óticas. Existem também equipamentos cuja tecnologia é ainda insuficiente para algumas aplicações, sendo ainda necessária evolução no seu desenvolvimento tecnológico.

Tabela 2. Quadro síntese das principais características dos equipamentos RA.

	Modo de Visualização		Fatores de Limitação						Tecnologia
	Combinação ótica	Mistura de vídeo	Resolução	Oclusão	Latência	Paralaxe	Distorções	Contraste	Insuficiente
Visores Espaciais	✓	✓							
Observação por Vídeo Através de Ecran	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Observação por Ótica num Dispositivo Espacial	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Dispositivos de Aumento Direto	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗
Visores de Mão	✓	✓							
Observação por Vídeo	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Observação por ótica	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Visores Frontais	✓	✓							
Visor de retina	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓
HMD	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗
HMPD	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗

**Legenda:**

- ✓ - Caraterística presente
- ✗ - Caraterística indisponível ou limitada

A Tabela 3 resume as características dos equipamentos, em função da natureza de projeto Realidade Aumentada a realizar. Observa-se que, os visores frontais e os visores de mão apresentam um menor alcance que os visores espaciais. Em geral, os equipamentos de RA, com exceção dos visores de vídeo de mão, funcionam melhor em espaços interiores.

O fator que mais influencia a difusão dos tipos de equipamentos RA, está relacionada principalmente com o seu preço e menos à qualidade do resultado obtido. Em termos de *realismo*, os visores frontais são superiores, pela experiência mais imersiva que possibilitam, sem requererem o uso das mãos. Tanto os visores frontais como os visores de mão apresentam uma *mobilidade* que os visores espaciais não possibilitam, tornando-se assim mais interessantes para aplicações em que o utilizador tem de se movimentar.

Como se pode verificar na Tabela 3 a variação da característica de uma coluna, influencia o valor de outras colunas do mesmo dispositivo. Por exemplo, havendo limitações nas características técnicas dos dispositivos, o seu preço de mercado tem que ser mais baixo.

Tabela 3. Quadro síntese dos fatores exteriores que afetam a tecnologia de RA.

	Modo de Visualização	Boa capacidade de utilização		Frequência de uso	Preço de mercado	Realismo	Mobilidade
	Curto	Espaços interiores	Espaços Exteriores	Muito utilizado	Acessível	Elevado	Móvel
<b>Visor Espacial</b>							
Observação por Vídeo Através de Ecran	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Observação por Ótica num Dispositivo Espacial	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Dispositivos de Aumento Direto	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
<b>Visores Manuais</b>							
Observação por Vídeo	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Observação por Ótica	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
<b>Visores Frontais</b>							
Visor de retina	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓
HMD	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓
HMPD	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓

**Legenda:**

- ✓ - Caraterística presente
- ✗ - Caraterística indisponível ou limitada

## 2.2. Objeto 3D

Para a observação de imagens em Realidade Aumentada são necessárias duas fases: uma fase inicial de *reconhecimento* no cenário real; e uma fase seguinte de *acompanhamento* do objeto virtual (PEDDIE, 2017, pp. 264-269).

- a) Na **fase de reconhecimento**, o objetivo é de descobrir o local onde o objeto 3D será posicionado.

Quando as características a reconhecer se baseiam em imagens 2D, os dispositivos de Realidade Aumentada, reconhecem-nas no cenário 2D, e atribuem-lhe o correspondente objeto 3D. A identificação pode ter por base marcas programadas na solução de Realidade Aumentada (marcas artificiais) ou as marcas fazerem parte do cenário real (marcas naturais) (PEDDIE, 2017, pp. 262-270).

Caso existam **marcas artificiais** (*marker-based*), o *hardware* tem de detetar e focar a marca. O *software* fará então, a descoberta do padrão 2D e, de seguida, o

aparecimento do objeto 3D, após determinar com a câmara em que posição e orientação, bem como, reajustar a posição virtual ao mundo real. As marcas artificiais são identificáveis mais simplesmente, visto que apresentam um maior contraste com o cenário real. A sua utilização generalizada é devido ao rápido reconhecimento que propiciam, graças ao padrão distinto que apresentam (PEDDIE, 2017, pp. 264,265).

Se alternativamente, forem usadas **marcas naturais** (*markerless*), estas devem ter por base pontos conspícuos, de fácil identificação, e que não sejam afetadas pela perspectiva ou iluminação. Com marcas naturais a identificação, por depender de mais fatores, é mais difícil. Visto que neste caso o dispositivo não dispõe de nenhum padrão artificial específico e fácil de identificar, por forma a garantir a deteção ocorre, bem como, a posterior ligação ao objeto virtual, estas marcas devem-se, pois, evidenciar no cenário real.

O recurso a extratores de pontos, permite identificar com maior precisão as características das marcas naturais. Após o processo de extração, os pontos são comparados com descritores padrão previamente armazenados. Confirmando-se a existência de correspondência, a imagem observada é convertida no objeto 3D (PEDDIE, 2017, pp. 265-269). Os métodos detetores e extratores são selecionados em função de requisitos do utilizador, nomeadamente, a rapidez de processamento, precisão, qualidade da imagem, ou outro critério. Exemplos desses métodos são o SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) e o FAST (*Features from Accelerated Segmented Test*) (ERKAN Bostanci, 2013) (PEDDIE, 2017, p. 269).

Cada um dos tipos de marcas referidos tem limitações específicas, em função dos ambientes de visualização em que são usadas. Uma das limitações comum a ambas, é não serem adequadas em situações de falta de iluminação. A ausência de iluminação produz assim, a ocultação das marcas e as suas características (PEDDIE, 2017, pp. 262-270).

b) Na **fase de acompanhamento**, o objetivo é o seguimento a marca anteriormente reconhecida.

Com marcas artificiais, o sistema deteta e reconhece o padrão, sendo o *software* responsável por, em função do movimento do observador, recalcular as posições do objeto 3D a partir da posição inicial.

Com as marcas naturais, havendo movimento ou mudança do ângulo de visão, o *software* procede ao cálculo do desvio ocorrido face à nova posição do utilizador, procedendo ao realinhamento do objeto virtual com o cenário real.

Em suma, para ser possível a colocação de objetos virtuais num cenário real, os sistemas de *hardware* de Realidade Aumentada necessitam de receber dados que permitam determinar a localização do objeto virtual. Os dados recebidos, relacionados com as características das marcas e modelos, permitem que o *hardware* desencadeie o processamento de deteção e acompanhamento. Através dos modelos, o *hardware* identifica objetos 3D em cenários reais para projeção virtual, sem necessidade de imagens 2D.

### **2.2.1. Localização e Orientação (*Pose*)**

Para ser possível a observação do objeto virtual, o dispositivo necessita, não só de efetuar a aquisição da informação do exterior, mas também de localizar o observador, através da definição correta da sua posição e orientação (SILTANEN, 2012, p. 47).

A orientação e posição de um objeto (*pose*), é definida por 6 graus de liberdade: 3 ângulos de rotação definem a orientação; e 3 coordenadas de translação definem a posição (SILTANEN, 2012, p. 47).

A *pose* pode ser obtida através de sensores (e.g. acelerómetros, giroscópios, magnetómetros, GPS) dos dispositivos de visualização (PEDDIE, 2017, pp. 262-263). A obtenção da orientação difere no caso de existirem ou não marcas artificiais ou naturais. No caso das marcas artificiais, a identificação é conseguida através da marca, enquanto que sendo as marcas naturais, utilizam-se algoritmos como o *Simultaneous Location And Mapping* (SLAM) (PEDDIE, 2017, pp. 265-266).

Num dispositivo, a *pose* da marca pode ser calculada através de, no mínimo, 4 pontos da marca no mesmo plano, em relação à câmara, desde que estes não se encontrem na mesma linha (SILTANEN, 2012, pp. 40,44-48).

Cronologicamente, a Realidade Aumentada começou por fazer uso de marcas (*markers*). No entanto, atualmente, é também possível a visualização de Realidade Aumentada sem recurso a marcas (*markeless*). Os distintos métodos de marcação, têm vantagens e desvantagens.

### **2.2.2. Com Marca (*Marker-based*)**

A Realidade Aumentada suportada por marcas artificiais requer um processamento sequencial em 4 fases, fornecendo cada fase informação à seguinte: (i) pré- processamento; (ii) deteção das marcas; (iii) identificação; e (iv) cálculo da localização e orientação da câmara, ou seja, da *pose* (SILTANEN, 2012, pp. 40-41).

Segundo Siltanen (2012), para deteção de uma marca, é necessária a identificação das suas fronteiras, o que é conseguido através de dois métodos alternativos: (a) delimitação da imagem, seguida de procura de marcas numa imagem a duas cores (binária); ou (b) procura de limites numa imagem em tons de cinza (*greyscale*) (SILTANEN, 2012, pp. 41-42).

No primeiro método, é necessário detetar na imagem binária uma marca. No entanto, existem geralmente outros objetos no cenário, que têm que ser despistados como não sendo a marca. Para o efeito, o método, através de um algoritmo, atribui uma marca a cada objeto, rejeitando de seguida todos os objetos que considera improvável serem a marca desejada, devido à dimensão, forma ou outra característica. No passo seguinte, o método verifica se todas as candidatas a marcas possuem quatro cantos e quatro linhas direitas, comprovando assim tratarem-se efetivamente de marcas (SILTANEN, 2012, pp. 40-44).

O segundo método consiste na atribuição de linhas ao contorno dos objetos, prolongando-as até que se cruzarem, formando cantos. Pela disposição dessas linhas é possível a identificação das marcas (SILTANEN, 2012, pp. 40-44). Neste método a procura de limites é mais morosa e, por conseguinte, o método não é tão utilizado.

Existem dois tipos de marcas predominantes, as *marcas padrão* (*template marker*) e as *marcas de código de barras 2D* (*2D barcode markers*). Cada uma dessas marcas possui características distintas. É possível identificar as marcas recorrendo a números binários. Com a medição do tamanho de cada célula, pode-se obter o número de células

existentes. A cada célula é atribuído um dígito binário, obtendo-se assim, números binários únicos (SILTANEN, 2012, pp. 65-73).

A **marca padrão** (Figura 21. (a)) apresenta uma figura central e um padrão a preto e branco. A sua identificação é feita por correspondência, ou seja, depois da deteção, a marca é analisada em quatro posições diferentes, na mesma escala da marca padrão. O padrão que obtiver melhor correspondência, é o que possui a informação pretendida. A **marca de código de barras 2D** (Figura 21. Marcas: (a) padrão, (b) de identificação binária (c) binária de dados consiste também num padrão a preto e branco. No entanto, ao contrário da anterior, possui pequenas células. Existem dois tipos de marcas de código de barras 2D: as *marcas de identificação binária (binary ID markers)*, que contêm pouca informação, e as *marcas binárias de dados (binary data markers)*, armazenando maior quantidade de informação devido ao elevado número de células (SILTANEN, 2012, pp. 65-73). Existem marcas de dados que armazenam informação, como é o caso das etiquetas de preço em embalagens.

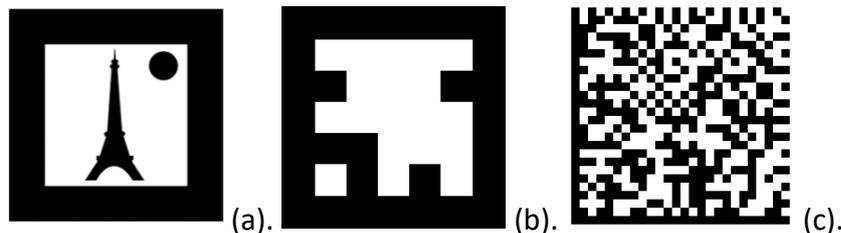


Figura 21. Marcas: (a) padrão, (b) de identificação binária (c) binária de dados [Fonte: adaptado de (RIVELLO, 2009) (NEAVE, 2012) (ONE, 2009)].

As marcas de código de barras 2D atualmente mais utilizadas são: *DataMatriz* (figura 21 (c)), *QR Code* e *PDF417* (Figura 22). As 2 primeiras são as mais apropriados para o uso em Realidade Aumentada do que a última (SILTANEN, 2012, pp. 68-73).

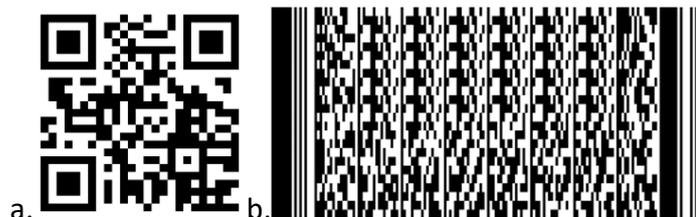


Figura 22. Marcas de código de barras 2D: (a) QR Code, (b) PDF 417. [Fonte: (MEES, 2012) (VOSS, 2011)]

### 2.2.3. Sem Marca (*Markerless*)

Baseando-se em pontos naturais, este sistema de identificação possui *condições ideais* para uma correta identificação, tais como:

- uma **reduzida ou nula variação de luminosidade** de uma característica por forma a não afetar a imagem. Há, no entanto, dificuldade em controlar ambientes exteriores onde ocorre maior variação de luminosidade;
- a seleção de uma **característica observável de vários ângulos**, permitindo a visualização de várias posições à mesma distância, por forma a não existirem zonas em que seja impossível a observação;
- a **possibilidade de variação de escala**, podendo o utilizador observar as características de diferentes distâncias, aproximando-se ou afastando-se, com a imagem persistindo, se não for excedido o alcance.

Para o melhor funcionamento nas condições referidas, um sistema com elevada capacidade de processamento de dados é essencial (CARMIGNIANI, 2011, pp. 256-257).

Como referido anteriormente, na identificação de características no ambiente natural é necessário o uso de detetores. Esses permitem a deteção de características, para posterior processamento dos dados. Existem dois tipos principais de detetores: os detetores de cantos e os detetores de objetos binários (*Blob<sup>9</sup> detectors*) (CARMIGNIANI, 2011, pp. 256-257).

Os **detetores de cantos**, têm maior facilidade no reconhecimento de superfícies com semelhança a cantos. Segundo Carmigniani (2011), existem 2 principais detetores nesta categoria:

- o detetor *Harris*, que efetua a correlação de imagens, ou seja, avalia a intensidade da imagem e verifica a relevância com os pixéis vizinhos. Este processo é efetuado, para cada pixel, com análise de correlação com outros pixéis, sua divisão por categorias de características, de forma a permitir distinguir os cantos.

---

<sup>9</sup> *Binary Large Object*

- o *Features From Accelerated Segment Test* (FAST) é método mais recente e mais eficiente. Este método efetua a comparação entre o pixel considerado de valor e os pixels que se encontram à sua volta (num raio de três pixels). São analisados 16 pixels em simultâneo. A característica é identificada, se o pixel central e os 12 círculos de pixels adjacentes tiverem uma intensidade que não exceda um limite definido. As características adjacentes sem interesse suprimidas. Este detetor é o mais frequentemente utilizado em plataformas móveis devido à sua eficiência (CARMIGNIANI, 2011, pp. 257-258).

Os **detetores de objetos binários**, procuram, ao contrário dos anteriores, todo o tipo de formas, sendo grande parte da deteção conseguida através de um filtro gaussiano. As características pretendidas, são encontradas nos espaços das escalas criadas nos diferentes passos do filtro gaussiano. O número de características identificadas, é reduzido por uma procura de supressão de não máximos, (*non maximum suppression search*) NMSS, que efetua a procura em três escalas adjacentes, que posteriormente servirão para calcular a posição e a escala da característica em causa (CARMIGNIANI, 2011, pp. 257-258).

Um dos detetores de objetos binários mais utilizados é o *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT). Este método utiliza o filtro Laplaciano de Gauss na deteção em diferentes escalas. Executa primeiro a localização de extremos, ou seja, procura pontos que não variam com a escala, através de uma função Gaussiana, com o objetivo de detetar os chamados pontos-chave da imagem. Seguidamente, efetua a localização precisa destes pontos-chave através de uma função de diferença de Gauss aplicada à imagem, sendo todos os extremos apurados possíveis candidatos. Por fim é apurada a orientação do ponto-chave e é atribuído um descritor invariante à rotação e iluminação, por forma a garantir a robustez desse mesmo descritor. Cada imagem tem inúmeros descritores e quanto mais elevada for a sua qualidade e nível de distinção, mais fácil será efetuar a correspondência (CARMIGNIANI, 2011, p. 258).

Outro detetor de objetos binários também utilizado é o *Speed-Up Robust Features* (SURF), que se baseia no SIFT mas tem melhor desempenho. Através da função determinante de *Hessian*, efetua a deteção dos pontos-chave. Posteriormente, atribui os descritores com base na sequência de *Haar Wavelets*, por forma a garantir

descritores robustos, facilitando, conseqüentemente, a correspondência da imagem (CARMIGNIANI, 2011, p. 258).

Quando as características pretendidas estão definidas, é necessário obter uma correspondência da base de dados, para a identificação do objeto. Esta correspondência pode ser efetuada com recurso a diferentes métodos. Por exemplo, o uso de manchas na imagem, ou seja, cada característica detetada é envolta numa mancha de igual tamanho, que de seguida é comparada com as manchas existentes na base de dados. Este método é, no entanto, limitado no tratamento da iluminação, ocorrendo erros frequentes com a variação da luminosidade. Quanto às variações dos ângulos da imagem, também possui a desvantagem de funcionar apenas se algum reconhecimento anterior tiver sido efetuado. Por conseguinte, quanto mais vezes ocorrer a observação da imagem, mais informação haverá na base de dados e melhor será o tratamento dos dados, para poder ocorrer uma melhor correspondência.

Também poderá ser feita a correspondência através de descritores de características. Estes permitem uma mais eficiente correspondência e requerem menos informação no reconhecimento do ponto de interesse. A ligação entre a característica captada pela câmara e a correspondência na base de dados, pode ser conseguida através de uma função de distância (ex: quadrado da distância ou o valor absoluto da distância.)

Por fim, podem também ser utilizados os descritores em árvore. Estes, utilizam cada característica captada nas várias fases da iluminação e em vários pontos de observação, formando a partir desse ponto uma classe. A classe que obtiver uma melhor correspondência com a classe existente na base de dados, é a selecionada. (CARMIGNIANI, 2011, pp. 258-262).

## **2.3. Tecnologia de desenvolvimento da solução de Realidade Aumentada**

Depois de coligir a informação sobre as características técnicas dos diferentes tipos de equipamentos de Realidade Aumentada, é agora possível optar pelo

equipamento cujas características melhor se adaptam à solução pretendida nesta dissertação, respondendo à QD2.

**QD2** – Qual o **dispositivo** de Realidade Aumentada mais adequado para construir a solução proposta para o ensino de operações navais?

Nesse intuito, os **visores de mão com observação por vídeo** são, segundo a nossa avaliação, os equipamentos que melhor se adequam às necessidades do projeto. Ao usar dispositivos do tipo *smartphones* para a visualização da solução, será conseguida, não só uma maior abrangência de utilizadores, mas também custos de implementação da solução baixos. Esta conclusão deriva do fato de utilizadores-alvo da solução possuírem *smartphone* próprio, tornando assim nulo o custo de aquisição de equipamentos na implementação e teste da solução.

A qualidade de grande parte dos *smartphones* é razoável para uso da solução a desenvolver, não se antevendo, pois, problemas na capacidade de suporte da solução, pela maioria dos equipamentos. O uso *smartphones* de assegura também a mobilidade dos utilizadores, permitindo diversos ângulos e perspectivas de observação das formaturas navais.

Irão ser utilizadas **marcas artificiais** na construção da solução, por forma a otimizar e facilitar a deteção dos dispositivos usados. Sendo esta solução um auxílio ao ensino, estas marcas serão selecionadas a partir de palavras-chave em concordância com matérias lecionadas (Apêndice C).

# **CAPÍTULO 3**

## **3. Levantamento de Requisitos**

3.1 Geração de ideias

3.2 Definição de requisitos

3.3 Especificação da solução de Realidade Aumentada



Neste capítulo pretende-se obter as especificações da solução de Realidade Aumentada a implementar no âmbito desta dissertação, como prova de conceito da tecnologia e das suas potencialidades. O tema sobre o qual irá incidir a aplicação de Realidade Aumentada é a demonstração das formaturas ordenadas dos navios, geralmente designadas por siglas, segundo o ATP I Vol.II (NATO, 2016). A aplicação irá mostrar a evolução dos navios em formaturas, permitindo a visualização, compreensão e memorização de manobras navais. A aplicação destina-se essencialmente a alunos, e pretende demonstrar como a Realidade Aumentada pode ser usada de forma inovadora no ensino naval.

Por forma a assegurar que os requisitos da solução estavam alinhados às necessidades sentidas, durante o processo de aprendizagem, pelos principais beneficiários da solução, procedeu-se a um levantamento de requisitos entre alunos que frequentam o quinto ano da Escola Naval.

### **3.1. Geração de ideias**

A recolha de requisitos iniciou-se com a técnica de *brainstorming*. A técnica define cinco passos para a obtenção como resultado final do processo, um conjunto de ideias, que os destinatários da solução, pretendiam ver implementadas na solução a desenvolver (KEITA, 2012).

Como primeiro passo da realização do *brainstorming*, foi definido o problema a ser discutido, para o qual se pretendiam ideias inovadoras. O problema foi definido como se pretendendo obter a interface gráfica mais adequada, para demonstrar os conteúdos relativos a formaturas e manobras de meios navais.

O segundo passo, consistiu na marcação de uma reunião com um grupo, formado por alunos finalistas do quinto ano com conhecimentos teóricos e práticos no tema, para obtenção de ideias para a solução.

No terceiro passo, foram estabelecidas as regras do debate. As mais importantes foram a não sobreposição das intervenções quando da apresentação das ideias de cada participante. Cada interveniente deveria, pois, falar apenas na sua vez e não criticar as ideias dos outros participantes. Subjacente a estas regras estavam a necessidade de não

invalidar à partida nenhuma das ideias, por mais estranha que pudesse parecer, de forma a não impedir o surgimento de ideias inovadoras e *fora-da-caixa*.

Seguiu-se o passo da *geração de ideias* propriamente ditas. O contexto enunciado foi o da realização de um protótipo duma aplicação de Realidade Aumentada, cujo âmbito abrangesse a visualização de manobras e formaturas, bem como, a eventual apresentação de outros aspetos táticos mais complexos, de forma a tornar a sua compreensão mais fácil ao utilizador. O suporte teórico para a realização dos conteúdos seria a publicação para forças NATO: ATP I Vol. II (NATO, 2016). O compêndio contém um grande número de formaturas e panoramas táticos, a serem seguidos por forças navais. As propostas apresentadas e anotadas durante a sessão foram as seguintes:

- A aplicação deveria ser prática e de fácil utilização;
- O uso de marcas artificiais foi considerado um método menos adequado, visto ter o inconveniente do transporte das marcas, sempre que se pretenda usar a aplicação para a visualização das formaturas;
- As marcas naturais recolheram uma opinião mais favorável;
- Foi proposto que a aplicação efetuasse a captura de um texto ou imagem, e através de reconhecimento da mesma produzisse os objetos virtuais. O texto ou imagem estariam relacionados com o movimento que os navios, iriam descrever. Desta forma, seria possível, quando da leitura do livro de estudo de formaturas e de posse do dispositivo de Realidade Aumentada, observar como complemento à leitura, a evolução da formatura;
- Outra ideia foi a de colocar um modelo/objeto real integrado no meio envolvente (e.g. um navio), cujo reconhecimento despoletaria o aparecimento duma imagem virtual correspondente. No entanto, existindo várias formaturas para serem apresentadas, teria haver diversos botões, que permitisse alternar entre as várias manobras.
- Foram sugeridas também ideias de aplicação de Realidade Aumentada na ponte de um navio, face a alertas para perigos nas vizinhanças;
- Adaptação de óculos a ambiente de simulação, a navegar ou em ambientes hostis, criando um simulador de base em Realidade Aumentada, ou melhorando simuladores existentes, com recurso à Realidade Aumentada.

O último passo do *brainstorm*, consistiu na escrita das conclusões da reunião. As ideias apresentadas foram consideradas suscetíveis de serem integradas na aplicação de Realidade Aumentada, com exceção das relacionadas com a adaptação do dispositivo RA para simulação ou uso na ponte do navio, visto que requereria mais tempo de desenvolvimento da aplicação e um maior domínio da tecnologia RA, sendo, por isso, considerado fora dos objetivos do protótipo pretendido.

As ideias recolhidas, constituíram uma lista de requisitos a ser validados na seção seguinte para posterior formalização, antes do desenvolvimento da aplicação de Realidade Aumentada.

## 3.2. Definição dos requisitos

Em complemento à geração de ideias descrita na seção anterior, procedeu-se à elaboração de um questionário (ver Apêndice B), com vista a uma recolha complementar de novos requisitos, bem como a validar os requisitos reunidos anteriormente.

O questionário foi respondido por alunos finalistas dos cursos da Escola Naval, perfazendo um total de 36 elementos. Os alunos pertenciam ao conjunto de quatro classes formadas no mestrado integrado da Escola Naval (Marinha, Administração Naval, Engenharia Naval ramo de Armas e Eletrónica e Engenharia Naval Ramo de Mecânica). A diversidade de classes, permitiu maior heterogeneidade na amostra dos destinatários do questionário sobre a forma de apresentação dos conteúdos a ministrar usando aplicação de Realidade Aumentada. Assim, a população-alvo do questionário, embora tenha conhecimento sobre formaturas navais, tem-no com diferentes níveis de profundidade e experiência, face ao diferente enfoque dos conteúdos lecionados nas disciplinas dos seus currículos, e da diferente natureza das funções que irão desempenhar a bordo dos navios, como oficiais das classes mencionadas.

O questionário foi elaborado, recorrendo à ferramenta *Google Forms*<sup>10</sup>, sendo as respostas obtidas pelo preenchimento de um formulário pela internet. O questionário

---

<sup>10</sup> <https://docs.google.com/forms>

colocou onze perguntas, de resposta obrigatória - uma de resposta aberta e as restantes de escolha múltipla -, complementadas com imagens e vídeos exemplificativas da tecnologia de Realidade Aumentada e visualmente ilustrativas dos conceitos subjacentes às questões.

Os principais aspetos, cuja opinião se procurou auscultar através do questionário, podem-se resumir nos seguintes:

1. conhecer o grau de familiaridade e conhecimento dos alunos da tecnologia de Realidade Aumentada;
2. seleccionar alternativas de apresentação dos conteúdos, de entre um conjunto de soluções propostas, de forma a tornar a aprendizagem motivadora;
3. definir a experiência de utilização da aplicação, designadamente a forma de interação entre os objetos reais e virtuais;
4. estabelecer prioridades tecnológicas para a solução a construir.

As repostas à pergunta de resposta aberta, mostram uma grande diversidade de opiniões, sendo possível, no entanto, identificar um padrão de respostas predominantes:

- o apoio às aulas, foi uma das vertentes mais apontadas como ideais para o uso da Realidade Aumentada no ensino naval;
- as diretivas a adotar para o desenho da interface da aplicação de Realidade Aumentada, de forma a obter a melhor experiência pedagógica;
- propostas soluções de utilização de Realidade Aumentada para melhoria da qualidade da experiência com o simulador de navegação e o desempenho na ponte dos navios em exercícios navais;
- propostas de utilização de Realidade Aumentada no apoio ao treino de limitações de avarias e de manutenção de equipamentos.

As opiniões expressas, apontam para que as prioridades dos *sprints* iniciais do projeto, sejam focadas no desenho duma interface da aplicação de Realidade Aumentada, para um eficaz apoio a matérias lecionadas nas aulas relacionadas com manobras e formaturas. Serão relegados para *sprints* menos prioritários, aspetos que se reflitam em maiores custos da solução e um prazo de execução maior. A utilização de

Realidade Aumentada no âmbito da simulação, desempenho na ponte do navio, exercícios de limitação de avarias e montagem de equipamentos, será considerada em *sprints* futuros.

As repostas às perguntas de escolha múltipla, que a seguir se apresentam, permitiram obter maior detalhe na definição dos requisitos da aplicação de Realidade Aumentada a desenvolver.

1. A amostra de alunos inquirida, revelou pouco ou nenhum *conhecimento sobre Realidade Aumentada* (69.4%) (Figura 23). Esta elevada percentagem de desconhecimento confirma a fase embrionária da difusão no mercado da tecnologia e o ainda pouca consciência, dos utilizadores, para as potencialidades que podem ser exploradas na Realidade Aumentada.

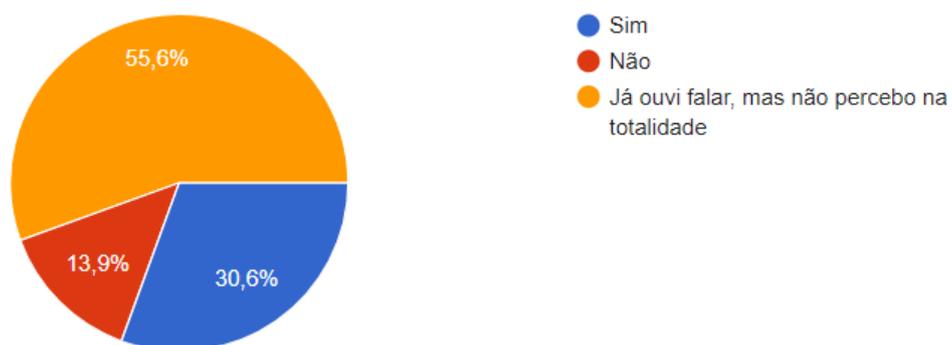


Figura 23. Requisito: conhecimentos sobre Realidade Aumentada

2. Segundo 55,6% dos inquiridos, quando é observada a evolução de uma formatura, o *número necessário de navios*, para que seja perceptível o movimento dos navios e a disposição final da formatura, é de 3 navios (Figura 24).

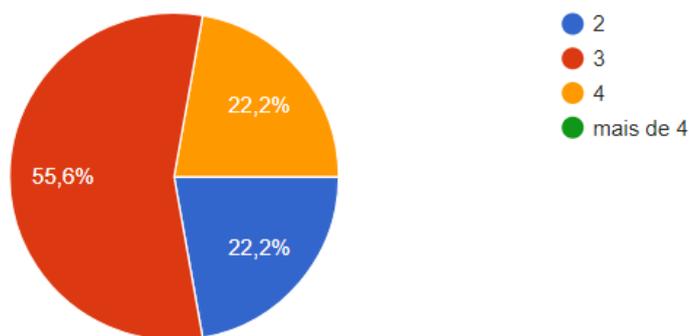


Figura 24. Requisito: número de navios na formatura

3. Quanto à *melhor perspectiva (posição e ângulo de observação) para observar a evolução* da formatura, as respostas (Figura 25 e Figura 26) sugerem que haja flexibilidade de olhar segundo diferentes posições (44,4%) e ângulos (proa, popa e través) (89,9%). Refira-se que, através de dispositivos de Realidade Aumentada é possível efetuar visualizações do cenário e dos objetos virtuais (formatura virtual), de qualquer perspectiva ou ângulo, satisfazendo assim, a qualquer das preferências quanto à perspectiva de observação.

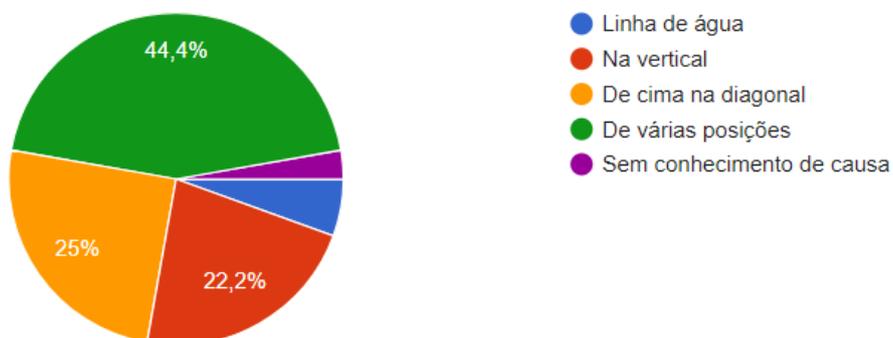


Figura 25. Requisito: posição de observação da formatura

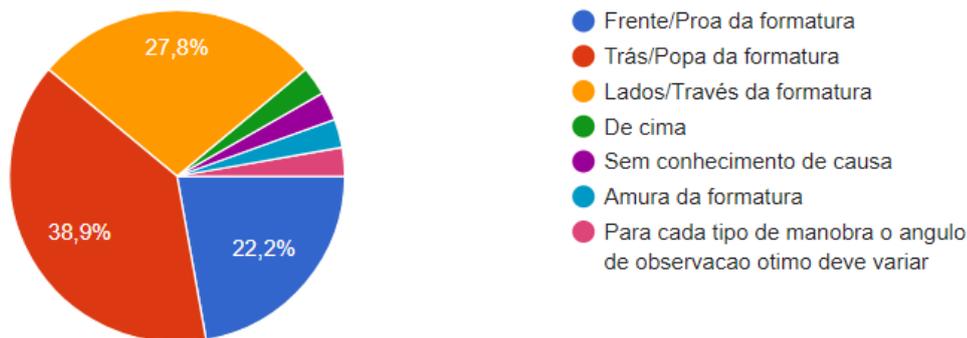


Figura 26. Requisito: ângulo de observação da formatura

4. Quanto à *forma de aparecimento da imagem virtual*, existe um consenso entre os inquiridos para que os objetos virtuais (navios em formatura) surjam de uma janela ou de uma folha (Figura 27). De notar que, fazendo a imagem virtual surgir a partir de numa janela, impossibilita a sua visualização em ângulos particulares, condicionando assim, a variedade de posições por que o utilizador pode adotar (e contrariando escolhas anteriormente efetuadas). Por isso, optou-se por fazer surgir o objeto virtual, no dispositivo de Realidade Aumentada, a partir de uma folha, permitindo assim que seja observável de todos os ângulos.

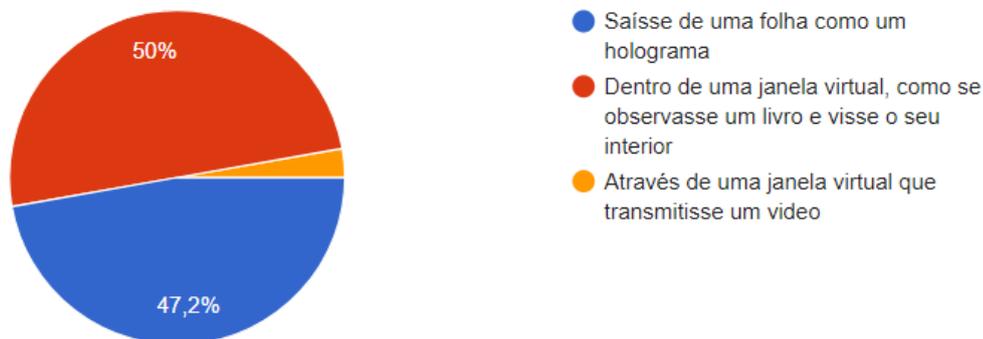


Figura 27. Requisito: aparecimento da imagem virtual

5. Relativamente à possibilidade do utilizador efetuar *interação com o objeto virtual* (Figura 28), uma elevada percentagem selecionou a funcionalidade (58,3%) como útil. A este requisito foi atribuído uma prioridade baixa, reservando-a para um *sprint* de uma fase mais avançada do projeto. Esta opção resultou do fato de se antever maiores custos de desenvolvimento e a necessidade de dispositivo mais avançado (e.g. o HMD *Hololens*).

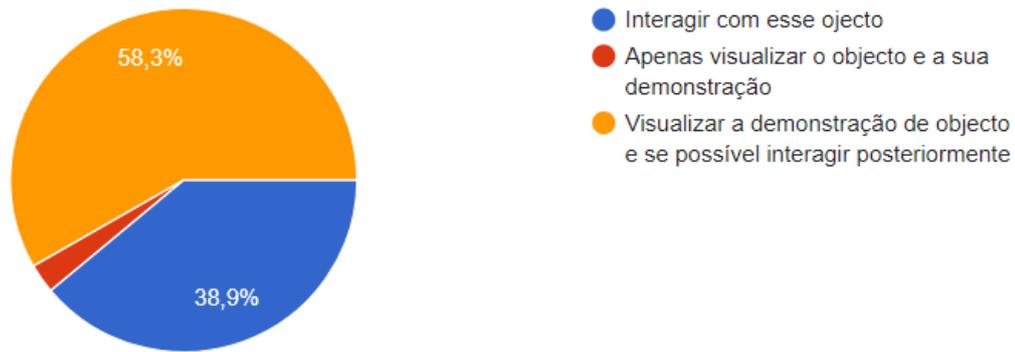


Figura 28. Requisito: interação com imagem virtual

6. Na observação da formatura virtual, a maioria dos utilizadores destacou o interesse em poder seleccionar diferentes *condições meteorológicas* (63,9%) (Figura 29). A satisfação deste requisito, no entanto, não pode prejudicar a visibilidade dos objetos no cenário ou o tempo de resposta da aplicação.

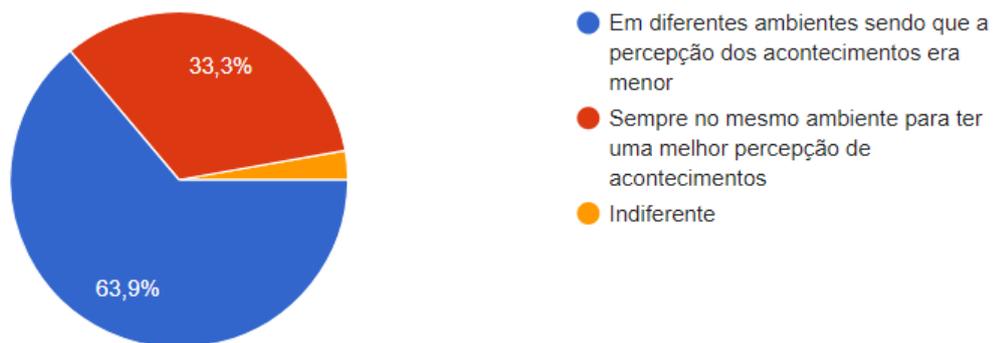


Figura 29. Requisito: condições meteorológicas

7. A maioria dos inquiridos (94,4%) concorda que a *representação do navio guia* deva ser diferente dos outros navios da formatura (Figura 30). Visto que o guia adota comportamentos distintos nas diferentes formaturas, podendo até, em certos casos, alterar esse comportamento durante as manobras, será sinalizado a uma cor diferente dos outros navios, de forma a permitir ao utilizador a fácil percepção dos seus movimentos.

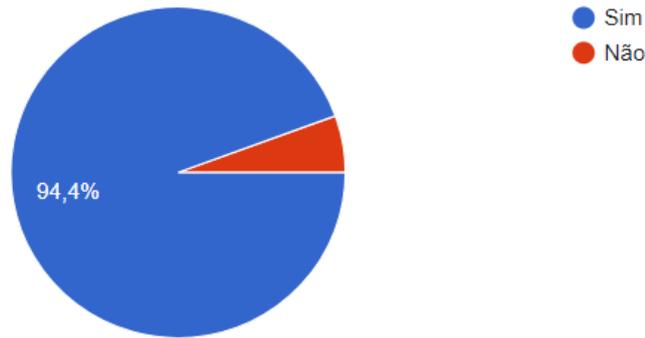


Figura 30. Requisito: representação do guia da formatura

8. Antes de os navios se movimentarem, deverão ocupar uma posição numa *formatura inicial* pré-definida. A preferência dos utilizadores, foi de que o movimento dos navios se iniciasse a partir de uma formatura em linha (77,8%), evoluindo daí para a próxima disposição (Figura 31). A formatura inicial irá, pois, movimentar-se e os navios virtuais presentes irão manobrar, adotando trajetórias de forma a ocupar a formatura selecionada, com cada navio, representando por um objeto virtual, atuando independentemente.

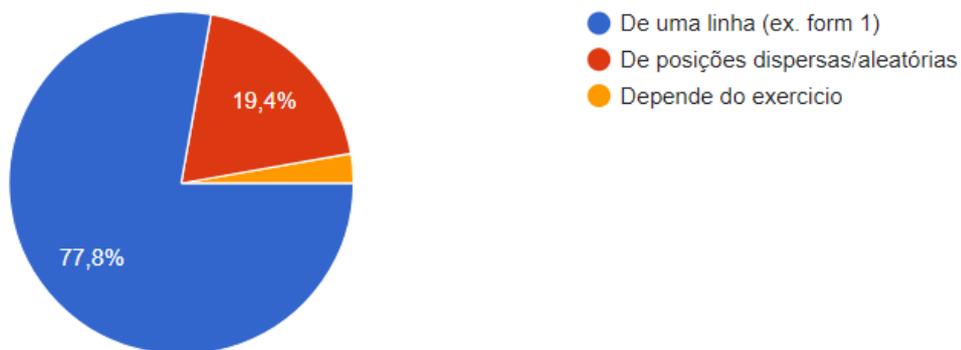


Figura 31. Requisito: formatura inicial

9. Quanto à opção pelo *tipo de marca utilizada* para espoletar a exibição da formatura virtual (Figura 32), as respostas foram no sentido de ser usada uma marca inserida de forma impercetível no cenário (69,4%). Deste modo, o utilizador irá notar a sua presença, apenas devido à imagem virtual que irá surgir quando utilizar o dispositivo de Realidade Aumentada. A marca poderá ser inserida numa imagem existente, num livro, num quadro, ou em texto.



Figura 32. Requisito: tipo de marca utilizada

10. Foram ainda recolhidas, junto dos inquiridos, as *características dos dispositivos e aplicações de Realidade Aumentada* a que atribuíam maior relevância (Figura 33). A maioria dos utilizadores deu primazia à facilidade de uso do dispositivo (41,7%), ou seja, quando da visualização de um objeto virtual, é considerado importante, a mobilidade do dispositivo para poder observar os objetos virtuais em diferentes posições. Os equipamentos que melhor satisfazem estas características são os óculos Realidade Aumentada e os *smartphones*, por serem portáteis. Apesar dos óculos assegurarem maior envolvimento, característica também importante para os utilizadores (30,6%), têm o inconveniente do seu maior custo. Apesar de existirem variados dispositivos, com diferentes gamas de preços, os mais baratas em geral não satisfazem características indicadas pelos utilizadores como necessárias, designadamente, qualidade de imagem (30,6%), qualidade de informação (33,3%) e capacidade de demonstração (22,2%).
11. Por conseguinte, os dispositivos de utilização preferencial, pelo menos nos *sprints* iniciais do projeto, serão os telemóveis, visto serem equipamentos de grande versatilidade, capazes na maioria de suportar a tecnologia de Realidade Aumentada. Dispõem também, de características relevantes de Realidade Aumentada, com qualidade aceitável, conferindo assim uma boa experiência de utilização. Também o facto da maioria dos estudantes possuírem telemóvel, torna mais fácil a difusão da aplicação.

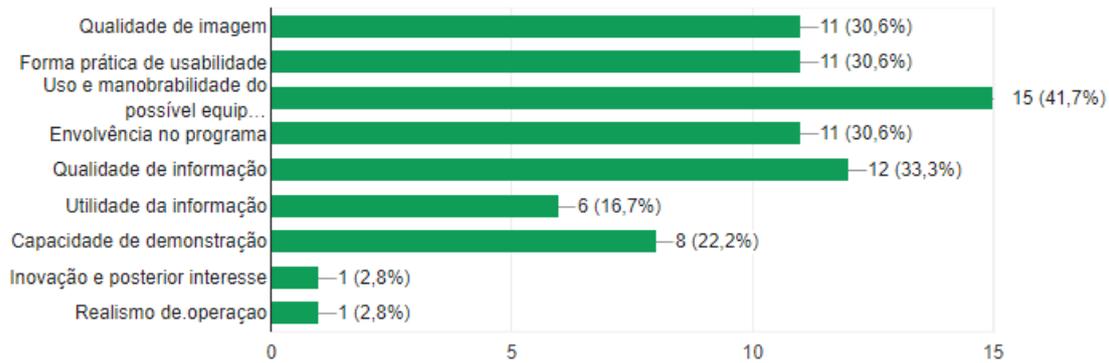


Figura 33. Requisito: características técnicas dos dispositivos e aplicações RA

### 3.3. Especificação da solução de Realidade Aumentada

Conciliando a informação recolhida no *brainstorming* com as respostas obtidas no questionário, procedeu-se nesta seção à especificação da aplicação de Realidade Aumentada, que satisfaça os requisitos dos utilizadores.

As imagens dos esboços apresentados a seguir, através de onze *casos de utilização*, ilustram as manobras dos navios virtuais em formaturas, a partir de ações desencadeadas após a leitura de marcas artificiais com designações específicas de cada caso de utilização. Nos esboços apresentados os navios aparecerem vistos de cima, no entanto, na aplicação a desenvolver, poderão ser vistos de todas as posições, incluindo a vertical.

#### 1. Caso de Utilização: *FORM 1*

O dispositivo (com a aplicação instalada) irá ser apontado para uma marca artificial no meio ambiente, conhecida do utilizador contendo a palavra *FORM 1*. Quando a marca for detetada pelo dispositivo, a imagem dos três navios virtuais irá salientar-se e os navios irão manobrar por forma a posicionarem-se na formatura adotando uma disposição em linha (uns atrás dos outros), como se apresenta na Figura 34. A formatura será visível de todos os ângulos e posições. A palavra *FORM 1* irá estar escrita numa página, por isso, quando for virada a página, a formatura desaparecerá.

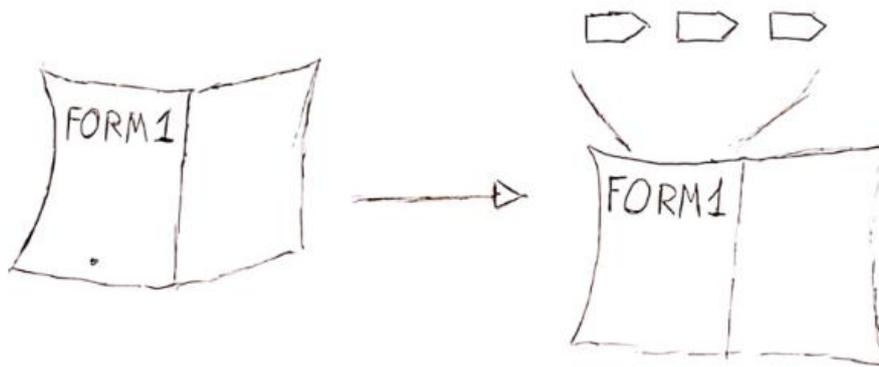


Figura 34. Formatura dos navios (FORM 1)

## 2. Caso de Utilização: **FORM 3**

Com a marca *FORM 3*, os navios, partindo de uma formatura linear, irão manobrar, por forma a posicionarem-se lado a lado, numa linha horizontal. O movimento terá início, sucessivamente, a partir do navio no final da formatura, que efetuará uma abertura da sua posição inicial do navio, em linha vertical, para a posição final, em linha horizontal. A todo o momento o guia da formatura, será assinalado a cor diferente, até à formatura final (Figura 35).

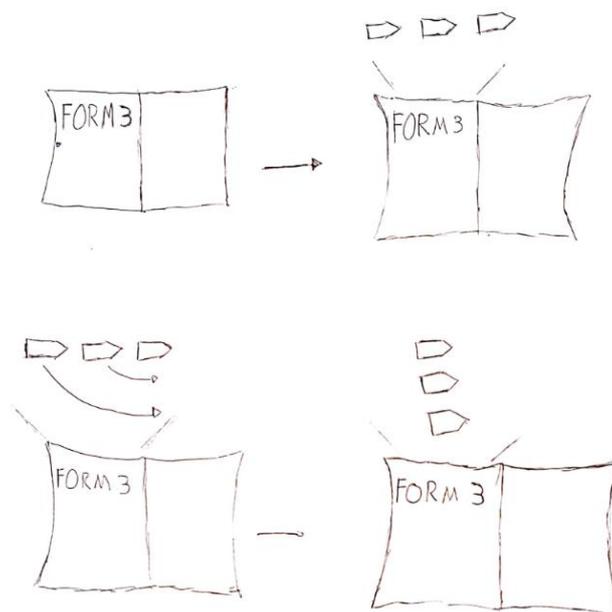


Figura 35. Formatura dos navios (FORM 3)

## 3. Caso de Utilização: **FORM E**

Na *FORM E*, os navios irão manobrar de forma a chegar à formatura final indicada na Figura 36. Partindo da formatura em linha reta, os navios irão abrir ligeiramente a proa e mantê-la, passando a uma posição final na alheta do navio dianteiro. O primeiro

navio da formatura, que será o navio guia, mantem o seu movimento e proa. Os navios pares, irão colocar-se a bombordo (BB) do guia, com uma abertura de 4 graus na alheta. Os navios ímpares irão formar com uma abertura de 2 graus na alheta de estibordo (EB) do navio guia.

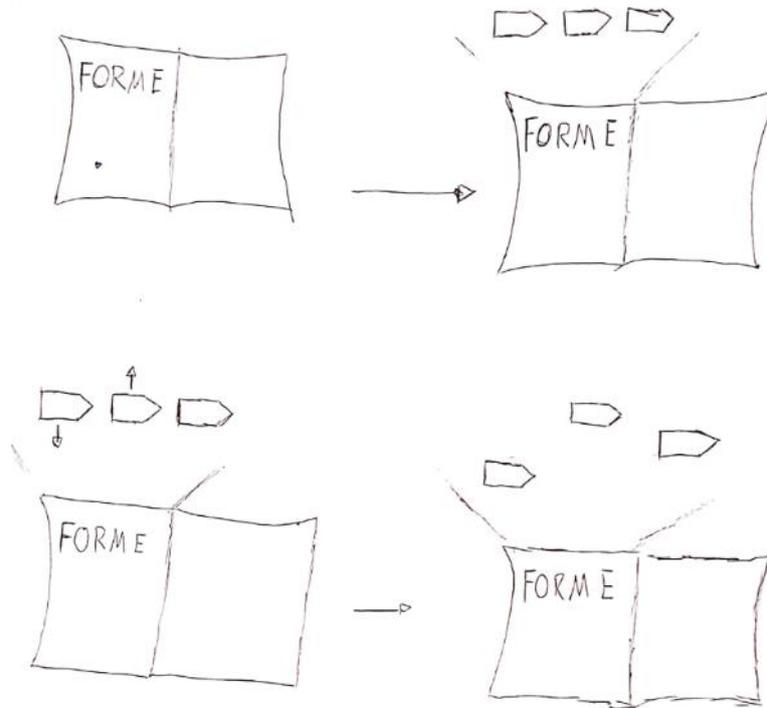


Figura 36. Formatura dos navios (FORM E)

#### 4. Caso de Utilização: **FORM F**

Na *FORM F*, a manobra terá início da mesma forma que as anteriores. Nesta formatura, o movimento dos navios tem como objetivo a inversão da ordem dos navios a partir de ré. Assim, a partir de ré, sucessivamente, cada navio efetuará uma aceleração e passará pelo bordo indicado (BB ou EB), por forma a atravessar toda a formatura e posicionar-se na dianteira da mesma. O navio de ré que irá proceder à mudança de velocidade passará automaticamente para guia da formatura. Esta manobra posicionará os navios numa formatura idêntica à inicial (Figura 37).

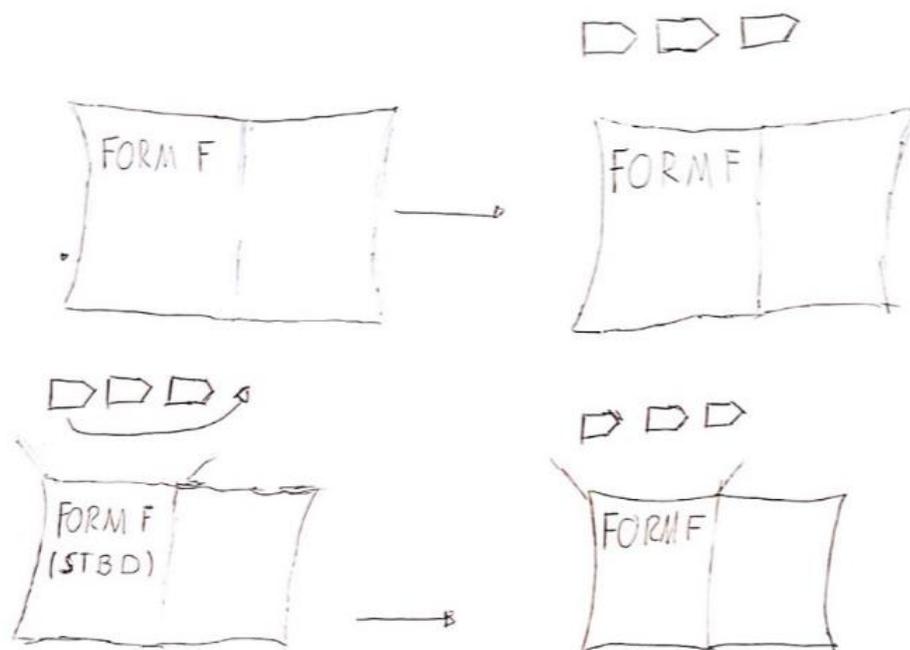


Figura 37. Formatura dos navios (FORM F)

#### 5. Caso de Utilização: **FORM A**

Na *FORM A*, os navios formam em coluna o mais rápido possível, colocando-se na popa do navio mais avante, caso não seja indicado um navio específico, mantendo-se sempre à distância padrão. Nesta formatura, tem-se em conta que não é indicado nenhum navio a partir do qual se deve formar.

#### 6. Caso de Utilização: **FORM C**

Na *FORM C*, os navios formam em coluna à vontade para bombordo ou estibordo, como indicado. Na aplicação a construir, os navios irão formar para bombordo. Assim, os navios que estão formados em coluna, colocam-se na alheta de BB do navio guia (navio mais avante), ocupando um sector de, aproximadamente, 15 graus de abertura.

#### 7. Caso de Utilização: **FORM Y**

Na *FORM Y*, os navios formam em linha à vontade para BB ou EB, no caso da aplicação os navios formarão para EB. Os navios ocupam a sua posição no través indicado em relação ao guia, num setor com uma abertura de 15 graus.

#### 8. Caso de Utilização: **FORM PORT 12**

Na FORM PORT 12, os navios formam no bordo indicado e na marcação relativa indicada, em dezenas de graus a partir do guia, mantendo o seu rumo ou a um rumo indicado. Neste caso os navios situam-se a BB do guia, com um angulo de 120 graus.

#### **9. Caso de Utilização: FORM 170**

Na FORM 170, os navios formam no azimute do navio guia ou do navio indicado, no rumo atual ou num rumo indicado. Para este efeito considerou-se o navio guia como sendo o navio mais avante, estando colocado, desta forma, na ponta da formatura, formando todos os outros da forma mais rápida possível no azimute 170 do guia.

#### **10. Caso de Utilização: FORM D**

Na FORM D, os navios posicionam-se numa forma semelhante a um diamante. Partindo de uma formação em coluna, o segundo navio guina para BB, enquanto que o terceiro guina para EB, ficando paralelos um ao outro e à mesma distância do guia, que é o navio testa da formatura. O quarto navio, encontra-se na mesma coluna que o navio guia e à mesma distância que o segundo e terceiro navios, sendo este o vértice inferior do primeiro diamante, e o vértice superior do segundo diamante. O quinto e sexto navios manobram de forma inversa ao segundo e terceiro navios posicionando-se de modo a formar um diamante semelhante ao anterior. O sétimo navio é o vértice inferior do segundo diamante. Na aplicação há necessidade de colocar um maior número de navios nesta formatura, de forma a demonstrar a sua estrutura total, situação que não seria possível apenas com 3 navios.

#### **11. Caso de Utilização: CORPEN S**

No CORPEN S, os navios em linha alteram o seu rumo de modo a finalizarem o movimento posicionados novamente em linha. Exemplificando: se os navios seguiam no rumo base 000 efetuam uma guinada de busca para EB para o rumo 120. O navio mais a BB efetua primeiro a guinada, quando este guina, segue-se a guinada do segundo navio a contar de BB e assim sucessivamente até ao ultimo navio da linha. Ao terminar a manobra, os navios encontram-se a navegar no novo rumo, em linha.

Pretende-se que a aplicação de Realidade Aumentada demonstre os casos de utilização descritos. A reação da aplicação à marca deverá ser imediata, efetuando a demonstração do movimento dos navios repetidamente (*em ciclo*). O guia da formatura

será apresentado, a todo o momento, na cor verde, podendo ser alterado no final do movimento, conforme a formatura.

As manobras acima referidas são exemplificativas, podendo existir um maior número de manobras a ser implementadas, nomeadamente, na escolha de rumos. A interface será simples, não apresentando qualquer tipo de opções ou botões para o utilizador seleccionar. Assim, apenas apresentará a imagem virtual, que apresentará a evolução da formatura correspondente à marca reconhecida.

Conforme irá ser descrito no capítulo seguinte, a aplicação irá ser elaborada recorrendo ao *Unity/Vuforia*, a plataforma seleccionada (ver seção 1.3), com suporte da linguagem de programação C#, presente nos SDKs disponibilizados. Depois de finalizada, será carregada num telemóvel, a partir de onde poderá ser executada por um utilizador.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. Desenvolvimento da Solução**

4.1 Detalhes de Construção

4.2 Exportação da Aplicação



A construção da solução desenvolvida nesta dissertação, suportada pela metodologia Scrum, realizou-se através de vários *sprints*, em que foi possível melhorar as funcionalidades e o desenho gráfico da aplicação, com o contributo e *feedback* recebido dos utilizadores.

## 4.1. Detalhes de Construção

Tendo por base os requisitos levantados no capítulo anterior, a aplicação foi elaborada recorrendo à plataforma *Unity*. Esta plataforma suporta o desenvolvimento multimédia (principalmente de jogos), possuindo um vasto leque de funcionalidades que facilitam a criação de produtos. A solução a construir no âmbito da dissertação, foi encarada como se de um produto multimédia se tratasse, daí o recurso a esta plataforma, em virtude das funcionalidades embutidas na mesma, suscetíveis de assegurar, produtividade à realização do projeto. Por razões de replicabilidade, descrevem-se a seguir os passos empreendidos, na configuração do ambiente desenvolvimento e construção da aplicação de Realidade Aumentada.

O projeto iniciou-se com a criação de uma conta no local de internet da *Unity*. Efetuada a descarga e instalação do ambiente de desenvolvimento *Unity*, cuja configuração inicial é o da Figura 38.

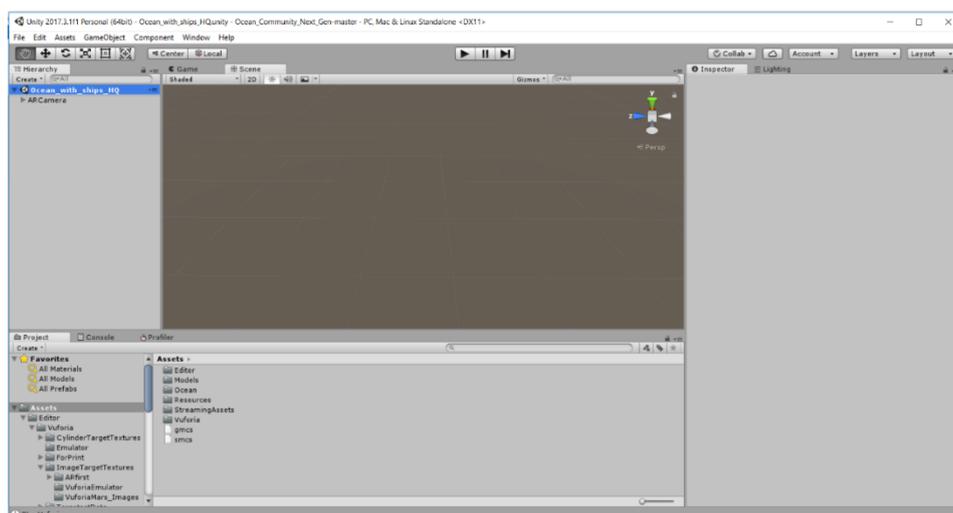


Figura 38. Visualização inicial do *Unity*

O *Unity*, não está configurado por omissão para construção de aplicações de Realidade Aumentada. Pretendendo-se desenvolver este tipo de solução, no âmbito

desta dissertação, houve, pois, que proceder a alterações ao ambiente do *Unity*, de forma a fosse adicionada essa funcionalidade. Tal foi conseguido com a instalação da *Vuforia* no *Unity*, o que permitiu importar o seu SDK. Com a ativação da conta *Vuforia*<sup>11</sup>, foi obtida uma licença de desenvolvimento (*Development Key*) gratuita, que permitiu dispor da funcionalidade de construção de programas em realidade aumentada, pela utilização do SDK da *Vuforia* na aplicação a desenvolver. (A chave de licenciamento é inserida no *Unity*, nas configurações do *Vuforia* (ver Figura 39)). Como a solução de Realidade Aumentada pretendida, vai ser disponibilizada apenas para o sistema operativo *Android* (em alternativa a outras como a *Universal Windows Platform* e *iOS*), procedeu-se a também a essa parametrização no *Unity* (ver Figura 40).

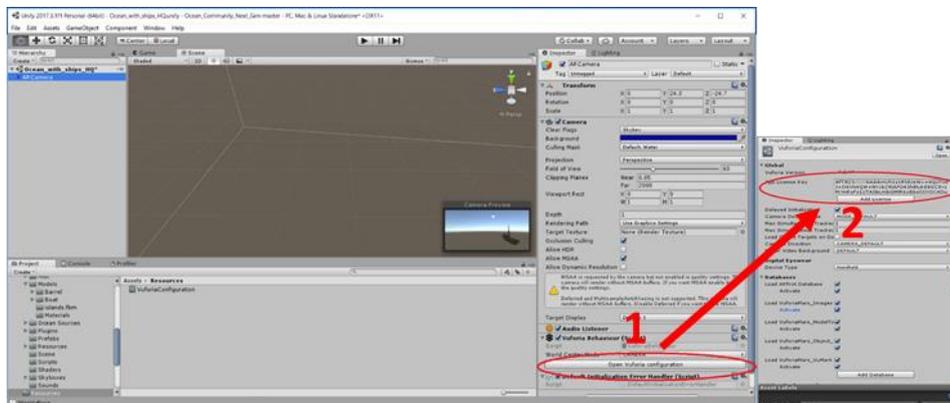


Figura 39. Abrir o menu de configurações Vuforia na plataforma Unity.

<sup>11</sup> [www.vuforia.com](http://www.vuforia.com)

Com a extensão *Vuforia* integrada no *Unity*, passou a estar disponível no ambiente de desenvolvimento a ferramenta *ARCamera*, dedicada à criação de aplicações de Realidade Aumentada. Assim, por não ser necessária neste contexto, procedeu-se à eliminação da câmara principal (*MainCamera*) do *Unity*.

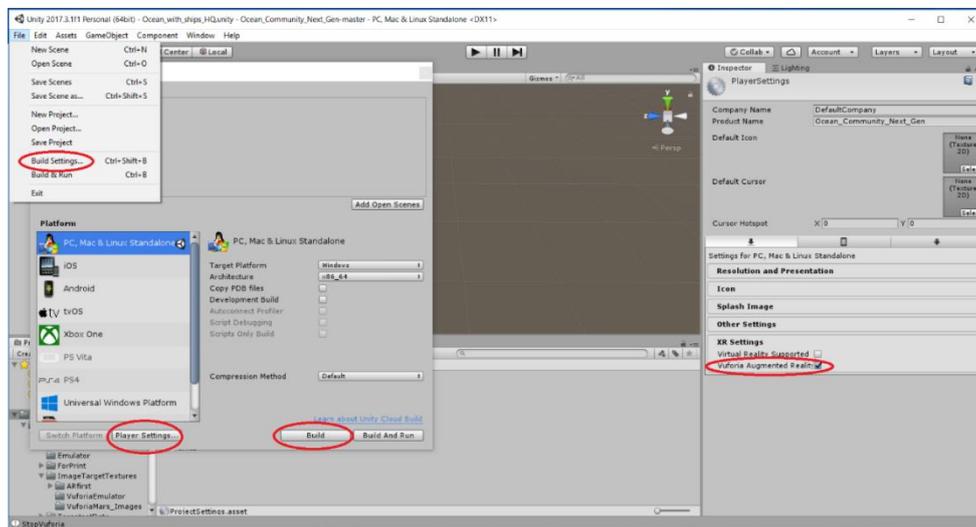


Figura 40. Diferentes plataformas para exportar o projeto construído em Realidade Aumentada.

Na fase inicial da construção da aplicação de Realidade Aumentada, é essencial que *ARCamera* reconheça a marca que irá desencadear a imagem virtual. A *ARCamera* efetua esse reconhecimento numa superfície plana do *Unity*: a *ImageTarget*. A *ImageTarget* pré-definida, apresenta marcas próprias, sendo necessário alterá-las, e configurar para a solução de Realidade Aumentada a desenvolver (Figura 41).

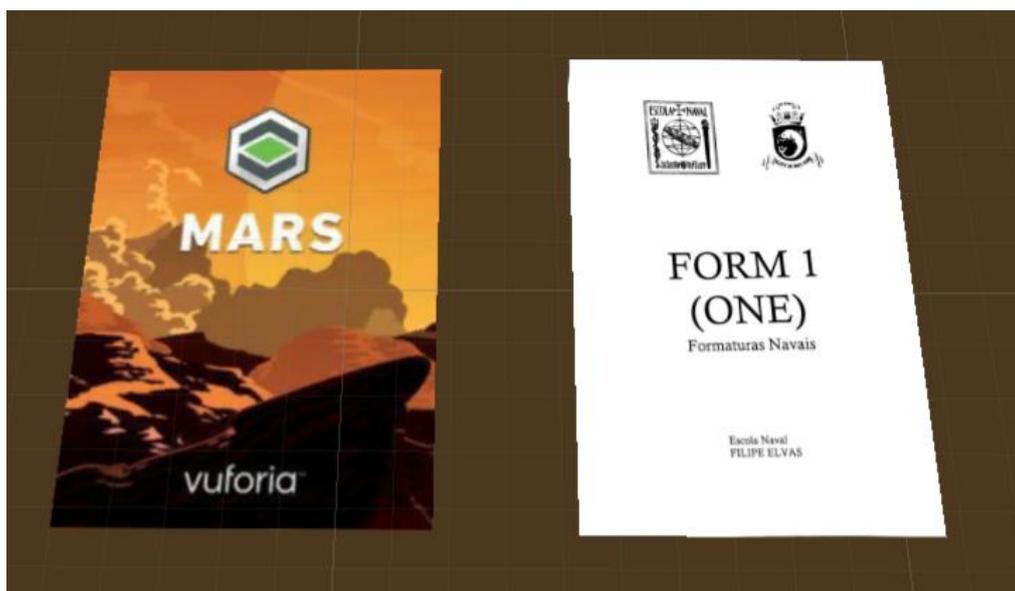


Figura 41. Marcas pré-definida (esq.) e personalizada (dir.) na superfície plana.

Como a solução de Realidade Aumentada a desenvolver é composta por várias marcas, foram atribuídos nomes às marcas em função do texto nela contido (na Figura 41 a marca *FORM 1* com o texto “FORM 1” inscrito). Depois produzido o documento com as marcas necessárias, as mesmas foram digitalizadas. As marcas usadas na solução de Realidade Aumentada constam do Apêndice C – Marcas Utilizadas.

Através do portal *Vuforia developer*, no site da *Vuforia*, foram importadas as imagens digitalizadas, criando deste modo as marcas (e.g. FORM 1) para a solução de Realidade Aumentada a desenvolver. Estas marcas foram guardadas na base de dados (*database*) construída definida especificamente para a solução (Figura 42), à qual foi atribuída o nome *ARfirst*. É possível a gestão das marcas em qualquer fase do desenvolvimento do programa, acedendo à base de dados no portal de desenvolvimento da *Vuforia*.

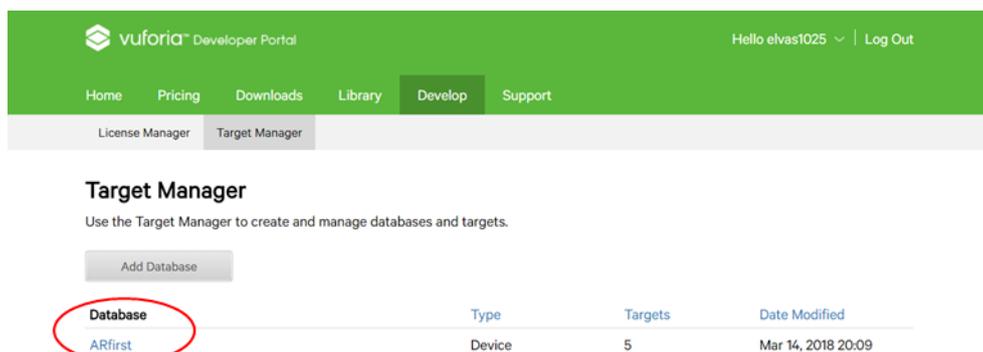


Figura 42. Plataforma Vuforia com a base de dados ARFirst já criada.

A plataforma *Vuforia* classifica as imagens importadas quanto à facilidade de reconhecimento, e daí o seu potencial como marca. Uma estrela é a pior classificação atribuída e cinco estrelas a classificação das melhores imagens. As imagens digitalizadas para a solução de Realidade Aumentada a desenvolver, foram criadas de modo que

tivessem a máxima classificação, e, dessa forma, constituíssem marcas facilmente reconhecíveis (Figura 43).

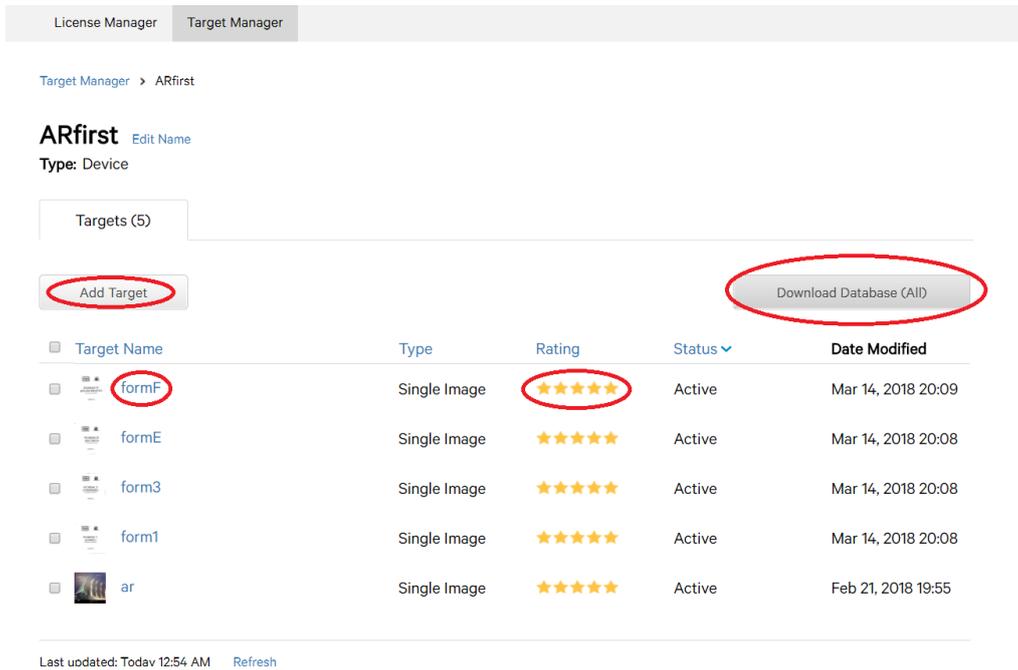


Figura 43. Algumas marcas visuais presentes na aplicação e respetiva classificação.

Ao importar as marcas da base de dados para o *Unity*, foi necessário associar cada superfície plana (*ImageTarget*) a uma marca integrada na solução (vide Figura 44 e Figura 45). Pretende-se, desta forma que, uma câmara associada à solução seja capaz de reconhecer a marca.

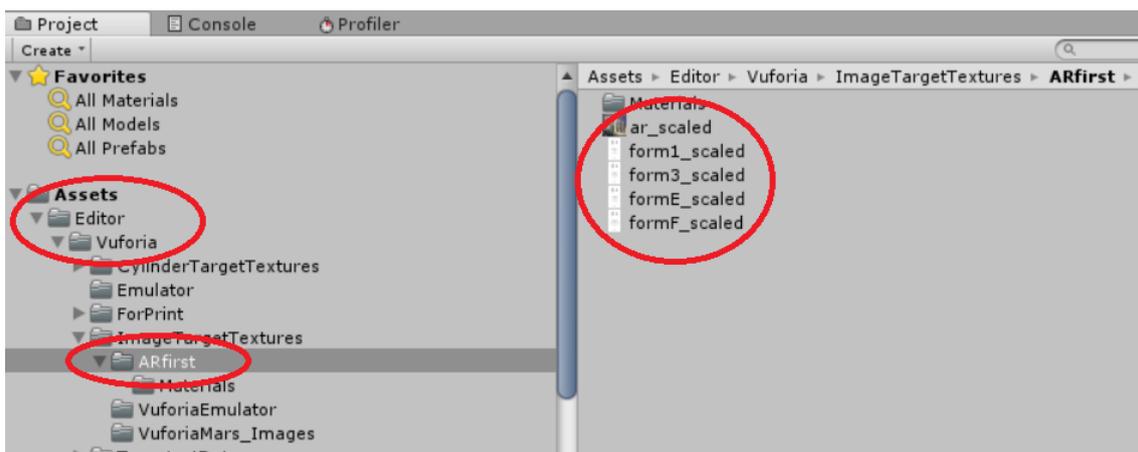


Figura 44. Associação da marca à superfície plana no programa.

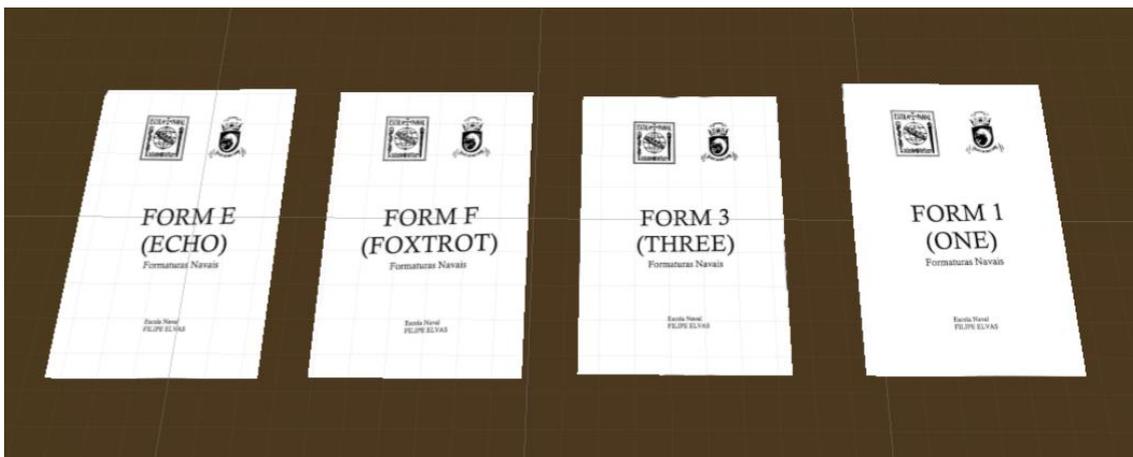


Figura 45. Marca integrada na solução.

Após as marcas estarem disponíveis, foram importados para a solução ativos de temática naval (navios de guerra e o ambiente oceânico), para a construção de um cenário realista. Os modelos de navio foram importados do *site* de ativos *TurboSquid*<sup>12</sup>. Para importar os ativos para a solução, foi necessário ter em atenção a extensão dos ficheiros. Os ativos com extensão *.obj* foram os que asseguraram maior compatibilidade (Figura 46). Com o modelo do navio integrado na a solução, efetuou-se a associação deste com a uma marca, enquadrando o navio, em dimensão e escala, com a marca.

Sendo a cada marca, possível associar os vários modelos, na solução em desenvolvimento, foram associados três modelos de navio a cada uma das marcas, por forma a responder aos requisitos estabelecidos pelos utilizadores, relativos ao número de navios por formatura (ver secção 3.3). Na Figura 47 pode-se observar uma panorâmica dos navios integrados, em formaturas junto das marcas respetivas.

---

<sup>12</sup> [www.turbosquid.com](http://www.turbosquid.com) – *site* que disponibiliza modelos 3D para várias indústrias.



Figura 46. Modelo de navio utilizado na solução.

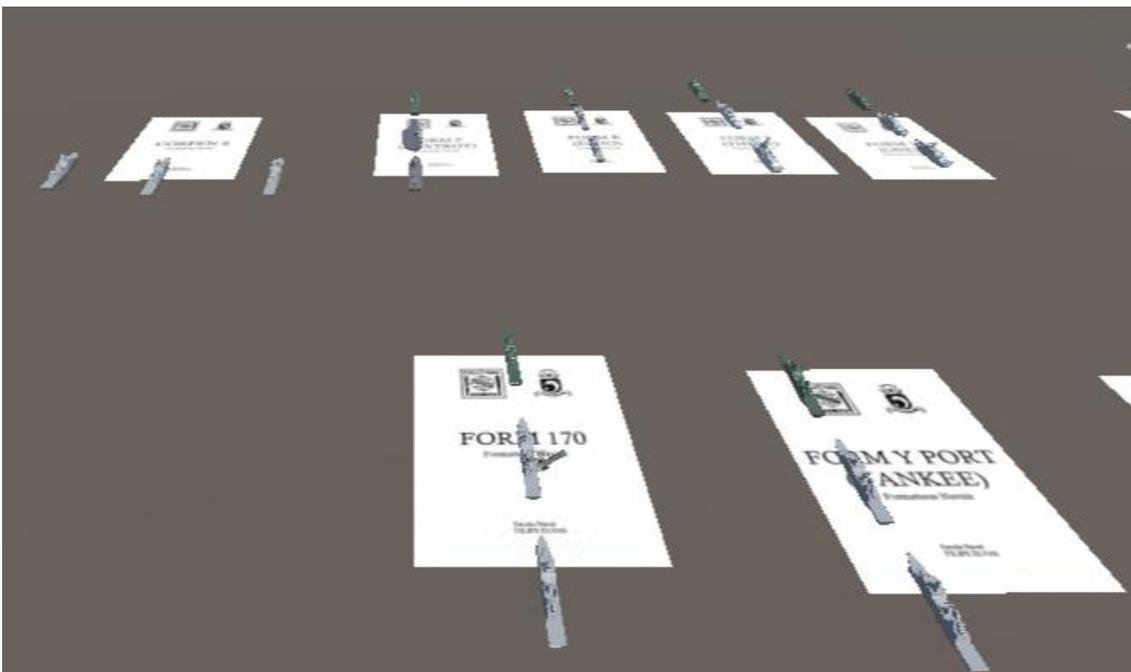


Figura 47. Vista panorâmica da solução, em fase de construção, com as diferentes marcas e os navios correspondentes.

Na Figura 47, pode-se observar que, os navios se encontram na posição inicial de FORM1 (em coluna), requisito também definido pelos utilizadores (ver seção 3.3). Com a focagem da câmara numa das marcas e o seu reconhecimento, a aplicação irá ser

espoletada a apresentação, no ecrã do dispositivo de Realidade Aumentada, de um conjunto de navios, flutuando em linha, sobre a sua marca reconhecida.

O trajeto de cada navio foi delineado, de forma a ter em conta o alinhamento e as manobras dos restantes navios em formatura, conferindo, assim, maior realismo ao cenário. Na modelação dos navios foram utilizadas animações que asseguraram a sua deslocação contínua no cenário, bem como, os movimentos de *roll*<sup>13</sup> e *pitch*<sup>14</sup>, movimentos típicos dos navios em navegação no oceano. As animações foram definidas individualmente para cada navio e conjugadas, por forma a controlar a sua posição ao longo do tempo e dar fluidez aos movimentos, evitando colisões ou sobreposições de navios. O controlo dos ativos virtuais, foi obtido através da configuração da escala de tempo, definindo a velocidade com que os navios se deslocam no cenário. Foi aplicada uma escala temporal idêntica a todos os navios da formatura, por forma a que realizassem movimentos coordenados.

O oceano foi construído usando a ferramenta *enviroment* do Unity, que fornece ativos relacionados com a natureza (e.g. água, sol, vento, entre outros), bem como, diferentes tipos de superfícies de mar. O ativo *water4advanced* foi a superfície utilizada na aplicação, devido à qualidade de imagem e realismo.

Após uma modelação das características da superfície do mar, obteve-se um oceano com ondulação visível e períodos acentuados, de dimensão adaptada a cada marca. Foi igualmente criado no cenário, um reflexo de luz indireta na superfície do oceano, simulando o sol, tornando assim o oceano espelhado nas zonas de reflexão (Figura 48). O efeito final conseguido foi um movimento simulado de navios no oceano, de grande realismo, com um comportamento influenciado pela frequência e amplitude da ondulação.

---

<sup>13</sup> Balanço de um navio

<sup>14</sup> Cabeceio de um navio

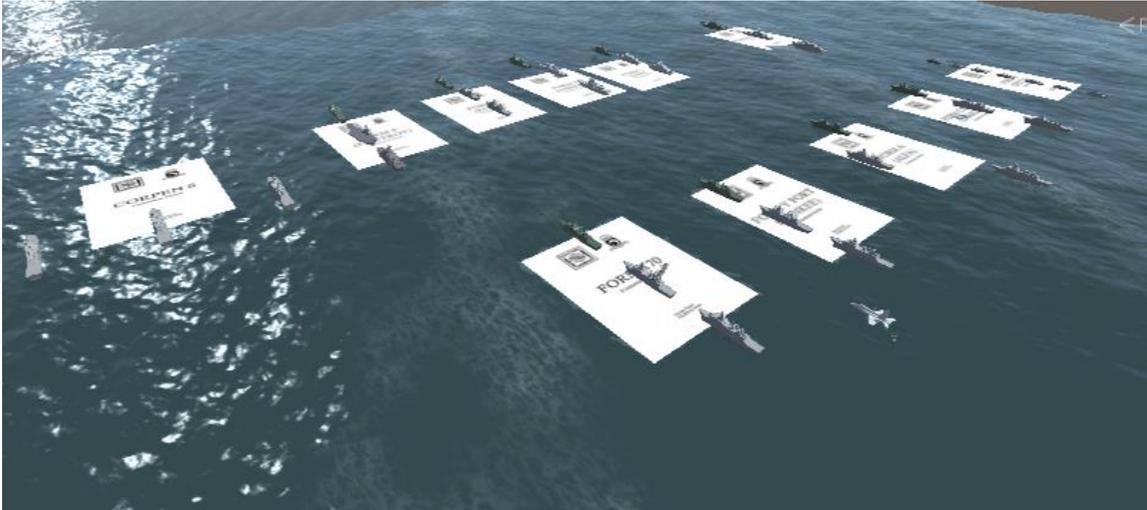


Figura 48. Navios junto da respetiva marca, sobre o oceano.

Por forma a variar a meteorologia do cenário, foram introduzidas condições adversas, nomeadamente precipitação, em algumas formaturas. A precipitação foi obtida através do sistema de partículas (*particle system*) do *Unity* (Figura 49). A transformação das partículas em gotas de água, requereu a alteração de atributos do modelo, nomeadamente: quantidade de partículas precipitadas; frequência de queda; velocidade de queda; densidade; alteração da coloração para azul, das gotas de água; definição do tamanho da gota de água; dimensão do cenário onde precipitam as partículas, para corresponder à marca usada; e a altura de precipitação das partículas.

A precipitação foi associada a apenas algumas marcas, sendo, por isso, visível em apenas algumas formaturas, bem como, no cenário geral, que inclui todas as marcas, com a precipitação a cobrir todo o cenário (Figura 49).

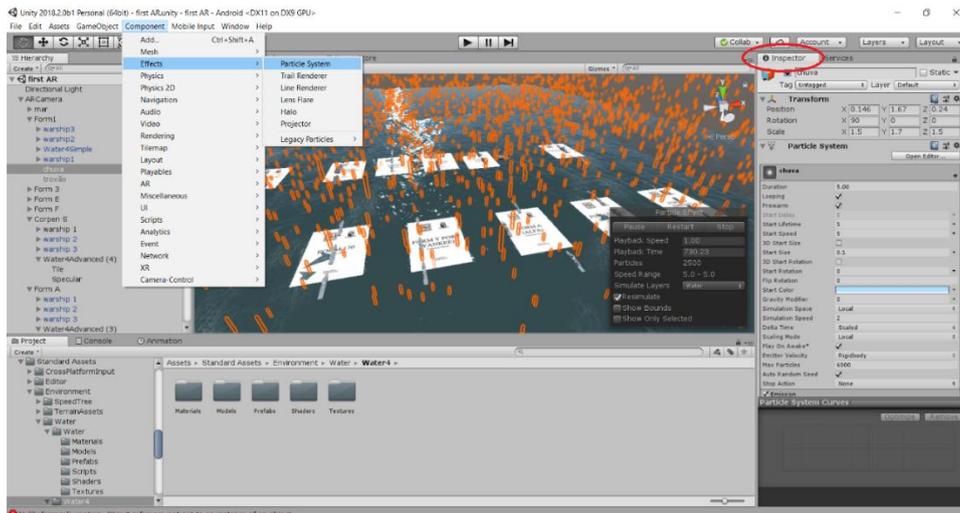


Figura 49. Cenário com chuva assinalada a laranja.

A solução final obtida, endereçou os requisitos dos utilizadores, levantados no capítulo 3, através das seguintes opções técnicas:

1. Criação de um ambiente de Realidade Aumentada (com mistura do cenário real e virtual);
2. Reconhecimento das marcas na base de dados;
3. Associação das marcas à formatura correspondente;
4. Seguimento das marcas;
5. Movimentação dos navios em formaturas e ao longo do tempo;
6. Lançamento de precipitação em formaturas pré-definidas;
7. Observação da formatura a 360º e dentro da distância de deteção da marca.

## 4.2 Exportação da Aplicação

Após os testes da solução de Realidade Aumentada, esta foi exportada para um dispositivo *Android*, através da criação de uma aplicação móvel. Para o efeito, procedeu-se à criação de um logotipo (Figura 50) da solução, usado o *site* canva<sup>15</sup>. De seguida, procedeu-se a confirmação de dados de configuração da solução, para efeitos de exportação, designadamente:

<sup>15</sup> Site de ferramentas de design gráfico, [www.canva.com](http://www.canva.com)

- construção para a plataforma *Android*: visto que a solução foi destinada a dispositivos de Realidade Aumentada correndo o sistema operativo *Android*;
- importação do logotipo para o *Unity*, bem como, atribuição do nome *ARSHIP* à solução;
- seleção da versão *Android* mais baixa em que a solução pode funcionar: *Android 4.4 Kit Kat* (existindo poucos equipamentos com versões inferiores);
- seleção da versão *Android ideal* em que a solução deve ser usada: *Android 7.0 Nougat* (uma das versões mais recentes e, por conseguinte, com mais funcionalidades).

Após a exportação do projeto *Unity* para um ficheiro com extensão *.apk*, foi efetuada a sua transferência para um dispositivo com *Android*, onde se verificou o seu funcionamento da aplicação (Figura 51).



Figura 50. Logotipo da aplicação ARSHIP.



Figura 51. Funcionamento da aplicação ARSHIP num telemóvel Android



# **Capítulo 5**

---

## **5. Validação da Solução**

5.1 Análise de Resultados

5.2 Análise Estatística



Neste capítulo pretende-se verificar se a solução construída satisfaz os requisitos definidos pelos utilizadores no Capítulo 3. Para o efeito, foi efetuada a análise dos resultados obtidos num inquérito lançado, principalmente, a alunos finalistas da Escola Naval, tendo respondido por 40 inquiridos (Apêndice D).

O inquérito, construído com recurso ao *Google Forms* - ferramenta de questionários da *Google*, foi composto por 6 secções. Os resultados obtidos são apresentados com recurso a gráficos e tabelas, por forma a facilitar a sua interpretação e análise.

Com o inquérito, pretendeu-se efetuar a validação da solução e obter respostas às questões derivadas (QD3 e QD4) formuladas na secção *Objetivo da Investigação* na *Introdução* da dissertação.

## 5.1. Análise de resultados

Na **primeira secção** do inquérito, após breve introdução, foram explicados os seus objetivos e fornecidas as instruções de preenchimento. Na **segunda secção**, procedeu-se à recolha de informação relativa ao perfil dos inquiridos.

A maioria são do *género* masculino (82,5%). 90% com *idade* até aos 24 anos (Tabela 4).

Tabela 4. Respostas ao inquérito: género e idade.

M		F		<24		25-31	
%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas
82,50%	33	17,50%	7	90%	36	10%	4

Quanto à *Categoria* dos inquiridos, 90% são Aspirantes a Oficial, sendo os restantes 10% Oficiais. Os dados confirmam assim, que o inquérito incidiu essencialmente sobre alunos finalistas do ensino universitário militar. A elevada percentagem dos inquiridos pertencente à *classe* de Marinha (72,5%), por ser a classe com mais alunos na Escola Naval. Embora sendo os alunos desta classe, os mais conhecedores das matérias sobre que versa a solução de Realidade aumentada construída, foi igualmente importante recolher a opinião de elementos de outras classes, visto que também irão desempenhar funções, em que é requerido esse conhecimento, a bordo dos navios (Tabela 5).

Tabela 5. Respostas ao inquérito: Categoria e Classe.

Oficial		Aspirante		Marinha		EN-MEC		EN-AEL		A N	
%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas
10%	4	90%	36	72,50%	29	12,50%	5	7,50%	3	7,5%	3

A maioria dos inquiridos (57,5%) já acompanhou *operações navais* na ponte, local onde se tem melhor perceção visual do deslocamento dos navios em formatura. No entanto, os dados revelam também, que o maior número de horas de navegação realizadas pelos inquiridos (72,5%), foi em veleiros, navios sem empenhamento operacional. A maior percentagem de inquiridos navegou em 5 ou mais navios (60%), o que revela alguma experiência de navegação e manobra em diversos navios (Tabela 6).

Tabela 6. Respostas ao inquérito: local de observação de formaturas, número e tipo de navios frequentados.

Ponte		Outros		5+		Entre 3 e 4		Outros		Veleiros		Outros	
%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas
57,50%	23	42,50%	17	60%	24	30%	12	10%	2	72,50%	29	27,50%	11

Na **terceira secção** do inquérito, pretendeu-se a verificar o nível de conhecimento dos inquiridos, relativamente a manobras e evoluções. Através de um conjunto de sete perguntas, onde se podia visualizar imagens de diferentes formaturas navais, pretendia-se a correspondência entre as imagens e o nome da formatura que representada. Inicialmente, cada pergunta apresentava uma imagem, oferecendo como opções de resposta, os nomes da formatura. Em seguida a situação inverteu-se: ao nome de uma formatura pretendeu-se a correspondência com uma imagem. Todas as perguntas eram de uma única opção.

A Tabela 7 apresenta as respostas dos inquiridos. Em apenas duas das sete questões colocadas (1 e 3), as respostas certas foram mais do que as erradas, embora numa margem curta (55% e 67,5%). Os resultados demonstram que, não havendo consulta, as respostas são, na maioria, incorretas, revelando falta de consolidação dos conhecimentos sobre manobras e evoluções.

Tabela 7. Respostas ao inquérito: antes da visualização da solução de RA.

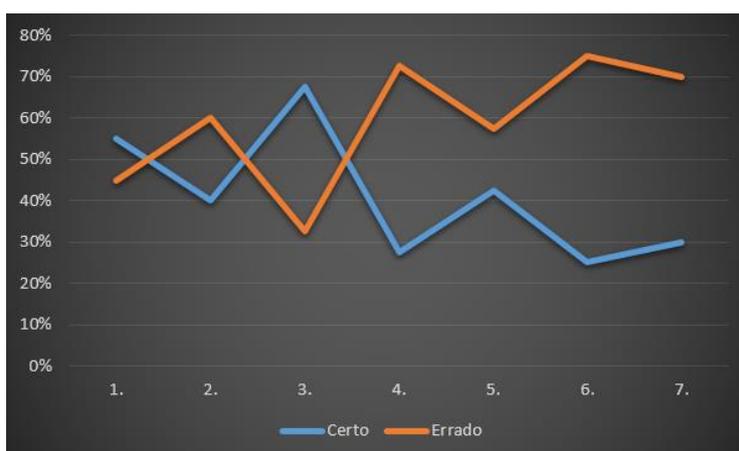
	✓		✘	
	Nr. De Votos	%	Nr. De Votos	%
1.	22	55%	18	45%
2.	16	40%	24	60%
3.	27	67,50%	13	32,50%
4.	11	27,50%	29	72,50%
5.	17	42,50%	23	57,50%
6.	10	25%	30	75%
7.	12	30%	28	70%

✓ - Respostas certas

✘ - Respostas erradas

No gráfico da figura 52, constata-se que a linha a laranja (respostas erradas), encontra-se na sua grande maioria acima da linha azul (respostas corretas), ilustrando a preponderância de respostas erradas, como anteriormente referido.

Figura 52. Respostas ao inquérito: percentagem de respostas certas e erradas antes da visualização da solução de RA.



Na **quarta secção** do inquérito, pretendeu-se apurar, o grau de familiaridade dos inquiridos com aplicações móveis e o nível de conhecimentos sobre utilização e potencial da Realidade Aumentada. As respostas foram atribuídas numa escala de 1 (fraco) a 6 (muito bom), sugerindo que os inquiridos possuem uma boa *familiaridade com a utilização de aplicações móveis*, com 90% das respostas entre os valores 4 e 6 (Tabela 8). Quanto à *familiaridade com a tecnologia de RA*, existe menor proximidade entre a Realidade Aumentada e os inquiridos (72,5%).

Tabela 8. Respostas ao inquérito: familiaridade com aplicações móveis e a RA.

	1		2		3		4		5		6	
	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%
Aplicações móveis	0	0	1	2,5%	3	7,5%	16	40%	16	40%	4	10%
Tecnologia de RA	11	27,50%	5	12,50%	13	32,50%	7	17,50%	4	10%	0	0%

1 - Fraco      3 - Satisfatório      5 - Bom  
 2 - Não Satisfaz      4 - Satisfaz Bastante      6 - Muito Bom

Os dados revelam conhecimento e facilidade de interação com aplicações móveis, no entanto, existe pouco contacto entre os inquiridos e a realidade aumentada (Figura 53). Estando a tecnologia de Realidade Aumentada intimamente interligada com aplicações móveis, a falta de conhecimento dos inquiridos pode ser justificada pela fase embrionária da tecnologia.



Figura 53. Respostas ao inquérito: familiaridade com aplicações móveis e RA.

Os dados da Tabela 9 traduzem o conhecimento dos inquiridos acerca da tecnologia de RA.

Tabela 9. Respostas ao inquérito: conhecimentos de RA.

	Sim		Não		Não Sei	
	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%
Já utilizou algum aplicativo de RA?	11	27,50%	21	52,50%	8	20%
Já observou alguma acção em RA?	15	37,50%	16	40%	9	22,50%
Sabe qual a diferença entre RA e Realidade Virtual?	21	52,50%	19	47,50%	NIL	NIL

As respostas demonstram que poucos os inquiridos tiveram contacto com a tecnologia de RA. Na maioria, os inquiridos demonstram desconhecimento da Realidade Aumentada.

1. Apenas 27,5% dos inquiridos *utilizou um aplicativo de RA*.
2. Apenas 37,5% dos inquiridos já *observaram ações em RA*.
3. *A diferença entre realidade aumentada e realidade virtual* suscita dúvidas a 47,5% dos inquiridos.

O gráfico da Figura 54 representa graficamente as respostas obtidas na Tabela 9.

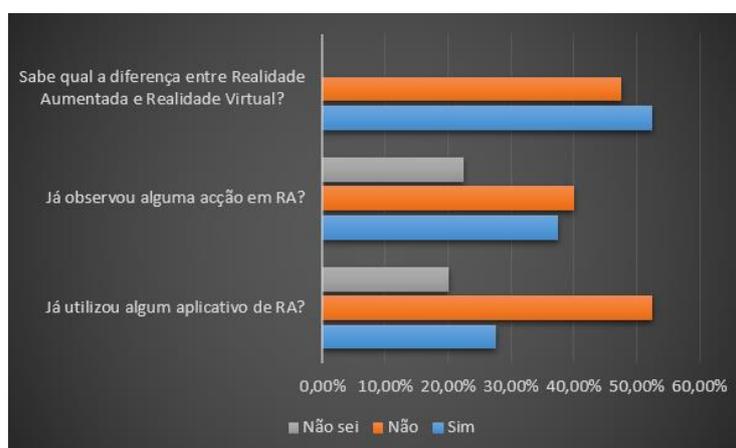


Figura 54. Respostas ao inquérito: contacto com tecnologia de RA.

Segundo os dados contidos na Tabela 10, aproximadamente metade dos inquiridos reconhece *aplicabilidade da RA nas atividades que realiza diariamente*. Também é reconhecida, pela maioria dos inquiridos (70%), *aplicabilidade da RA nas ajudas à navegação e nas operações navais*.

Tabela 10. Respostas ao inquérito: aplicabilidade da RA.

	Sim		Não		Talvez		Não Sei	
	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%
Aplicabilidade de RA em actividades que realiza actualmente?	19	47,50%	4	10%	13	32,50%	4	10%
Aplicabilidade de RA em ajudas à navegação e operações navais?	28	70%	4	10%	4	10%	4	10%

O gráfico da Figura 55, mostra as áreas em que, na opinião dos inquiridos, a RA pode ser aplicada. Observa-se uma grande abrangência de áreas onde a RA pode ser útil e inovadora, destacando-se a área de navegação/operações. Segundo 85% dos

inquiridos, esta é a área que revela maior potencial de aplicabilidade da tecnologia de Realidade Aumentada.

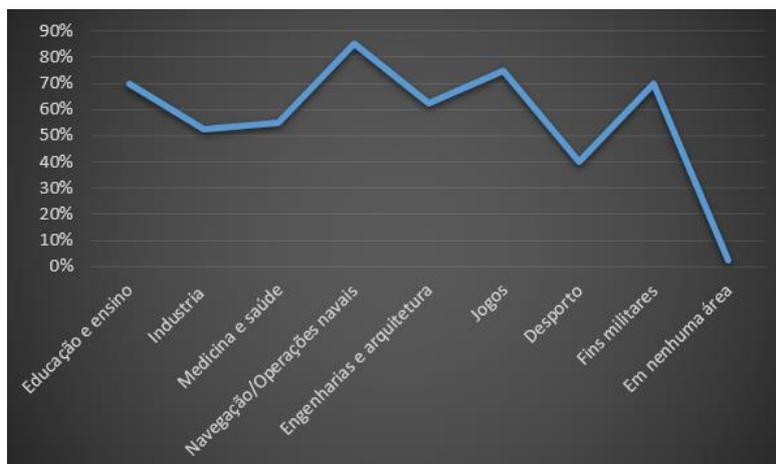


Figura 55. Áreas de aplicação de Realidade Aumentada.

As respostas revelam que, apesar do pouco conhecimento da tecnologia de Realidade Aumentada, os inquiridos reconhecem vantagens e aplicabilidade em diversas áreas, nomeadamente na navegação/operações.

Na **quinta secção** do inquérito, pretendeu-se verificar se os inquiridos:

- adaptaram-se à solução, e compreenderam o seu funcionamento;
- evoluíram no conhecimento do tema das manobras e formaturas.

Para o efeito, os inquiridos começaram pela visualização de vídeos que demonstram o funcionamento da solução construída. Nos vídeos apresenta-se a evolução de formaturas construídas pela solução de Realidade Aumentada. Pela análise da Tabela 11 verifica-se que, após visualização da solução, a taxa de respostas corretas aumentou consideravelmente.

Tabela 11. Respostas ao inquérito: após visualização da solução de RA.

	✓		✘	
	Respostas	%	Respostas	%
1.	35	87,50%	5	12,50%
2.	39	97,50%	1	2,50%
3.	35	87,50%	5	12,50%

✓ - Respostas certas

✘ - Respostas erradas

No gráfico da Figura 56, a percentagem de respostas corretas situa-se bem acima dos 80%. Os resultados indiciam boa compreensão dos conceitos transmitidos pela solução RA e mais eficaz captação de conhecimentos pelos inquiridos.

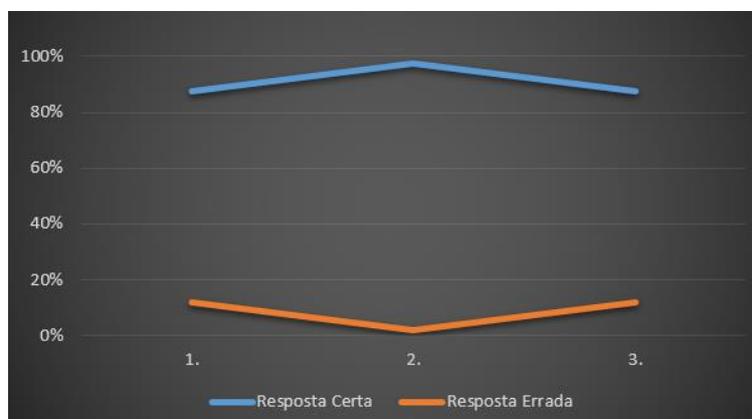


Figura 56. Respostas corretas após a visualização da solução.

Depois de testada a eficácia da solução, a **sexta secção** do inquérito, pretendeu apurar a opinião dos inquiridos acerca da solução construída. Foi também averiguada a opinião dos inquiridos quanto às vantagens da utilização de soluções de Realidade Aumentada no ensino e formação.

Os resultados obtidos (Tabela 12), expressaram em geral, aceitação, da solução apresentada, bem como, de outras soluções de Realidade Aumentada para apoio do ensino e formas de demonstrar conteúdos lecionados, com a maior percentagem das respostas situando-se acima do valor 4.

1. 88,5% dos inquiridos, após a visualização das imagens em Realidade Aumentada, *melhorou o seu conhecimento acerca da movimentação dos navios nas formaturas.*
2. 97,5% dos inquiridos consideraram existir interesse na *demonstração e ensino de formaturas através de uma aplicação de Realidade Aumentada.*
3. 97,5% dos inquiridos apontam o *benefício de briefings de exercícios de manobras e evoluções com recurso a aplicações de Realidade Aumentada.*
4. 97,5% dos inquiridos considera que é *conferido ao ensino das formaturas maior realismo, através de uma aplicação de Realidade Aumentada.*
5. 92,5% consideraram existir *facilidade na utilização da aplicação de RA.*

6. 97,5% dos inquiridos não teve *dificuldade na aquisição da marca indicativa da formatura*.
7. 97,7% dos inquiridos avaliaram positivamente a capacidade de a *aplicação demonstrar a Realidade Aumentada*.
8. 95% dos inquiridos aprovou a *inovação no ensino demonstrado*, considerando este *método de ensino mais inovador e efetivo que o tradicional*.
9. existe consenso entre os inquiridos (100%), quanto ao *interesse que este método de aprendizagem suscita*.
10. a totalidade dos inquiridos concorda que *novas tecnologias, como a RA poderiam ser utilizadas para melhorar o ensino e formação, na EN e na Marinha*.

Tabela 12. Respostas ao inquérito: avaliação da solução e das vantagens da RA.

	1		2		3		4		5		6	
	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%	Respostas	%
Em que grau, a visualização das imagens em realidade aumentada, melhoraram o seu conhecimento acerca da movimentação dos navios nas várias formaturas?	0	0%	2	5%	3	7,5%	6	15%	17	42,50%	12	30%
Qual pensa ser o interesse no ensino e demonstração das formatura observadas, através de uma aplicação RA?	0	0%	1	2,50%	1	2,50%	8	20%	18	45%	12	30%
Seria benéfico e esclarecedor a utilização de uma aplicação RA, em briefings de manobras e evoluções, antes dos exercícios?	0	0%	1	2,50%	0	0%	4	10%	19	47,50%	16	40%
Qual o grau de realismo que uma aplicação RA poderia dar ao ensino de formaturas?	0	0%	1	2,50%	0	0%	4	10%	22	55%	13	32,50%
Classifique a facilidade de utilização da aplicação RA?	0	0%	3	7,50%	2	5,00%	9	22,50%	14	35%	12	30%
Classifique o grau de dificuldade de aquisição da marca visual indicativa da formatura?	0	0%	1	2,50%	9	22,50%	11	27,50%	12	30%	7	17,50%
Tendo em conta que a aplicação é um protótipo, como avaliaria a sua qualidade demonstrativa do conceito?	0	0%	1	2,50%	4	10%	12	30%	14	35%	9	22,50%
Considera o conceito de ensino apresentado inovador para o tipo de matéria lecionado (operações navais)?	0	0%	1	2,50%	1	2,50%	9	22,50%	15	37,50%	14	35%
Considera este conceito de ensino mais inovador e vantajoso, relativamente ao método tradicional de ensino?	0	0%	1	2,50%	0	0%	5	12,50%	22	55%	12	30%
Considera que o método de aprendizagem suscetível de cativar o interesse dos alunos?	0	0%	0	0%	0	0%	5	12,50%	18	45%	17	42,50%
Pensa que novas tecnologias como a RA poderiam ser utilizadas para melhorar o ensino e a formação na EN e na Marinha Portuguesa?	0	0%	0	0%	1	2,50%	4	10%	17	42,50%	18	45%

1 - Fraco                    3 - Satisfatório            5 - Bom  
2 - Não Satisfaz    4 - Satisfaz Bastante    6 - Muito Bom

As questões de desenvolvimento colocadas no final do inquérito, permitiram obter opiniões para melhoria da solução, bem como, sugestões para projetos futuros no âmbito da Realidade Aumentada (Apêndice E).

## 5.2. Análise Estatística

Nesta seção, pretendeu-se validar estatisticamente, através de testes de hipóteses, as respostas dos inquiridos às questões derivadas (QD3 e QD4), formuladas na seção *Objetivo da Investigação* na *Introdução* da dissertação.

Como variável aleatória  $X$  da distribuição amostral, foi considerada a resposta a questões, com valores situados no intervalo de 1 (fraco) a 6 (muito bom). O que se pretendeu testar, foi se se podia generalizar à população em geral, a opinião média das respostas obtidas numa amostra, relativamente a determinada questão, situando essa média de respostas acima do valor 3 (satisfaz), ou seja, aproximando-se de valores de 4 (*bastante/bom*) ou 5 (*muito/excelente*). Estando-se em presença de uma amostra e desconhecendo a média e a variância da população, usou-se nos testes de hipóteses o teste- $t$ . Os testes foram unidirecionais, com um nível de significância *alfa* de 0,05. Com estes pressupostos, procede-se de seguida ao teste de hipóteses de QD3 e QD4.

**QD3** – A **solução** de Realidade Aumentada obtida é eficaz para o ensino de operações navais?

- $H_0$ : A solução de Realidade Aumentada construída **não é eficaz** para o ensino de operações navais
- $H_1$ : A solução de Realidade Aumentada construída **é eficaz** para o ensino de operações navais

Para a avaliação da QD3, foram efetuados testes de hipóteses às respostas, obtidas no inquérito, às seguintes questões:

- 1P - A visualização das imagens em Realidade Aumentada, **melhora** o conhecimento acerca da movimentação dos navios nas várias formaturas?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )

- 2P - O realismo que uma aplicação Realidade Aumentada **melhora** ao ensino de formaturas?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )
- 3P - A solução de realidade aumentada **demonstra** com qualidade a tecnologia?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )

Com os resultados obtidos ao teste de hipóteses das respostas do inquérito, construiu-se a Tabela 13:

Tabela 13. Dados de análise estatística da QD3.

Teste T: QD3			
	1P	2P	3P
Média	4,85	5,15	4,65
Variância	1,207692	0,64359	1,053846
Observações	40	40	40
Hipótese de diferença de média	3	3	3
gl	39	39	39
Stat t	10,64691	16,94977	10,16542
P(T<=t) uni-caudal	2,1E-13	6,91E-20	8,02E-13
t crítico uni-caudal	1,684875	1,684875	1,684875
P(T<=t) bi-caudal	4,21E-13	1,38E-19	1,6E-12
t crítico bi-caudal	2,022691	2,022691	2,022691

Para rejeitar  $H_0$  é necessário que  $t > t_{crítico}$ , ou seja,  $t > 1,685$ , o que acontece em todas as perguntas, logo  $H_0$  é rejeitada. De igual forma,  $P$  uni-caudal tem de ser inferior a  $\alpha$  (0,05) para rejeitar  $H_0$ , o que também se verifica para as 3 perguntas. Pode-se, portanto, concluir que  $H_0$  é rejeitado para as três questões e que existem evidências suficientes para afirmar que a maioria das respostas são acima de 3, sendo também rejeitada a  $H_0$  da QD3. Conclui-se, pois que:

A solução de Realidade Aumentada construída **é eficaz** para o ensino de operações navais.

**QD4** – A Realidade Aumentada tem **vantagens** no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais?

- $H_0$ : **Não existem vantagens** na utilização da Realidade Aumentada no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais

- $H_1$ : **Existem vantagens** na utilização da Realidade Aumentada no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais

Para a avaliação da QD4, foram efetuados testes de hipóteses às respostas, obtidas no inquérito, às seguintes questões:

- 1P - Considera o ensino com Realidade Aumentada **mais inovador e eficaz**, relativamente ao método tradicional de ensino?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )
- 2P - Considera que o método de ensino com Realidade Aumentada **cativa mais o interesse** dos alunos?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )
- 3P – As novas tecnologias como a Realidade Aumentada **deveriam ser utilizadas para melhorar o ensino e a formação** na EN e na Marinha?
  - $H_0$ : Não ( $X \leq 3$ )
  - $H_1$ : Sim ( $X > 3$ )

Com os resultados obtidos ao teste de hipóteses das respostas do inquérito, construiu-se a Tabela 14:

Tabela 14. Dados da análise estatística de QD4.

Teste T: QD4	1P	2P	3P
Média	5,1	5,3	5,3
Variância	0,65641	0,471795	0,574359
Observações	40	40	40
Hipótese de diferença de média	3	3	3
gl	39	39	39
Stat t	16,39312	21,17782	19,19403
P(T<=t) uni-caudal	2,17E-19	2,69E-23	8,98E-22
t crítico uni-caudal	1,684875	1,684875	1,684875
P(T<=t) bi-caudal	4,34E-19	5,38E-23	1,8E-21
t crítico bi-caudal	2,022691	2,022691	2,022691

Para rejeitar  $H_0$  é necessário que  $t > t_{crítico}$ , ou seja,  $t > 1,685$ , o que acontece em todas as perguntas, logo  $H_0$  é rejeitada. De igual forma,  $P$  uni-caudal tem de ser inferior

a *alfa* (0,05) para rejeitar  $H_0$ , o que também se verifica para as 3 perguntas. Pode-se, portanto, concluir que  $H_0$  é rejeitado para as três questões e que existem evidências suficientes para afirmar que a maioria das respostas são acima de 3, sendo também rejeitada a  $H_0$  da QD4. Conclui-se, pois que:

**Existem vantagens** na utilização da Realidade Aumentada no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais.

Em suma, segundo os resultados obtidos, é possível concluir que, não só é possível construir uma solução Realidade Aumentada eficaz para o ensino de operações navais, como também existem vantagens na utilização desta tecnologia para o ensino, comparativamente aos métodos tradicionais utilizados.

# Conclusão

Apreciações Finais

Trabalho Futuro



## Apreciações Finais

Neste capítulo é feita uma abordagem dos resultados alcançados, bem como um resumo das etapas percorridas. Desta forma, são apresentadas as respostas às questões colocadas inicialmente.

Com base no trabalho apresentado, pode-se afirmar que os objetivos propostos foram alcançados. A dissertação obedeceu a uma metodologia de desenvolvimento (DSR) por forma a clarificar os passos a ser percorridos na sua elaboração. Inicialmente, foi realizado um estudo sobre a Realidade Aumentada, recorrendo a diversas fontes bibliográficas, absorvendo e integrando conhecimento de diversos autores.

Assim que foram consolidados os conhecimentos necessários, recorreu-se a um inquérito, por forma a aferir que características seriam vantajosas incluir no programa. Algumas das sugestões recebidas não eram passíveis de se executar, tendo sido, portanto, esclarecidas e escolhidas as prioridades que correspondiam à realidade do projeto.

Após o levantamento dos requisitos a incluir no programa, iniciou-se a construção do protótipo através da plataforma *Unity e Vuforia*. Aquando da utilização do programa, ao apontar uma câmara para marcas pré-definidas, é possível visualizar o movimento dos navios em formaturas. A construção da aplicação foi efetuada segundo a metodologia Scrum (ver secção 1.4).

Por forma a validar o protótipo, realizou-se outro inquérito, verificando se tinham sido atingidos os requisitos anteriormente apurados. Os dados obtidos no inquérito de validação, foram posteriormente alvo de uma análise, por forma a verificar a eficácia da aplicação e a reação dos inquiridos à tecnologia da Realidade Aumentada.

O objetivo de investigação foi clarificado através das questões de investigação. A resposta à questão de investigação principal, teve como base as questões de investigação secundárias, que, por sua vez, foram respondidas ao longo desta dissertação.

**QD1** – “Qual o processo de conceção e desenvolvimento que deve ser seguido na elaboração do projeto em Realidade Aumentada visando, o ensino de operações navais?”

Para construir um projeto de Realidade Aumentada, é essencial o uso de uma metodologia adequada, que corresponda às necessidades específicas do projeto. O Scrum é uma metodologia ágil frequentemente utilizada no desenvolvimento de aplicações, tendo sido esta a metodologia escolhida (ver secção 1.4).

O projeto inicia-se averiguando quais os requisitos necessários para a sua elaboração. Desta forma, é criada uma linha orientadora do trabalho e dos passos a percorrer. Consoante o tempo existente, atribuem-se prioridades a determinadas tarefas, tendo em conta o tempo e esforço despendido na sua realização.

Assim que planeadas as tarefas, é possível iniciar a sua execução com recurso a *sprints*, garantindo o cumprimento do prazo de cada tarefa. São essenciais reuniões frequentes, de modo a receber um *feedback* contínuo relativo às opiniões do projeto, colmatando falhas ou erros que possam surgir. O desenvolvimento de um projeto de Realidade Aumentada pressupõe a realização de vários sprints antes da sua conclusão.

**QD2** – “Qual o dispositivo de Realidade Aumentada mais adequado para construir a solução proposta para o ensino de operações navais?”

Existem vários tipos de equipamentos de Realidade Aumentada, deixando ao critério de cada um, a escolha do equipamento que apresenta melhores atributos para determinado objetivo.

Por forma a garantir uma maior abrangência, a um custo relativamente baixo, utilizam-se frequentemente os *smartphones* como dispositivo de Realidade Aumentada. Ao possuir uma presença vincada no quotidiano das pessoas e, acrescendo à sua fácil manobrabilidade, este dispositivo torna-se ideal para a construção de uma solução de Realidade Aumentada, visando o ensino de operações navais.

**QD3** – “A solução de Realidade Aumentada obtida é eficaz para o ensino de operações navais?”

Partindo da análise apresentada no capítulo 5, verifica-se que os utilizadores se adaptaram à aplicação construída, evoluindo o seu conhecimento acerca da matéria em questão.

Inicialmente, foi apurado o conhecimento de uma amostra acerca de formaturas navais. Os resultados revelaram uma predominância das respostas incorretas. Após o uso da solução de Realidade Aumentada, constatou-se um aumento considerável de respostas corretas, revelando uma eficácia acima de 80% na identificação de formaturas navais (ver secção 5.5). Através da análise de resultados dessa amostra, é possível confirmar a eficácia da solução no ensino de operações navais.

**QD4** – *“A Realidade Aumentada tem vantagens no ensino de operações navais, comparativamente com os métodos tradicionais?”*

A Realidade Aumentada revelou-se uma ferramenta que pode auxiliar o ensino, através de variadas formas. A sua tecnologia permite tornar o ensino de operações navais mais dinâmico, promovendo a interação entre o utilizador e o objeto de estudo, auxiliando na retenção do conhecimento.

O ensino de operações navais com o recuso à realidade aumentada, pode ocorrer em vários cenários. É tanto possível para um utilizador que se encontre na ponte de um navio manobrar o navio em sintonia com outros navios virtuais, como para outro utilizador que se encontra numa sala de aula e observa uma formatura de navios virtuais, enquanto o professor explica o seu funcionamento. A versatilidade inerente a esta tecnologia, permite que esta se adapte a qualquer cenário de ensino, dependendo do objetivo pretendido.

As mais valias oferecidas pela Realidade Aumentada, permitem cativar os alunos (ver secção 5.1.6), garantindo uma maior autonomia de aprendizagem e oferecendo cenários visualmente chamativos, conseguindo assim transmitir mensagens e conhecimentos empíricos.

Os dados obtidos através dos inquéritos realizados (ver secção 5.1.6), refletem a opinião dos utilizadores relativamente ao potencial da Realidade Aumentada. Nas respostas, verifica-se que 97,5% dos inquiridos consideram que o conceito de ensino oferecido pela Realidade Aumentada é mais vantajoso e inovador do que os métodos

tradicionais utilizados. É também suscetível de cativar o interesse dos alunos (100%), melhorando o ensino da EN e da Marinha Portuguesa (97,5%).

Com recurso às análises efetuadas ao questionário de avaliação e através das respostas das questões derivadas, é possível responder à questão de investigação da dissertação, *“Como pode a Realidade Aumentada ser usada eficazmente no ensino da tática naval pela Marinha?”*

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite melhorar a qualidade do ensino. Pelo dinamismo que imprime aos conteúdos, apresentando soluções gráficas cativantes, enriquece as matérias lecionadas, servindo de complemento às aulas e facilitando a compreensão do aluno.

No caso do ensino de formaturas navais e tática, é possível, através de um equipamento móvel, que o aluno esclareça dúvidas de forma simples e eficaz, facto que desperta o interesse o aluno. A solução construída no âmbito desta dissertação, é uma prova de conceito que permite visualizar o movimento de formaturas navais, mostrando uma das muitas potencialidades da Realidade Aumentada. A versatilidade é uma das características mais vincadas desta tecnologia, podendo esta ser explorada noutras áreas do ensino.

Em suma, é possível concluir que a Realidade Aumentada, através do seu carácter prático, inovador e eficaz, pode ser usada eficazmente no ensino de tática naval, para o ensino na Marinha Portuguesa.

## **Trabalho Futuro**

O projeto desenvolvido nesta dissertação é uma demonstração do potencial da tecnologia de Realidade Aumentada. Existem projetos em desenvolvimento que têm como base a Realidade Aumentada e o auxílio que esta poderá vir a prestar aos navegantes, como referido nesta dissertação.

Esta dissertação, apesar de direcionada para a vertente do ensino, tem o intuito de desmistificar e encorajar o uso da tecnologia. Dentro da Marinha, existem projetos onde seria interessante o uso da Realidade Aumentada. Destacam-se alguns dos projetos de investigação possíveis:

- Com a Realidade Aumentada, seria possível a elaboração de um projeto que melhorasse o **realismo do simulador da Escola Naval**. Com recurso a uns óculos RA, poderia ser possível a identificação de navios, através de um toque num navio, apresentando informações sobre o mesmo. Poder-se-ia também elaborar um projeto onde os equipamentos físicos seriam desnecessários, podendo ser substituídos por equipamentos virtuais que desempenhassem as mesmas funções.
- O equipamento de Realidade Aumentada, se usado na **ponte de um navio real**, traria inúmeras vantagens. Poderia existir um projeto que elaborasse um programa que detetasse os perigos na entrada e saída de um porto (e.g. zonas não navegáveis), bem como indicar um percurso virtual a seguir, por forma a cumprir o planeamento desejado pelo navio. Poderia também existir um HMD específico para o navegador de um navio, onde seria possível, para além da visualização dos perigos, obter as informações dos navios que se fossem avistando, tais como o seu nome, posição geográfica GPS, porto de origem e destino, entre outros.
- Ao ocorrerem **avarias em equipamentos de navios**, é necessária formação para que o elemento encarregue de resolver essa avaria, saiba o que fazer para a solucionar. No entanto, com a ajuda da Realidade Aumentada, seria possível que um elemento, mesmo que não tivesse a formação adequada, fosse capaz de solucionar o problema. Através de uma transmissão em direto de, por exemplo, uns óculos de Realidade Aumentada que esse elemento pudesse colocar, seria possível a outra pessoa, com maior formação na área, ajudar o elemento no “terreno”, dando indicações dos passos a seguir, sendo até possível indicar visualmente, através dos óculos, esses mesmos passos. Outro projeto relacionado com a LA poderia prender-se com o auxílio em ambientes de pouca visibilidade, como por exemplo, o que ocorre com as equipas de intervenção de incêndios. Através de capacetes com a tecnologia de Realidade Aumentada, estes poderiam indicar ao utilizador do capacete, através de uma demonstração visual, o caminho para o objetivo pretendido (e.g. fogo) contornando assim o problema da fraca visibilidade.
- À semelhança do que acontece em áreas de arquitetura, a Realidade Aumentada poderia auxiliar a **deteção de danos estruturais do navio**. Através da projeção do navio, os utilizadores conseguiriam observar, com recurso ao equipamento devido,

a estrutura do navio e os seus constituintes de forma detalhada, auxiliando na deteção de fissuras ou qualquer outro tipo de danos.

- O treino no simulador é, sem dúvida, essencial para a formação marinheira e a Realidade Aumentada pode ser vantajosa nesse aspeto, como já foi abordado. Com as dificuldades financeiras sentidas, o uso do simulador é cada vez mais uma opção, substituindo muitas vezes a navegação nas unidades navais, como frequentemente acontece em cenários de treino. Seria possível que um navio isolado saísse para o mar e realizasse variados exercícios com outros navios virtuais, que interagem com o navio real. Se esta vertente da tecnologia estivesse inserida na ponte, seria possível efetuar qualquer tipo de manobras com os navios virtuais, promovendo o treino da guarnição.

## Referências Bibliográficas

- Anand, (2018), *AR, VR and Mixed Realities Explained...*. Obtido de, <https://www.koolskills.com/ar-vr-realities/>, acessado em fevereiro 2018.
- ANDRÉ, M. R. (2017), *Os Misteriosos Óculos AR/VR da Misteriosa Magic Leap*. Obtido de, <https://shifter.pt/2017/12/magic-leap-one/>, acessado em janeiro 2018.
- APPLE. (2017), *Introducing ARKit*. Obtido de [developers.Apple.com: https://developer.apple.com/arkit/](https://developer.apple.com/arkit/), acessado em dezembro 2017.
- AUKSTAKALNIS, S. (2016). *Practical Augmented Reality*. Crawsfordville, Addison-Wesley.
- Azadux. (s.d.), *The UX Development Story*. Obtido de, <http://azadux.com/sailing/>, acessado em agosto 2018.
- AZUMA, R. T. (1997), "A Survey of Augmented Reality Presence: Teleoperators and Virtual Enviroments.", AMC Digital Library, Vol. 6, nº4, pp. 355-385, acessado em abril 2018.
- BARFIELD, W. (2016). *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, 2ª edition*, Boca Raton, CRC Press.
- BIMBER, O., & RASKAR, R. (2004). *Spacial Augmented Reality*, Wellesley, A K Peters.
- BLOXHAM, J. (2013). "Augmented reality in education: teaching tool or passing trend?", *The Guardian*, obtido de, <https://www.theguardian.com/higher-education->

network/blog/2013/feb/11/augmented-reality-teaching-tool-trend, acessado em maio 2018.

CAMERON, C. (2014), *SPANISH STUDENTS CREATE AR SCIENCE POSTERS WITH LAYAR*, Obtido, <https://www.layar.com/news/blog/2014/12/22/spanish-students-create-AR-science-posters-with-layar/>, acessado em março 2018.

CARMIGNIANI, J. (2011), *Handbook of Augmented Reality*. Florida, Springer.

CARMIGNIANI, J., & BORKO, F. (2011), *Handbook of Augmented Reality*, New York, Springer Science + Buiseness Media LCC.

COHN, M. (2007), *Differences Between Scrum and Extreme Programming*, obtido de: <https://www.mountangoatsoftware.com/blog/differences-between-scrum-and-extreme-programming>, acessado em março de 2018.

CRAIG, A. B. (2013), *Understanding Augmented Reality*. Waltham, Elsevier Inc.

D`Angelo, T. (2016), *Head Mounted Display Para Realidade Aumentada*, Obtido de, <http://www.decom.ufop.br/imobilis/tecnologias-de-head-mounted-display-para-realidade-aumentada-resumo/>, acessado em agosto 2018.

ERKAN Bostanci, N. K. (2013), *User Tracking Devices for Augmented Reality*. Obtido de, <http://www.ijcte.org/papers/654-W00164.pdf>, acessado em março 2018

FACEBOOK. (2017), *Camera effects Platform*. Obtido de, <https://developers.facebook.com/docs/camera-effects/>, acessado em março 2018.

GIBBONS, M., NOWOTNY, H.;SCHWARTZMAN, S.; TROW, M.A.; LIMOGES, C.; SCOTT, P.(1994), *The New production of Knowledge*, SAGE Publications.

GOOGLE. (2017). *Build the Future*, obtido de, <https://developers.google.com/ar/>,  
acedido em março 2018.

HALLER, M., BILLINGHURST, M., & THOMAS, B. (2006). *Emerging Technologies of Augmented Reality Interfaces and Design*, Hershey, Ideas Group Publishing.

HARTLEY, A. (2013), *Blogging in Formation – The Future of Aviation in the USA* obtido de  
Smart flight training: <http://smartflighttraining.com/future-of-aviation>,  
acedido em março de 2018.

HEALTHCARE, C. (2017), *VimedixAR Augmented Reality Simulator Revolutionizes Healthcare Training* obtido de,  
<https://medium.com/@CAEHealthcare/augmented-reality-has-the-potential-to-revolutionize-medicine-and-healthcare-training-22aef68260b3>,  
acedido em maio 2018.

HEVNER, A. R. (2004), *Desing Science in Information Systems Research*, Miss Quarterly.

KANAVAKIS, S. (2016), *US Navy to train as it fights through... augmented reality*, obtido de,  
<http://www.navyrecognition.com/index.php/news/defence-news/2016/may-2016-navy-naval-forces-defense-industry-technology-maritime-security-global-news/3945-us-navy-to-train-as-it-fights-through-augmented-reality.html>,  
acedido em janeiro 2018.

KEITA, R. (2012). *Brainstorming em 5 passos*, obtido de,  
<http://www.institutoeu.org/brainstorming/>,  
acedido em janeiro 2018.

MAAD, S. (2010). *Augmented Reality*, Vukovar, Intech.

MATNEY, L. (2017), *Google shows off ARCore, its answer to Apple's ARKit*, obtido de <https://techcrunch.com/2017/08/29/google-shows-off-arcore-its-answer-to-apples-arkit/>, acessado de janeiro 2018.

MCLAUGHLIN, M. (s.d.), *What is Agile Methodologies?*, Obtido de, <https://www.versionone.com/agile-101/agile-methodologies/>, acessado em fevereiro de 2018.

MEES, G. (2012), *Teachers Guide on The Use of QR Codes in The Classroom*. Obtido de, <https://www.scoop.it/t/qr-code-and-its-applications>,

MICHAEL Baldauf, S. P. (2014), *"Augmented Reality in Ships Bridge Operation."* , obtido de, [file:///C:/Users/felva/Downloads/ISIS\\_2014\\_full%20paper%20Augmented%20Reality%20\(Procee&Baldauf\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/felva/Downloads/ISIS_2014_full%20paper%20Augmented%20Reality%20(Procee&Baldauf)%20(1).pdf), acessado em novembro 2018.

MICROSOFT. (2015), *A New Way To See The World*, obtido de , <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware>, acessado em maio 2018

MINOTTI, M. (2017), *Pokemon Go passes 1.2 bilion in revenue and 752 million downloads*, obtido de, <https://venturebeat.com/2017/06/30/pokemon-go-passes-1-2-billion-in-revenue-and-752-million-downloads/>, acessado em janeiro 2018.

NATO. (2016), *ATP / ALLIED MARITIME TACTICALSIGNAL AND MANEUVERING BOOK, NATO STANDARDIZATION OFFICE, VOL. II.*

NEAVE, P. (2012), *Augmented Reality comes to JavaScript*, obtido de, <http://creativejs.com/2012/03/augmented-reality/index.html>, acedido em março 2018.

OLIVEIRA, P. M. (2016), "*Pokemon Go: a Realidade aumentada estava a precisar disto.*" *Jornal Expresso*, obtido de, <https://expresso.sapo.pt/sociedade/2016-07-23-Pokemon-Go-A-realidade-aumentada-estava-a-precisar-disto#gs.sBya2r8>, acedido em maio 2018.

ONE, M. (2009), *A quick response to QR and Data Matrix code*, obtido de, <http://damonhernandez.blogspot.pt/2009/08/quick-response-to-qr-and-data-matrix.html>, acedido em janeiro 2018.

OWENS, K. (2017), *The Navy tests new augmented reality helmet, automation*, obtido de, <https://defensesystems.com/articles/2017/04/21/trident.aspx>, acedido a fevereiro 2018.

PANOS. (2012), *Workshop-I-how would you design an ar marker to minimize the computational cost of detection and tracking*, obtido de, <http://synthetic-toys.com/workshop-i-how-would-you-design-an-ar-marker-to-minimize-the-computational-cost-of-detection-and-tracking/>, acedido em fevereiro 2018.

PEDCHENKO, A. (2017), *TOP 10 AR SDK for iOS and Android Development*, obtido de, <https://medium.com/@pedchenko/top10-ar-sdk-for-ios-and-android-92ca43ae1b61>, acedido em março 2018.

PEDDIE, J. (2017), *Augmented Reality, Where We all Live*, Tiburon, Springer International Publishing.

QTBOY. (2007), *MR Mania*. Obtido de <http://qtboy.egloos.com/89680>, acessado em maio 2018.

RIVELLO, S. A. (2009), *Augmented Reality using webcam and flash*, obtido de, [http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/augmented\\_reality.html](http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/augmented_reality.html), acessado em abril 2018.

RUSSEL, K. (2017), *Cobham Explores Augmented Reality for Maritime Satcom*, obtido de, <http://www.satellitetoday.com/technology/2017/10/10/cobham-explores-augmented-reality-maritime-satcom/>, acessado em março 2018.

SECK, H. (2016), *Augmented Reality Training Systems Destined for Marine Schoolhouses*, obtido de, <http://www.military.com/daily-news/2016/03/09/augmented-reality-training-systems-destined-marine-schoolhouses.html>, acessado em abril 2018.

Segretti, R. (2014), *Touchscreen é coisa do passado: projeto apresenta os hologramas interativos*, obtido de, <https://www.tecmundo.com.br/holografia/64247-touchscreen-coisa-passado-projeto-apresenta-hologramas-interativos.htm>, acessado em fevereiro 2018.

SILTANEN, S. (2012), *Theory and applications of marker-based augmented reality*, obtido de, <http://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S3.pdf>, acessado em abril 2018.

SOOD, R. (2012). *Pro Android Augmented Reality*, Berkely, Apress.

SUTHERLAND, J. (2014), *Scrum: A arte de Fazer o Dobro em Metade do Tempo*, São Paulo, Leya.

Systems, B. (2012), *BAE Systems to Deliver Head Mounted Displays to US Army*, obtido de, <https://www.defencetalk.com/bae-systems-to-deliver-head-mounted-displays-to-us-army-39844/>, acedido em fevereiro 2018.

Tang, M. (2018), *WILL HOLOGRAMS BE THE FUTURE OF CONCERTS?* Obtido de, <https://www.coolbusinessideas.com/archives/will-holograms-be-the-future-of-concerts/>, acedido em maio 2018.

TELEMÓVEIS.COM. (2016), *RALI chega á FIL para 4 dias dedicados à realidade aumentada*, Obtido de Telemóveis.com: <https://www.telemoveis.com/rali-chega-a-fil-para-4-dias-dedicados-a-realidade-aumentada.html>, acedido em abril 2018.

V., M., & B., G. (2018), *Best Tools for Building Augmented Reality Mobile Apps*. obtido de, <https://rubygarage.org/blog/best-tools-for-building-augmented-reality-mobile-apps>, acedido em março 2018.

Variani, A. (2014), *Entenda sobre a metologia Ágil – Scrum*, obtido de, <http://softwarelivre.org/php-brasil/entenda-sobre-a-metologia-agil-scrum>, acedido em abril 2018.

VOSS, R. (2011), *PDF417 Barcode Support*, obtido de <https://www.drvttech.com/pdf417-barcode-support/>, acedido em março 2018.

WHEELER, D. (2016), *U.S. Navy Developing New Augmented-Reality Diver's Helmet*, obtido de, <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/12335/US-Navy-Developing-New-Augmented-Reality-Divers-Helmet.aspx>, acedido em abril 2018.

- WIERINGA, R. (2009), *Design Science as Nested Problem Solving*, Twente.
- WIERINGA, R. (2014), *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engeneering*, Twente, Springer.
- WINGROVE, M. (2017), *Augmented reality is coming to ship bridges*, obtido de, file:///C:/Users/felva/Downloads/Augmented%20reality%20is%20coming%20to%20ship%20bridges.pdf, acedido em abril 2018.
- ZAIDAN, F. H., BAX, M. P., & PARREIRAS, F. S. (2016), "*Design Science Research: Application in a Research an Development Project. Information Sistems and Tecnology Management*", 13th International Conference on Information Systems and Tecnology Management-CONTECSI-2016, (p. 3662), São Paulo.
- ZUCKEBERG, M. (2017). *F8 2017 keynote*, obtido de; <https://developers.facebook.com/videos/f8-2017/f8-2017-keynote/>, acedido em fevereiro 2018.

# Apêndices

## **Lista de Apêndices:**

A – Quadro Scrum

B – Questionário de Levantamento de Requisitos

C – Marcas Utilizadas

D – Inquérito de Avaliação

E – Respostas de Desenvolvimento (Análise de Resultados)



# Apêndice A – Quadro Scrum

Tabela 15. Quadro Scrum

Sprints/Estado	Por fazer	Em curso	Feito
Investigação da plataforma Unity.			
Elaboração de exemplos de formação em Unity.			
Início do programa; importação de ativos necessários; criação do ambiente do programa, com licenças do Unity e Vuforia.			
Efetuar animações nos ativos do programa por forma a garantir uma maior realidade.			
Efetuar programação necessária para complementar as animações (ondulação e flutuação dos navios).			
Elaborar a aplicação, exportando para Android e executar os testes de funcionamento necessários nos dispositivos.			
Efetuar a validação pelos utilizadores.			

# Apêndice B – Questionário de Levantamento de Requisitos

## A Realidade Aumentada no Ensino e Formação na Marinha Portuguesa

Este questionário destina-se ao curso Comandante Quirino da Fonseca e tem como objetivo reunir algumas ideias e opiniões acerca do potencial uso da Realidade Aumentada no ensino.

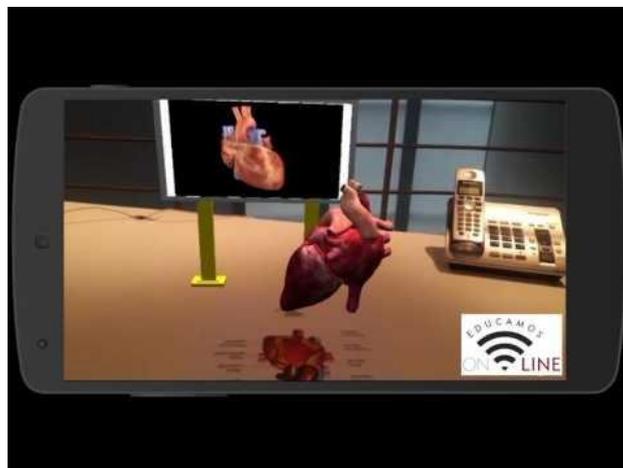
1. Conhece o conceito de Realidade Aumentada (RA)?

- Sim
- Não
- Já ouvi falar, mas não percebo na totalidade
- Outra opção...

Se respondeu "Não" ou "Já ouvi falar", visualize os vídeos seguintes por forma obter uma ideia do que se trata esta tecnologia. Sendo que o primeiro traduz uma total envolvimento devido ao uso de óculos e o segundo apresenta um método onde é requerido um marcador para associar o objeto virtual.



Exemplo de coração observado a partir de uma folha em RA.



2. Depois de visualizar os vídeos, em que sentido ou circunstância, pensa que poderia ser aplicado o uso da tecnologia de Realidade Aumentada no ensino das operações navais na Escola Naval?

Texto de resposta longa

.....

3. Quando observa a evolução de uma formatura, quantos navios são necessários para que seja perceptível o movimento dos navios como um todo e a disposição final da formatura?

- 2
- 3
- 4
- Mais de 4

4. Qual seria a melhor posição para observar a evolução de uma formatura?

- Linha de água
- Não
- De cima na diagonal
- De várias posições
- Outra opção...

5. Quando observa a evolução de uma formatura, de que ângulo de observação obtém uma melhor percepção das manobras que estão a ocorrer?

Frente/Proa da formatura

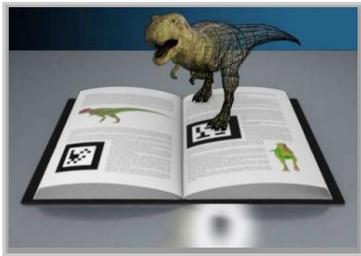
Trás/ Popa da formatura

Lados/Través da formatura

Outra opção...

6. Imagine que estava a visualizar uma imagem virtual de um navio. Como gostaria que fosse a sua demonstração?

- Saísse de uma folha como um holograma



- Dentro de uma janela virtual, como se observasse um livro e visse o seu interior



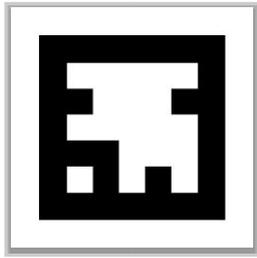
- Através de uma janela virtual que transmitisse um video



- Outra opção...

7. Para o aparecimento de um objeto virtual em RA, é necessário um marcador real que irá ser associado ao objeto, que pode variar consoante a escolha do utilizador. Que tipo de marcador gostaria de observar?

- Uma imagem semelhante a um código de barras



- Uma imagem imperceptível e inserida no ambiente



- Outra opção...

8. Quando observa uma demonstração de um objeto virtual, preferia:

- Interagir com esse objeto
- Apenas visualizar o objeto e a sua demonstração
- Visualizar a demonstração de objeto e se possível interagir posteriormente
- Outra opção...

9. Ao observar a evolução de uma formatura, relativamente a condições meteorológicas, gostaria de a observar

- Em diferentes ambientes sendo que a percepção dos acontecimentos era menor
- Sempre no mesmo ambiente para ter uma melhor percepção de acontecimentos
- Outra opção...

10. Quando observa uma evolução de uma formatura, teria alguma vantagem a identificação do navio guia enquanto ocorre a evolução?

- Sim
- Não
- Outra opção...

11. Ao observar uma manobra, seria preferencial os navios participantes partirem de que posições?

- De uma linha (ex. form 1)
- De posições aleatórias/dispersas
- Outra opção...

12. Na observação em RA existem vários equipamentos capazes de reproduzir uma experiência para o utilizador. No entanto, cada equipamento possui valências diferentes consoante diferentes características. Quais são as características que acha importante para um programa? Pode escolher até 2 opções.

- Qualidade de imagem
- Forma prática de usabilidade
- Uso e manobrabilidade do possível equipamento
- Envolvência no programa
- Qualidade de informação
- Utilidade da informação
  
- Capacidade de demonstração
- Capacidade de demonstração
- Outra opção

## **Apêndice C – Marcas Utilizadas**

**FORM Y PORT**

**FORM 1**

**FORM 3**

**FORM PORT 170**

**FORM D**

**FORM E**

**FORM F**

**FORM A**

**FORM C**

# Apêndice D – Inquérito de Avaliação

## Secção 1 de 6

### Realidade Aumentada no ensino de operações navais na Marinha Portuguesa

O presente questionário insere-se no âmbito da Dissertação de Mestrado do Aspirante Mendes Elvas, do Curso CMG Henrique Quirino da Fonseca (ano letivo 2017/2018).

Os dados fornecidos serão utilizados exclusivamente para fins académicos. É garantido o carácter anónimo da recolha de dados efetuada.

Muito obrigado pela colaboração.

#### **Objetivo do questionário**

Pretende-se com o questionário, recolher informação que permita avaliar as funcionalidades de uma aplicação móvel (app) em realidade aumentada, no suporte ao ensino da tática naval. Para o efeito será demonstrada a evolução de diversas formaturas navais no contexto de panoramas táticos.

As questões destinam-se a obter dos respondentes a seguinte informação:

- a) caracterização do seu perfil;
- b) grau de conhecimento de operações navais;
- c) familiaridade com aplicações móveis, em geral, e de realidade aumentada em particular;
- d) resposta a questões colocadas sobre a eficácia da aplicação de realidade aumentada para ensino de tática naval e manobras e evoluções de formaturas navais.
- e) avaliação global do protótipo da aplicação de realidade aumentada

#### **Instruções de preenchimento**

1. O questionário é composto por seis secções.
2. As respostas de escolha múltipla são de resposta obrigatória.
3. Tempo de preenchimento: aproximadamente 15 minutos.
4. Não é permitido voltar para a página anterior depois de se mudar de página.

Após a secção 1, continuar para a secção seguinte.

---

## Secção 2 de 6

### Perfil

seguem-se perguntas de âmbito geral por forma a enquadrar a situação do inquirido.

1. Género:

Feminino

Masculino

2. Categoria:

Oficial

Sargento

Praça

Aspirante/Cadete

Militarizado

Nenhuma

3. Classe:

- Marinha
- EN-MEC
- En-AEL
- NA
- Outra Opção

4. Local onde desempenhou a função mais relevante no âmbito de operações navais:

- Ponte
- Centro de Operações
- Serviço Técnico
- PCC
- MCR
- Nenhuma

5. Número de diferentes navios em que navegou:

- 0
- 1-2
- 3-4
- 5+

6. Em que tipo de navio fez a maior percentagem do tempo de

- Veleiros
- Hidrográficos
- Lanchas
- Patrulhas
- Corvetas
- Fragatas
- Outras...

7. Idade

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

Após a secção 2, continuar para a secção seguinte

---

## Secção 3 de 6

### Conhecimento de Manobras e Evoluções

Nesta secção pretende-se avaliar o conhecimento de formaturas navais. Não é permitido qualquer tipo de consulta.

8. Sabe identificar corretamente as manobras existentes nas diferentes formaturas navais no âmbito NATO, apenas da sua nomenclatura?

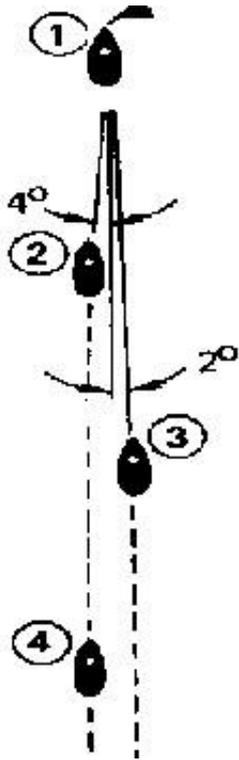
- Sim
- Não
- Algumas

9. Qual é a formatura apresentada na figura?



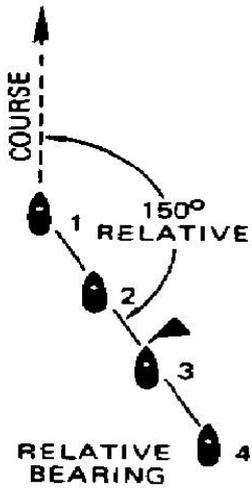
- Form 4
- Form 3
- Form line 9
- Form STBD 090
- Nenhuma das anteriores

10. Qual é a formatura apresentada na figura?



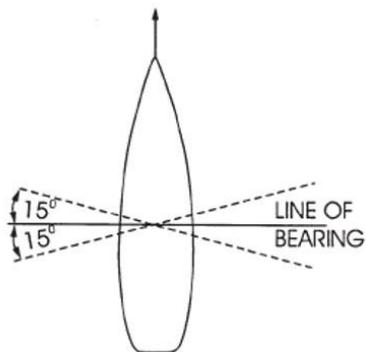
- Form D
- Form A
- Form E
- Form F
- Nenhuma das anteriores

11. Qual é a formatura apresentada na figura?



- Form A
- Form STBD 15
- Form Y
- Form 230
- Nenhuma das anteriores

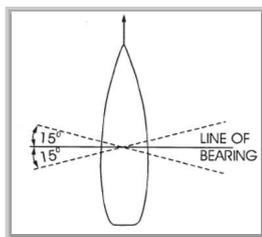
12. Sendo o guia o navio que está na figura e sabendo que os \* navios formam no seu través na sequência mais rápida, a partir do guia e dentro de um sector com uma abertura de 15



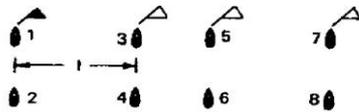
- Form Y
- Form A
- Form C
- Form S
- Nenhuma das anteriores

13. Qual a imagem correspondente à Form C?

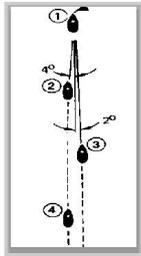
- Opção 1



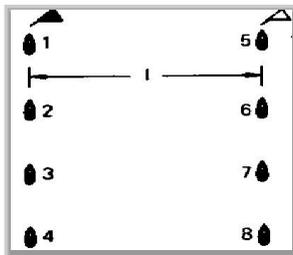
- Opção 2



Opção 3



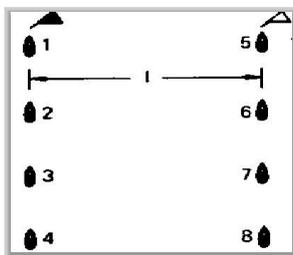
Opção 4



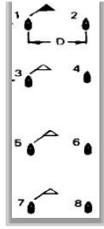
Nenhuma das anteriores

14. Qual a imagem correspondente à Form 11?

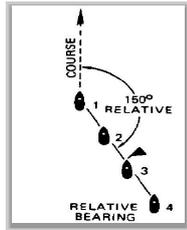
Opção 1



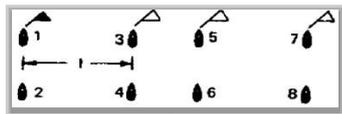
Opção 1



Opção 3



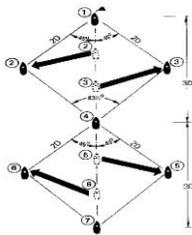
Opção 4



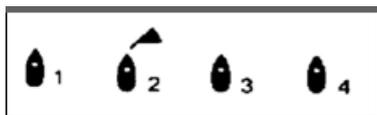
Nenhuma das anteriores

15. Qual a imagem correspondente à Form A?

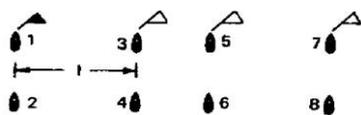
Opção 1



Opção 1



Opção 1



Após secção 3, continuar para a secção seguinte

---

## Secção 4 de 6

### Conhecimento de aplicações móveis e Realidade Aumentada (RA)

As perguntas que se seguem pretendem avaliar o grau de conhecimento dos utilizadores, das aplicações móveis e da realidade aumentada (RA).

16. Grau de familiaridade com a utilização de aplicações móveis?

	1	2	3	4	5	6	
Nenhuma	<input type="radio"/>	Total					

17. Está familiarizado com a tecnologia de RA?

	1	2	3	4	5	6	
Nenhuma	<input type="radio"/>	Total					

18. Já utilizou algum aplicativo de RA?

- Sim
- Não
- Não sei

19. Já observou alguma ação em RA?

- Sim
- Não
- Não sei

20. Reconhece uma possível aplicabilidade da tecnologia de RA em atividades que realiza atualmente?

- Sim
- Não
- Talvez
- Não sei

21. Reconhece uma possível aplicabilidade da tecnologia de RA em cenários de ajudas à navegação e operações navais?

- Sim
- Não
- Talvez
- Não sei

22. Selecione as opções que acha corretas. Com a RA posso:

- Observar objetos virtuais no mundo real
- Efetuar uma imersão total no mundo virtual
- Viajar para outros locais virtualmente
- Melhorar a forma como vemos o mundo real
- Obter ajuda para desempenhar as funções profissionais ou de lazer
- Aceder apenas através de óculos móveis
- Não posso fazer nenhuma das tarefas anteriores
- Não sei

23. Em que áreas pensa que pode ser aplicada a RA?

- Educação e ensino
- Indústria (ex. automóvel, fabricas, etc.)
- Medicina e saúde
- Navegação/Operações navais
- Engenharias e arquitetura
- Jogos
- Desporto
- Fins militares
- Em nenhuma área
- Outra opção...

Após secção 4, continuar para a secção seguinte.

---

## Secção 5 de 6

### Avaliação do protótipo de realidade aumentada

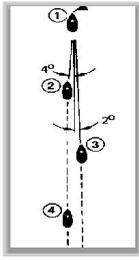
Responda às questões tendo em conta o seu uso ou visualização da aplicação de RA.

Veja o vídeo:

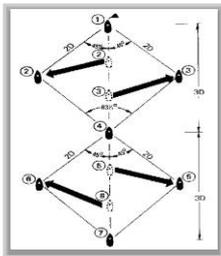


24. Após visualizar o video anterior, selecione a opção com a imagem representativa da cena observada:

Form E



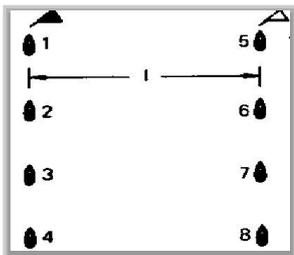
Form D



Form 3



Form 5



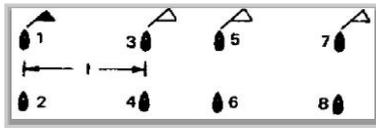
Nenhuma das anteriores

Veja o vídeo:

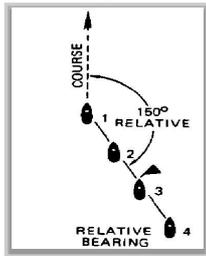


25. Após visualizar o video anterior, selecione a opção com a imagem representativa da cena observada:

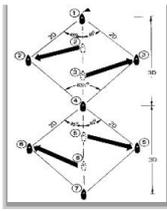
Form 7



Form STBD 15



Form D



Form 11



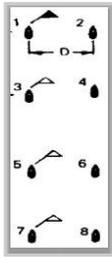
Nenhuma das anteriores

Veja o vídeo:

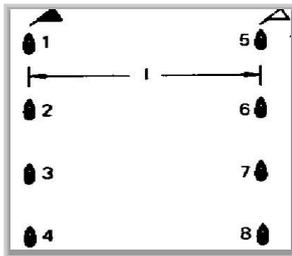


26. Após visualizar o video anterior, selecione a opção com a imagem representativa da cena observada:

Form 11



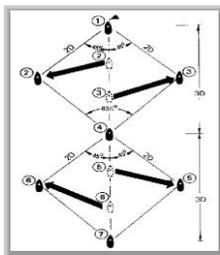
Form 5



Form 3



Form D



Nenhum dos anteriores

Após a secção 5, continuar para a secção seguinte.

---

## Secção 6 de 6

### Avaliação global da solução

O vídeo seguinte exemplifica a utilização de uma aplicação de realidade aumentada através de um telemóvel. Nele pode ser observada a forma como, o vídeo representativo de uma formatura é desencadeado no écran de um telemóvel. Verifica-se assim que, após a leitura de uma marca (neste caso particular, a marca é o nome de uma formatura escrito numa folha de papel), uma imagem com navios alinhados representando a formatura, é apresentada sobre o papel. A leitura da marca (nome da formatura), tem, pois, o efeito de aumentar a realidade, ao sobrepor à imagem existente no papel, uma imagem virtual.



27. Em que grau, a visualização das imagens em Realidade Aumentada, melhoraram o seu conhecimento acerca da movimentação dos navios nas várias formaturas?

	1	2	3	4	5	6	
Nenhum	<input type="radio"/>	Muito					

28. Qual pensa ser o interesse no ensino e demonstração das formaturas observadas, através de uma aplicação RA?

	1	2	3	4	5	6	
--	---	---	---	---	---	---	--

Nenhum        Muito

29. Seria benéfico e esclarecedor a utilização de uma aplicação RA, em briefings de manobras e evoluções, antes dos

1 2 3 4 5 6  
Nenhum        Muito

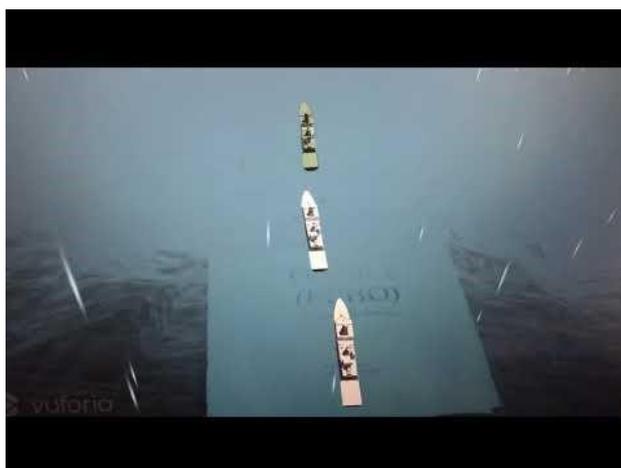
30. Qual o grau de realismo que uma aplicação RA poderia dar ao ensino de formaturas?

1 2 3 4 5 6  
Nenhum        Muito

31. Classifique a facilidade de utilização da aplicação RA?

1 2 3 4 5 6  
Nenhum        Muito

Veja o vídeo:



32. Classifique o grau de dificuldade de aquisição da marca visual indicativa da formatura?

1      2      3      4      5      6

Muito difícil                                          Muito fácil

33. Tendo em conta que a aplicação é um protótipo, como avaliaria a sua qualidade demonstrativa do conceito?

1      2      3      4      5      6

Muito difícil                                          Muito fácil

34. Considera o conceito de ensino apresentado inovador para o tipo de matéria lecionado (operações navais)?

1      2      3      4      5      6

Nada                                          Muito

35. Considera este conceito de ensino mais inovador e vantajoso, relativamente ao método tradicional de ensino?

1      2      3      4      5      6

Nada                                          Muito

36. Considera que o método de aprendizagem suscetível de cativar o interesse dos alunos?

1      2      3      4      5      6

Nada                                          Muito

37. Pensa que novas tecnologias como a RA poderiam ser utilizadas para melhorar o ensino e a formação na EN e na Marinha Portuguesa?

	1	2	3	4	5	6	
Nada	<input type="radio"/>	Muito					

38. O que mais o agradou nesta aplicação?

Texto de resposta longa

---

39. E o que menos lhe agradou nesta aplicação?

Texto de resposta longa

---

40. Quais as suas sugestões para melhoria desta ferramenta de ensino?

Texto de resposta longa

---

Fim do inquérito.

# Apêndice E – Respostas de Desenvolvimento (Análise de Resultados)

## Secção 6 de 6

### 1. O que mais lhe agradou nesta aplicação?

- Tudo. (2)
- Escala real de apresentação dos navios.
- O facto de ser bastante útil e aplicável.
- Visualização antecipada das manobras a efetuar.
- As movimentações claras da força.
- A facilidade com que as formaturas conseguem ser explicadas.
- A capacidade de misturar o mundo real com o virtual, o que permite ter informações prévias do campo de batalhas, ante te entrar em vonflitp.
- Facilidade em compreender as formaturas existentes em vez de uma simples figura num manual que não demonstra a evolução do movimento dos navios.
- Visualização 3D.
- Exemplos práticos.
- Responde com eficácia as duvidas sobre o movimento dos navios numa formatura.
- O simples apontar para uma folha de papel e aparecer um modelo em 3D da formatura.
- Liberdade de visualização.
- A perceção do movimento dos navios.
- Conseguir visualizar o movimento dos navios e fazer distinção entre as várias formaturas.
- Nada a referir.
- A tecnologia de RA tem imensas aplicações e é agradável ver a RA a ser aplicada na marinha.
- Inovador e prático.
- Perceção mais fácil das manobras.
- Aplicabilidade à realidade.
- Possibilidade de visualizar o movimento dos navios entre formaturas.
- Simplicidade.
- Fácil implementação; útil; prática; apelativa.
- Realismo.
- A facilidade na visualização das formaturas.

## 2. O que menos lhe agradou nesta aplicação?

- NIL. (4)
- Nada a referir. (9)
- A movimentação irrealista do movimento dos navios na água.
- Não ter pontos cardeais.
- Não saber quais os termos/necessidades para isto acontecer.
- Incapacidade de comunicar a longas distâncias.
- Provável dificuldade de utilização.
- Forma como são escolhidas as formaturas.
- Podemos ter o mesmo efeito de passagem de informação através de um vídeo. No entanto, a RA pode talvez ser utilizada para a projeção de ajudas à navegação, display de informação para o OQP e outras aplicações na ponte mais produtivas. Mas é uma boa ferramenta de ensino.
- Evolução muito rápida da formatura.
- Pouca interação com o utilizador.
- Possível ambiguidade com a apresentação de um vídeo.
- Rapidez de passagem das imagens.

## 3. Quais as suas sugestões para melhoria desta ferramenta de ensino?

- Nada a referir. (7)
- Deve se apostar mais nas RA. (2)
- Pixéis. (2)
- visualizar as mesmas formaturas do ponto de vista do OQP de cada unidade naval.
- Tentar colocar a imagem não tão grande e reduzi-la de modo a ocupar menos o campo de visão do operador.
- Colocação de marcas e azimutes de manobra.
- Ao usar a aplicação de realidade aumentada, ter uma função que ao ver uma formatura, nos apresentasse todas as outras hipóteses de evolução e manobras possíveis.
- Aplicação que possua todas as formaturas e respetivas evoluções dos movimentos dos navios.
- Para além das formaturas podia incluir screens e, por exemplo, planos zig zag.
- Gráficos mais naturais e maior detalhe.
- Criar uma janela interativa com o utilizador.
- Incorporação em óculos de AR para utilização do OQP.
- Manobras mais lentas. Momentos ou pausas entre movimentos com setas ou textos explicativos do que vai acontecer tornaria a situação mais perceptível.
- Funcionamento através de um QR code com a letra da formatura.
- Utilizar esta capacidade noutros cadeiras e cenários.

- Por os sinais táticos que estão a ser passados e fonia entre navios, por forma a recriar o que se passa na realidade.
- NIL.