



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Faculdade Engenharias

**Realidade Aumentada - Conceito, Tecnologia e
Aplicações**
Estudo Exploratório

Joana Rita Santos Ferreira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, outubro 2014

Dedicatória

Aos meus pais e irmã, à minha avó, Idalina, pelo apoio incondicional e carinho depositado durante todo o meu percurso académico.

Agradecimentos

Gostaria de deixar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e à minha irmã por todo o apoio incondicional e por nunca me deixarem desistir durante este ciclo académico.

Ao meu orientador, o Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos, pela compreensão, apoio e disponibilidade.

Aos todos os meus amigos que no momento certo estiveram por perto.

Às minhas amigas, à Andreia, por todo o seu apoio e companheirismo neste percurso académico; à Susana por nunca me deixar desistir e sempre me apoiar em todo o meu tempo universitário e à Margarida pelo seu carinho nas horas de maior desespero.

À Ana Francisco, por toda a dedicação e apoio nestes últimos tempos, pelo companheirismo compreensão e pela sua boa disposição. Ao Paulo Moço pela dedicação e compreensão neste processo.

Resumo

A Realidade Aumentada é uma tecnologia relativamente recente e que nos últimos anos tem tido avanços consideráveis. As aplicações desta tecnologia aos dias de hoje são cada vez mais variadas. No início, a RA surgiu associada à área militar e à área do entretenimento. Com o seu desenvolvimento, esta tecnologia disseminou-se por todas as áreas de saber.

Esta dissertação pretende esclarecer o conceito de Realidade Aumentada, explicando a sua tecnologia de uma forma abrangente e acessível. Mostra a aplicação desta tecnologia, com exemplos práticos em algumas áreas de ação, dando realce às aplicações na área da indústria.

Pretende-se ainda dar uma visão do que poderá ser o futuro desta tecnologia na área industrial.

Palavras-chave

Realidade Aumentada; Tecnologia; Aplicações à Indústria

Abstract

Augmented Reality is a relatively new technology that has had considerable progress through the years. The applications of this technology to the present are increasingly diverse. At the beginning, AR was associated with the military area and the entertainment area. With its development, this technology has spread into all areas of knowledge.

This dissertation aims to clarify the concept of Augmented Reality, explaining its technology in a comprehensive and accessible way. It shows the application of this technology, with practical examples in some areas of action, giving emphasis to applications in the industry.

It is also intended to give a vision of what can be the future of this technology in the industrial area.

Keywords

Augmented Reality; Technology; Applications to Industry

Índice

Capítulo 1 - Introdução	17
Introdução	18
1.1 Metodologia de Pesquisa	18
1.2 Motivação e Objetivos	19
1.3 Esquema Geral da Dissertação	19
Capítulo 2- Conceito de Realidade Aumentada.....	21
Introdução	22
2.1 Conceito de Realidade Aumentada.....	22
2.2 Evolução Histórica.....	23
2.3 Considerações Finais.....	27
Capítulo 3 - Tecnologia	29
Introdução	30
3.1 Tecnologia da RA	30
3.2 Monitores de posição entre o utilizador e o ambiente	39
3.3 Sistemas de localização	40
3.4 Interação com o Utilizador	42
3.5 Limitações	44
3.6 Notas Finais	46
Capítulo 4 - Aplicações da RA	47
Introdução	48
4.1 Aplicações de RA na Medicina.....	49
4.2 Aplicações de Realidade Aumentada na Engenharia	52

4.3 Aplicações de Realidade Aumentada no Ensino	54
4.4 Aplicações da Realidade Aumentada no <i>Design</i>	55
4.5 Aplicações de Realidade Aumentada na Área do Entretenimento	57
4.6 Marketing e Publicidade.....	64
4.7 Arquitetura	65
4.8 Notas Finais	65
Capítulo 5 - Aplicações na Indústria	67
5.1 Aplicações da RA na Indústria	68
5.2 O futuro da RA na Indústria	76
5.5 Notas Finais	77
Capítulo 6 - Conclusão	79
Bibliografia.....	83

Lista de Figuras

Figura 1: Fotografia de um protótipo do Sensorama [Sensomatic] (DUARTE; 2006)	23
Figura 2: O primeiro <i>HMD</i> (Adaptado de KREVELEN V., POELMAN R.; 2010)	24
Figura 3: Luva de dados (adaptado de KIRNER <i>et. al.</i> ; 2006)	25
Figura 4: “ <i>Columbia Touring Machine</i> ” - a primeira experiência em RA móvel (ITO e AFFINI; 2011)	26
Figura 5: Transição entre realidade e virtualidade (MILGRAM; 1994)	27
Figura 6: Óculos da Minolta com elemento holográfico (UEDA; 2000)	30
Figura 7: Sistema de RA baseado em óculos com visão ótica direta (SILVEIRA; 2011)	31
Figura 8: Quatro imagens vistas através do ELMO-3. Na figura D, vemos a correta sobreposição da imagem virtual em tempo real (adaptado de KIYOKAWA <i>et. al.</i> ; 2001)	32
Figura 9: Óculos da <i>Google</i> (retirado de https://www.google.com/glass/start/)	33
Figura 10: Componentes dos óculos da <i>Google</i> (retirado de https://www.google.com/glass/start/)	34
Figura 11: Componentes dos óculos da <i>Google</i> (retirado de https://www.google.com/glass/start/)	34
Figura 12: Sistema de visão direta por vídeo (adaptado de VALLINO; 1998)	35
Figura 13: Sistema de RA baseado em Visão de câmara de vídeo (adaptado de SILVEIRA; 2011)	36
Figura 14: Marcador Fiducial (adaptado de SILVEIRA; 2011)	37
Figura 15: <i>Pipeline</i> de RA (REIS <i>et al.</i> ; 2009)	37
Figura 16: Sistema de RA baseado em monitor (adaptado de SILVEIRA; 2011)	38
Figura 17: Exemplo de projetor <i>HMD</i> com material retroreflexivo (adaptado de KIYOKAWA <i>et al.</i> ; 2000)	39
Figura 18: <i>VeinViewer</i> (retirada do sítio: http://www.veinviewer.com.br/)	49
Figura 19: Visão “raio-x” para cirurgões (retirada do sítio: http://groups.csail.mit.edu/vision/medical-vision/surgery/surgical_navigation.html)	50
Figura 20: Visão “raio-x” para cirurgões (FUCHS, H., STATE, A. <i>et. al.</i> , (1996)	51
Figura 21: Exemplo de <i>Head-Up Display</i> (JEFFREY; 2014)	52
Figura 22: Exemplo de Quebra-Cabeças para identificação de palavras (adaptado de ZORZAL <i>et al.</i> ; 2008)	54
Figura 23: <i>Construct3D</i> (adaptado de FREITAS; 2008)	55
Figura 24: Anel modelado em RA (adaptado de ROMÃO e GONÇALVES; 2013)	56
Figura 25: Visualização de viatura através do <i>SpaceDesign</i> (adaptado de FIORENTINO <i>et. al.</i> ; 2002)	56
Figura 26: Exemplo de simulação de embate (adaptado de FRIEDRICH; 2004)	57

Figura 27: Sobreposição de imagens reais e virtuais para Boletim de Meteorologia (adaptado de VALLINO; 1998)	58
Figura 28: Reconstrução facial de um <i>Raptor</i> (SILVEIRA; 2011)	59
Figura 29: Utilização de dispositivo móvel para reconhecimento de objetos em Museu (adaptado de BRAGA; 2007).....	59
Figura 30: Na imagem a), vemos o Templo de Hera em Olímpia como está hoje. Na imagem b), vemos o mesmo Templo de Hera em Olímpia através de dispositivo de RA (adaptado de VLAHAKIS <i>et al.</i> ; 2002).....	60
Figura 31: Exemplo da Aplicação Layer (http://www.youtube.com/watch?v=b64_16K2e08) .	61
Figura 32: Linha de record numa prova de Natação (http://theinstitute.ieee.org/ieee-roundup/opinions/ieee-roundup/how-technology-continues-to-change-the-olympics-)	63
Figura 33: Linhas de fora de jogo em visualização de jogo de futebol (http://sic.sapo.pt/) .	63
Figura 34: 1KARMA - protótipo de um sistema de RA que explica a manutenção de uma impressora a laser através de um HMD (adaptado de FEINER; 1993)	69
Figura 35: Uso de RA para orientar o teste de equipamento (adaptado de VALLINO; 1998) ...	69
Figura 36: Exemplo de visualização de objeto através de RA (adaptado de VALLINO; 1998) ..	70
Figura 37: Linhas virtuais que ajudam na visualização de espaços (adaptado de AZUMA; 1997)	71
Figura 38: Exemplo de RA para reparação de componentes automóveis (adaptado de FREITAS; 2008)	72
Figura 39: Na imagem a) temos um exemplo de visualização em seta. Na imagem b), trata-se de um exemplo de visualização em quadrado (adaptado de SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)	73
Figura 40: Exemplo de visualização em túnel (adaptado de SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)	74
Figura 41: Exemplo da aplicação de RA na logística da Generix Group (http://www.youtube.com/watch?v=whT_K5ywalE).....	75

Lista de Acrónimos

HMD - Head-Mounted Display

RA - Realidade Aumentada

RV - Realidade Virtual

SMART - System of Augmented Reality for Teaching, ou seja, Sistema de Realidade Aumentada para o ensino

2D - Duas dimensões

3D - Três dimensões

DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency

NASA - National Aeronautics and Space Administration

HUDs - Head-Up Displays

Capítulo 1 - Introdução

“O verdadeiro progresso é o que põe a tecnologia ao alcance de todos.”

(Henry Ford)

Introdução

O Homem tem vindo sempre a procurar formas de potenciar a sua realidade. Desde o controlo do fogo, à realidade que temos hoje, decorreram milhões de anos. O ser humano tem a capacidade ímpar de imaginar mundos paralelos, de sonhar com futuros impossíveis que muitas vezes se transformam em presentes possíveis.

Com o avanço conseguido na área tecnológica, foi possível procurar outras formas de realidade. Sutherland, cientista pioneiro na área da Realidade Aumentada, considera que a tecnologia é o *Mundo das Maravilhas*¹. (SUTHERLAND; 1965)

Na verdade, através da tecnologia foi possível experimentar outros mundos. Com o Sensorama, primeiro exemplo de Realidade Virtual (e um dos primeiros passos dados para a Realidade Aumentada), era possível projetar o indivíduo para um passeio em Manhattan.

A Realidade Aumentada é um mundo de possibilidades. As suas aplicações são vastas e o único limite é a imaginação. Esta tecnologia surge aliada à indústria e com ela se desenvolveu significativamente, mas, nos dias de hoje, encontra-se em quase todas as áreas de interesse, desde a medicina ao entretenimento, passando por áreas tão diversas como o *design*, a educação ou a arquitetura.

A Realidade Aumentada permite que o utilizador “perceba o entorno real “aumentado” com alguns objetos virtuais, ou seja, criados por computador; com o objetivo de aprimorar a percepção que temos do mundo real.”² (LIMA *et al.*; 2014)

Esta dissertação foca o conceito de Realidade Aumentada, explicando a tecnologia que a suporta (incluindo algumas das limitações), bem como algumas das áreas em que mais se evidenciou. No entanto, o ponto essencial da dissertação prende-se com a aplicação desta tecnologia no setor industrial.

Além de referirmos algumas das aplicações mais ambiciosas que atualmente estão em desenvolvimento na área da indústria, tentamos abrir uma janela para o que poderá ser o futuro da Realidade Aumentada na Indústria.

1.1 Metodologia de Pesquisa

Nesta dissertação, usámos uma metodologia de composição qualitativa uma vez que o objetivo principal é apresentar um resumo bibliográfico de toda a informação sobre o conceito de Realidade Aumentada. Dessa forma, pensamos conseguir que o leitor atinja uma maior familiaridade com a temática apresentada.

¹ Tradução nossa.

² Citação atualizada para o Acordo Ortográfico de 1990

A pesquisa foi essencialmente do tipo exploratório, baseada em bibliografia (livros e artigos científicos publicados pelos investigadores mais conceituados nesta área).

1.2 Motivação e Objetivos

A motivação para esta dissertação foi a aplicação da Realidade Aumentada na área da indústria e os desafios que o seu desenvolvimento apresenta, uma vez que se trata de uma área de pesquisa aliciante e inovadora.

Pretendemos ainda que qualquer pessoa, de qualquer área, conseguisse ter uma noção do que é a RA, de uma forma abrangente.

Além disso, o grande objetivo é que o leitor entenda os mecanismos de funcionamento da RA e as suas aplicações mais promissoras.

1.3 Esquema Geral da Dissertação

Esta dissertação divide-se em seis capítulos.

Capítulo 1 - Introdução - Este capítulo tem o intuito de fazer uma pequena introdução a esta dissertação, explicando a motivação e os objetivos, além da metodologia aplicada e a sua estrutura.

Capítulo 2 - Conceito e Evolução Histórica - Este capítulo apresenta de forma sucinta o conceito de Realidade Aumentada, tal como a sua Evolução Histórica e os principais marcos nas últimas décadas.

Capítulo 3 - Tecnologia - Aqui explicámos a tecnologia que envolve a Realidade Aumentada. São explicados todos os elementos necessários para que haja RA. São referidos os diferentes tipos de sistemas de RA, os diferentes tipos de interação com o utilizador e as limitações ao utilizador e à própria tecnologia.

Capítulo 4 - Aplicações RA - Este capítulo tem o intuito de demonstrar algumas das áreas de aplicação desta tecnologia, tanto em áreas em que já é utilizada e comercializável como em áreas onde se encontra só em forma de protótipos.

Capítulo 5 - Aplicações da RA na Indústria - Neste capítulo procurámos dar a conhecer algumas das aplicações de RA na área da indústria de uma forma mais detalhada. Apresentamos também algumas das perspetivas de desenvolvimento da RA nesta área.

Capítulo 6 - Conclusão - Neste último capítulo, é feita uma avaliação de todo o trabalho.

Capítulo 2- Conceito de Realidade Aumentada

"A imaginação é mais importante que o conhecimento."

(Albert Einstein)

Conceito de Realidade Aumentada

Introdução

Este capítulo procura apresentar os principais marcos da história da Realidade Aumentada. Começamos por esclarecer o conceito de Realidade Aumentada e seguidamente apresentamos a sua evolução histórica ao longo dos anos.

2.1 Conceito de Realidade Aumentada

“Acreditamos que um dos pontos mais importantes do uso de mundo virtual não é para substituir o mundo real, mas sim para completar a visão do utilizador no mundo real.” (adaptado de ALBUQUERQUE; 1999).

O avanço da tecnologia e a procura constante de novos métodos inovadores levaram ao desenvolvimento não só de utensílios e máquinas que facilitam o nosso dia-a-dia, mas principalmente de sistemas que nos permitem aumentar a realidade em que vivemos.

Surge a Realidade Aumentada (RA).

A Realidade Aumentada surge da evolução da Realidade Virtual (RV) (TORI *et al.*;2006).

Os primeiros indícios de RA surgem por volta de 1960 com o investigador Ivan Sutherland. Sutherland desenvolveu um capacete de visão ótica direta para visualização de objetos 3D no ambiente real (SUTHERLAND;1968).

Esta nova tecnologia (Realidade Aumentada) esteve limitada ao ambiente académico antes dos anos 90 uma vez que se trata de tecnologia bastante dispendiosa. A produção deste equipamento em concreto era limitada e apenas para centros de investigação (ITO e PASSOS; 2011).

Embora possamos localizar os primeiros indícios de RA nos anos 60, a verdade é que apenas nos anos 90 o conceito aparece diferenciado da RV. O termo Realidade Aumentada foi citado pela primeira vez num artigo de Thomas Caudell e David Mizell em 1992. (LEE; 2012)

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite ao utilizador transportar o ambiente virtual para o seu espaço em tempo real, utilizando um dispositivo tecnológico, podendo usar a interface do ambiente real para manusear os objetos reais e virtuais. (SILVA; 2013)

“Podemos afirmar que a Realidade Aumentada trata do mundo real como ponto de partida para uma experiência que leva o utilizador a experimentar o mundo virtual” (FORTE e KIRNER; 2009)

Desta forma o utilizador interage com os elementos virtuais de forma natural e espontânea sem ser necessária uma aprendizagem. (KIRNER e KIRNER; 2011)

2.2 Evolução Histórica

A II Guerra Mundial mudou definitivamente o Mundo. Com o fim da guerra, veio um período extremamente conturbado de luta pela tecnologia entre as duas maiores nações do Mundo: EUA e URSS.

A Realidade Aumentada surge no decorrer da II Guerra Mundial e desenvolve-se no período pós-Guerra, com os simuladores de voo para a força aérea. Estes simuladores foram construídos com o objetivo de ensinar e treinar os pilotos (DUARTE; 2006).

Embora os primeiros passos da RA tenham sido dados no meio militar, foi no entretenimento que a RA realmente se começou a desenvolver.

Nos anos 50 do século passado, o cineasta Morton Heilig³ começou a desenvolver um simulador que permitia idealizar uma sessão de cinema (Sensorama), envolvendo os 5 sentidos do ser humano, deixando assim de ser uma experiência que envolvia apenas som e imagem. (BERRYMAN; 2012)

O Sensorama, construído em 1962, permitia ao utilizador ter uma experiência de passeio de mota por Manhattan, através da projeção de um filme. Trata-se, em essência, de Realidade Virtual, mas estão dados os primeiros passos para a Realidade Aumentada.



Figura 1: Fotografia de um protótipo do Sensorama [Sensomatic] (DUARTE; 2006)

A par do Sensorama, foram desenvolvidos outros componentes da Realidade Virtual. Em 1958 desenvolveu-se o primeiro par de câmaras remotas e um protótipo parecido a um capacete. Estes componentes - *Head Mounted Display* ou *HMD* - permitiam ao utilizador imergir no mundo virtual. (ELLIS;1994)

No ano de 1961, os engenheiros da empresa Philco Corporation⁴, Comeau e Bryan, conceberam os primeiros componentes que juntos formam o primeiro capacete *Head Mounted Display (HMD)*. O movimento do utilizador era captado por uma câmara e facilitava a interação com a imagem. (KIRNER e KIRNER; 2011)

³ Para mais esclarecimentos consultar a página, <http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>, consultado 12-09-1014

⁴ Empresa americana, atualmente detida pela Philips, pioneira no desenvolvimento tecnológico e produção de rádios, baterias e televisões.

Dois anos mais tarde, em 1963, Ivan Sutherland evidenciou-se ao publicar a sua tese de doutoramento com o nome “*Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System*”. Sutherland usou pela primeira vez a computação gráfica interativa, que foi considerada um marco no desenvolvimento da Realidade Virtual. Também foi ele quem pela primeira vez usou uma caneta ótica para selecionar opções num monitor. Foi com a tese de Sutherland que a maior parte das palavras que definem Realidade Virtual foram implementadas.

Em 1965, Ivan Sutherland desenvolve o primeiro capacete que permitia ao utilizador a interação com o ambiente virtual com o simples movimento da cabeça, envolvendo a visão o tato e a audição. Assim, o utilizador interagiu de forma intuitiva.

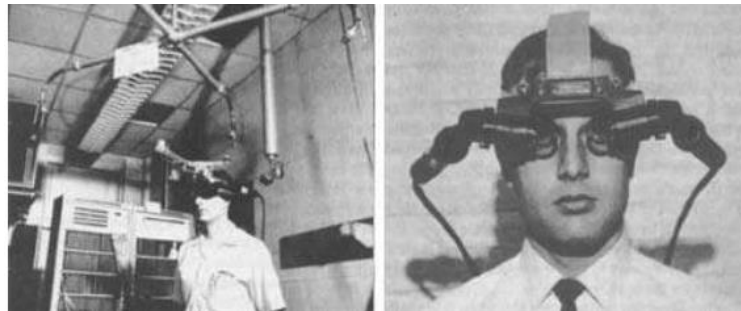


Figura 2: O primeiro *HMD* (Adaptado de KREVELEN V., POELMAN R.; 2010)

Em 1968, publicou um artigo sobre o *Head Mounted Display (HMD)*, em que descreve o seu funcionamento (BERRYMAN; 2012). Este *HMD* era constituído por sensores de captação de movimento mecânicos e acústicos (um grande marco na evolução desta tecnologia) que permitiam detetar os movimentos do utilizador ou do dispositivo. Estes movimentos eram depois processados e projetados por “dois dispositivos” diretamente nos olhos do utilizador.

Com o desenvolvimento deste *HMD*, Sutherland é reconhecido como precursor da Realidade Virtual (HAND; 1994).

O capacete interativo por vídeo da Philco e o capacete interativo por computação gráfica de Ivan Sutherland são a base da Realidade Aumentada.

Entre 1977 e 1982, Zimmerman e Lanier⁵ desenvolvem as primeiras luvas de dados. Estas luvas permitiam captar o movimento dos dedos e transmitir a informação ao computador. As luvas têm o nome de *Datagloves* e foram comercializadas em 1985 pela empresa VPL Research. (DUARTE; 2006)

⁵ Thomas Zimmerman e Jaron Lanier são cientistas americanos especialistas na área da Realidade Virtual.

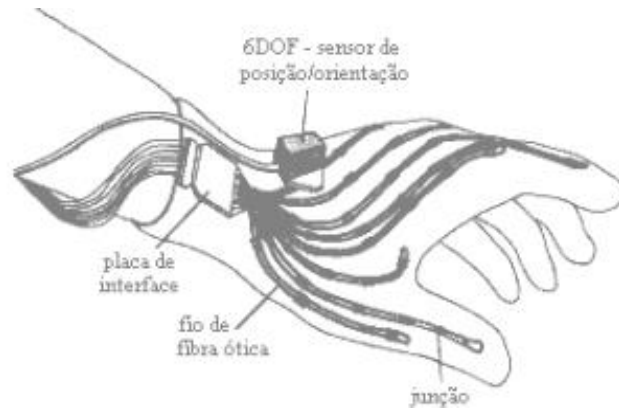


Figura 3: Luva de dados (adaptado de KIRNER *et. al.*; 2006)

Acredita-se que no ano de 1986, a NASA já tinha um ambiente capaz de possibilitar aos utilizadores a manipulação de objetos 3D virtuais através do movimento das mãos, além de executar comandos de voz. (MACHADO *et al.*; 2002)

Por volta de 1982, Thomas Furness⁶ apresentava à Força Aérea Americana o *Visually Coupled Airborne Systems Simulator (VCASS)*, mais conhecido por “*Super Cockpit*”.

Furness desenvolveu um simulador que integrava a parte de som e vídeo, usando os computadores interligados a um capacete de visão ótica, permitia que o piloto tivesse informações sobre o avião e o armamento. O capacete tem um ecrã em acrílico que permitia ao piloto uma visão dos objetos e da informação virtual sobre o ambiente real. (SILVA *et al.*; 2011). Desta forma, os pilotos aprendiam a voar e lutar, sem levantar voo. Este simulador (VCASS) tinha grande qualidade de imagem e era rápido na atualização de imagens. O problema deste simulador era ter um custo bastante elevado para apenas um simulador. (PIMENTEL; 1995)

O ano de 1989 ficou marcado pela introdução da luva *Powerglove*⁷ na área do entretenimento (sistema de videojogos)⁸. A *Powerglove* tinha a uma função parecida à Luva *Dataglove*. Estes produtos não foram bem-sucedidos na área dos videojogos, mas ajudaram nos primeiros sistemas de Realidade Virtual como microcomputadores⁹.

Desde 1956 que já existe o que é chamado “ambiente virtual”, contudo, não existia ainda uma designação normalizada para esta interação.

⁶ Professor na Universidade de Washington em Seattle, pioneiro no desenvolvimento de interfaces entre humanos e máquinas complexas.

⁷ A empresa Mattel desenvolveu a luva *Powerglove* que tinha a mesma função que a luva *Dataglove*. Era um sistema de captação de movimento para jogos de entretenimento da *Nintendo*. Nos dias de hoje, temos *Nintendo Wii* que tem a mesma tecnologia que a *Powerglove*. (SILVA *et al.*; 2011)

⁸ Para uma melhor visualização da *Powerglove* ver a página <http://thepowerofglove.com> consultado dia 10-09-2014

⁹ Termo técnico utilizado na altura para computador pessoal.

Esta normalização só ocorre em 1989 quando Jaron Lanier utilizou o termo “Realidade Virtual” (RV). Lanier é assim “*responsável pela criação da expressão realidade virtual e um dos pioneiros na pesquisa de programação visual*”.¹⁰ (SCHUCH; 2000)

No ano de 1990, a Boeing utiliza um HMD que projetava uma imagem virtual na linha de montagem dos equipamentos das aeronaves¹¹. Pela primeira vez existe interação entre o ambiente virtual e o ambiente real. Ao referir-se a este sistema, Tom Caudell utiliza pela primeira vez o termo Realidade Aumentada (LEE; 2012).

A partir de 1992 surgem várias aplicações que sobrepõem ambientes virtuais a ambientes reais. As primeiras experiências móveis de Realidade Aumentada (RA) foram feitas em 1996 pela Universidade de Columbia, tendo como principal objetivo aliar a Realidade Aumentada e a computação móvel. A perspectiva era que os dispositivos computacionais ficariam mais pequenos e menos dispendiosos com o tempo.

O facto de a Internet estar em constante evolução permitiu que a pesquisa fosse feita fora dos laboratórios e com computadores agarrados a mochilas, com capacete e óculos, possibilitando ao utilizador ver imagens virtuais sobre o ambiente real. (ITO e AFFINI; 2011)



Figura 4: “Columbia Touring Machine” - a primeira experiência em RA móvel (ITO e AFFINI; 2011)

Podemos então verificar que surgem dois novos conceitos: Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Para ajudar a diferenciar os dois conceitos, Milgram¹² apresenta um diagrama (diagrama de Milgram). Este diagrama permite mostrar a passagem do real para o virtual, de uma forma conceptual. (MILGRAN; 1994)

“Milgram argumentou que poderiam ocorrer três situações: ambientes compostos apenas de objetos reais (realidade); ambientes compostos apenas de objetos virtuais (virtualidade); e

¹⁰ Tradução nossa

¹¹ Tema a ser desenvolvido mais à frente nesta dissertação. Vide capítulo 3

¹² Professor na Universidade de Toronto. Para mais detalhes sobre as suas áreas de pesquisa, visualizar: <http://etclab.mie.utoronto.ca/people/Paul.html> (18-08-2014)

ambientes compostos de objetos reais e virtuais (realidade misturada).” (KIRNER e KIRNER; 2011, pág.21)

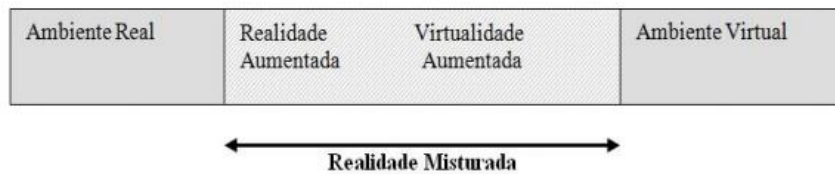


Figura 5: Transição entre realidade e virtualidade (MILGRAM; 1994)

Segundo o diagrama de Milgram, existe uma continuidade desde o ambiente real até ao ambiente virtual, onde a Realidade Aumentada é uma parte da Realidade Misturada. A realidade misturada é composta pela Realidade Aumentada e pela Virtualidade Aumentada. Clarificando, a Realidade Aumentada diz respeito à sobreposição de objetos virtuais ao ambiente real, enquanto a Virtualidade Aumentada é a introdução de objetos reais em ambientes virtuais. (AZUMA *et al.*; 2001)

Para o utilizador estar num ambiente de Realidade Aumentada, terá de ter interação com objetos virtuais e reais em simultâneo. Mas, se utilizar algum dispositivo de Realidade Virtual para interagir com objetos virtuais e reais, então, neste caso, estará num ambiente de Virtualidade Aumentada.

2.3 Considerações Finais

Podemos verificar que, embora tenha dado os primeiros passos nos anos de 1940, a Realidade Aumentada só teve uma verdadeira evolução mais recentemente, nomeadamente desde o início dos anos 90. Até essa altura, permanecia indistinta do conceito de Realidade Virtual.

Com a separação clara de ambas as realidades, houve espaço para um maior desenvolvimento da tecnologia associada especificamente para a Realidade Aumentada, como veremos no próximo capítulo.

Capítulo 3 - Tecnologia

"A ciência de hoje é a tecnologia de amanhã."

(Edward Teller)

Tecnologia

Introdução

Este capítulo vai explicitar a tecnologia por trás dos diferentes sistemas de RA, incluindo um exemplo para o sistema de visão ótica, dando a conhecer o seu funcionamento.

Tentamos apresentar os pontos fortes e pontos fracos desta tecnologia bem como as limitações ao ser humano e à própria tecnologia.

3.1 Tecnologia da RA

3.1.1 Sistemas de Realidade Aumentada

Os sistemas de RA não são ainda perfeitos. A tecnologia é relativamente recente e está em constante evolução, permitindo desenvolver novos e melhores sistemas. No entanto, os sistemas atuais de RA tem de ser adaptados ao ambiente e ao utilizador enquanto não se atinge um sistema que consiga ser perfeito.

A Realidade Aumentada tem vários sistemas que integram a sua tecnologia, que podem ser categorizados pelo tipo de dispositivo que utilizam.

Assim, podemos identificar quatro sistemas: sistema de visão ótica direta (*Optical see-through Head Mounted Displays*), sistema de visão direta por vídeo (*Video see through Head Mounted Display*), sistema de visão por vídeo baseado em monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*) e sistema de visão ótica por projecção (*Projector-Based Augmented Reality*). (KREVELEN e POELMAN; 2010) (ONG *et al.*; 2008)

3.1.1.1 Sistema de visão ótica direta (*Head Mounted Display Optical*)

O sistema de visão ótica direta (*HMD Optical*) é o mais conhecido principalmente porque é o que está ao alcance de todos e o mais económico.

Este sistema pode ser apresentado através de uns óculos ou um capacete.



Figura 6: Óculos da Minolta com elemento holográfico (UEDA; 2000)

O sistema de visão ótica direta alia e adapta as imagens virtuais ao ambiente real. Ou seja, as lentes recebem a informação ou imagem em tempo real, permitindo ao mesmo tempo a projeção de imagens virtuais.

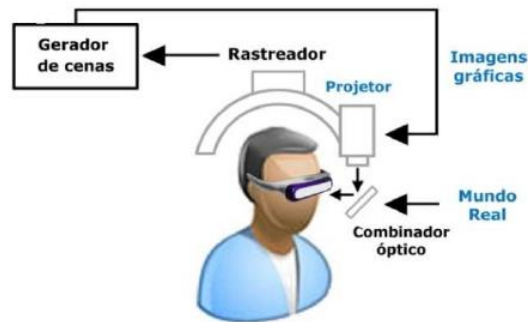


Figura 7: Sistema de RA baseado em óculos com visão ótica direta (SILVEIRA; 2011)

Este sistema tem a vantagem de permitir ao utilizador uma visão direta do ambiente real, além de ter um *design* mais apelativo e menos volumoso do que o capacete utilizado principalmente em sistemas de visão de vídeo.

Neste sistema, caso o dispositivo tenha algum problema ou falha, o utilizador continua a ter a noção do espaço real em que se encontra. No entanto, este sistema tende a ser mais adequado para uso interior que exterior.

Embora este sistema tenha tido grande desenvolvimento nas últimas décadas, ele ainda não é perfeito. Os objetos virtuais não conseguem ficar totalmente opacos, ou seja, muitas vezes consegue-se ver a imagem real atrás da imagem virtual. Tem sido desenvolvido trabalho de investigação para ultrapassar esta dificuldade e conseguir a imagem totalmente opaca. O investigador Kiyoshi Kiyokawa¹³ já conseguiu obter resultados positivos para evitar que esta situação aconteça. (AZUMA *et al.*; 2001)

¹³ Kiyokawa é professor associado da Universidade de Osaka, no Japão. Tem tido um trabalho de bastante relevância tanto na Realidade Aumentada como na Realidade Virtual.

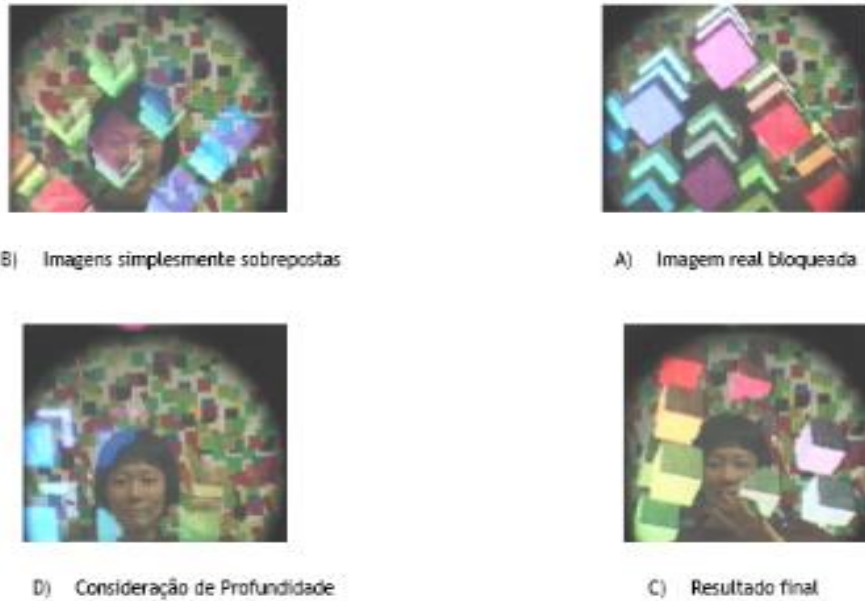


Figura 8: Quatro imagens vistas através do ELMO-3. Na figura D, vemos a correta sobreposição da imagem virtual em tempo real (adaptado de KIYOKAWA *et. al.*; 2001)

O sistema de visão ótica direta ainda não consegue ter uma boa qualidade de imagem, entre a imagem virtual e a imagem real. A imagem tem pouco brilho e contraste, apresentando alguma desfocagem na imagem virtual, o que provoca o efeito arco-íris, problema que surge entre as lentes do dispositivo devido ao reflexo da imagem ou luz.

Um outro problema que este sistema apresenta é o corte da imagem virtual nas laterais das lentes e o fato de ter pouca capacidade para armazenamento de dados.

No entanto, este sistema de visão ótica direta é o melhor quando aplicado na área da medicina e serviço militar.

Os Óculos da *Google (Google glass)* são um exemplo deste tipo de dispositivo, que tem ainda estes problemas por solucionar. A Google desenvolveu recentemente os *Google Glass*¹⁴ que são um dispositivo com um *software* semelhante a um computador que é ativado por voz e equipado com câmara.

Os *Google Glass* aparentam ser um par de óculos vulgares, no entanto, a nível de *software*, são semelhantes a um telefone *android* com um microprocessador, chip de memória, bateria, altifalante, microfone, câmara de vídeo, *wi-fi*, *Bluetooth*, um acelerómetro, um giroscópio e uma bússola.

¹⁴ Para mais esclarecimentos visualizar a página <http://www.youtube.com/watch?v=4EvNxWhskf8> (08-09-2014)

Todo este conjunto forma um *hardware* capaz de gravar conversas e todo o ambiente envolvente aos óculos, armazenar a informação, responder a comandos de voz ou toque de dedos, tirar fotografias e ligar-se à internet. (ACKERMAN; 2013)



Figura 9: Óculos da *Google* (retirado de <https://www.google.com/glass/start/>)

Tendo em conta todas as características dos óculos, tal como diz Rod Furlan¹⁵, investigador de inteligência artificial, “*estamos a falar de um dispositivo que vê tudo o que tu vês e ouve tudo que tu ouves*”. (adaptado de ACKERMAN; 2013)

Um aspeto ainda a ultrapassar é a questão da bateria, que tem apenas a duração de seis horas. Um outro ponto a salientar é a questão do controlo de privacidade. Relativamente a esta questão, Rod Furlan diz que vai valer a pena abdicar de alguma privacidade, porque “no final, eu acredito que a tecnologia dá mais do que tira”. (2013b)

Embora os óculos da *Google* se destaquem pela inovação, existem ainda obstáculos a ultrapassar, uma vez que, se os óculos se tornarem comercializáveis, haverá toda uma competição com outros fabricantes que irão fazer equipamentos semelhantes. Outro dos obstáculos é persuadir os possíveis compradores de que precisam adquirir este tipo de equipamento. Não se trata de um produto de consumo em massa, como é o caso por exemplo dos *smartphones*.

Atendendo ao facto de os óculos da *Google* ainda não se encontrarem no mercado, Rod Furlan decidiu tentar fazer a sua versão de “óculos da *Google*”, com peças e componentes comprados online. (2013a)

Assim, após a construção e utilização dos seus óculos, Furlan conclui que os aplicativos da RA se tornam impraticáveis devido ao seu processador, à bateria e ao seu pequeno ecrã.

Apesar disso, este investigador aponta vários aspetos positivos, tal como a experiência incomparável que podemos ter ao usá-los, podendo tornar-se viciante. Ele considera que o

¹⁵ Para mais artigos e informações acerca de Rod Furlan, visualizar: <http://bitcortex.com/> (07-05-2014)

nosso cérebro está desejoso de incorporar novas fontes de informação nos nossos modelos mentais do mundo e que estes irão formar, após um período de adaptação, um *background* nas nossas memórias que poderá ser monitorizado como se tratasse de uma prótese cerebral.

Podemos concluir assim que, ultrapassados os obstáculos da construção dos óculos da *Google*, teremos um dispositivo que irá permitir uma ampla variedade de aplicações em várias áreas, combinando os pontos fortes do ser humano e o poder do dispositivo que nos permitirá ver o futuro, como Rod Furlan menciona. (2013b)

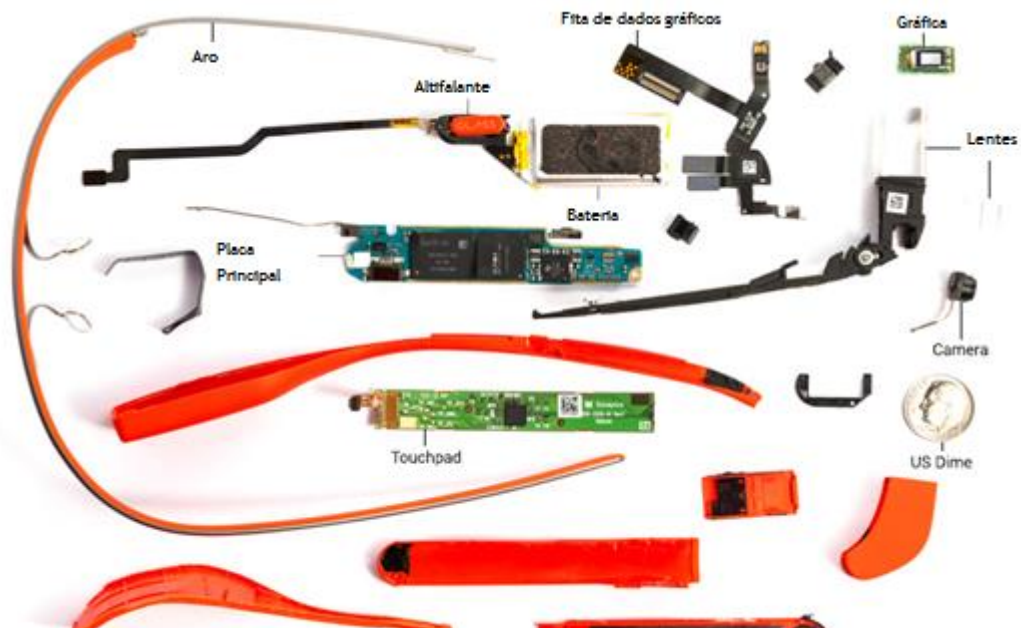


Figura 10: Componentes dos óculos da *Google* (retirado de <https://www.google.com/glass/start/>)



Figura 11: Componentes dos óculos da *Google* (retirado de <https://www.google.com/glass/start/>)

Dentro do sistema de visão ótica direta temos o sistema de retina (*Retinal Scanning Display - RSD*). Este sistema apresenta várias vantagens, em relação ao sistema de visão ótica direta. Uma vez que no sistema de Retina a informação ou imagem é desenhada diretamente na retina por um laser de baixa potência, ele permite resolver problemas de brilho e contraste, além de permitir ao utilizador ter um campo de visão mais abrangente, pois não está limitado a uns óculos.

O sistema tem uma maior resolução de imagem do que o sistema de visão ótica direta, além de ter uma vantagem essencial neste tipo de dispositivos que é a economia de energia.

Este sistema de visão ótica de retina está a ser desenvolvido na Universidade de Washington para uso militar. O sistema de retina mais atual é monocular e monocromático (vermelho).

No entanto, Schowengerdt, professor e investigador de renome da Universidade do Arizona na área das ciências óticas, já desenvolveu um sistema binocular e policromático. As principais vantagens deste sistema é o facto de o utilizador ter um campo de visão maior, apresentar um *design* mais confortável e ter um baixo consumo energético.

3.1.1.2 Sistema de visão direta por vídeo (*Video see through Head Mounted Display*)

O sistema de visão direta por vídeo é composto por um capacete com, no mínimo, duas microcâmaras e é de fácil implementação.

Estas microcâmaras são como a visão do utilizador: todo o ambiente real é captado pela câmara. A informação recolhida por essas câmaras é processada e “aumentada” por gráficos e imagens que se sobrepõem à imagem real. Esta imagem é diretamente colocada nos olhos do utilizador através do monitor. Este sistema dá a possibilidade ao utilizador de remover os objetos virtuais da realidade.



Figura 12: Sistema de visão direta por vídeo (adaptado de VALLINO; 1998)

No sistema de visão direta por vídeo pode-se subdividir em três tipos diferentes: Monocular, Binocular e Biocular.

O sistema Monocular tem um ecrã para apenas um olho, o sistema Binocular tem dois ecrãs para os dois olhos e o sistema Biocular tem um ecrã para os dois olhos.

De entre estes três sistemas, o sistema de visão Biocular é apontado como o que provoca maior desconforto ao utilizador, uma vez que causa maior cansaço visual e fadiga ao utilizador.

O sistema de Visão direta por vídeo, comparada ao sistema de visão ótica, apresenta melhor qualidade de imagem. A imagem é mais nítida em brilho e contraste e a resolução é maior entre os objetos virtuais, quando sobrepostos ao ambiente real. Apresenta uma maior capacidade de armazenamento de dados do que o sistema ótico.

No entanto, o sistema de visão direta por vídeo apresentava algumas desvantagens, tais como o erro de paralaxe, ou seja, existia um desfasamento entre o olho e a câmara. No entanto, o Laboratório MR LAB fez várias investigações que solucionaram este problema. Para resolver o erro de paralaxe, as câmaras foram colocadas ao nível dos olhos.

É de mencionar ainda que o sistema apresenta uma desfocagem maior, devido à distância em que se encontra a imagem. No entanto, a oclusão dos objetos reais pelos virtuais ainda continua a ser um problema. Uma das desvantagens deste sistema é que, apesar de o utilizador poder caminhar pelo ambiente real, caso haja uma falha no dispositivo ou mesmo uma má calibração de uma câmara, o utilizador pode perder a noção correta do ambiente real.

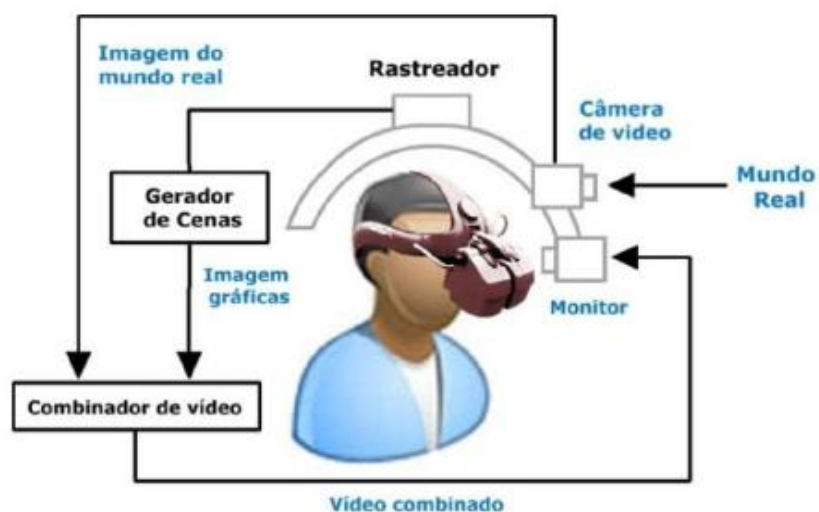


Figura 13: Sistema de RA baseado em Visão de câmara de vídeo (adaptado de SILVEIRA; 2011)

3.1.1.3 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*)

No sistema de visão por vídeo baseado em monitor, é necessária uma câmera de vídeo que capta a imagem real. Em seguida, a imagem do tempo real é combinada com objetos ou imagens virtuais, tudo gerado por computador, permitindo a sua visualização num monitor. Estes objetos virtuais são produzidos através de marcadores fiduciais, que permitem acrescentar a virtualidade ao ambiente real.

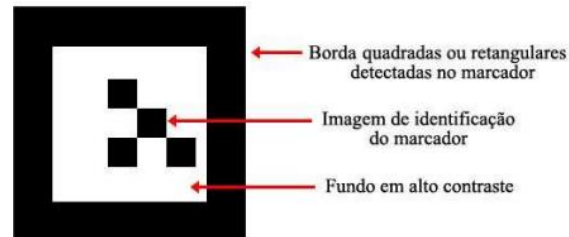


Figura 14: Marcador Fiducial (adaptado de SILVEIRA; 2011)

Um marcador fiducial funciona como um código de barras, mas, além de dar informação, permite dar uma localização. Estes marcadores dão informações do ambiente real, como a localização e orientação. (REIS *et al.*; 2009)



Figura 15: Pipeline de RA (REIS *et al.*; 2009)

As vantagens deste sistema são idênticas às do sistema de visão direta por vídeo. Além disso, tem um baixo custo, ou seja, não são necessários grandes dispositivos e o utilizador não precisa de nenhum dispositivo específico para conseguir este sistema. Conseguir-o apenas com

uma câmara web (webcam), um simples monitor e um marcador fiducial (dá acesso a coordenadas, ou seja, medidas corretas ao computador).

O sistema de visão por vídeo baseado em monitor não possibilita uma visão direta do ambiente real e o seu campo de visão é limitado, além de que toda a mobilidade do utilizador é reduzida.

3.1.1.4 Sistema de visão ótica por projeção (*Projector-Based Augmented Reality*).



Figura 16: Sistema de RA baseado em monitor (adaptado de SILVEIRA; 2011)

sistema de visão ótica por projeção, as imagens ou objetos virtuais são projetados em ambientes, como modelos complexos à escala, cidades, paredes coloridas ou superfícies lisas. O utilizador não necessita de ter qualquer tipo de equipamento para visualizar as imagens ou informação virtual. Este sistema não proporciona ao utilizador interação com o ambiente, a não ser que haja dispositivos de entrada. O utilizador tem uma visão abrangente da projeção, além de ter a vantagem de não cansar a visão.

Este sistema tem a desvantagem de ser limitado às condições do ambiente para a sua projeção. Uma vez que depende das circunstâncias da luz e do espaço, a sua visualização pode ser muitas vezes problemática. Devido a este problema, este sistema funciona melhor em ambientes fechados, onde a imagem tem uma resolução melhor.

Neste sistema de visão ótica por projeção, uma das dificuldades iniciais era a calibração dos projetores, devido ao meio ambiente, à distância e à superfície. Este problema está a ser resolvido através da autocalibração das câmaras automáticas.

No caso de este sistema ser utilizado com um capacete, as vantagens são significativamente maiores, uma vez que existem muito menos problemas em relação à projeção da luz. A luz é projetada numa superfície com material retrorreflexivo, melhorando a qualidade de imagem do utilizador no ambiente real.

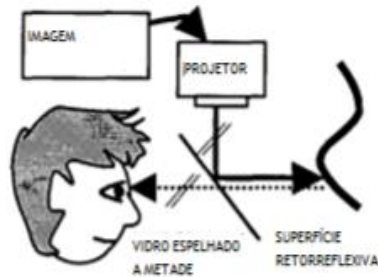


Figura 17: Exemplo de projetor *HMD* com material retrorreflexivo (adaptado de KIYOKAWA *et al.*; 2000)

3.2 Monitores de posição entre o utilizador e o ambiente

Os monitores onde os sistemas de Realidade Aumentada são apresentados, podem ter três utilizações: na cabeça (*Head-worn*), na Mão (*Hand-Held*) e no Espaço ou Ambiente (*Spatial*). (KREVELEN e POELMAN; 2010)

3.2.1 Monitores de uso na cabeça (*Head-Worn*)

Estes sistemas são monitores colocados na cabeça, óticos e de projeção, que permitem a saída de informação para o utilizador ou ambiente.

A desvantagem é o facto de este tipo de dispositivos portáteis ter de estar ligado a computadores. Os dispositivos têm um consumo de bateria limitado que acaba por reduzir a mobilidade do utilizador. A vida da bateria pode ser prolongada pelo deslocar da computação para ambientes (*cloud*) e usar conexões sem fios através de *Bluetooth*.

3.2.2 Monitores de uso manual (*Hand-Held*)

Este grupo inclui os monitores de sistema ótico, projeção portátil e vídeo.

Todos estes monitores têm maiores dimensões que os dispositivos utilizados na cabeça. Estes dispositivos têm um baixo custo de produção, tornando possível a tecnologia de Realidade Aumentada chegar a todos, pois é um sistema de fácil uso/manuseamento.

Muitos destes dispositivos podem ser construídos com materiais e objetos que qualquer pessoa tenha ao seu alcance ou utilizando dispositivos já à venda no mercado.

3.2.3 Monitores de uso no Espaço ou Ambiente (*Spatial*)

Este tipo de monitores ou ecrãs, como o nome indica, são dispositivos de projeção de vídeo que são inseridos no ambiente. Uma vez que neste tipo de monitores normalmente não existe qualquer tipo de interação entre o utilizador e o ambiente projetado, são muitas vezes sugeridos para grandes apresentações ou mesmo exposições.

Onde este tipo de monitores é mais utilizado é na área do entretenimento, como por exemplo na natação ou futebol, em televisões ou computadores. Na transmissão televisiva deste tipo de desportos, muitas vezes a imagem real surge aumentada através de uma câmara com a sobreposição da RA.

Outro exemplo são os Monitores de Visão Frontal (*Head-Up Displays - HUDs*), que são monitores virtuais utilizadas na área militar, em cockpits ou mesmo aplicados à área automóvel, nos para-brisas.¹⁶

3.3 Sistemas de localização

Os sensores de localização permitem detetar o movimento do utilizador ou de um dispositivo.

O ponto crucial da Realidade Aumentada é a necessidade de controlar com o máximo rigor onde os utilizadores estão localizados em relação ao espaço em que se encontram, quando se movem ou mexem a cabeça ou os olhos.

Os principais sensores de captação de movimento dividem-se em seis grupos: Mecânico, Acústico, Eletromagnético, Magnético, Ótico e GPS.

A possibilidade de a RA ter uma elevada precisão na localização do utilizador já é bastante elevada. Em alguns casos, conjugam-se duas ou mais aplicações (Híbridos) para tentar combinar as vantagens de ambos e chegar a uma melhor precisão da localização do utilizador.

O primeiro sensor surgiu com Sutherland no primeiro sistema de visão ótica direta (HMD), que era um sensor Mecânico. Na altura, a tecnologia ainda estava em desenvolvimento e existia uma grande dificuldade em conseguir fazer as ligações entre os diferentes dispositivos, tal como transportá-lo para o exterior.

Sutherland também desenvolveu os sensores Acústicos. Estes sensores têm tido desenvolvimentos até à atualidade.

¹⁶ Vamos desenvolver este tema mais à frente nesta dissertação. *Vide* capítulo 4.

3.3.1 Mecânico (*Mechanical*)

Os sensores Mecânicos são conhecidos por usarem ligações de cabos ou fios ou braços mecânicos.

São utilizados para definir e localizar a posição do utilizador, como o acelerómetro e o giroscópio (ambos estão montados ao longo dos três eixos ortogonais).

Assim, dada a posição inicial, o giroscópio mede a posição angular e determina a posição do objeto.

3.3.2 Acústico (*Ultrasonic*)

Este sensor funciona pela captação de um determinado som através dos impulsos ultrassónicos para verificar ou colocar um objeto virtual num ambiente. Ou seja, permite captar a distância entre o sensor e o objeto, refletindo o movimento da imagem em 3D.

Utilizando vários sensores, consegue-se obter a posição correta do objeto virtual, através de uma triangulação a 3D e calcular o tempo de voz/distância percorrida.

3.3.3 Eletromagnético (*Electromagnetic*)

O sensor de localização eletromagnético funciona com infravermelhos através de ondas de rádio e óticas.

Este sensor tem duas configurações. A primeira permite ver e captar o movimento, olhando de fora para dentro, ou seja, os sensores auxiliam o utilizador. Este tipo de configuração é mais utilizado na indústria do entretenimento.

A segunda funciona quando se olha de fora para dentro, ou seja, do ambiente para o utilizador. Nesta situação, os sensores são colocados num determinado espaço e no utilizador é colocado um emissor. Este sensor é aplicado em visualização de máquinas, robótica e aplicações móveis.

3.3.4 Magnético (*Magnetic*)

O sensor magnético é um dos mais simples. Utiliza sensores magnéticos para determinar a intensidade e a direção do campo magnético.

3.3.5 Ótico (*Optical*)

O sensor ótico utiliza um sistema de tecnologia computacional de visão e várias câmaras para poder localizar os objetos na imagem. Assim, este sensor permite ao utilizador saber a posição exata em que se encontra e obter informações de orientação.

Alguns destes sensores são já comercializáveis. Os mais conhecidos são *DynaSight (Origin Instruments)* e *D'Tracker (ART GmbH)*, ambos utilizam uma câmara e infravermelhos para calcular a posição de um determinado espaço ou objeto.

3.3.6 Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Positioning System*)

Nos dias de hoje, a tecnologia de localização mais utilizada é o americano *Sistema de Posicionamento Global (GPS)*. Já é possível uma localização quase exata através da triangulação dos sinais assim como da utilização da rede *eGPS (enhanced Global Positioning System)*. Assim, consegue-se calcular a posição com uma precisão de cm.

3.3.7 Híbrido (*Hybrid*)

Os sensores híbridos utilizam dois ou mais sensores que permitem conjugar as suas características de modo a conseguir lidar com as dificuldades que surgem no ambiente exterior ou interior em aplicações de Realidade Aumentada. (AZUMA *et al.*; 2001)

Este tipo de sensores começa a ser comercializável na década de 90. Um exemplo de sensores híbridos são as bússolas eletromagnéticas, os sensores de inclinação gravitacional e giroscópios.

3.4 Interação com o Utilizador

Existem várias formas de o utilizador poder interagir com os sistemas de Realidade Aumentada: Reconhecimento de Gestos (*Haptic UI*), Reconhecimento de Gestos através da Visão (*Visual UI*), Reconhecimento do Olhar (*Gaze Tracking*), Reconhecimento de Voz (*Oral UI*) e Reconhecimento de Texto (*Text Input*). (AZUMA; 1997) (KREVELIN e POELMAN; 2010)

3.4.1 Reconhecimento de Gestos (*Haptic UI*)

O *Haptic* funciona através de gestos de reconhecimento, isto é, através de toque. É a interação com o utilizador e o mundo virtual. Esta interface é controlada através de programas computacionais.

A sensação tátil é dividida em sentido cinestésico (força do movimento) e sentido tátil (toque).

Os jogos de entretenimento são um exemplo, em que alguns dispositivos têm um sentido tátil, dando assim aos jogadores um ambiente mais real do jogo. Acontece em *joysticks*, comandos e volantes, quando estes tremem ou reagem em alguma situação no jogo.

Muitas são as interfaces já desenvolvidas nesta área que permite aos utilizadores saber se estão a tocar num objeto virtual corretamente para a sua manipulação, como, por exemplo, o *CyberGlove*.¹⁷

3.4.2 Reconhecimento de gestos através da visão (*Visual UI*)

Este sistema de interface possibilita que o utilizador esteja mais à vontade, permitindo ter as mãos disponíveis para trabalhar enquanto o sistema de reconhecimento pode estar na cabeça, ou, por exemplo, colocado na gola de uma camisa. Assim, o utilizador encontra-se livre para trabalhar.

Esta interface permite o armazenamento de dados e ainda a oportunidade de gravar e registar algum acontecimento em tempo real.

3.4.3 Reconhecimento do olhar (*Gaze Tracking*)

A interface *Gaze Tracking* é considerada uma tecnologia com grande potencial para a RA. Utiliza pequenas câmaras para determinar a direção.

Uma das maiores dificuldades desta interface é, sem dúvida, a capacidade de calibração, o movimento involuntário tem de ser filtrado de forma a não interferir na captação correta da imagem virtual.

Quando este problema for solucionado, esta interface pode vir a ser uma das mais utilizadas na RA.

3.4.4 Reconhecimento de Voz (*Oral UI*)

Esta interface pode ser utilizada em forma de microfone ou fones. São um método simples de reconhecimento e gravação de voz. Permite assim a interação com o utilizador, podendo este ter acesso a informações e estabelecer diálogo.

A desvantagem desta interface é que, em ambientes ruidosos, apresenta problemas.

3.4.5 Reconhecimento de Texto (*Text input*)

Esta interface permite ao utilizador a interação com um teclado virtual. Este tipo de teclado é projetado em qualquer superfície.

No entanto, dispositivos físicos como *Tablet*, PCs ou telemóveis já estão preparados para fazer um reconhecimento de escrita com uma caneta, apesar de só poder ser aplicada a algumas situações.

¹⁷ Para mais informações sobre a *CyberGlove*, consultar: <http://www.cyberglovesystems.com/> (visualizada em 03/08/2014)

3.5 Limitações

Apesar de ser uma tecnologia que surgiu há bastante tempo, a RA só está a ser implementada na sociedade nos dias de hoje. A Realidade Aumentada entra na vida do ser humano todos os dias, através de telemóveis, jogos de entretenimento e até mesmo de *tablets*. Questões como ergonomia, *design*, peso, consumo de energia e custos estão em constante estudo.

No entanto, mesmo com amplas aplicações no dia-a-dia, a Realidade Aumentada tem ainda bastantes obstáculos a ultrapassar, tanto a nível técnico como a nível social.

As principais limitações desta tecnologia são a Portabilidade de uso interior e exterior, a Calibração e a Captação. (AZUMA; 1997)

3.5.1 Portabilidade de uso interior e exterior

Esta tecnologia apresenta ainda bastantes limitações. Uma delas é, sem dúvida, a portabilidade para o exterior, apesar de os estudos nesta área já terem dado grandes passos significativos, pois é necessário transportar o dispositivo e os seus elementos em conjunto.

No entanto, estes dispositivos encontram-se desprotegidos quanto a condições climatéricas e mesmo acidentes ou choques. Apesar de este tipo de situações já não ser tão frequente.

Os sistemas óticos ou de vídeo normalmente não têm as melhores condições para estar ao ar livre devido à baixa luminosidade, contraste, resolução e campo de visão.

No entanto, este problema tem estado a ser desenvolvido pela *MicroVision*¹⁸, utilizando a tecnologia a laser projetada na mão ou na retina.

3.5.2 Calibração e Captação

Um dos maiores desafios da RA é a captação da Imagem / informação em ambientes que não estão preparados para receber esta tecnologia, mesmo utilizando múltiplos e diversos sensores. Têm-se verificado bastantes avanços na tecnologia nesta área, o que tem permitido diminuir as falhas na captação da imagem e calibração dos sensores.

Apesar de ser difícil conseguir ter uma calibração adequada de acordo com o espaço, esta situação já está resolvida pela calibração automática. Assim, os mecanismos do exterior não precisam de tanta preparação para captar a imagem.

Outro problema que ainda causa bastantes erros na captação da imagem, é a Latência, (tempo entre a captação da imagem e o seu processamento, em tempo real).

¹⁸ Empresa americana de tecnologia com investigações na área da Realidade Aumentada. Para mais informações, consultar: <http://www.microvision.com/> (visualizado em 11/02/2014)

3.5.3 Percepção de profundidade

A Percepção de profundidade é uma dificuldade em dispositivos de RA.

A Percepção de profundidade pode não ser correta e os objetos podem estar mais longe ou mais perto do que realmente estão. Isto provoca um desfasamento entre a realidade e a RA.

Os utilizadores que usam um HMD normalmente perdem a noção de distância imediatamente após a utilização.

Apesar das dificuldades da percepção de profundidade, Biocca e Rolland¹⁹ apresentaram resultados significativos nesta área. (AZUMA *et al.*; 2001)

3.5.4 Sobrecarga de dados

A sobrecarga de informação num dispositivo de RA pode provocar erros ou atrasos no sistema. Um dos problemas é as pessoas confiarem nos dispositivos, o que, em caso de incidente ou erro do dispositivo, pode provocar perda de informação.

A informação pode ajudar em situações de visão em túnel, mas provocar distração na condução, como por exemplo na utilização de *HUD-Up (Head-up Display)*.

A BMW está a desenvolver tecnologia de RA que não só ajude os condutores com informações sobre a estrada, o percurso ou estado do tempo (por exemplo), como previna distrações. Eles pretendem, com esta tecnologia, evitar que apareçam imagens que distraiam o condutor ou que as imagens virtuais obstruam a visão. A informação dada deverá ser estritamente pragmática.

3.5.5 Aceitação Social

O uso da RA como um dispositivo é ainda um desafio. Questões relativas à estética e ao *design*, assim como ao custo, podem levar a uma má aceitação da RA por parte do grande público, em determinados domínios da sua aplicação.

Outro problema é mesmo a (falta de) privacidade do utilizador. Para tentar solucionar este problema, existe, por exemplo, a aplicação *Accenture's Assistant* que deteta quando o utilizador está a ser gravado e emite uma luz de aviso.

¹⁹ Frank Biocca e J. P. Rolland são investigadores da Universidade da Florida, EUA.

3.6 Notas Finais

Este capítulo permite ter uma noção de toda a tecnologia por trás da Realidade Aumentada, além de nos dar a conhecer as limitações que ainda existem sobre esta tecnologia. Limitações não só à utilização pelo ser humano, como à tecnologia em si mesma.

Na utilização pelo ser humano, as grandes limitações prendem-se com a dificuldade na aceitação social (pelos custos, pela novidade da tecnologia e pela potencial falta de privacidade) e com a falta de perceção de profundidade após a utilização dos dispositivos de RA.

No que diz respeito às limitações da tecnologia de RA, salientamos a questão da sobrecarga de dados e a ainda pouca adaptabilidade dos dispositivos ao meio exterior.

Capítulo 4 - Aplicações da RA

"A tecnologia move o Mundo."

(Steve Jobs)

Aplicações da RA

Introdução

A Realidade Aumentada não é uma ficção que vive da imaginação de alguns ou nos filmes de Hollywood. É real e está cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas comuns.

A Realidade Aumentada é utilizada em diferentes ambientes virtuais, podendo ser usada por qualquer área do conhecimento, uma vez que se baseia na inserção de textos, imagens e objetos virtuais a três dimensões num ambiente físico com o qual o utilizador interage. (ROMÃO e GONÇALVES; 2013)

A imagem digital é usada de forma a fazer parte do mundo real, obtendo vantagens ao acrescentar informação à realidade e adicionando atributos que esta não possui. (LIMA *et al.*; 2014)

Desta forma, a Realidade Aumentada está a tornar-se uma ferramenta essencial nos dias de hoje, tendo várias áreas de aplicação. Porque “*tudo é possível e a criatividade é o limite*”. (ROMÃO e GONÇALVES; 2013, pág.29)

Algumas das áreas onde a Realidade Aumentada mais se evidencia, desde a sua génese, é a Engenharia. Neste âmbito, já é possível usar a Realidade Aumentada na avaliação virtual de construções de empreendimentos, carros ou aviões (na construção, na simulação de voo e na aviação quer civil quer militar).

Também na área do entretenimento (jogos eletrónicos e cinema) temos assistido a uma grande evolução, principalmente ao nível da interação com o ser humano.

Mas, há outras áreas, à partida não tão óbvias, onde a aplicação da Realidade Aumentada é já muito valorizada. Entre elas encontramos a geologia, a hidrologia ou a ecologia. Nestas áreas, a Realidade Aumentada introduz o uso de mapas tridimensionais que permitem visualizar informações sobre os terrenos ou a biodiversidade.²⁰

A aplicação da Realidade Aumentada para a reconstrução de imagem tem evoluído significativamente e tido uma grande aceitação nomeadamente em ruínas ou paisagens reconstruídas.²¹ É de salientar também a aplicação na área do Ensino, sobretudo nos domínios da Matemática e Geometria.

²⁰ A aplicação da Realidade Aumentada a estas ciências está ainda, comparativamente, pouco estudada. Podemos encontrar algumas referências ao uso da Realidade Aumentada na geologia, na hidrologia e na ecologia no artigo “Realidade Aumentada: Conceitos e aplicações no *Design*”, de ROMÃO e GONÇALVES.

²¹ Quando este dispositivo estiver mais disseminado, será possível ao ser humano comum entrar nas ruínas de *Conimbriga*, por exemplo, e interagir com a imagem virtual - reconstruída a partir do que se pensa ter sido a imagem real daquela cidade.

“Em todos os casos citados, o utilizador vê um ambiente real e elementos complementares, que consistem de informações simbólicas e textuais, além de objetos virtuais, que podem ser animados e sonorizados para amplificar a sua capacidade de visualização e interação com o ambiente no qual está inserido.” (adaptado de ROMÃO e GONÇALVES; 2013, pág.30)

4.1 Aplicações de RA na Medicina

A Medicina é a área de saber que reúne mais consensos no que concerne à utilidade da Realidade Aumentada. Não é de estranhar que vários laboratórios e universidades tenham investigadores focados apenas na aplicação de sistemas de RA à Medicina.²²

Embora em fase muito embrionária, há já algumas aplicações desenvolvidas com muito sucesso.

Desde 2006 que várias clínicas e hospitais utilizam uma aplicação de RA designada como *VeinViewer*²³. Como o nome indica, através desta aplicação, o médico ou enfermeiro consegue ver, em tempo real, o mapa superficial das veias subcutâneas. O *VeinViewer* emite uma luz semelhante a um raio infravermelho que, quando refletida na pele de uma pessoa, e porque os vasos sanguíneos conseguem absorver essa luz, permite mostrar a localização exata das veias até uma profundidade de 1cm.

Esta aplicação é especialmente útil em procedimentos médicos que envolvem microcirurgias.



Figura 18: *VeinViewer* (retirada do sítio: <http://www.veinviewer.com.br/>)

²² Aqui salientamos, por exemplo, o trabalho do Dr. Henry Fuchs ou do Dr. Andrei State na Universidade de Carolina do Norte, EUA.

²³ Para mais informações sobre o funcionamento do *VeinViewer*, visualizar: <http://www.youtube.com/watch?v=gR1Zve3tRpw#t=62> (visualizado em 26/07/2014)

No entanto, embora a aplicação da RA à Medicina seja bastante importante, a verdade é que a maioria das investigações se encontram em desenvolvimento e não é expectável que estejam ao alcance de todos num futuro próximo.

Há outras aplicações, ainda não tão disseminadas, mas de real importância no futuro da Medicina.

Existem aplicações para visualização e auxílio durante as cirurgias. Estas aplicações existem em algumas salas de operações, mas a sua disseminação mostra-se difícil, devido, principalmente, ao elevado custo da tecnologia.

Estas aplicações permitem reunir informações a nível tridimensional de um paciente em tempo real, conseguindo usar sensores não invasivos ao ser humano como, por exemplo, a ressonância magnética, exames de tomografia computadorizada ou ultrassonografia.

As informações recolhidas em tempo real e processadas por um dispositivo de realidade aumentada permitem saber o verdadeiro estado do paciente no momento. De facto, como diz Azuma, isto daria ao médico uma visão raio-x para dentro do doente. (1997, pág.357)

Desta forma, a Realidade Aumentada será bastante útil em cirurgias pouco invasivas ao cérebro, por exemplo, uma vez que permitirá ao cirurgião fazer a cirurgia com uma pequena incisão ou sem qualquer incisão. Esta possibilidade reduziria os riscos para o paciente e diminuiriam o trauma pós-cirúrgico.

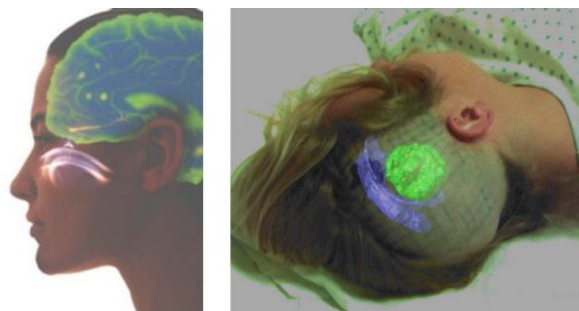


Figura 19: Visão “raio-x” para cirurgiões (retirada do sítio: http://groups.csail.mit.edu/vision/medical-vision/surgery/surgical_navigation.html)

A RA pode facilitar outros procedimentos tornando-os também menos invasivos e logo menos dolorosos para o paciente.

Em procedimentos médicos como a biópsia, a RA pode ajudar o médico a localizar, em tempo real, o tecido a ser recolhido, permitindo a condução da agulha durante a biópsia. Assim, o procedimento torna-se mais rápido e seguro. (STATE *et al.*; 2000)



Figura 20: Visão “raio-x” para cirurgiões (FUCHS, H., STATE, A. et. al., (1996)

Na Universidade da Carolina do Norte, nos Estados Unidos²⁴, há vários projetos a serem desenvolvidos nesta área. Além do uso da RA para as biópsias mamárias, estão a criar uma aplicação que permita visualizar o feto, em tempo real, diretamente na barriga da mulher. O objetivo é que o médico consiga interagir e tocar o feto, criando um *estetoscópio 3D*. (ROLAND e FUCHS; 2000)

Assim, a Realidade Aumentada dá ao médico informações precisas no decorrer de uma cirurgia ou biópsia e tem ainda a capacidade de dar acesso a informação em tempo real e a dados simultâneos. Este tipo de informação é colocado diretamente sobre o paciente.

Pretende-se que futuramente as informações fornecidas por um dispositivo de Realidade Aumentada possam interagir com o utilizador como acontece na visão do feto.

Estas aplicações de Realidade Aumentada podem ser usadas no ensino e preparação de novos médicos e cirurgiões. Assim, os discentes não necessitam de consultar o manual ou mesmo desviar o olhar do paciente no decorrer da cirurgia.

Um dia, será possível um médico ver o histórico de um paciente apenas olhando para ele.

²⁴ Para mais informações sobre os projetos a serem desenvolvidos por estes investigadores, consultar: <http://www.cs.unc.edu/Research/us/> (visualizado em 23/03/2014)

4.2 Aplicações de Realidade Aumentada na Engenharia

4.2.1 Área automóvel

A Realidade Aumentada permite ao condutor uma condução mais segura, auxiliando em condições de pouca visibilidade tal como nevoeiro ou chuva intensa. Permite que o condutor conduza com mais segurança, vendo o trânsito.

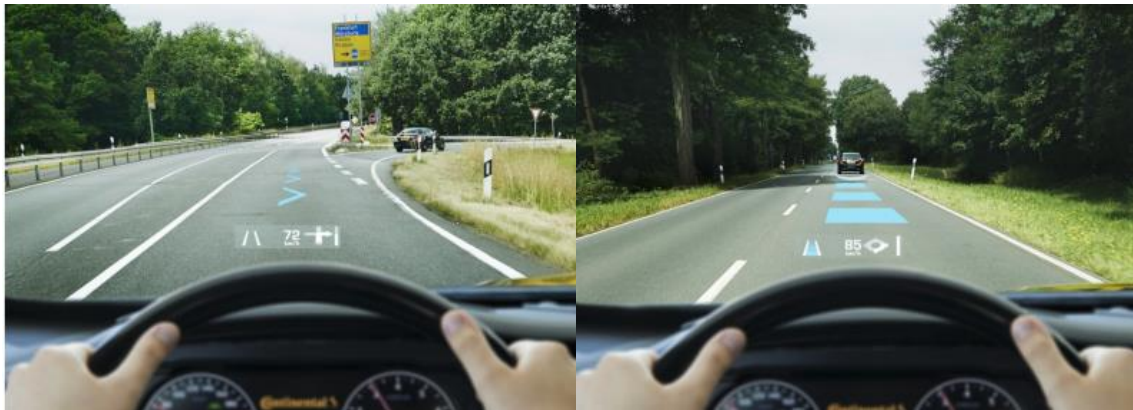


Figura 21: Exemplo de *Head-Up Display* (JEFFREY; 2014)

Para isso, o automóvel possui um *Head-Up Display*, no para-brisas, que mostra, em tempo real, a visão exterior e a situação do trânsito.

A informação virtual colocada no para-brisas do automóvel é inserida em tempo real e, desta forma, os condutores identificam claramente o que se encontra na sua área de visão.²⁵

Esta aplicação tem sofrido grande evolução. Está em desenvolvimento uma nova geração de HUD, sendo que a informação deverá aparecer de forma a não interferir na condução. Um dos exemplos que tem sido dado para esta nova forma de HUD é que, ao navegar, um símbolo indica ao condutor que se aproxima uma curva enquanto que outros dispositivos avisam da presença de outros veículos. Segundo conseguimos apurar, a Continental pensa ter o *Head-up Display* com Realidade Aumentada pronto para produção em série em 2017.

4.2.2 Área da aviação e militar

Uma das primeiras áreas a ser explorada pela Realidade Aumentada foi a área militar, uma vez que, desde o início dos primeiros *Head Mounted Display*, os pilotos utilizavam os *head-up*

²⁵ Um exemplo de um *Head-Up Display* em funcionamento pode ser visto: http://www.youtube.com/watch?v=FeK9IkSD_nI (visualizado em 29/08/2014)

(HUDs) e os HMD montados nos capacetes com o objetivo de adicionar informação ao campo de visão do piloto em tempo real.

Os pilotos tinham a possibilidade de ter informação de sistemas de navegação e voo.

Atualmente, os militares têm vindo a utilizar monitores virtuais que apresentam informações ao piloto sobre o para-brisas do cockpit ou na viseira dos capacetes de voo. (VALLINO; 1998)

Uma das vantagens de utilizar o HMD é a capacidade de distinguir o inimigo e a facilidade em apontar o armamento a esse inimigo.

Além disso, vem permitir ao piloto uma visão da pista em situações de fraca visibilidade e a utilização de marcadores virtuais na pista de aterragem. Foi também desenvolvido para os militares um sistema móvel que permitia a visualização de objetos virtuais (aviões e alvos). (WANSTALL; 1989)

A Realidade Aumentada é usada no reconhecimento aéreo, permitindo aos pilotos voar e determinar pontos de referência, tal como acontece em unidades terrestres. Esta aplicação ajuda a estabelecer um controlo aéreo e terrestre de uma determinada zona, permitindo que os pilotos identifiquem os inimigos. (METZGER; 1993)

A Universidade de Rochester e a *Defense Advance Research Projects Agency* (DARPA) estão a desenvolver uma aplicação de vigilância de vídeo e monitorização (VSAM). Esta aplicação sobrepõe imagens de vigilância aérea a imagens de vigilância terrestres, formando uma única imagem (com ambas as perspetivas) mais próxima da realidade. Com essa imagem real é possível posteriormente reconhecer alterações no terreno (veículos ou edifícios). Esta ferramenta poderá ser especialmente útil na área militar. (VALLINO; 1998)

4.2.3 Robótica

A Realidade Aumentada permite à robótica o controlo virtual de um robot. Controlar um robot pode ser extremamente difícil, principalmente quando este se encontra a determinada distância. Um dos maiores problemas é o atraso na comunicação.

A possibilidade de um utilizador controlar virtualmente o robot iria pôr fim a vários problemas. Desta forma, o utilizador pode descrever detalhadamente o que pretende que o robot faça, em tempo real e no local pretendido. (VALLINO; 1998)

O sistema de Realidade Aumentada permite claramente obter resultados diretos em tempo real, evitando variações provocadas devido a atrasos na comunicação com o utilizador. Assim, consegue-se obter resultados fidedignos, manipulando o ambiente assim como planeando e pré-visualizando a tarefa pretendida pelo utilizador.²⁶ (AZUMA; 1997)

²⁶ Como por exemplo o sistema ARGOS (DRASCIC *et al.*; 1993)

4.3 Aplicações de Realidade Aumentada no Ensino

Muitos são os estudos na área do Ensino que utilizam sistemas de Realidade Aumentada. A RA apoia a educação, o inserindo objetos a 3D no mundo real, permitindo a interação entre a imagem virtual e o utilizador. (KREVELEN e POELMAN; 2010)

Existe já um sistema educativo de Realidade aumentada, desenvolvido por Freitas e Campos²⁷ (SMART - *System of Augmented Reality for Teaching*). Esta aplicação de Realidade Aumentada introduz conceitos em tempo real em vídeos que estão a ser mostrados a um conjunto de alunos. (2008)

Nesta altura, a maioria das crianças tem acesso à tecnologia e a jogos digitais e, desta forma, torna-se muito mais simples aliciá-las a aprender se um professor usar este tipo de tecnologia.

Os jogos com Realidade Aumentada permitem que os utilizadores tenham uma visão enriquecida e ampliada do ambiente. Ao lidar com os objetos virtuais tridimensionais sobrepostos no cenário, o jogador estimula sua capacidade de perceção e raciocínio espacial, conforme apresentado no jogo de palavras e quebra-cabeças 3D. O Ensino tenta acompanhar o desenvolvimento da tecnologia para cativar crianças, jovens e adolescentes para as matérias a serem lecionadas. Os jogos têm um carácter lúdico, mas são muitas vezes usados com fins educacionais. (ZORZAL *et al.*; 2008)

Foi feito um estudo envolvendo várias experiências, em três escolas portuguesas diferentes com 54 alunos. Os resultados obtidos indicam que o sistema educacional de RA (SMART) aumenta a motivação dos alunos, proporcionando um impacto positivo sobre as experiências, mesmo em alunos com mais dificuldades de aprendizagem. (LEE; 2012)

Ao lidar com os objetos virtuais a três dimensões sobrepostos no cenário, um aluno estimula sua capacidade de perceção e raciocínio, como por exemplo num jogo de palavras.

Existe um *software* de RA, *toolKit* que permite ao utilizador formar palavras, através deste programa, bastando, para tal, usar marcadores com letras de forma quadrada. Quando o utilizador alinha os marcadores de forma correta, a aplicação reconhece a palavra formada e apresenta a imagem a que a palavra se refere. (FREITAS e CAMPOS; 2008)



Figura 22: Exemplo de Quebra-Cabeças para identificação de palavras (adaptado de ZORZAL *et al.*; 2008)

²⁷ Este sistema foi desenvolvido no âmbito de uma tese para obtenção de grau de Mestre da investigadora Rubina de Dória e Freitas, com orientação do Prof. Doutor Filipe Pereira Campos, em 2008. O SMART já aparece referenciado internacionalmente. (LEE; 2012)

Nas últimas décadas investigadores e engenheiros têm vindo a desenvolver aplicações de Realidade Aumentada para espaços académicos.

A introdução da ferramenta *Construct3D* desenvolvida para o ensino da matemática e da geometria, tendo como base o quadro *StudierStube* (Quadro interativo que permite suportar vários sistemas operativos, pode utilizar diferentes tipos de visor HMD e ter vários tipos de aplicações interagindo com diferentes utilizadores) que apoia o ensino da engenharia. Esta aplicação permite a colaboração entre a RA com a interação 3D de um objeto virtual.



Figura 23: *Construct3D* (adaptado de FREITAS; 2008)

Apesar de todos os estudos realizados na aplicação de Realidade Aumentada no Ensino, existem ainda alguns contratempos a serem avaliados, tais como o seu custo e a sua eficiência. (SHELTON e HEDLEY; 2002)

4.4 Aplicações da Realidade Aumentada no *Design*

4.4.1 Área do *Design* do produto ou objetos

A Realidade Aumentada pode permitir ao *designer* visualizar e interagir com os seus projetos de forma espontânea e interativa, obtendo respostas no instante. Desta forma, o *designer* tem liberdade de experimentar várias formas virtuais do projeto ou produto, podendo modificá-lo ou acrescentar algo em tempo real.²⁸ (ROMÃO e GONÇALVES; 2013)

²⁸ A empresa Kroll Design tem desenvolvido algumas aplicações nesta área. Para ver o seu funcionamento, consultar: <http://www.youtube.com/watch?v=qjpf16rrMGw#t=185> (visualizado em 12/08/2014)

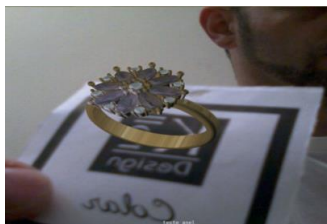


Figura 24: Anel modelado em RA (adaptado de ROMÃO e GONÇALVES; 2013)

4.4.2 Área do *design* de Ambientes Interiores ou Exteriores

A RA, numa situação de *design* de ambientes interiores ou exteriores, pode alterar ou mesmo adicionar, remover, redimensionar ou reorganizar objetos até o designer encontrar um equilíbrio do ambiente que procura. O facto de o *designer* poder interagir com o meio ambiente permite, não só uma sobreposição de informação sobre o mundo real, como tem a capacidade de, em tempo real, obter um novo ambiente.

4.4.3 Área do *Design* Automóvel

Na área automóvel, a aplicação da Realidade aumentada na área do *design* é muito vasta. Um sistema de Realidade Aumentada permite trabalhar o *design* e modificar a estrutura de um carro com a possibilidade de ver, no mesmo instante, as modificações feitas.²⁹

A Crysler usa uma aplicação de RA de simulação de um veículo que permite ao utilizador explorar a viatura de forma virtual, proporcionando ao utilizador a experiência de, virtualmente, poder abrir a porta e ver o seu interior. A vantagem desta experiência é permitir fazer testes de utilização.

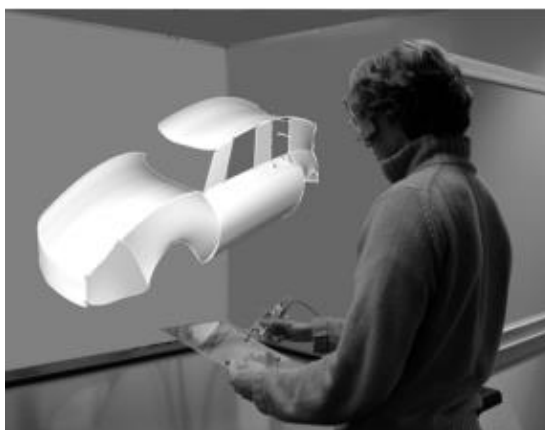


Figura 25: Visualização de viatura através do *SpaceDesign* (adaptado de FIORENTINO *et. al.*; 2002)

²⁹ Uma dessas aplicações é a *SpaceDesign* desenvolvida por Fiorentino *et. al.*

A Volkswagen usa aplicações de Realidade Aumentada para simular colisões e, com isso, melhorar o *design* dos seus veículos.

Estes testes, feitos a partir de uma aplicação primeiramente desenvolvida num dos projetos da ARVIKA (*Augmented Reality for Development, Production and Service*), possibilitam ao engenheiro uma comparação dos resultados do impacto da viatura, tanto real como simulado. Esta comparação de resultados acontece no momento e os valores são obtidos de forma gráfica. (FRIEDRICH; 2004)



Figura 26: Exemplo de simulação de embate (adaptado de FRIEDRICH; 2004)

Com os resultados destes testes, as equipas de engenharia conseguem encontrar melhor soluções de *design* para, não só tornar a viatura visualmente mais apelativa, como mais segura.

4.5 Aplicações de Realidade Aumentada na Área do Entretenimento

4.5.1 Área do entretenimento televisivo

A possibilidade de utilizar a Realidade Aumentada no entretenimento (na televisão, jogos de entretenimento, visualização de locais com breves explicações do mesmo ou mesmo referências sobre os museus ou locais históricos servindo como guia para os turistas) é bastante vasta.

Na área televisiva, a Realidade Aumentada é bastante abrangente e é aplicada diariamente na área da informação, onde a interação entre o cenário virtual e o ser humano proporciona, em tempo real, a possibilidade de desenvolver um anúncio de televisão ou mesmo informação. Neste exemplo, o utilizador encontra-se em frente de uma tela azul, o

computador capta o movimento do utilizador e a câmara vai registando todo o cenário, juntando os cenários virtuais com o utilizador (ator ou jornalista). (VALLINO; 1998)

No caso da realização de um boletim de meteorologia na televisão, o jornalista está à frente de uma tela azul ou verde, onde seguidamente vão surgindo os mapas meteorológicos, utilizando a Realidade Aumentada.



Figura 27: Sobreposição de imagens reais e virtuais para Boletim de Meteorologia (adaptado de VALLINO; 1998)

A vantagem de utilizar a Realidade Aumentada neste setor é a redução de custos, uma vez que possibilita a criação, desenvolvimento e arquivo de novos cenários virtuais. A construção de novos cenários físicos é bastante dispendiosa.

Desta forma, Realidade Aumentada permite não só redução de custos, como a capacidade de arquivar todo o tipo de cenários virtuais, e informação. Este sistema poderá ser usado também na produção de ficção (novelas, séries ou filmes), onde se poderá evitar a construção de cenários físicos para cada núcleo, bastando sobrepor o cenário virtual aos atores.

Balcisoy e Thalmann desenvolveram um estúdio virtual, tridimensional, com pessoas virtuais com quem os atores interagem. Uma vez que o ator se move num espaço vazio, será necessário usar imagens muito precisas para que a sobreposição do espaço virtual nos pareça real. (1997)

4.5.2 Localização de lugares e referências

4.5.2.1 Museus e Visualização de Espaços Históricos

A Realidade Aumentada tem várias aplicações em estudo que possibilitam aos turistas saber informações históricas (ou não), sobre um espaço ou determinado objeto. Assim, qualquer pessoa tem a capacidade de se orientar através de um dispositivo móvel com uma aplicação de RA. Este tipo de aplicações permite referenciar determinados espaços, sejam eles de entretenimento ou não. A possibilidade de uma pessoa ter uma visita virtual guiada em um determinado local histórico, museu ou local de entretenimento é real.

Há neste momento pesquisadores que utilizam a tecnologia de RA para ser usada em museus. Desta forma, qualquer visitante pode ter informações históricas e referências sem recorrer a um guia turístico ou manual para requerer informações corretas.

Um exemplo da aplicação da RA nesta área foi num museu de paleontologia onde existem esqueletos de dinossauros e onde foi desenvolvido um projeto de RA. Este projeto tem o nome de “Projeto Raptor” e foi desenvolvido por Oliver Bimber e L. Miguel Encarnação³⁰ no *Fraunhofer Center for Research in Computer Graphics* e permite a um visitante a visualização virtual de um fóssil. Com o uso de *Head-Mounted Display* (HMD), a forma do corpo do dinossauro surge, chegando a mostrar a cor da pele e os músculos. (SILVEIRA *et. al.*; 2011)

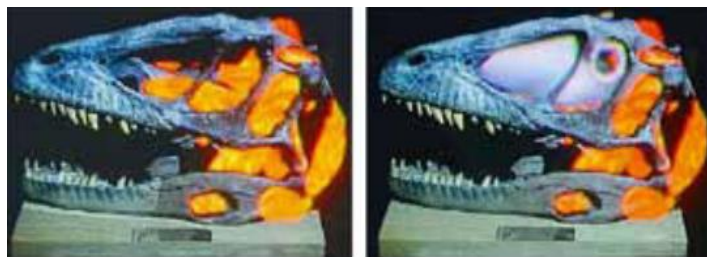


Figura 28: Reconstrução facial de um *Raptor* (SILVEIRA; 2011)

Esta pesquisa permite a qualquer visitante, de qualquer faixa etária, perceber a verdadeira história e compreender o que visualiza de uma forma científica.

O que se pretende com esta tecnologia é dar informação ao visitante de forma fácil. Teriam de existir marcadores fiduciais que os visitantes pudessem tocar e que lhes dariam informações sobre a obra de arte ou objeto em questão. Desta forma, é possível ter uma aplicação que permite a qualquer visitante ter uma visita guiada usando apenas um dispositivo móvel. (BRAGA; 2007)

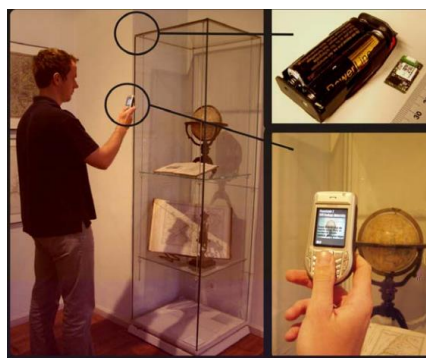


Figura 29: Utilização de dispositivo móvel para reconhecimento de objetos em Museu (adaptado de BRAGA; 2007)

³⁰ Oliver Bimber é investigador Johannes Kepler University Linz, Áustria. Miguel Encarnação é investigador na Universidade do Iowa, EUA.

Desde que haja o reconhecimento do objeto, apresentações em multimédia tais como vídeos, áudio textos, gráficos computacionais e imagens, são mostradas no telefone. (BRAGA; 2007)

O professor Oliver Bimber desenvolveu um sistema de RA (*Phone Guide*) que é usado nos telemóveis com câmaras para que possa haver reconhecimento de objetos. Foi realizada uma experiência no Museu da Cidade de Weimar, na Alemanha, que permitiu perceber como funcionava a aplicação. Os resultados foram bastante positivos, sendo que a taxa de sucesso da aplicação atingiu cerca de 95%. Ou seja, 155 objetos do museu foram reconhecidos por um dispositivo móvel em menos de um segundo.

Assim, pode verificar-se que a aplicação desta tecnologia em museus tem a grande vantagem de proporcionar o envolvimento do visitante numa experiência lúdica com o museu.

A visualização de Espaços Históricos através da RA é bastante interessante pois permite ao utilizador viajar no tempo e conhecer virtualmente espaços em ruínas ou mesmo visitar espaços subterrâneos. Existem estudos de sistemas de RA que permitem a reconstrução de espaços em ruínas ou espaços de que apenas existem os alicerces.

Estas aplicações em estudo permitem ao utilizador olhar para o monumento em ruínas com um dispositivo móvel ou um *HMD* e direcioná-lo no sentido do monumento e, desta forma, visualizar virtualmente o monumento reconstruído.

Estas aplicações, além de recriarem o monumento em ruínas, têm a capacidade de conciliar a narração de áudio e a imagem em simultâneo. Permitem ainda que o utilizador consiga obter um mapa digital do local e informações sobre o que se encontra no seu campo de visão.

As aplicações podem ser alteradas em tempo real, consoante a faixa etária, fornecendo a informação ao utilizador da forma mais adequada. (VLAHAKIS *et al.*; 2002)



Figura 30: Na imagem a), vemos o Templo de Hera em Olímpia como está hoje. Na imagem b), vemos o mesmo Templo de Hera em Olímpia através de dispositivo de RA (adaptado de VLAHAKIS *et al.*; 2002)

4.5.2.2 Espaços e Localização

A visualização de espaços, com informações sobre locais, é uma área em constante crescimento na RA. Mesmo já com a tecnologia de GPS, é ainda difícil obter uma rápida e nítida percepção de um espaço. (JIN *et al.*; 2010)

Assim, o utilizador tem a possibilidade de visualizar todas as informações relacionadas com o espaço em que se encontra no momento. Quando não existe um único elemento a 2D que faça uma associação ao dispositivo móvel, é necessário obter as coordenadas do utilizador em tempo real.

Todas as informações são atualizadas em tempo real. O utilizador tem a possibilidade de estar informado no momento sobre o espaço em que se encontra, tudo através de um dispositivo móvel com GPS e uma aplicação de RA.

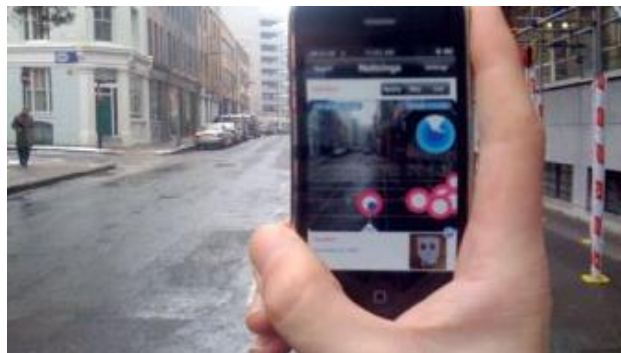


Figura 31: Exemplo da Aplicação Layer (http://www.youtube.com/watch?v=b64_16K2e08)

O *Layar*³¹ é um exemplo de aplicação, desenvolvida para dispositivos móveis que tem várias funcionalidades como a identificação de locais e espaços. Além disso, permite saber as referências feitas a alguns lugares (comentários em sítios da internet, por exemplo), saber a distância para outros locais, ou poder marcar os seus locais favoritos, procurando mesmo os locais mais populares, como pontos turísticos e pontos históricos.

A YDreams é uma empresa portuguesa, fundada no ano 2000, que tem como objetivo desenvolver produtos e soluções tecnológicas que interagem com o ser humano. Um dos projetos da YDreams é a *Virtual Sightseeing* (aplicação de RA) que é um Miradouro virtual que tem como objetivo explorar paisagens.

³¹ Para visualizar esta aplicação: http://www.youtube.com/watch?v=b64_16K2e08 (visualizado em 05/01/2014)

É constituído por uma câmara que recolhe a informação em tempo real e permite a interação com o utilizador, um dos locais onde se encontra este dispositivo é no castelo de Pinhel ou o Centro Interpretativo de Belmonte.³²

4.5.3 Desporto

O desporto é uma das áreas de entretenimento mais vistas em tempo real: Jogos Olímpicos, campeonatos de futebol, competições de ténis ou natação, hóquei, atletismo. Do futebol americano ao *baseball* na América, passando pelo cricket ou o rugby nos países da *Commonwealth*, ou o futebol na Europa, seja qual for a cultura, seja qual for a modalidade, o desporto fascina os espectadores e move milhões de adeptos que se juntam em recintos desportivos ou em frente a um ecrã de televisão.

Não é de espantar por isso, que existam já aplicações de RA que ajudam na visualização das competições na televisão ou mesmo através de dispositivos móveis.

A Realidade Aumentada já tem diversas aplicações para alguns desportos em particular, como a natação, futebol, hóquei entre muitos outros. (AZUMA *et al.*; 2001)

No caso do hóquei, uma empresa francesa (*Symah Vision*) desenvolveu uma aplicação para a transmissão de jogos que tem o nome de *FoxTrax*, da rede Fox.

O objetivo desta aplicação era fazer o caminho virtual do disco de hóquei no gelo, que consegue obter elevada rapidez durante o jogo. Desta forma, a trajetória do disco de hóquei é sobreposta à imagem do campo, e a cor da trajetória vai alterando consoante a velocidade do disco.

Esta aplicação é utilizada para competições de carros, para verificar a trajetória de uma bola de *snooker* e também visualizar competições de natação.

“A Realidade Aumentada pode ser aplicada para melhorar os jogos que as pessoas jogam”³³. (VALLINO; 1998)

Esta tecnologia permite que um utilizador com um dispositivo móvel consiga, em tempo real, visualizar um fora de jogo através de uma linha virtual que aparece no ecrã. Nas transmissões televisivas de provas de natação, por exemplo, vemos frequentemente a linha virtual que marca o record. Através dessa linha virtual, o espectador consegue visualizar se os atletas estão a nadar a um ritmo que permita bater um record do Mundo ou record Olímpico.

³² Para mais informações sobre esta empresa, consultar: www.ydreams.com e <http://www.economist.com/node/10202623> (visualizado em 12/01/2014)

³³ Tradução nossa.

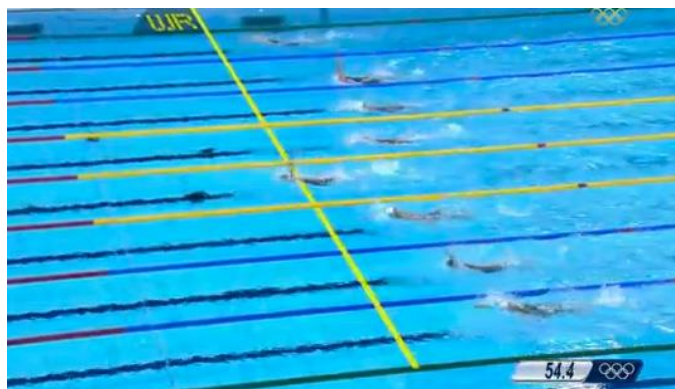


Figura 32: Linha de record numa prova de Natação (<http://theinstitute.ieee.org/ieee-roundup/opinions/ieee-roundup/how-technology-continues-to-change-the-olympics->)



Figura 33: Linhas de fora de jogo em visualização de jogo de futebol (<http://sic.sapo.pt/>)

4.5.4 Jogos

A indústria do entretenimento, principalmente nos jogos, tem evoluído a larga escala. Esta é uma área que abrange todas as faixas etárias. Desta forma, a tecnologia de Realidade Aumentada tem permitido grandes avanços na área do entretenimento.

Hoje em dia é possível interagir com jogadores reais e virtuais no ambiente de um jogo com a utilização de HMD. Estas aplicações podem ser usadas em quase todo o tipo de jogos, sejam de puro entretenimento (jogos de estratégia ou de corridas, por exemplo) ou de carácter mais didático.

São, por exemplo, desenvolvidos jogos de índole desportiva para preparação de jogadores e jogos que permitem interagir com outros jogadores, tanto virtuais como reais, e desenvolver competições.

O jogador, além de ter a possibilidade de interagir virtualmente com todo o jogo, tem a possibilidade de interagir com pessoas virtuais, competindo e jogando com elas, possibilitando quase um ambiente real. (VALLINO; 1998)

4.6 Marketing e Publicidade

A Realidade Aumentada tem tido um papel importante na indústria da publicidade, na animação e marketing e até na sociedade, uma vez que proporciona a demonstração de novos produtos a prováveis investidores. (BERRYMAN; 2012)

Desta forma, a RA pode ser utilizada para provocar um aumento nas vendas dos produtos. Algumas empresas já utilizaram esta tecnologia, tal como Lego³⁴, Nestlé e Doritos. (KIRNER e KIRNER; 2011)

Um exemplo de aplicação da Realidade Aumentada na publicidade surgiu em 2008. A publicidade do MINI permitia a um utilizador a experiência de ver fotografias do carro a 3D³⁵. O utilizador usufruía desta experiência, entrando no sítio de internet do MINI que apresentava o anúncio do carro através do marcador que o utilizador mostrava para uma *webcam*. Desta forma, o carro surgia virtualmente.

Outro exemplo de RA na publicidade surge com a marca de cerveja Stella Artois, que permitiu aos seus consumidores o uso de uma aplicação (*Le Guide Bar*³⁶) que dava a informação onde esta cerveja era vendida, localizando os bares mais próximos. Permitia também pesquisar bares em outros países onde esta cerveja era vendida. O utilizador podia escolher o bar pretendido, definir a sua rota e seguidamente voltar para casa pedindo um táxi. Esta aplicação só funcionava em bares indicados na aplicação.

A Realidade Aumentada não utiliza apenas dispositivos móveis, mas também usa projetores. Temos o exemplo de uma publicidade que se realizou numa estação de metro em Londres no ano de 2011. A marca de um desodorizante AXE conseguiu interagir com o público. Quando as pessoas paravam por cima da marca surgia um anjo virtual, interagindo com a pessoa em tempo real, gerando várias reações. (ITO e AFFINI; 2011)

Esta publicidade utiliza projetores como dispositivo de saída, tendo como dispositivo de entrada um sistema Kinect que se baseia em gestos.³⁷ Segundo ITO afirma, desta forma é possível que possamos ter a televisão com anúncios e programas de RA a interagir com o utilizador.

A aplicação desta tecnologia (Realidade Aumentada) nesta área permite ao utilizador ser criativo e gerar publicidades interativas e cativantes ao espectador/consumidor, proporcionando a divulgação de um produto de forma mais rápida e eficaz.

³⁴ Para mais sobre a RA na Lego, visualizar: <http://www.youtube.com/watch?v=k1LYIKBYRYw> (visualizado em 03/09/2014)

³⁵ Realidade Aumentada na MINI: <https://www.youtube.com/watch?v=HTYeuo6pljY> (visualizado em 23/08/2014)

³⁶ Aplicação *Le Guide Bar*: <https://www.youtube.com/watch?v=sTERI1s-UyA> (visualizado em 22/08/2014)

³⁷ Campanha da AXE: <https://www.youtube.com/watch?v=SGIbD4qMDB8#t=55> (visualizado em 22/08/2014)

4.7 Arquitetura

Na área da arquitetura esta tecnologia é útil uma vez que pode auxiliar na visualização de novos edifícios, ou mesmo utilizando informações sobre a estrutura de um edifício se estas estiverem disponíveis em bancos de dados de acesso público.

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que neste setor permite a sensação de antecipação de possíveis construções futuras em ambientes ainda em fase de projeto. Atua como um meio de auxiliar em etapas de planeamento de novos projetos, construção ou reconstrução de edifícios. (AZUMA; 1997)

Esta tecnologia de Realidade Aumentada oferece à arquitetura uma espécie de "visão de raios-X" dentro de um edifício. O utilizador tem a possibilidade de ver todo o interior de um edifício, mostrando onde passa a canalização, cabos elétricos e os suportes estruturais que estão dentro das paredes. (FEINER *et al.*; 1995)

Investigadores da Universidade de Toronto desenvolveram um sistema de Realidade Aumentada através de gráficos e sobreposições de vídeo estéreo (ARGOS). O ARGOS é utilizado para desenhar imagens fáceis de entender, quando existem condições de difícil visualização. Esta aplicação tem uso prático na robótica, por exemplo, mas também na Arquitetura, permitindo antever o impacto que determinada construção poderá ter no ambiente. (MILGRAM *et al.*, 1995) (DRASCIC *et al.*, 1993)

A Realidade Aumentada permite a interação do utilizador ou de vários utilizadores na construção de um projeto. Os utilizadores podem movimentar e interagir com as imagens. Neste sistema de Realidade Aumentada, os possíveis clientes/compradores podem visualizar de forma direta o edifício sem ter conhecimentos especializados nesta tecnologia.

4.8 Notas Finais

Com esta breve apresentação, pretendemos mostrar algumas das muitas áreas onde a tecnologia da Realidade Aumentada pode ser aplicada.

As utilizações são, na verdade, quase infinitas, mas quisemos salientar as que têm tido avanços mais promissores. O entretenimento e o marketing são áreas onde a RA está em clara expansão, principalmente devido ao elevado apelo ao público em geral.

Capítulo 5 - Aplicações na Indústria

"Qualquer tecnologia suficientemente avançada parece magia."

(Arthur Charles Clarke)

Aplicações na Indústria

Introdução

Outra área de aplicação significativa na Realidade Aumentada é, sem dúvida, a área da Indústria. Podemos mesmo dizer que foi nesta área que a Realidade Aumentada se afirmou.

A aplicação da Realidade Aumentada na Indústria permite uma maior facilidade na montagem, manutenção e reparação de máquinas complexas.

Este capítulo vai focar-se nas aplicações da Realidade Aumentada no setor da indústria, tanto nas linhas de montagem como na área da logística. Vamos dar a conhecer algumas das aplicações desenvolvidas para esta área tal como as vantagens (bastante evidentes) da sua utilização em algumas indústrias.

5.1 Aplicações da RA na Indústria

A indústria foi uma das primeiras áreas a utilizar a Realidade Aumentada com aplicações como a que foi usada na linha de montagem da Boeing, que surge nos anos 90, utilizando um sistema de sobreposição de imagens virtuais em ambiente real na montagem de equipamentos eletrónicos de aeronaves. Esta aplicação tinha o objetivo de ajudar e facilitar os funcionários na montagem dos equipamentos.

A vantagem de ter um dispositivo de Realidade Aumentada é que o utilizador pode receber instruções e agir em conformidade, mesmo sendo apenas um principiante. Com essa aplicação, o utilizador vê um ecrã (virtual) que lhe mostra imagens dos equipamentos e anotações que possibilitam a reparação e manutenção. (VALLINO; 1998) (PENTENRIEDER *et al.*; 2007)

Estas instruções são demonstradas através de imagens interativas (ou não) e são sobrepostas ao equipamento real para que a perceção seja mais intuitiva e mostrando, de forma gradual, as tarefas a serem realizadas e como se devem realizar. (AZUMA; 1997)

Vários são os projetos de pesquisa nesta área, um deles é desenvolvido por um grupo de investigadores liderado por Steven Feiner, na Universidade da Columbia - EUA, que desenvolveu uma aplicação para a manutenção da impressora a laser. (FEINER *et al.*; 1993)

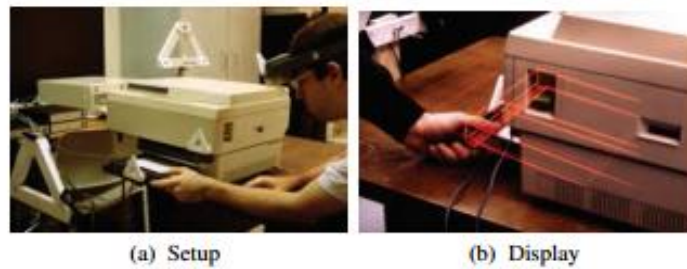


Figura 34: 1KARMA - protótipo de um sistema de RA que explica a manutenção de uma impressora a laser através de um HMD (adaptado de FEINER; 1993)

Um dos projetos que atualmente se encontra em maior desenvolvimento pertence a um grupo da Boeing que está a desenvolver uma tecnologia de Realidade Aumentada para orientar um técnico na construção do sistema elétrico de um avião. Esta tecnologia tem como objetivo economizar espaço e reduzir os custos.

Os investigadores da Boeing desenvolveram um *display* de realidade aumentada para substituir a necessidade de usar vários quadros de diagramas (um para cada circuito), usando apenas um quadro, virtual e mais abrangente para todos os tipos de circuitos. (FITE-GEORGEL; 2011)

É de referir ainda outra investigação de grande importância nesta área. A Universidade de Southern Califórnia, em conjunto com a empresa McDonnell-Douglas, realizou uma pesquisa que utiliza um sistema de Realidade Aumentada que tem como objetivo ajudar os técnicos na manutenção, orientação e reparação de equipamentos.

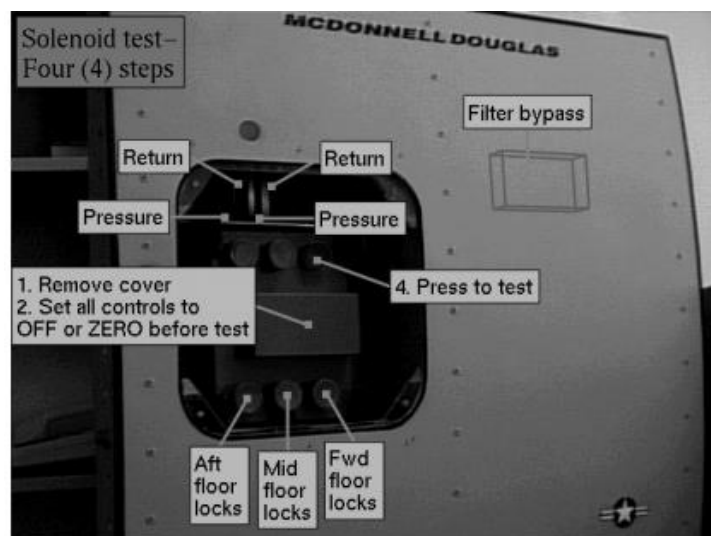


Figura 35: Uso de RA para orientar o teste de equipamento (adaptado de VALLINO; 1998)

5.1.1 Visualização e anotação de objetos

Neste contexto, a Realidade Aumentada demonstra-se útil por possibilitar anotações de objetos, máquinas, espaços interiores ou exteriores. A informação retirada pelo utilizador pode ser privada ou pública, consoante a situação. Pode-se acrescentar informações virtuais a uma imagem real, tornando a sua visualização mais fácil quando as condições são desfavoráveis como, por exemplo, na condução noturna ou mesmo na localização de livros nas prateleiras de uma biblioteca. (AZUMA; 1997)

As informações públicas podem ser armazenadas num banco de dados a que todas as pessoas tenham acesso. Por exemplo, um *display* de mão poderia fornecer informações sobre o conteúdo das prateleiras de uma biblioteca ou de como o utilizador caminha em torno de uma biblioteca.³⁸ (FITZMAURICE; 1993)

“Outra aplicação, que se encontra em desenvolvimento no Centro Europeu de Investigação de Indústria Computacional (European Computer-Industry Research Centre - ECRC), permite que um utilizador aponte para partes de um modelo de um motor e o sistema de RA exhibe o nome da peça”. (ROSE et al., 1995)

A imagem abaixo mostra como o utilizador pode trabalhar com um sistema de Realidade Aumentada. Neste caso, o utilizador aponta para o objeto e surge a legenda.



Figura 36: Exemplo de visualização de objeto através de RA (adaptado de VALLINO; 1998)

A possibilidade de ver o objeto a 3D com um *display* permite a interação em tempo real com várias pessoas de um determinado projeto, caso o projeto se encontre em fase inicial. A facilidade de interagir com o objeto virtual e aliar informação é essencial numa fase embrionária de um determinado projeto. (VALLINO; 1998)

³⁸ O investigador da Universidade de Toronto, George Fitzmaurice, continua a desenvolver sistemas de RA para a captação e gravação de movimento, como por exemplo o *YouMove*: <http://www.youtube.com/watch?v=DsZ-9opi150#t=119> (visualizado em 02/07/2014)

Outro exemplo de técnicas de visualização de Realidade Aumentada é a capacidade que o sistema possui de desenvolver uma estrutura de um determinado objeto sobre um qualquer ambiente ou espaço. Esta aplicação possibilita a visualização de linhas virtuais que mostram a forma de determinados objetos ou espaços (como túneis ou compartimentos, por exemplo). (AZUMA; 1997)



Figura 37: Linhas virtuais que ajudam na visualização de espaços (adaptado de AZUMA; 1997)

5.1.2 Área Automóvel

A ARVIKA (*Augmented Reality for Development, Production and Service*) é um projeto que tem como objetivo desenvolver sistemas de Realidade Aumentada, tanto para uso móvel como para aplicações industriais. Este projeto teve a duração de pelo menos 4 anos, envolvendo cerca de 30 subprojetos para aplicações em diversas áreas, aplicando a Realidade Aumentada. Estes projetos tiveram resultados significativos, sendo reconhecidos a nível mundial. (WHITE *et al.*; 2014)

A indústria automóvel é um grande motor que tem impulsionado bastante o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada e por isso, não é de estranhar, que alguns dos projetos da ARVIKA tenham aplicação direta nessa indústria. (FRIEDRICH; 2004)

A ARVIKA criou uma aplicação que ajuda os funcionários de uma empresa em tarefas como manutenção e reparação no terreno, em interação com a sede dessa empresa. A informação relativa à manutenção ou reparação de um motor (por exemplo) é carregada neste *software* e fica disponível não apenas na sede da empresa, mas em todo o Mundo, permitindo assim que, qualquer pessoa, em qualquer lugar, possa proceder à reparação ou manutenção daquele motor³⁹. (LEE; 2012)

³⁹ O autor refere que a BMW aplica RA tanto nas manutenções, como nas linhas de produção, mas também fora das unidades industriais. Usando óculos especiais, adaptados com o *software* de RA, ligados aos servidores, os técnicos da BMW têm toda a informação ao seu dispor sempre que dela necessitam: no local de trabalho, onde quer que esteja o veículo ou a máquina que têm de reparar. Os

Os resultados positivos obtidos por esta aplicação levaram a que a BMW usasse este *software* criado pela ARVIKA e fizesse testes no terreno e a nível mundial.

A BMW também usa a Realidade Aumentada na produção, nomeadamente para melhorar os sistemas de soldadura nos carros. (KREVELEN e POELMAN; 2010)

Também a Volkswagen e a Honda usam aplicações de Realidade Aumentada nas linhas de produção e em *workshops*.



Figura 38: Exemplo de RA para reparação de componentes automóveis (adaptado de FREITAS; 2008)

5.1.3 Logística

Na área da indústria, além de tudo o que foi referido em cima, existe ainda um outro setor de extrema importância para a Realidade Aumentada.

A logística de uma indústria é, na realidade, muito complexa. Os trabalhadores são constantemente surpreendidos com situações inesperadas que têm de ser rapidamente resolvidas. Têm de deter sempre a informação correta e atempada para as solucionar. Para isso, “os pré-requisitos para sistemas super-adaptados são funcionários flexíveis”.⁴⁰ (SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)

O objetivo é sempre facilitar ao trabalhador a informação de forma eficiente e intuitiva. Assim, a Realidade Aumentada no setor da logística chega mesmo a ser um sistema de fácil adaptação, proporcionando ao trabalhador a realização de um trabalho mais eficiente e livre de falhas.

Um sistema de Realidade Aumentada permite dar informações detalhadas sobre qualquer setor da indústria e apoiar o trabalhador em tarefas de precisão ou nas quais este não tenha formação suficiente para desempenhar uma determinada função.

mecânicos recebem informação 3D da peça que estão a reparar para ajudar a diagnosticar e resolver o problema. Exemplo: <http://www.youtube.com/watch?v=Y5ywMb6SeGc> (visualizado em 01/06/2014)

⁴⁰ Tradução nossa.

Há estudos realizados para desenvolver e melhorar o sistema atual de logística na indústria. Estes sistemas foram analisados e avaliada a sua conceção e seguidamente foi demonstrado em público, permitindo, desta forma, captar a reação do utilizador ao protótipo em estudo.

Um desses estudos está a ser desenvolvido pelos investigadores Bjorn Schwerdtfeger e Gudrun Klinker, da Univerdade de Munique - Alemanha. Eles desenvolveram uma aplicação que permite tornar mais rápida a tarefa de recolha de encomendas num armazém.

Numa primeira abordagem, a aplicação não teve os resultados esperados. Os utilizadores tinham dificuldade em distinguir artigos em profundidade. Contudo, a novidade do sistema foi cativando os utilizadores e os resultados, com o decorrer da utilização, foram melhorando.

Numa segunda tentativa, os investigadores tinham como objetivo eliminar os erros de utilização do sistema RA com o utilizador. Nesta segunda série da pesquisa, os investigadores tentaram comparar os diferentes tipos de visualização e verificar qual deles o mais eficaz.

A visualização em seta que virtualmente aponta perpendicularmente em direção ao objeto escolhido, para ter uma ideia tridimensional (algo em falta na primeira fase), a seta chega mesmo a dar uma visão do interior da caixa. A seta pode atingir cerca de 30 cm à frente do utilizador e é composta por uma bússola.

A visualização em Quadrado implica a simples iluminação de uma quadrícula em volta do objeto identificado.



a)



b)

Figura 39: Na imagem a) temos um exemplo de visualização em seta. Na imagem b), trata-se de um exemplo de visualização em quadrado (adaptado de SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)

A visualização em túnel⁴¹, que não se aplica apenas na aviação, mas também na visualização de objetos, permite a orientação do utilizador com um *HMD* para um determinado objeto.

⁴¹ Neste vídeo podemos ver uma exemplificação da visualização em túnel posta em prática: <http://www.youtube.com/watch?v=7pua2maJXgg> (visualizado em 11/06/2014)



Figura 40: Exemplo de visualização em túnel (adaptado de SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)

Esta forma de visualização é a eleita como sendo a melhor e mais rápida forma de levar o olhar do utilizador ao objeto.

Foram realizados testes para pôr em prática esta aplicação. Foram selecionados 34 utilizadores, 24 homens e 10 mulheres com idade não superior a 49 anos.

O objetivo era que os utilizadores usassem o dispositivo em frente da prateleira e pegassem nos objetos que se encontravam no interior das caixas, seguindo uma ordem de trabalho. A única variável era o tipo de visualização: a Seta (*Arrow*), o Quadrado (*Frame*) e o Túnel (*Tunnel*).⁴² (SCHWERDTFEGER e KLINKER; 2008)

Um dos aspetos a realçar deste estudo prático foi a incapacidade de o utilizador conseguir ver a prateleira na totalidade sem mover a cabeça.

O estudo era feito dando instruções a cada indivíduo, permitindo que este interagisse com a realidade.

Os investigadores concluíram que com a visualização em Seta os utilizadores eram mais lentos na recolha das caixas e cometiam mais erros. Nestes dois parâmetros (rapidez e erro), o método Quadrado revelou-se o mais eficaz.

Esta aplicação teve ainda uma terceira fase de testes que pretendia apenas acelerar o processo de visualização e recolha dos objetos. Para esta fase de testes, tendo em conta os resultados obtidos anteriormente, os investigadores desenvolveram a aplicação em torno de várias visualizações em Quadrado.

Nesta terceira fase, todos os resultados foram positivos. Os utilizadores identificaram corretamente todos os objetos à primeira tentativa o que é, de facto, algo de significativo para a aplicação da Realidade Aumentada na área da logística.

⁴² Tradução nossa.

Este estudo já contribuiu para o desenvolvimento de algumas aplicações, usadas hoje em dia em empresas de logística. Por exemplo a empresa LASTER Technologies⁴³ desenvolveu os primeiros óculos para indústrias com aplicação no setor logístico. Esta aplicação foi posta em prática pela empresa Generix Group que introduziu os primeiros óculos para o setor industrial na área da logística.⁴⁴



Figura 41: Exemplo da aplicação de RA na logística da Generix Group (http://www.youtube.com/watch?v=whT_K5ywalE)

Esta aplicação permite ao utilizador melhorar as condições de trabalho e facilitar toda a logística da empresa, bem como aumentar a produtividade, visto não haver atrasos nem falhas. A informação aparece sempre ao utilizador de forma correta e precisa.

O utilizador tem a possibilidade de ver a informação virtual sobreposta ao seu ambiente real, recebendo informações e orientação para o seu trabalho.⁴⁵

Os óculos da Laster Technologies já utilizam o sistema de visualização em Quadrado (*Frame*), que, tal como já tinha sido comprovado, é o mais eficaz e que gera menos erros.

Dentro da área da logística e controlo de armazém, podemos ainda salientar outra aplicação idêntica para este setor, que surgiu logo após os óculos da Google serem divulgados. A empresa Ehrhardt + Partner (E+P)⁴⁶ desenvolveu uma aplicação de RA para o setor da logística. Mais uma vez, o objetivo é agilizar todo o processo do armazém e facilitar o trabalho do utilizador, disponibilizando informações corretas. O objetivo da empresa Ehrhardt + Partner é contribuir para o desenvolvimento tecnológico da logística. Os óculos LFS.glass estão a ser utilizados na empresa Ehrhardt + BOMAG Logístics.

⁴³ Laster Tehcnologies é uma empresa constituída por especialistas em ótica e processamento de imagens. Tem como objetivo desenvolver novas e melhores tecnologias de visualização.

⁴⁴ Para mais esclarecimentos ver a página da internet http://www.youtube.com/watch?v=whT_K5ywalE, visualizado 16-06-2014

⁴⁵ Informação retirada do sítio da empresa Generix Group: www.generixgroup.com (visualizado em 16/06/2014)

⁴⁶ É um dos maiores grupos de especialistas em logística, fundado em 1987. Para mais informações consultar: <http://www.ehrhardt-partner.com/pt/empresa/> (visualizado em 19/06/2014)

A empresa demonstra que o uso desta tecnologia pode ser de grande importância para os processos logísticos. Desta forma, o utilizador tem as mãos disponíveis o que permite ter mais liberdade para o trabalho e isso traduz-se numa tarefa mais simples para o utilizador e num aumento significativo de produtividade para a empresa.

Concluimos assim que a RA, principalmente na área da logística está bastante evoluída, tendo conseguido grandes evoluções na parte tecnológica, mostrando-se benéfica ao utilizador/trabalhador e permitindo à empresa um aumento da sua produtividade.

5.2 O futuro da RA na Indústria

A aplicação da Realidade Aumentada na indústria já trouxe resultados concretos. Tanto as empresas como os próprios utilizadores reconhecem as vantagens destas aplicações uma vez que os erros e falhas quase desaparecem, tornando o trabalho mais rápido e eficaz. O utilizador tem capacidade de resposta a qualquer situação de forma rápida.

Um dos maiores desafios a ser ultrapassado é a implementação desta tecnologia a nível geral.

Esta é uma tecnologia bastante útil, cujas vantagens todos reconhecem. Um novo funcionário não tem de ser treinado para poder usar esta tecnologia, uma vez que se trata de sistemas de fácil utilização. Apesar disso, a Realidade Aumentada está longe de ser uma tecnologia presente no dia-a-dia de todas as empresas. Há empresas que não têm conhecimento da sua existência e as que têm deparam-se com custos elevados para a sua implementação.

O futuro das empresas passa também pela evolução tecnológica e é por isso que vemos muitas marcas associadas a estudos e investigações nesta área.

A DHL, por exemplo, já fez vários estudos sobre a implementação da Realidade Aumentada no setor de logística. Num relatório feito este ano, a empresa considera que RA será capaz de mudar o futuro da logística.

A empresa estuda a implementação da tecnologia nas três principais áreas na logística da empresa: armazém, transporte e entrega. Aliada a estas três áreas, surge a necessidade de disponibilizar aos clientes serviços de valor acrescentado.

Um dos sistemas a ser considerado e estudado é o reconhecimento facial associado à entrega de encomendas. Com este sistema, evitava-se o uso de identificação pessoal ou assinaturas para recolher uma encomenda. A entrega tornar-se-ia mais segura. Na verdade, este seria um sistema bastante dispendioso e pouco prático para as entregas do dia-a-dia. Seria usado para entregas de valor mais elevado em que a questão da segurança fosse mais premente.

Podemos assim considerar que, depois do exposto ao longo desta dissertação, as áreas de aplicação são inúmeras e as aplicações para cada área estão em constante desenvolvimento.

Pode ser difícil de imaginar estes sistemas a fazerem parte do nosso dia-a-dia e a serem fundamentais à nossa profissão/trabalho. Mas, é bem possível que esta tecnologia possa vir a ser tão comum como um *smartphone*.⁴⁷

Pelos exemplos dados, conseguimos verificar e concluir que a Realidade Aumentada não está no campo da ficção científica. É uma realidade.

5.5 Notas Finais

Estes sistemas de Realidade Aumentada aplicados ao domínio da Indústria, como verificámos pelos exemplos demonstrados, revelam-se necessários e funcionais, com uma grande utilidade nesta área.

A Realidade Aumentada é a tecnologia do presente e também do futuro. Conseguimos perspetivar a utilização desta tecnologia em ainda mais áreas, num futuro bastante próximo. Muito provavelmente esta tecnologia daqui a dez anos será mais generalizada e qualquer pessoa poderá utilizá-la no seu dia-a-dia.

⁴⁷ Informação retirada do relatório da DHL de 2014: *AUGMENTED REALITY IN LOGISTICS - Changing the way we see logistics - a DHL perspective*. DHL Trend Research

Capítulo 6 - Conclusão

"A única forma de chegar ao impossível, é acreditar que é possível."

(Lewis Carroll, *Alice no País das Maravilhas*)

Conclusão

Atualmente, a tecnologia está no dia-a-dia de quase todas as pessoas, tendo-se tornado quase imprescindível. A procura por tecnologia é cada vez maior o que faz com que as marcas invistam bastante no desenvolvimento de novas técnicas e aplicações o que provoca a constante evolução da tecnologia.

Nesta dissertação, aprofundamos os conhecimentos em Realidade Aumentada. Explicamos os diferentes sistemas da Realidade Aumentada, bem como todos os componentes necessários ao seu funcionamento e mostramos algumas das áreas onde hoje em dia esta tecnologia é aplicada, com exemplos práticos dessas aplicações.

Além de apresentar as potencialidades desta tecnologia, pudemos também evidenciar algumas das falhas e limitações destas aplicações no ambiente real. As maiores limitações prendem-se com a falta de percepção de profundidade do utilizador após retirar o sistema de Realidade Aumentada, a sobrecarga de informação que pode causar erros no sistema e a fraca aceitação social.

Por fim, focamos a nossa investigação nas aplicações da Realidade Aumentada no setor industrial. Verificamos que, principalmente devido ao investimento de algumas marcas (do ramo automóvel, aeronáutico e logístico), a Realidade Aumentada tem já muitas aplicações práticas.

Na logística, por exemplo, já houve bastantes desenvolvimentos. Pode-se afirmar que as empresas que têm esta tecnologia a consideram uma mais-valia, pela sua utilidade e sentido prático. Além disso, o trabalho torna-se mais rápido e eficiente o que permite um aumento da produtividade e, por conseguinte, um aumento dos lucros.

Esta tecnologia continua a ser de difícil implementação a um nível generalizado por ser bastante dispendiosa, apesar de todas as suas vantagens. Podemos prever que, com a concorrência, esta tecnologia possa ficar ao alcance de mais indústrias.

Apesar de toda a evolução tecnológica, a Realidade Aumentada ainda não está totalmente explorada, encontrando-se ainda numa fase embrionária do seu desenvolvimento.

Pre vemos que a maior evolução em termos de Realidade Aumentada se dê ao nível militar. A História diz-nos que foi durante a 2ª Grande Guerra e principalmente no período da Guerra Fria que assistimos a um maior crescimento tecnológico. Nos dias de hoje, com as tensões entre países e confissões religiosas, a tecnologia pode dar a vantagem decisiva entre vitória e derrota. Ou seja, é previsível que os países invistam muito na pesquisa de tecnologia, nomeadamente na área da Realidade Aumentada.

Por fim, podemos ler nas palavras de Sutherland (1965) uma possível visão do futuro da Realidade Aumentada:

*“O display final seria, claramente, a existência de um quarto em que o computador pudesse controlar a existência da matéria. Uma cadeira projetada nessa sala seria boa o suficiente para nos sentarmos nela. Algemas projetadas nessa mesma sala prenderiam, e uma bala projetada nessa sala seria fatal. Com uma programação adequada este display poderia literalmente ser o país das maravilhas em que a Alice andou”.*⁴⁸

⁴⁸ Tradução nossa

Bibliografia

ACKERMAN, Elise (2013). *Google gets in your face - Google Glass offers a slightly augmented version of reality*. Spectrum.IEEE.ORG

AZUMA, Ronald (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Presence. Vol. 6, pp. 355-385

AZUMA, Ronald (2001). *Recent Advances in Augmented Reality*. Computers & Graphics, Ronald Azuma HRL Laboratories, LLC

BALCISOY, Selim, THALMANN, Daniel (1997). *Interaction between Real and Virtual Humans in Augmented Reality*. Published in Proc. Computer Animation'97, IEEE CS Press, pp. 31-38

BERRYMAN, Donna R. (2012). *Augmented Reality: A Review*. Medical Reference Service Quaterly

BRAGA, Isis Fernandes (2007). *REALIDADE AUMENTADA EM MUSEUS: AS BATALHAS DO MUSEU NACIONAL DE BELAS ARTES, RJ*. Rio de Janeiro

BREEN, David E., ROSE, Eric, WHITAKER, Rose T. *Interactive Occlusion and Collision of Real and Virtual Objects in Augmented Reality*. European Computer-Industry Research Centre GmbH

DRASCIC, D., GRODSKI, J.J. *et al.* (1993). *ARGOS: A Display System for Augmenting Reality*. Proceedings of InterCHI 93 Conference on Human Factors in Computing Systems.

DUARTE, Valquíria Aparecida Rosa (2006). *Ferramentas para a Modelagem de Ambientes Virtuais - Um estudo comparativo*. Universidade Federal de Goiás

ELLIS, S. R. (1994). *What are virtual environments?*. IEEE Computer Graphics and Application

FEINER, Steven K., *et al.* (1993). *Knowledge-Based Augmented Reality*. Communications of the ACM, vol. 36, n°7, pp. 53-62

FEINER, Steven K., *et al.* (1995). *Architectural Anatomy*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4 (3), pp. 318-325

FIORENTINO, Michele, AMICIS, Raffaele de, MONNO, Giuseppe e STORK, Andre (2002). *Spacedesign: A Mixed Reality Workspace for Aesthetic Industrial Design*. International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Darmstadt, Germany

FITE-GEORGEL, Pierre (2011). *Is there a Reality in Industrial Augmented Reality?* IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Science and Technology Proceedings. Suíça

FITZMAURICE, George W. (1993). *Situated Information Spaces and Spatially Aware - Palmtop Computers*. Communications of the ACM, vol. 36, nº7

FORTE, Cleberson e KIRNER, Cláudio (2009). *Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática*.

FREITAS, Rubina de Dória (2008). *SMART - System of Augmented Reality for Teaching*. Universidade da Madeira.

FREITAS, Rubina e CAMPOS, Pedro (2008). *SMART: a System of Augmented Reality for Teaching 2nd Grade Students*. Conferência HCI2008 - Culture, Creativity, Interaction

FRIEDRICH, Wolfgang (2004). *ARVIKA - Augmented Reality for Development, Production and Service*. Publicis Corporate Publishing

FUCHS, H., STATE, A. et. al., (1996). *Towards Performing Ultrasound-Guided Needle Biopsies from Within a Head-Mounted Display*. Proceedings of the 4th International Conference on Visualization in Biomedical Computing (Hamburg, Germany), pp. 591-600.

FURLAN, Rod (2013a). *Build your own Google Glass - A Wearable computer that displays information and records video*. Spectrum.IEEE.ORG

FURLAN, Rod (2013b). *Google Glass - This Wearable Computer Augments the Self, Not Reality*. Spectrum.IEEE.ORG

HAND, C. (1994). *Other faces of virtual reality*. First International Conference MHVR'94 - Lecture Notes in Computer Science n.1077, Rússia

ITO, Elica e AFFINI, Leticia Passos (2011). *Realidade Aumentada para Dispositivos Móveis e Portáteis*. XVI Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sudeste, São Paulo

JEFFREY, Colin (2014). *Continental's Augmented Reality HUD puts information on the road*. <http://www.gizmag.com/augmented-reality-hud-improves-driver-information/33223/>

JIN, Sheng Jesse, YU, Donggang, LUO, Suhuai e LAI, Wei (2010). *A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction*. Visual Information Communication

KIRNER, Cláudio e KIRNER, Tereza Gonçalves (2011). *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. XIII SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

KIRNER, Cláudio, TORI, Romero e SISCOUTO, Robson (2006). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Livro do Pré-Simpósio - VIII Symposium on Virtual Reality. Belém

KIYOKAWA, Kiyoshi, OHNO, Hiroyuki e KURATA, Yoshinori (2000). *Na Optical See-through Display for Mutual Occlusion of Real and Virtual Environments*. IEEE

KIYOKAWA, Kiyoshi, OHNO, Hiroyuki e KURATA, Yoshinori (2001). *ELMO: A Head Mount Display for Real-time Image Synthesis*. <http://www.lab.ime.cmc.osaka-u.ac.jp/~kiyo/cr/kiyokawa-2001-08-ACM-SIGGRAPH2001/kiyokawa-2001-08-ACM-SIGGRAPH2001.pdf>

KREVELEN, D.W.F. van e POELMAN, R. (2010). *A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations*. The International Journal of Virtual Reality, nº9 (2)

LEE, Kangdon (2012). *Augmented Reality in Education and Training*. TechTrends, Volume 56, Nº 2

LIMA, J.P.C., MALBOS, A.N.A. e SILVA, J.B. (2014). *Aplicação da Realidade Aumentada para Simulação de Experimentos Físicos em Dispositivos Móveis*. 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (VER), Polytechnic of Porto (ISEP), Porto

MACHADO, Liliane dos Santos, NETTO, António Valério e OLIVEIRA, Maria Cristina Ferreira de, (2002). *Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações*. Tutorial. Revista Eletrónica de Iniciação Científica da SBC. Março de 2002. Ano II, Volume II, Nº2

METZGER, P. J. (1993). *Adding Reality to the Virtual*. Proceedings of the IEEE 1993 Virtual Reality Annual International Symposium, pp. 7-13

MILGRAM, Paul, TAKEMURA, Haruo, UTSUMI, Akira e KISHINO, Fumio (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies

ONG, S.K., YUAN, M.L, NEE, A.Y.C. (2008). *Augmented Reality applications in manufacturing: a survey*. International Journal of Production Research

PENTENRIEDER, Katharina, BADE, Christian, DOIL, Fabian e MEIER, Peter (2007). *Augmented Reality-based factory planning - an application tailored to industrial needs*. IEEE

PIMENTEL, K. e TEIXEIRA, K. (1995). *Virtual reality - through the new looking glass*. New York, McGraw-Hill

REIS, Bernardo F. *et al.* (2009). *Detecção de Marcadores para Realidade Aumentada em FPGA*. WSCAD-SSC 2009: X Simpósio em Sistemas Computacionais

ROLAND, J.P. e FUCHS, Henry (2000). *Optical Versus Video See-Through Head-Mounted Displays in Medical Visualization*. Presence, Vol. 9, No. 3, 287-309

ROMÃO, Viviane e GONÇALVES, Marília (2013). *Realidade Aumentada: Conceitos e aplicações no Design*. Unoesc & Ciência - ACET

SCHUCH, Eny Maria Moraes (2000). *O devir dos ambientes de Realidade Virtual*. Informática na Educação: Teoria & Prática, vol. 3, nº1

SCHWERDTFEGER, Bjorn, KLINKER, Gudrun (2008). *Supporting Order Picking with Augmented Reality*. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality

SHELTON, B. e HEDLEY, N. (2002). *Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students*. In The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop

SILVA, Adriana Simões de Sales Dias e (2013). *Uso de Recurso Educacional com Mídias Interativas e Integradas On-Line em Ensino e Aprendizagem*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

SILVEIRA, André Luís M. da, *et al.* (2011). *A Realidade Aumentada e a Mediação Museológica*. Nuevas Ideas en Informática Educativa, TISE

STATE, Andrei, *et al.*, (2000). *UNC Ultrasound/Medical Augmented Reality Research*. <http://www.cs.unc.edu/Research/us/>

SUTHERLAND, Ivan (1965). *The Ultimate Display*. Proceedings of IFIP Congress, pp. 506-508

SUTHERLAND, Ivan (1968). *A head-mounted three dimensional display*. Proceedings of the Fall Joint Computer Conference

UEDA, Hiroaki, *et al.* (2000). *A Forgettable Near Eye Display*. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News, pp 115-118.

VALLINO, James R. (1998). *Interactive Augmented Reality*. University of Rochester

VLAHAKIS, Vassilios *et al.* (2002). *Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites*. IEEE Computer Graphics and Applications

WANSTALL, Brian (1989). *HUD on the Head for Combat Pilots*. Interavia 44, pp. 334-338

WHITE, Jules, SCHMIDT, Douglas C., GOLPARVAR-FARD, Mani (2014). *Applications of Augmented Reality*. Proceedings of the IEEE, vol. 102, nº2

ZORZAL, Ezequiel R., BUCCIOLI, Arthur A. B. e KIRNER, Claudio *et al.* (2008). *Aplicação de Jogos Educacionais com Realidade Aumentada*. CINTED-UFRGS, Novas Tecnologias na Educação, Vol.6

Outras referências bibliográficas

IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News: <http://spectrum.ieee.org/>
(visualizado em 12/09/2013 e 02/08/2014)

MIT: http://groups.csail.mit.edu/vision/medical-vision/surgery/surgical_navigation.html
(24/03/2014)

<http://www.veinviewer.com.br/> (26/03/2014)

<http://www.cs.unc.edu/Research/us/> (visualizado em 23/03/2014)

<https://www.google.com/glass/start/> (visualizado em 02/02/2014)

<http://www.microvision.com/> (visualizado em 08/09/2014)

http://www.youtube.com/watch?v=FeK9IkSD_nl (visualizado em 29/08/2014)

<http://www.cyberglovesystems.com/> (visualizado em 03/08/2014)

<http://www.youtube.com/watch?v=qjPF16rrMGw#t=185> (visualizado em 12/08/2014)

http://www.youtube.com/watch?v=b64_16K2e08 (visualizado em 05/01/2014)

www.ydreams.com (visualizado em 12/01/2014)

<http://www.economist.com/node/10202623> (visualizado em 12/01/2014)

<http://theinstitute.ieee.org/ieee-roundup/opinions/ieee-roundup/how-technology-continues-to-change-the-olympics-> (visualizado em 01/08/2014)

<http://www.youtube.com/watch?v=k1LYIKBYRYw> (visualizado em 03/09/2014)

<https://www.youtube.com/watch?v=HTYeuo6pljY> (visualizado em 23/08/2014)

<https://www.youtube.com/watch?v=sTERI1s-UyA> (visualizado em 22/08/2014)

<https://www.youtube.com/watch?v=SGIbD4qMDB8#t=55> (visualizado em 22/08/2014)

<http://www.youtube.com/watch?v=DsZ-9opi150#t=119> (visualizado em 02/07/2014)

<http://www.youtube.com/watch?v=Y5ywMb6SeGc> (visualizado em 01/06/2014)

<http://www.youtube.com/watch?v=7pua2maJXgg> (visualizado em 11/06/2014)

http://www.youtube.com/watch?v=whT_K5ywaIE (visualizado em 16-06-2014)

www.generixgroup.com (visualizado em 16/06/2014)

<http://www.ehrhardt-partner.com/pt/empresa/> (visualizado em 19/06/2014)