

**REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO PROCESSO DE  
ENSINO/APRENDIZAGEM.**

**Estudo de Caso.**

**Paulo Sérgio Teixeira de Magalhães**

Dissertação submetida para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Informática**

Área de Especialização em

**Sistemas Gráficos e Multimédia**



Orientador: Mestre António Vieira de Castro

Co-orientador: Prof. Doutor Carlos Vaz de Carvalho

Porto, Novembro 2010

Aos meus pais e ao meu irmão,  
por aquilo que sou.

À minha mulher,  
pelo que não sou.

À minha filha,  
pelo que ainda posso vir a ser.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Não poderia iniciar este espaço sem um agradecimento especial ao meu orientador Mestre António Vieira de Castro. A expressão “meu orientador”, aqui utilizada, carrega um peso e significado especial, pois vai muito além do âmbito desta tese e remonta a longos anos atrás.

Obrigado por me ter orientado, apoiado e direccionado no sentido deste admirável mundo novo.

Ao meu co-orientador Professor Doutor Carlos Vaz de Carvalho pelo seu apoio e abertura à investigação.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), mais especificamente ao Departamento de Engenharia Informática (DEI) pela excelente qualidade de ensino que me proporcionou e aos meus professores e colegas.

À Fundação Instituto Politécnico do Porto por me ter permitido crescer enquanto homem e profissional.

Ao grupo de Investigação e Desenvolvimento GILT - *Graphics, Interaction and Learning Technologies*, na sua vertente de investigação MULTIMÉDIA E MEDICINA por constituir o espaço ideal para a gestão deste trabalho e me ter proporcionado alargar horizontes pelo caminho da investigação.

À minha família e amigos.

A todos, muito obrigado!



---

## RESUMO

Nas últimas décadas temos assistido a um avanço tecnológico a todos os níveis mas com particular incidência ao nível do *hardware* e dos dispositivos móveis.

Estes tornaram-se cada vez mais leves e mais baratos, e transferiram-se do escritório para o carro, para os equipamentos e para os utensílios.

A quantidade de informação (digital) disponível no meio envolvente aumentou de forma exponencial exigindo uma resposta tecnológica com o intuito de melhorar/facilitar o seu acesso e assimilação. É aqui que surge o conceito de Realidade Aumentada a funcionar como uma ponte de ligação entre o real e o digital convidando a novos modelos de interacção com o utilizador. A sua incorporação visa essencialmente tornar os sistemas mais usáveis diminuindo a carga cognitiva inerente à sua utilização.

Este trabalho apresenta um estudo de caso, propondo um modelo para a construção de um Objecto de Aprendizagem com recurso a Realidade Aumentada especificamente para a área da saúde.

O problema identificado nesta dissertação procura investigar se a integração de técnicas de Realidade Aumentada combinadas com técnicas multimédia e outros materiais convencionais podem contribuir para uma maior motivação e percepção cooperando para a construção de conhecimento.

**Palavras-chave:** Objectos de Aprendizagem, Interacção Pessoa-Máquina, Realidade Aumentada, Usabilidade, Saúde.



---

## **ABSTRACT**

In the last decades we have witnessed a technological advancement at all levels but with particular emphasis in hardware and in mobile devices.

These became increasingly lighter and cheaper, and transferred from the office to the car, to equipment and other utensils.

The amount of (digital) information available in the environment has increased exponentially, requiring a technological response in order to improve and facilitate its access and assimilation.

It is here that the concept of Augmented Reality appears functioning as a bridge between the real and digital inviting new models of user interaction. The AR incorporation is intended primarily to make systems more usable by decreasing the need of cognitive load inherent in their use.

This paper presents a case study, proposing a model for building a Learning Object using Augmented Reality specifically for healthcare.

The problem identified in this thesis, studies the integration of augmented reality and multimedia techniques combined with other conventional materials and research how they may contribute to increase motivation and perceived towards building knowledge.

**Keywords:** Learning Objects, Human-Computer Interaction, Augmented Reality, Usability, Health.



---

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas .....	xv
Notação e Glossário.....	xvii

---

### **1. INTRODUÇÃO**

1.1. Contextualização.....	1
1.2. Caracterização do tema .....	2
1.3. Objectivos do Trabalho a Desenvolver .....	4
1.4. Motivação.....	5
1.5. Organização deste Trabalho .....	7

---

### **2. CONCEITOS E FUNDAMENTOS**

2.1. A Multimédia .....	9
2.2. Hipermédia .....	11
2.3. O Ensino à distância .....	12
2.4. O <i>Software</i> Educativo.....	15
2.5. Objectos de Aprendizagem.....	16
2.6. A Realidade Virtual.....	17
2.7. A Realidade Misturada .....	19
2.8. Códigos visuais .....	20

---

### **3. REALIDADE AUMENTADA: TECNOLOGIA, FERRAMENTAS E APLICAÇÕES**

3.1. Realidade Aumentada .....	23
3.2. Tipos de Sistemas de Realidade Aumentada.....	24
3.2.1. O Sistema de Visão Óptica Directa.....	25
3.2.2. O Sistema de Visão Directa por Vídeo.....	25
3.2.3. O Sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor.....	26
3.2.4. O Sistema de Visão Directa por Projecção .....	27

3.2.5. Comparação entre os Sistemas.....	28
3.3. Áreas de Utilização de Realidade Aumentada.....	29
3.4. Realidade Aumentada em Ambientes Colaborativos.....	33
3.5 Realidade Aumentada e o Ensino.....	34
3.6. A Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis.....	35
3.7. Previsões Futuras.....	37
3.8. Problemas Associados a Sistemas de RA.....	38
3.9. Ferramentas para Desenvolvimento de Aplicações de RA.....	39
3.9.1. O <i>ARToolKit</i> .....	39
3.9.2. O <i>ARToolKitPlus</i> .....	40
3.9.3. O <i>NetARToolKit</i> .....	41
3.9.4. O <i>ARTag</i> .....	41
3.9.5. O <i>DART</i> .....	42
3.9.6. O <i>OSGART</i> .....	43
3.9.7. O <i>OgreAR</i> .....	44
3.9.8. Análise Comparativa das Tecnologias.....	45

---

#### **4. DESENVOLVIMENTO DE UM OBJECTO INTEGRADO DE APRENDIZAGEM COM APLICAÇÃO DE RA**

4.1. Plataforma de Desenvolvimento.....	47
4.1.1. <i>Flash (ActionScript 3)</i> .....	48
4.1.2. O <i>FLARToolkit</i> .....	48
4.1.3. O <i>Papervision3D</i> .....	50
4.2. Arquitectura do Sistema Desenvolvido.....	50
4.2.1. Descrição do Protótipo.....	50
4.2.2. O Puzzle Anatómico.....	52
4.2.3. O <i>Quiz</i> .....	54
4.2.4. Experiências RA.....	56
4.2.4.1. Etapas do Processamento de RA.....	60
4.2.4.2. Formação de Objectos Virtuais.....	62
4.3. Cenários de Utilização.....	64

---

#### **5. VALIDAÇÃO E RESULTADOS**

5.1. Recolha de Dados.....	67
5.2. Análise de Resultados.....	68

---

## **6. CONCLUSÕES**

6.1. Conclusões Extraídas do Estudo .....	73
6.2. Considerações sobre Trabalho Futuro.....	74

---

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	77
---	----

<b>WEBGRAFIA</b> .....	81
------------------------	----

<b>ANEXOS</b> .....	83
---------------------	----



---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Tipos de Informação .....	9
Figura 2. Dispositivos Especiais de RV(Luvas e HMD).....	18
Figura 3. Diagrama adaptado de realidade/virtualidade contínua.....	19
Figura 4. Exemplo ilustrativo de um código visual <i>Quick Response Code</i> .....	21
Figura 5. Diagrama conceptual do sistema de visão óptica directa .....	25
Figura 6. Diagrama e dispositivo do sistema de visão por vídeo .....	26
Figura 7. Diagrama de funcionamento do sistema de visão por vídeo baseado em monitor. ....	27
Figura 8. Cirurgia guiada por imagem - Uma colaboração entre o MIT e o Laboratório de Planeamento Cirúrgico Feminino de Brigham .....	32
Figura 9. Interface da aplicação móvel de Realidade Aumentada Wikitude.....	36
Figura 10. Previsão do mercado de Realidade Aumentada .....	37
Figura 11. Diagrama original de funcionamento do ARToolkit .....	39
Figura 12. Demonstração de AR com ARTag .....	42
Figura 13. Arquitectura do <i>Framework OgreAR</i> .....	48
Figura 14. <i>Layout</i> de entrada da aplicação desenvolvida - RA <sup>2</sup> .....	51
Figura 15. <i>Layout</i> inicial do jogo Puzzle Anatómico .....	52
Figura 16. <i>Layout</i> final do jogo Puzzle Anatómico.....	53
Figura 17. <i>Layout</i> final do jogo Puzzle Anatómico.....	54
Figura 18. <i>Layout</i> do módulo - Quiz.....	55
Figura 19. <i>Feedback</i> fornecido após verificação de resposta.....	56
Figura 20. Interface do módulo Experiências RA.....	57
Figura 21. Exemplos de marcadores usados na aplicação .....	58
Figura 22. Exemplo de marcador - dimensões.....	59
Figura 23. Modelo UML de RA utilizado.....	61
Figura 24. Fluxo de execução da experiência de RA .....	62
Figura 25. Exemplo de experiência “aumentada” do Modelo RA <sup>2</sup> – Modelo 3D .....	63
Figura 26. Exemplo de experiência “aumentada” do Modelo RA <sup>2</sup> – Modelo 3D .....	63
Figura 27. Grau de conhecimento prévio sobre RA .....	68
Figura 28. Predisposição para aquisição de <i>webcam</i> .....	68
Figura 29. Predisposição para instalação de aplicação de RA no telemovel.....	69
Figura 30. Caracterização da RA de acordo com os termos apresentados .....	69
Figura 31. Factor de atracção da tecnologia e avaliação do modelo.....	70



---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Gerações de inovação tecnológica no ensino à distância.....	14
Tabela 2. Comparação Realidade Aumentada / Realidade Virtual .....	24
Tabela 3. Quadro resumo de características dos tipos de sistemas de RA .....	29
Tabela 4. Análise comparativa entre ferramentas de RA .....	45
Tabela 5. Relacionamento entre marcadores e objectos virtuais do modelo.....	60



---

## NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO

2D – 2 Dimensões.

3D – Tridimensional.

API – *Application Programming Interface*.

AS3 – *Action Script 3*.

ASP – *Active Server Pages*.

Bit - A menor unidade de informação na computação e telecomunicações que pode ser armazenada ou transmitida.

BMW - *Bayerische Motoren Werke* (Fábrica de Motores da Baviera).

CD – *Compact Disk*.

CODECs – Programa ou dispositivo capaz de realizar a codificação e decodificação de um fluxo de dados digital ou sinal.

DART – *Designers Augmented Reality Toolkit*.

DOS – *Disk Operating System*.

DVD – *Digital Video Disc*.

ENIAC - *Electronic Numerical Integrator And Computer*.

EaD – Ensino à Distância.

E/S – Entrada/ Saída.

FTP – *File Transfer Protocol*.

Geeks – Termo comum utilizado para designar indivíduos aficionados em tecnologia.

GILT – *Graphics, Interaction and Learning Technologies*.

GLSL – *OpenGL Shading Language*.

GNU – *General Public License*.

GPL – *General Public License*.

GPS – *Global Positioning System* (Sistema Global de Posicionamento).

GLUT – *OpenGL Utility Toolkit*.

HMD – *Head Mounted Display* (Capacete com dispositivo de visualização).

iPhone 3GS – *Smartphone* desenvolvido pela *Apple*.

JSP – *JavaServer Pages*.

Links – Ligações semânticas ou hiperligações.

OA – Objecto de Aprendizagem.

PDA's – Assistentes Digitais Pessoais.

PHP – *Hypertext Preprocessor*.

PV3D – *Papervision3D*.

QRCODE – *Quick Response Code*.

RA – Realidade Aumentada.

RM – Realidade Misturada.

RV – Realidade Virtual.

SDK – *Software Development Kit*.

SIMM – Sistemas de Informação e Multimédia.

TE – Tecnologia Educativa.

Tweets – Designação comum das mensagens colocadas no *Twitter*.

UML – *Unified Modeling Language*.

VRML – *Virtual Reality Modelling Language*.

Wii – Consola Doméstica de Vídeojogos.

WIMP – *Window, Icon, Menu, Pointer Device*.

XML – *Extensible Markup Language*.

---

## 1. INTRODUÇÃO

“  
tudo o que podes imaginar é real  
Pablo Picasso

Neste capítulo é contextualizado o problema que serviu de mote ao trabalho desenvolvido, numa perspectiva histórica de evolução tecnológica, enquadrando-o num plano motivacional e de objectivação proposta.

### 1.1. Contextualização

Desde os anos sessenta que docentes e investigadores têm orientado vários estudos na perspectiva de introduzir, no plano pedagógico, a utilização de múltiplos meios audiovisuais para apresentação de conteúdos didácticos.

Desde então, estes passaram a ser apresentados recorrendo segundo SILVERN a «slides sincronizados com cassetes de áudio; textos suplementares e cartazes que apresentam uma análise sistémica e detalhada do processo de elaboração, avaliação e utilização de materiais didácticos de alta qualidade, nos contextos do ensino presencial e à distância» [SILVERN, 1965].

O aparecimento, há algumas décadas atrás, da área disciplinar de Tecnologia da Educação é prova disso mesmo.

As primeiras tentativas dos engenheiros em aplicar os seus métodos de trabalho no contexto educativo originaram projectos práticos de aplicação com base no planeamento e implementação de inovação educativa, como é o caso do projecto de planeamento da Universidade Aberta de Inglaterra no ano de 1969.

Esta época foi acompanhada de grandes inovações no que diz respeito a novos equipamentos aplicados à educação: áudio, televisão, vídeo, retroprojectores e outros dispositivos de apresentação audiovisual.

A tecnologia de educação passou a centrar-se no ensino dos princípios e procedimentos de utilização dessas inovações no processo de ensino-aprendizagem, realçando os *media* como principal elemento de estudo [MACLUHAN, 1964].

Ainda segundo MacLuhan as mutações fundamentais na história do homem são pontuadas, não por grandes acontecimentos políticos, grandes descobertas, invenções ou progressos no conhecimento humano, mas pelo desenvolvimento de determinados canais ou meios de comunicação. Este autor descreve três grandes períodos, culturas ou, como o próprio designa, galáxias. Sendo elas:

- A cultura oral ou acústica, própria das sociedades não-alfabetizadas, cujo meio de comunicação por excelência é a palavra oral;
- A cultura tipográfica ou visual (galáxia de Gutenberg) que caracteriza as sociedades alfabetizadas e que, pelo privilégio atribuído à escrita e, conseqüentemente, à leitura, se traduz na valorização do sentido da visão;
- A cultura electrónica, na qual hoje nos situamos e, que é determinada pela velocidade instantânea que caracteriza os meios eléctricos de comunicação e pela integração sensorial para que esses meios apelam.

A cada uma destas configurações ou galáxias corresponde um modo próprio de o homem pensar o mundo e de nele se situar.

O próprio termo Tecnologia Educativa (TE) perdeu o sentido original referente à aplicação de conhecimentos científicos para a resolução de problemas práticos da educação, e passou a ser, essencialmente, utilizado para designar novos produtos tecnológicos (utilização de computadores, videocassetes e outros *media* no processo de ensino-aprendizagem).

## **1.2. Caracterização do Tema**

Antes do advento da computação as pessoas utilizavam *interfaces* mais naturais no seu quotidiano usando, essencialmente, os seus sentidos.

Raramente necessitavam de interagir com máquinas ou premir botões e accionar alavancas não era uma tarefa comum.

Os computadores trouxeram um novo processo, mais sofisticado, de interagir com as aplicações, mas esse processo de interacção não era natural porque recorria a associações simbólicas abstractas e, como tal, exigia formação adequada.

Com o evoluir da tecnologia assistimos a uma evolução nos *interfaces* que passaram a ter outra complexidade.

Durante décadas foram as pessoas que tiveram de se adaptar às máquinas apesar destas se encontrarem ao seu serviço.

Desde 1945 com o desenvolvimento do primeiro computador (*ENIAC*) que os investigadores se têm dedicado a encontrar formas de adaptar as máquinas às pessoas.

As primeiras *interfaces* computacionais surgiram nas décadas de 40 e 50 baseadas em chaves e lâmpadas com as quais era possível estabelecer comunicação com o computador em linguagem de máquina.

Já na década de 60, o aparecimento das primeiras consolas com vídeo deu início ao desenvolvimento de *interfaces* gráficas ainda que rudimentares.

Nas décadas de 70 e 80, a introdução dos microprocessadores tornou populares os microcomputadores que usavam *interfaces* baseadas em linha de comando, como o *DOS* (*Disk Operating System*). A evolução desta *interface* resultou em sistemas como o *Windows* que passou a explorar algumas técnicas de multimédia, persistindo até aos dias de hoje.

Mais interessantes e com melhor potencial estes sistemas apresentam, no entanto, restrições por se encontrarem limitados ao ecrã do monitor e ao uso de representações baseadas em menus e ícones.

A evolução tecnológica ao nível do *hardware*, *software* e telecomunicações fez, então, aparecer outro tipo de *interfaces* recorrendo ao uso da voz, do tacto, dando aos utilizadores a possibilidade de aceder às aplicações como se estivessem a interagir com o mundo real, falando, caminhando ou fazendo gestos.

Num contexto ideal o utilizador não deveria necessitar sequer de perceber a existência da tecnologia uma vez que esta se deve encontrar ao seu serviço de uma forma transparente.

É neste contexto que emergem conceitos como Realidade Virtual (RV) [BURDEA, 1994] e Realidade Aumentada (RA) [AZUMA, 1997] por se tratar de *interfaces* computacionais avançados que não estando, ainda, implantados de forma expressiva na sociedade começam a adquirir uma importância significativa.

Estas tecnologias apresentam-se como uma nova geração de *interfaces* pois recorrem a representações tridimensionais mais próximas da realidade do utilizador que ultrapassa a barreira do ecrã e permite interacções mais naturais [KIRNER, 2004].

Apesar da RV e da RA terem surgido na década de 60 (com o desenvolvimento do *SkechPad* por Ivan Sutherland) [GUTIÉRREZ, 2008] a verdade é que só adquiriram verdadeira expansão na década de 90 quando a evolução tecnológica criou condições propícias para a computação gráfica interactiva em tempo real.

Tecnologias que até há décadas estavam apenas disponíveis para especialistas ou investigadores passaram a estar disponíveis para todos fazendo parte do nosso quotidiano.

Inicialmente integrada na Realidade Virtual a Realidade Aumentada foi “separada” desta sendo hoje considerada uma área de investigação independente. Não se trata de uma Realidade Virtual mas sim de uma variação desta uma vez que permite ao utilizador “ver” o mundo real com objectos virtuais sobrepostos ou combinados.

Não emerge completamente o utilizador dentro de um mundo virtual, onde este perde o contacto com o que existe à sua volta, mas adiciona elementos virtuais à sua realidade. Trata-se de um suplemento da realidade mas não de uma substituição desta.

A investigação em Realidade Aumentada tem como objectivo desenvolver novos paradigmas de interacção pessoa-máquina com especial incidência na utilização de dispositivos móveis. Ao contrário de apresentar a informação em ecrãs separados, o objectivo é mostrá-la no mundo real.

A Realidade Aumentada esbate desta forma a separação entre mundo real e a *interface* do utilizador, transformando-o num só de forma natural, permitindo a criação de novas potencialidades de interacção mais simples e usáveis.

A RA começa a provocar um impacto significativo na indústria e na sociedade estando mesmo referenciada como uma das mais importantes tecnologias estratégicas para o futuro.

### **1.3. Objectivos do Trabalho a Desenvolver**

Este trabalho enquadra-se numa perspectiva de inovação, abrindo caminho a novos métodos e ferramentas de ensino, no sentido de identificar se os limites da realidade podem ser

suplantados pela adição de novos elementos (gerados por computador) que coexistam no mesmo espaço/tempo.

Este é um campo extremamente multidisciplinar, que agrega a visão por computador, computação gráfica, *interfaces* com o utilizador, factores humanos, computação móvel, redes de computadores, dispositivos de visualização e códigos visuais, apenas para nomear alguns dos aspectos mais influentes.

A presente dissertação pretende abordar e explorar a sua aplicação no ensino, mais especificamente com o desenvolvimento de um Objecto de Aprendizagem na área da saúde onde a RA se alia à multimédia numa espécie de caixa de pandora proporcionando experiências didácticas multimodais.

Neste sentido o seu principal objectivo é introduzir um novo conceito de aplicações didácticas incorporando a imersão e a mobilidade inerentes à Realidade Aumentada. Aparentemente, a sua integração com as demais tecnologias permitirá a construção de novos serviços multimédia, a composição de novos cenários de aprendizagem, e conseqüentemente conferir uma maior interactividade entre o utilizador e o sistema.

Este trabalho pretende analisar as potencialidades e constrangimentos da aplicação desta tecnologia ao processo de ensino-aprendizagem propondo paralelamente o desenvolvimento de um protótipo envolvendo áreas como: interacção pessoa-máquina, para favorecer uma interacção simples, eficiente e eficaz com o utilizador; Realidade Aumentada para a tornar mais imersiva e natural; e redes de computadores para facilitar a intercomunicação.

#### **1.4. Motivação**

Desde muito tenra idade foi atribuído ao autor o epíteto de distraído. Tal nunca lhe trouxe grandes dissabores porque, felizmente, as suas classificações escolares não pareciam ser prejudicadas. Assim, foi crescendo e essa sua característica foi passando relativamente incólume à supervisão dos pais, e dos amigos e colegas, que pareciam aceitar os seus (mais ou menos longos) períodos de abstracção.

Hoje, mais conhecedor da natureza humana acredita que o termo distraído não seria o mais indicado. Talvez imaginativo. Sempre imaginou demasiado. Imaginou coisas passadas, presentes, futuras e outras que não foram, não são e muitas não virão a ser.

Aprendeu a ver tudo isso como algo positivo... afinal de contas, na impossibilidade prática de viver, presenciar determinados cenários e condições – imagina-os, o que não deixa de ser uma forma de os viver.

No preciso momento em que escreve estas linhas percebe que de certo modo o virtualizar e aumentar a realidade foi algo que sempre fez ao longo da sua vida.

Uma das frases que, sem o brilhantismo de um Nobel ou Bell, os seus amigos, familiares, alunos e colaboradores o vêem reproduzir com regularidade, como resultado desse imaginário é... *“Tive uma ideia!”*

Pois bem, teve a ideia de juntar as suas duas actividades profissionais – gestor de projectos multimédia e formador neste trabalho de dissertação.

*“Realidade Aumentada Aplicada ao Processo Ensino/Aprendizagem.”*

Força do acaso, ou não, o seu percurso académico e profissional acabou por o colocar no epicentro da tecnologia multimédia, como aluno curioso primeiro e como formador insaciado depois.

Num instituto que ostentava como sobrenome *para o desenvolvimento tecnológico* teve a felicidade de iniciar o seu percurso profissional participando em inúmeros projectos de relevo quer no plano técnico-científico, quer no plano pessoal.

A fasquia era normalmente elevada, e definida pelos promotores, parceiros, clientes e pela equipa de desenvolvimento da qual o autor fazia parte, assumindo a sua coordenação.

Não bastava resolver os problemas que surgiam, era sobretudo necessário encontrar soluções imaginativas quer em termos do processo, quer do próprio resultado.

Projectos como “Tratamento de Fobias com Recurso a Realidade Virtual”, “Modelação de Experiências no Campo da Física” e “Ortofotomapas Interactivos”, são alguns desses exemplos.

Num meio onde a mudança ocorre a um ritmo verdadeiramente alucinante o seu trabalho no núcleo SIMM (Sistemas de Informação e Multimédia) cedo o obrigou a dedicar parte do seu tempo à investigação.

Tal tem-lhe permitido não só acompanhar as tendências decorrentes da evolução tecnológica como, de certa forma, a prever essas mesmas tendências.

Foi assim que chegou à Realidade Aumentada.

Espera com este trabalho adquirir novas competências que possam mais tarde ser transformadas em novos serviços úteis para o processo ensino-aprendizagem, proporcionando um novo paradigma de acesso a conteúdos educativos e novos mecanismos interactivos para aprender.

Este trabalho foi estruturado em 6 capítulos e tem como objectivo o estudo de um novo conceito de aplicações didácticas incorporando a imersão e a mobilidade inerentes à Realidade Aumentada.

### **1.5. Organização deste Trabalho**

No primeiro capítulo é efectuado um levantamento da evolução e uso de novas tecnologias no processo ensino-aprendizagem e é contextualizado o problema que serviu de mote à realização do presente trabalho. Apresenta-se a motivação para o mesmo e os objectivos propostos.

O segundo capítulo introduz o enquadramento teórico no qual o trabalho se insere abordando conceitos base relacionados com a tecnologia em análise e as suas áreas de aplicação.

No terceiro capítulo é referida a metodologia adoptada caracterizando o estudo das ferramentas em análise e apresentando os instrumentos adoptados.

No quarto capítulo é apresentado e descrito o trabalho realizado no estudo, desde a conceptualização ao desenvolvimento de um protótipo de aplicação (Objecto Integrado de Aprendizagem na área da saúde) reunindo os conceitos das problemáticas centrais desta tese (Realidade Aumentada aplicada ao processo ensino/aprendizagem) funcionando como prova de conceito.

O quinto capítulo apresenta a recolha e análise de dados provenientes da aplicação do estudo de caso a uma amostra diversificada da população.

O sexto e último capítulo apresenta as conclusões resultantes do presente estudo referindo simultaneamente, considerações e indicações sobre trabalho futuro.



---

## 2. CONCEITOS E FUNDAMENTOS

“  
a viagem da descoberta consiste não em achar novas paisagens,  
mas em ver com novos olhos

Marcel Proust

Este capítulo apresenta o enquadramento teórico no qual o trabalho se insere abordando os conceitos relacionados com as tecnologias em análise e as suas áreas de aplicação.

### 2.1. A Multimédia

O termo multimédia tem sido extensivamente utilizado nas últimas décadas e os sistemas multimédia interactivos têm assumido uma importância crescente em praticamente todas as áreas da actividade humana, mas a sua definição nem sempre é a mais precisa. Etimologicamente constituído pelo prefixo *multi* e base *media* tem origem do latim significando *multus medium* – múltiplos meios. Assim, o termo multimédia refere-se a uma forma de comunicação que abrange vários meios para transmitir uma mensagem [CHAPMAN, 2000].

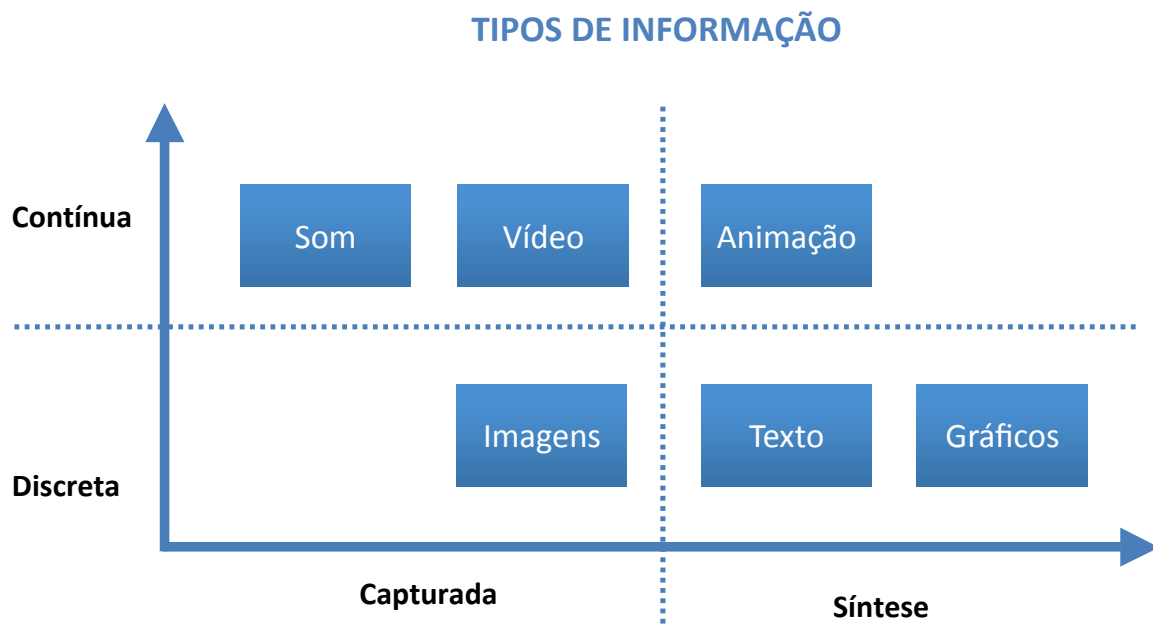
A informação pode ser representada de várias formas, ou meios, cada um dos quais agindo sobre um sentido diferente. Estes meios são vulgarmente designados pela palavra *media*. Uma das aplicações mais significativas da informática é a possibilidade de representar cada um destes *media* sob a forma digital, como um conjunto de zeros e uns.

No universo computacional todos os *media* partilham a mesma representação digital, podendo ser combinados entre si. Essa combinação é designada genericamente por multimédia mas, na prática, nem todas essas combinações de meios podem ser designadas como tal. Nestes termos um documento elaborado num processador de texto que inclua, além do texto, gráficos e imagens poderia ser (indevidamente) considerado um documento multimédia.

No sentido de evitar derivações excessivas o conceito foi particularizado, classificando como multimédia sistemas e aplicações que combinam (na grande maioria dos casos) um *media* estático com um *media* contínuo.

Como se pode ver na figura 1, com pequenas alterações, a generalidade dos autores e profissionais da área acordou tratar-se de um campo relacionado com a integração por computador de qualquer meio que possa ser representado, armazenado, transmitido e

processado digitalmente implicando a combinação de pelo menos um meio discreto (texto, gráficos, ou imagens) com pelo menos um meio contínuo (áudio, vídeo ou animação) ou interactividade na forma de apresentação [FLUCKIGER, 1995] e [CHAPMAN, 2000].



*Figura 1. Diagrama de Tipos de Informação.*

Na actualidade os sistemas multimédia interactivos têm tocado profundamente as mais variadas áreas de actividade que dependem de uma comunicação eficaz, desde a educação, comércio, indústria e serviços. Para tal muito contribuiu a banalização destas tecnologias colocando o potencial da comunicação multimédia ao alcance de qualquer pessoa.

A propagação de computadores pessoais com um elevado poder computacional a baixo custo permitiu dotar as máquinas com a capacidade de processar e combinar na mesma mensagem texto, imagem, vídeo, áudio e animação.

O aumento das taxas de transferência de dados nas redes de comunicação e a convergência da comunicação móvel aliada ao desenvolvimento de *codecs* de compressão vieram permitir a transferência e o armazenamento daquele tipo de informação de forma quase instantânea em qualquer parte do mundo [CASTRO,2005].

Hoje em dia, é do senso comum que o uso de aplicações multimédia coopera para o aumento da percepção, da retenção e do raciocínio agindo sobre a memória, os sentidos e as reacções do utilizador. Tal está intimamente ligado ao fenómeno de transformação do mundo em que vivemos que tem passado de analógico para digital.

A palavra central é a tecnologia uma vez que a: Multimédia não pode ser experimentada sem ela, pois é essa tecnologia que proporciona a experiência. Segundo Gonzalez a multimédia não se limita à mensagem, mas é igualmente uma função do meio, isto é, da tecnologia [GONZALEZ, 2000].

## 2.2. Hipermédia

O termo hipermédia começou por ser considerado como uma evolução do conceito de hipertexto. A partir do momento em que passou a ser tecnologicamente possível ultrapassar as condicionantes que apenas permitiam ligar um pedaço de texto a outro, e se passou a ligar dinamicamente qualquer elemento textual a uma sequência audiovisual, a um som, ou a um vídeo, vulgarizou-se o termo hipermédia como sucedâneo do hipertexto.

Quando se fala em aplicações hipermédia fala-se de aplicações que permitem uma grande interactividade com o utilizador.

Um recurso hipermédia é um conceito que vai muito além do conceito de folha, ou sequência de folhas, onde o utilizador vai passivamente recebendo informação multimédia. O conceito deve ser entendido como uma composição completa de informação multimédia relacionada, onde o utilizador pode navegar de forma não sequencial, seguindo ligações semânticas (*links*) entre os vários componentes do documento.

Christopher Dede vai ainda mais longe definindo hipermédia como «a interconexão, não linear e associativa de materiais multimédia multidireccionados.

O hipermédia, quando integrado em ambientes de aprendizagem que motivam a pesquisa estruturada, tem um maior potencial para desenvolver as capacidades metacognitivas do formando do que os *media* lineares.» [DEDE, 1993].

Acrescenta ainda que «o hipermédia, quando integrado em ambientes de aprendizagem que motivam a pesquisa estruturada, tem um maior potencial para desenvolver as capacidades metacognitivas do formando do que os *media* lineares».

Enquanto a leitura, a audição e a visão são atitudes passivas comuns aos *media* lineares, as estruturas associativas organizadas em forma de teia exigem escolhas contínuas e capacidade de navegação interactiva por parte do formando. A potencialidade da representação hipermédia

oferece uma ponte para transformar bases de dados multimédia fragmentadas em mundos virtuais ricos e detalhados.»[*idem, op. cit.*]

Nestes sistemas interactivos o utilizador tem um papel activo decidindo o percurso que toma a aplicação. As enciclopédias interactivas são um exemplo típico destes sistemas que, ainda, podem servir simultaneamente mais do que um utilizador.

### **2.3. O Ensino à distância**

Ao longo do tempo, o Ensino à Distância (EaD) sofreu uma evolução drástica em virtude do aparecimento das novas tecnologias, por um lado, e da própria evolução sócio-cultural, por outro.

O ensino à distância surge com a evolução dos serviços de correio postal numa altura em que se assistia a uma massificação dos suportes impressos (*mono-media*).

A comunicação entre o aluno e o professor caracterizava-se pela troca de material impresso (manuais, guias de estudo,...) através do correio tradicional. A comunicação era, então, bidireccional, demorada e assíncrona e a interacção entre alunos inexistente.

Para Gomes, a segunda geração de EaD corresponde a um ensino já mediatizado (*múltiplos media*) caracterizado pela difusão através da rádio, televisão, cassetes de áudio e/ou vídeo.

A comunicação é essencialmente unidireccional apesar da utilização do telefone introduzir uma forma de comunicação bidireccional síncrona. No entanto, o processo de aprendizagem continua a ocorrer num ambiente tradicional (mesa, papel, caneta) e a interacção entre alunos continua a ser inexistente [GOMES, 2003].

O aparecimento de um novo ambiente de estudo (o computador) surge com a terceira geração de EaD.

Esta geração tecnológica caracteriza-se, em termos de representação de conteúdos, pelo recurso ao multimédia interactivo ou seja recorre à integração de múltiplos media em suportes digitais interactivos.

Surgem novas tecnologias para trocar mensagens (*e-mail*), ficheiros (*FTP*) e conteúdos (*Web*) com base em redes de computadores.

Um dos elementos característicos desta geração é a introdução do elemento “interactividade”, ao qual está associada a possibilidade de processos de *feedback* em relação às actividades de aprendizagem com um carácter de imediatismo, o que até então, não era possibilitado pelas tecnologias de difusão disponíveis [BLANCO, 1999]. A comunicação passa a ser bidireccional, síncrona e assíncrona, permitindo ao aluno comunicar, não só com o docente, mas também com outros alunos.

Hoje, apesar de não se terem observado alterações significativas ao nível dos suportes pedagógicos, estes deixaram de ser estáticos (no sentido de pré-concebidos e inalteráveis) como os que caracterizavam a anterior geração e passaram a constituir documentos de apresentação multimédia que usufruem das potencialidades de alteração e reconstrução como as possibilitadas pelos ambientes colaborativos de trabalho em rede.

Abrem-se assim novas perspectivas em termos de desenvolvimento de situações de aprendizagem em grupo, inter-pares e de natureza colaborativa, permitindo a constituição de verdadeiras comunidades de aprendizagem no espaço virtual [DIAS, 2000].

Nesta designada quarta geração de EaD, *web-learning* ou *e-learning*, o aluno passa a poder interagir com docentes e com outros alunos, num Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

As novas interacções da comunicação social atingem directamente os sistemas educativos propostos pela sociedade. A cada invenção tecnológica, a sociedade atribui aos processos comunicativos, desenvolvidos em torno da invenção, uma expectativa educativa [BRAGA, 2001].

Neste contexto, o EaD além de eliminar as barreiras de espaço-tempo e o problema da dispersão geográfica, estimula a auto-aprendizagem fomentando a aquisição contínua de novos conhecimentos que se podem traduzir em competências pessoais e profissionais.

No quadro seguinte são apresentadas as principais características destas gerações de inovação tecnológica no ensino à distancia.

	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
	Ensino por correspondência	Tele-ensino	Multimédia	“Aprendizagem em rede”
<b>Cronologia</b>	1833...	1970...	1980...	1994
<b>Representação de conteúdos</b>	Mono-média	Múltiplos- <i>media</i>	Multimédia interactivo	Multimédia colaborativo
<b>Distribuição de conteúdos</b>	Documentos impressos e recurso ao correio postal	Emissões de áudio e/ou vídeo com recurso a emissões radiofónicas e televisivas	CD-ROMs e DVDs com recurso ao correio postal	Páginas <i>Web</i> distribuídas em redes telemáticas. Ficheiros em rede para <i>download</i> e <i>upload</i> .
<b>Comunicação professor/aluno</b>	Muito rara	Pouco frequente	Frequente	Muito frequente
<b>Comunicação aluno/aluno</b>	Inexistente	Inexistente	Existente mas pouco significativa	Existente e significativa
<b>Modalidades de comunicação disponíveis</b>	Assíncrona com elevado tempo de retorno	Síncrona, fortemente desfasada no tempo e transitiva	Assíncrona com pequeno desfasamento temporal e síncrona de carácter permanente	Assíncrona individual ou de grupo, com pequeno desfasamento temporal e síncrona individual ou de grupo e de carácter permanente
<b>Tecnologias (predominantes) de suporte à comunicação</b>	Correio postal	Telefone	Telefone e correio electrónico	Correio electrónico e conferências por computador

Tabela 1. Gerações de inovação tecnológica no ensino à distância.

### ■ **O b-Learning**

O *b-Learning* ou *Blended Learning* surge como uma extensão do *e-Learning* e dos sistemas educativos presenciais consistindo numa combinação de formação *on-line* e presencial combinando conteúdos digitais de ensino acedíveis à distancia com materiais impressos e actividades em sessões presenciais.

A principal vantagem do *b-Learning* é precisamente misturar (*blend*) os melhores aspectos de uma e outra abordagem. As aulas presenciais podem ser usadas para envolver os alunos em técnicas avançadas de experiências interactivas em grupo enquanto a parte *on-line* do curso pode proporcionar aos alunos recursos educativos multimédia de elevada qualidade e motivadores, disponíveis a qualquer hora do dia e em qualquer lugar com acesso à *web*.

Além da flexibilidade e conveniência para os estudantes alguns estudos recentes como o apresentado na 11ª Conferência Internacional de *Blended Learning & Higher Education* (2005),

demonstram que uma abordagem combinada de instrução pode resultar em ganhos na aprendizagem e retenção de conteúdos originando inclusive um aumento na procura desse tipo de cursos.

A aprendizagem mista está em ascensão nomeadamente no ensino superior onde 93% das instituições de ensino admitem utilizar estratégias *b-Learning* na sua formação e 7 em cada 10 esperam que até 2013 40% da sua formação assente neste sistema educativo [BONK & GRAHAM, 2006].

#### **2.4. Software Educativo**

Por definição, *software* didáctico é um tipo de programa/aplicação que tem como objectivo proporcionar o treino ou aquisição de novas competências. Seja o dominar do vocabulário de uma língua estrangeira ou o treino de problemas matemáticos.

O computador pode ser um importante meio para promover a passagem da informação ao aluno ou para facilitar o processo de construção do seu conhecimento.

No entanto, o acto de aprender (memorizar ou construir conhecimento) não deve estar confinado ao *software*, mas à capacidade de interacção entre o aprendiz e o mesmo.

Muitos destes recursos educativos multimédia quando bem planeados e elaborados podem ser um excelente auxílio à aprendizagem [SEABRA, 1994].

Um *software* didáctico deve incorporar os recursos tecnológicos disponíveis não só para documentar mas sobretudo para potenciar a aprendizagem combinando os mais variados tipos de *media* e técnicas de interactividade.

Os diversos tipos de *software* usados na formação podem ser classificados de acordo com os seus próprios objectivos pedagógicos: exercícios e práticas, tutoriais, simulações, aplicações, linguagens e programas de autoria [SEABRA, 1994].

Existem aplicativos desenvolvidos com outras finalidades que não as educativas, geralmente bem concebidos e motivacionais que se podem tornar numa interessante ferramenta didáctica nas mãos de um professor, criando um ambiente lúdico que pode ser a base para uma abordagem diferenciada da matéria como é o caso dos jogos educativos.

O mais importante é ter presente que o *software* didático "deve atender aos objectivos específicos da disciplina e manter a coerência com a natureza da matéria lectiva" [SETTE, et al., 1997] devendo ser utilizado pelo professor ou formador como uma ferramenta pedagógica que impulse a qualidade da aprendizagem em consonância com objectivos pré-determinados.

## **2.5. Objectos de Aprendizagem**

Não existe ainda um consenso quanto à definição de Objectos de Aprendizagem (OA), existindo muitos outros termos utilizados como sinónimos: objectos instrutivos, objectos educativos, objectos inteligentes.

O grupo de trabalho que estuda a padronização de metadados para Objectos de Aprendizagem, *Learning Object Metadata Working Group* [IEEE 2005], define-os como sendo "qualquer entidade digital ou não digital que possa ser usada, reutilizada ou referenciada durante o uso de tecnologias que suportem o ensino".

A principal ideia patente nos Objectos de Aprendizagem é a de permitir a construção de pequenos componentes de instrução que possam ser reutilizados inúmeras vezes em diferentes contextos de aprendizagem.

Esta ideia possibilita que os materiais de aprendizagem se tornem cada vez mais estruturados, organizados e que possam ser disponibilizados em diferentes formatos.

Wiley [WILEY, 2000] usa uma analogia interessante, como ilustração deste conceito, comparando os Objectos de Aprendizagem com as peças lego, com as quais se podem construir outros objectos que por sua vez também podem ser usados como peças de uma construção maior e assim sucessivamente.

A possibilidade de utilizar um OA aliada à possibilidade de o editar, faz com que possam ser criados novos OA, pelos autores ou por terceiros com a sua autorização, sem perder os direitos originais.

Estas características, de flexibilidade e adaptação conjugadas com a interoperabilidade e padronização em termos de indexação e procura, vem facilitar e melhorar a qualidade do ensino proporcionando a professores e alunos diversas ferramentas facilitadoras [BETTIO e MARTINS, 2004].

Longmire, vai mais longe afirmando que os OA possuem características que permitem resolver diversos problemas existentes actualmente quanto ao armazenamento e distribuição de informação por meios digitais [LONGMIRE, 2001].

Os OA caracterizam-se pela:

- reutilização: reutilizáveis várias vezes em diferentes ambientes de aprendizagem;
- adaptabilidade: adaptáveis a qualquer ambiente de ensino;
- granularidade: conteúdo em pedaços, para potenciar a sua reutilização;
- acessibilidade: acessíveis facilmente via *Internet* podendo ser usados em diversos locais;
- durabilidade: possibilidade de continuarem a ser usados, apesar das mudanças tecnológicas;
- interoperabilidade: possibilidade de serem utilizados numa variedade de sistemas operativos e *browsers*;
- metadados (dados que descrevem dados): descrição das propriedades do Objecto, como o seu autor, título, assunto, data, etc.

## 2.6 A Realidade Virtual

Realidade Virtual (RV) pode ser definida de uma maneira simplificada como a forma mais avançada de *interface* de um utilizador de computador até agora disponível. [HANCOCK,1995]

Com aplicação possível na maioria das áreas do conhecimento, senão em todas, e com um grande investimento nas indústrias de produção de *hardware*, *software* e dispositivos de E/S especiais, a Realidade Virtual tem experimentado um desenvolvimento acelerado nos últimos anos e indiciado perspectivas bastante promissoras em inúmeros sectores.

Uma definição um pouco mais refinada de RV é: “Realidade Virtual é uma forma das pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados extremamente complexos” [AUKSTAKALNIS, 1992].

Agrupando algumas outras definições de Realidade Virtual, podemos assumir a Realidade Virtual como uma técnica avançada de *interface*, onde o utilizador pode realizar uma espécie de

imersão, navegando e interagindo com um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais [KIRNER, 2006].

Neste campo a qualidade da experiência é crucial. Para estimular a criatividade e a produtividade, a experiência virtual deve ser credível. A realidade deve reagir convenientemente com os factores físicos e perceptivos dos participantes humanos, de formas apropriadas, em conformidade com representações cognitivas do ambiente em que eles se encontram imersos. A experiência não necessita ser realista, mas, deve ser consistente [MACHOVER e TIVE, 1994].

Com a RV o utilizador percebe a aplicação como um ambiente virtual tridimensional. Esta percepção é possível através de dados capturados e reproduzidos em dispositivos especiais, como luvas e óculos, como exemplificado na figura 2.



Figura 2. Dispositivos Especiais de RV(Luvas e HMD).

Com recurso a dispositivos especiais, a realidade virtual procura captar os movimentos do corpo do utilizador e, a partir desses dados, realizar a interacção com a aplicação, sem utilizar os elementos tradicionais de *interfaces WIMP* (“Window, Icon, Menu, Pointer”) [SCHNEIDERMAN, 1998].

A *interface* neste ambiente virtual procura imitar a realidade num determinado contexto através de uma ilusão criada por computador que procura reproduzir a sensação de presença ou imersão nesse ambiente.

Poucas tecnologias, em anos recentes, têm agitado tanto a comunidade científica, em termos de discussão. Anseia-se por um passo além da Realidade Virtual, porque esta faz com que a tecnologia interaja com o ser humano, em vez do ser humano interagir com a tecnologia.

## 2.7. A Realidade Misturada

A Realidade Misturada: resulta de uma mistura do real com o virtual e pode receber duas denominações: a de Realidade Aumentada, cujo ambiente predominante é o mundo real, e a de Virtualidade Aumentada, cujo ambiente predominante é o mundo virtual [KIRNER, 2004].

A figura seguinte mostra o diagrama adaptado de realidade/virtualidade contínua.



*Figura 3. Diagrama adaptado de realidade/virtualidade contínua.*

Do lado esquerdo, temos a realidade pura, sendo definida como os objectos que existem no mundo real.

O outro extremo caracteriza um mundo completamente virtual. Neste mundo completamente virtual são exibidos objectos que não existem no mundo real mesmo tratando-se de representações destes.

A implementação de um sistema de realidade mista resulta numa combinação de experiências reais com funcionalidades virtuais produzindo novos ambientes e visualizações onde objectos físicos e digitais co-existem e interagem em tempo real.

Podemos assumir que a Realidade Aumentada é uma particularização da Realidade Misturada.

## 2.8. Códigos Visuais

Uma das características inerentes à computação ubíqua é o desvanecer da fronteira entre elementos físicos e elementos virtuais, para que a transição entre ambos possa ser efectuada de forma simples e natural. Nesse contexto de fusão físico-virtual, a interacção com o “computador” é transferida para o ambiente que rodeia a pessoa. A manipulação de objectos físicos tem consequências no mundo virtual e, de forma idêntica, os eventos no mundo virtual têm repercussões, ou efeitos, em objectos do mundo físico.

Advém desta abordagem, a necessidade de associar os objectos físicos a representações no mundo virtual e formas de efectuar determinada “operação” sobre esse mesmo objecto [BARTON, 2001] [PINHANEZ, 2005].

Os códigos visuais afirmam-se como uma das tecnologias que permite suportar esse tipo de interacções, servindo de fronteira entre ambos os mundos. Um código visual é uma pequena marca embebida num ambiente físico que, quando fotografada e interpretada utilizando, por exemplo, um telemóvel, permite abrir uma porta para um determinado serviço do mundo virtual.

Os códigos visuais (ou *tags* como são vulgarmente conhecidos) são normalmente representações em 2D, de formas, figuras geométricas e padrões de cores, para um limitado conjunto de informação.

Desta forma, permitem a sua posterior leitura e interpretação, através de algoritmos de reconhecimento concebidos para dispositivos que não exigem grandes capacidades de computação e de resolução de imagem [OLIVEIRA, 2007].

Estes códigos visuais, como o apresentado na figura 3, são considerados como uma evolução dos tradicionais códigos de barras utilizados para identificar produtos, que apresentam maiores limitações na sua capacidade de codificação de dados e, conseqüentemente, nas suas possíveis aplicações.

O facto destes códigos não necessitarem de um equipamento especificamente concebido para a sua leitura como acontece com os códigos de barras, permite uma utilização muito mais vasta e disseminada podendo a sua descodificação ser efectuada por qualquer dispositivo com câmara incorporada.



*Figura 4. Exemplo ilustrativo de um código visual Quick Response Code.*



---

### 3. REALIDADE AUMENTADA: TECNOLOGIA, FERRAMENTAS E APLICAÇÕES

“

o planeamento de longo prazo não lida com decisões futuras,  
mas com o futuro de decisões presentes

Peter Drucker

Neste capítulo a realidade aumentada é caracterizada como técnica de composição gráfica. São apresentados os seus subsistemas e aplicações nas áreas de actividade correlacionadas ao trabalho desenvolvido.

#### 3.1 Realidade Aumentada

Realidade Aumentada é habitualmente definida como a sobreposição de objectos virtuais (tridimensionais), gerados por computador, com um ambiente real, por meio de algum dispositivo tecnológico.

No entanto, este conceito é muito geral e só fica claro com a inserção num contexto mais amplo: o da Realidade Misturada. [MILGRAM, 1994]

Segundo KIRNER a Realidade Aumentada pode ser definida como a sobreposição de objectos virtuais no mundo real, melhorando ou aumentando a visão humana [KIRNER, 2004].

Cabe ressaltar que, neste caso, os objectos virtuais são trazidos para o espaço do utilizador, onde este se sente mais seguro porque sabe como interagir, normalmente sem qualquer necessidade de treino ou formação. Isto é obtido, através de técnicas de visão computacional e de computação gráfica/Realidade Virtual.

Além de permitir que objectos virtuais possam ser introduzidos em ambientes reais, a Realidade Aumentada proporciona também, ao utilizador, a manipulação desses objectos com as próprias mãos, possibilitando uma interacção atractiva e motivadora com o ambiente [BILLINGHURST, 2002] [ZHOU, 2004].

Para que os objectos virtuais façam parte do ambiente real e sejam manipulados, é necessário utilizar um *software* com capacidade de visão do ambiente real e de posicionamento dos objectos virtuais, além de activar os dispositivos tecnológicos apropriados para a Realidade Aumentada.

A Realidade Aumentada é, assim, uma técnica de computação gráfica, que consiste na sobreposição de gráficos sintéticos com a imagem capturada por uma câmara em tempo real.

Quando estes elementos são devidamente enquadrados, a composição resultante é uma soma do real com o virtual, possibilitando o desenho de uma nova geração de aplicações interactivas.

BIMBER compara a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual da seguinte forma [BIMBER, 2005]:

Realidade Aumentada	Realidade Virtual
<ul style="list-style-type: none"><li>• Enriquece o mundo real com objectos virtuais</li><li>• O utilizador manteém o sentido de presença no mundo real</li><li>• Necessita de um mecanismo para combinar o real e o virtual</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• É totalmente gerada por computador</li><li>• a sensação visual é controlada pelo sistema</li><li>• Necessita de um mecanismo para integrar o utilizador no mundo virtual</li></ul>

Tabela 2. Comparação Realidade Aumentada / Realidade Virtual.

### 3.2. Tipos de Sistemas de Realidade Aumentada

De acordo com AZUMA os sistemas de Realidade Aumentada podem ser classificados conforme o tipo de *display* utilizado [AZUMA, 2001], envolvendo visão óptica ou visão por vídeo, dando origem a quatro tipos de sistemas:

- Sistema de visão óptica directa;
- Sistema de visão directa por vídeo;
- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
- Sistema de visão óptica por projecção.

### 3.2.1. O Sistema de Visão Óptica Directa

Estes sistemas utilizam óculos ou capacetes com lentes que permitem a recepção directa da imagem real, ao mesmo tempo que possibilitam a projecção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a situação real.

Uma maneira comum de se conseguir esta característica é usar uma lente inclinada que permite a visão directa e que reflecte a projecção de imagens geradas por computador directamente nos olhos do utilizador. A Figura 5 mostra o diagrama deste tipo de sistema.

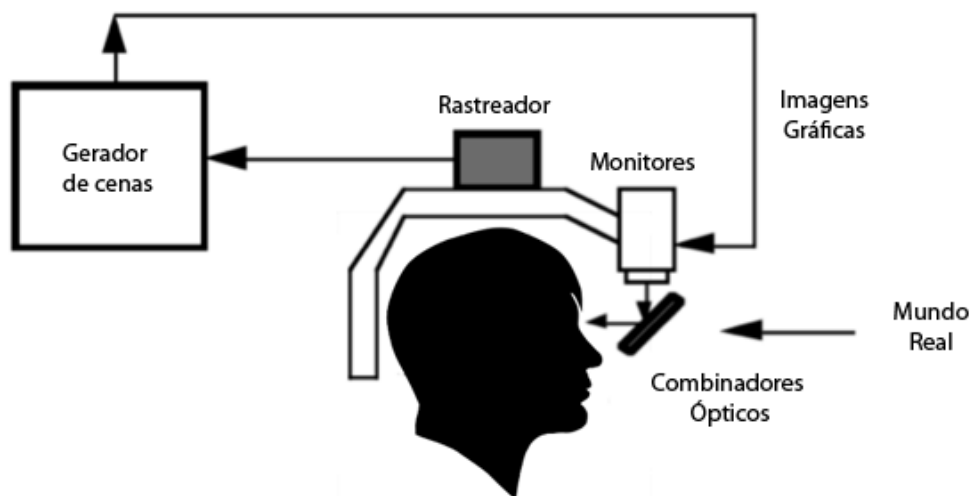


Figura 5. Diagrama conceptual do sistema de visão óptica directa (adaptado de [AZUMA, 1997]).

Os sistemas de visão óptica directa ao permitirem ao utilizador uma visão do mundo real, sem equipamentos intermediários, proporcionam maior imersão no ambiente. No entanto exigem maior tecnologia e mais dispendiosa.

### 3.2.2. O Sistema de Visão Directa por Vídeo

O sistema de visão directa por vídeo utiliza capacetes com micro-câmaras de vídeo acopladas. O cenário real é capturado pela micro-câmara, e depois misturado com os elementos virtuais que são gerados por e apresentados directamente nos olhos do utilizador através de pequenos monitores montados no capacete.

A Figura 6 apresenta o diagrama de funcionamento do sistema de visão directa por vídeo.

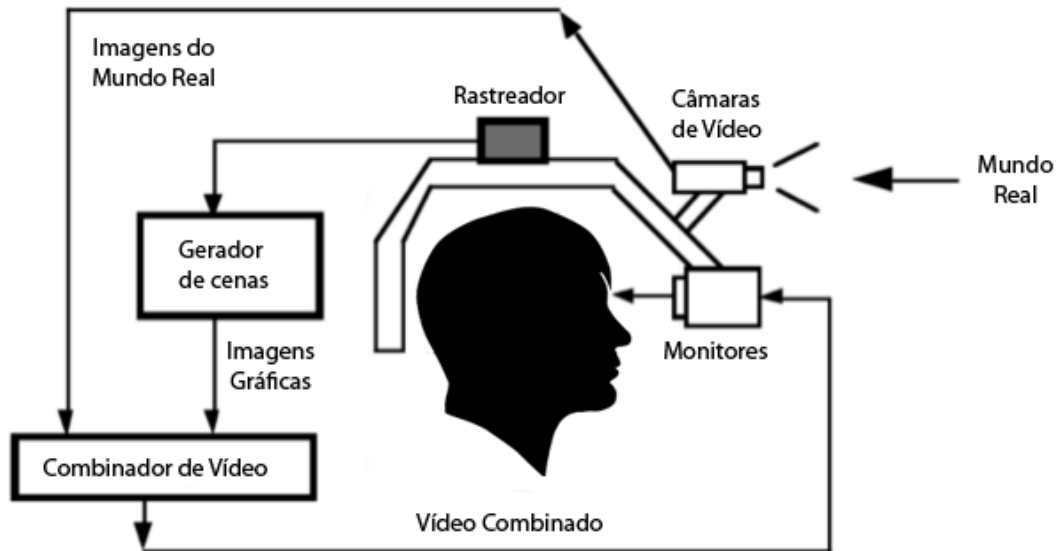


Figura 6. Diagrama e dispositivo do sistema de visão por vídeo (adaptado de [SUTHAUL, 2002]).

Nos sistemas de visão directa o utilizador utiliza um capacete, ao qual nem todos se adaptam. Nalgumas pessoas pode-se constatar cansaço, tontura ou perda de percepção de profundidade [JONES et al., 2008].

### 3.2.3. O Sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor

O sistema de visão por vídeo baseado em monitor utiliza uma *webcam* para capturar o cenário real. Depois de captado, o cenário real é misturado com os objectos virtuais gerados por computador e são ambos apresentados no monitor. O ponto de vista do utilizador normalmente é fixo e depende do posicionamento da *webcam*.

O sistema de visão por vídeo baseado em monitor, como o nome sugere, tem como configuração básica um monitor comum e uma ou mais câmaras.

Nestes sistemas, as imagens capturadas do mundo real são misturadas com os objectos virtuais gerados por computador e apresentadas no monitor.

O rastreador do sistema informa o gerador de cenas da sua posição e orientação reais. Com esta informação, o gerador de cenas renderiza os objectos adequados à visão do ambiente real e passa-os para um combinador, que realiza a mistura das imagens em tempo real e transmite-as para o monitor.

A maior parte das experiências de RA na *Web* utilizam este sistema. Nestas situações, o utilizador mantém um ponto de vista relativamente fixo, e depende do posicionamento de uma *webcam* para capturar a cena real.

Este é o sistema de visão de RA mais utilizado [ZORZAL et al., 2008] pelos equipamentos serem mais acessíveis e mais simples de serem utilizados.

A figura seguinte apresenta o diagrama de funcionamento.

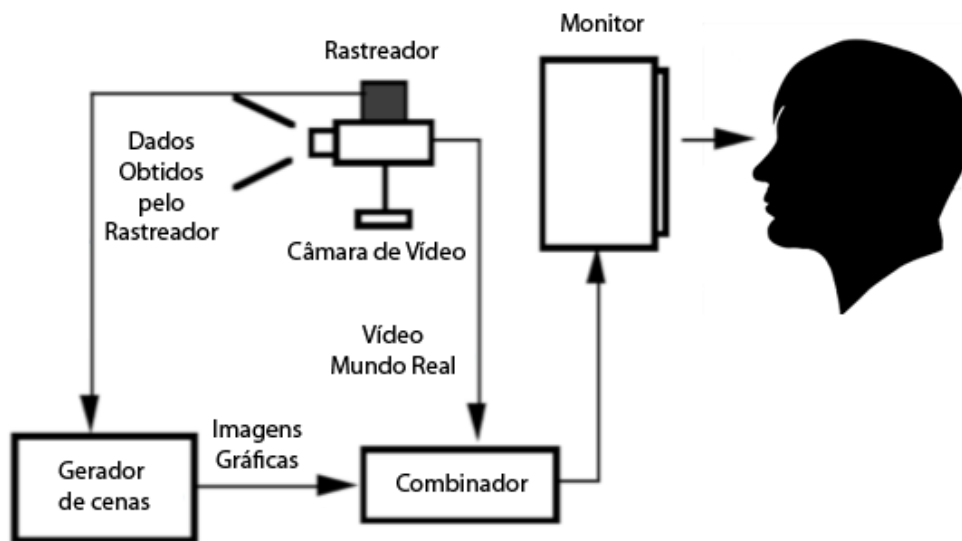


Figura 7. Diagrama de funcionamento do sistema de visão por vídeo baseado em monitor (adaptado de [AZUMA, 1997]).

### 3.2.4. O Sistema de Visão Directa por Projecção

O sistema de visão óptica por projecção utiliza superfícies do ambiente real, onde são projectadas imagens dos objectos virtuais.

O resultado final, a combinação do real com o virtual, é apresentado ao utilizador que o visualiza sem necessitar de qualquer equipamento auxiliar.

Embora interessante, este sistema envolve técnicas complexas de calibração e sobreposição estando restrito às condições do espaço real, em função de necessitar de superfícies de projecção.

Apresenta como vantagens o facto de as imagens exibidas não serem obrigatoriamente planas e permitir um tamanho maior das imagens a exibir.

### 3.2.5. Comparação entre os Sistemas

Os sistemas de visão directa são apropriados para situações onde a perda da imagem pode ser perigosa, como é o caso de uma pessoa a caminhar pela rua, a conduzir um carro ou avião.

Para locais fechados, onde o utilizador tem controlo da situação, o uso da visão por vídeo é adequada e não oferece perigo. Em caso de perda de imagem, pode-se sempre retirar o capacete com segurança, se for o caso.

Os sistemas de visão por vídeo são, ainda, mais baratos e mais fáceis de serem ajustados. [KIRNER, 2004]

A figura 8 identifica o fluxograma funcional dos componentes de um sistema de RA com visão por vídeo. Um aspecto importante do sistema prende-se com a necessidade de fazer corresponder as coordenadas da cena real com as dos objectos virtuais.

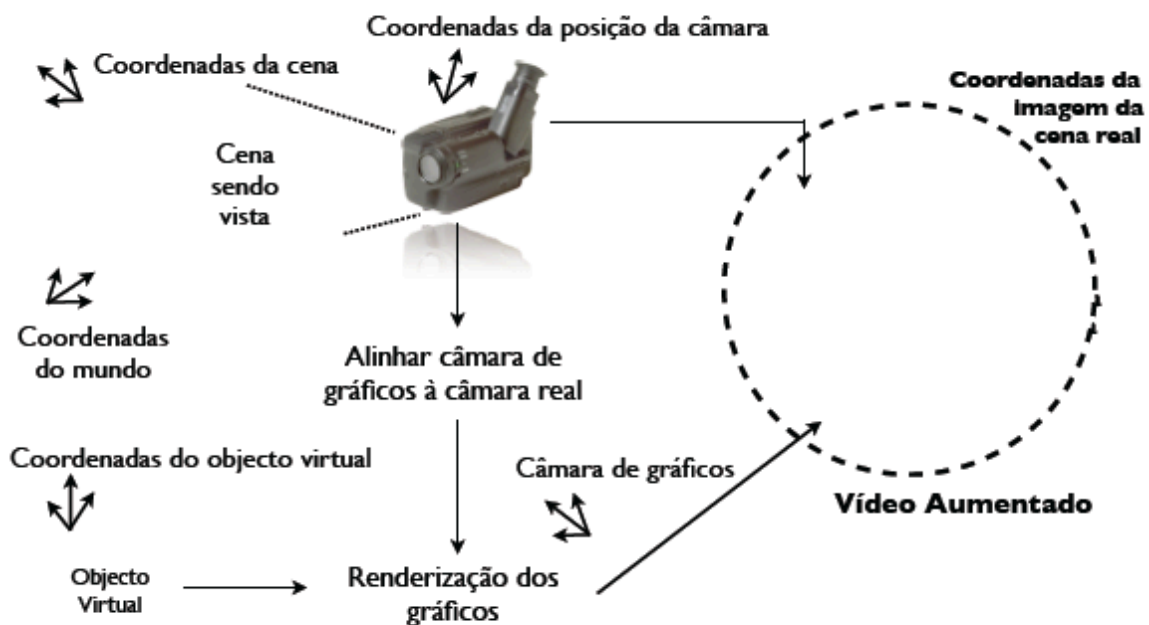


Figura 8. Componentes de um sistema de RA.

A tabela 3 apresenta um resumo entre os diferentes sistemas de visão acima apresentados, destacando as principais características destes.

Óptica directa	Visão por vídeo	Baseado em Monitor	Óptica por Projecção
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O utilizador vê o mundo real através de um <i>display</i> semi-transparente</li> <li>• Os objectos virtuais são acrescentados opticamente à cena</li> <li>• Necessita de um mecanismo para combinar o real e o virtual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma câmara capta as imagens do mundo real e as imagens "aumentadas" são vistas num <i>HMD</i> (Head-Mounted Display)</li> <li>• O utilizador não vê o mundo real directamente</li> <li>• Aumenta o realismo e a sensação de imersão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A aproximação mais simples</li> <li>• Uma câmara capta as imagens do mundo real e as imagens "aumentadas" são vistas no monitor</li> <li>• Simples e barato</li> <li>• Realismo e mobilidade limitados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A informação digital é projectada directamente sobre os objectos do mundo real que se pretende "aumentar"</li> <li>• Maior tamanho da imagem exibida</li> <li>• Necessita de calibração</li> </ul>

Tabela 3. Quadro resumo de características dos tipos de sistemas de RA.

### 3.3. Áreas de Utilização de Realidade Aumentada

Um dos primeiros aproveitamentos veio do ramo militar. Há vários anos que os pilotos de aviões usam capacetes munidos de visores designados *head-mounted displays* (HMD) (ver Figura 9) para sobrepor grafismos sobre a visão do mundo real dos pilotos [AZUMA, 1997].

Esses grafismos combinam informações sobre o terreno, indicações de voo, rotas a seguir, e até mesmo alvos terrestres ou aéreos.

Nos actuais aviões e helicópteros de combate, os capacetes dos pilotos estão, na sua maioria, equipados com estes *displays*.



*Figura 9. Capacete com Head-Mounted Display.*

Outro aproveitamento veio da indústria automóvel, que tem vindo a implementar vários sistemas de suporte à decisão, onde os técnicos utilizam óculos com ecrãs para fazer supervisão assistida. O técnico consegue assim ver sobrepostos no carro uma série de gráficos que o conduzem na sua operação, diminuindo erros e tempo de aprendizagem (figura 9).



*Figura 9. Exemplo de utilização de óculos de Realidade Aumentada por mecânicos da BMW.*

A Realidade Aumentada tem vindo a ser utilizada na montagem e manutenção de maquinaria complexa, uma vez que se torna mais simples a manipulação de máquinas, como por exemplo turbinas quando, em vez de olhar para manuais impressos, se tem imagens 3D sobrepostas ao próprio equipamento, identificando passo a passo as tarefas a ser executadas e como o conseguir. Um dos primeiros projectos deste tipo foi o *Karma - Knowledge-based Augmented*

*Reality for Maintenance Assistance*, desenvolvido na *Universidade de Columbia*, que assistia o utilizador na manutenção de uma impressora.

Outro exemplo comum da utilização de RA são as imagens transmitidas ao vivo por emissoras de televisão quando, por exemplo, num jogo de futebol, marcam a distância da bola à baliza, ou quando no início da partida projectam os nomes dos jogadores sobre o campo com a tática utilizada. Da mesma forma, nalguns desportos como nas corridas automóveis é vulgar adicionarem *banners* publicitários ao lado das pistas como se existissem realmente no autódromo, fazendo com que os patrocinadores não necessitem de afixar essa publicidade reduzindo custos e poluição visual do local.

Nos últimos anos esta tecnologia tem também sido explorada na área da comunicação, onde as aplicações interactivas são hoje consideradas como essenciais. São uma forma do receptor se envolver emocionalmente com os conteúdos que explora, conseguindo assim uma atenção superior à que os *media* normais conseguem cativar.



*Figura 10. Campanha de comunicação Smart Grid da General Electric Company.*

Na medicina, alguns médicos já utilizam a RA em cirurgias guiadas por imagem, ou para visualizarem imagens de órgãos sobrepostas à imagem do corpo humano, com o auxílio de óculos 3D, fornecendo uma orientação espacial maior nos diagnósticos e até nas cirurgias. Neste campo a RA também se pode revelar útil para fins de treino e aprendizagem. Instruções virtuais dos passos necessários poderão ser fornecidas a um cirurgião apoiando-o na execução de micro-cirurgias.

Objetos virtuais também poderão auxiliar a identificar os órgãos e especificar com pormenor determinadas zonas de forma a evitar perturbações [DURLACH, 1995].



*Figura 8. Cirurgia guiada por imagem - Uma colaboração entre o MIT e o Laboratório de Planeamento Cirúrgico Feminino de Brigham.*

O negócio mais promissor, aparentemente provém da distribuição de produtos de consumo em massa, como é o caso da indústria de videojogos.

Nas primeiras referencias sobre RA [AZUMA,1997] o entretenimento é já citado como uma das aplicações dessa tecnologia, mas destaca principalmente a produção de filmes para o cinema.

Mais tarde, o mesmo autor [AZUMA, 2001] passa a referenciar os jogos electrónicos como uma das importantes aplicações de RA, tornando-as assim apropriadas para entretenimento doméstico.

A formação e treino é outra das aplicações citadas por Azuma e muitos jogos têm, nos últimos tempos, sido desenvolvidos para esse fim.

Actualmente assistimos a um grande investimento em RA por parte da indústria de jogos electrónicos. O uso do controlo da *Wii* e o *EyeToy* na *Playstation* exemplificam as vantagens que a RA pode trazer ao universo dos videojogos.

Outra vantagem é a possibilidade de combinar as características de jogos clássicos (como jogos de cartas ou de tabuleiro), com forte componente de socialização, com as dos videojogos (gráficos e sons dinâmicos e atraentes, IA, comunicação em rede) através da combinação de elementos reais e virtuais [MAGERKURTH, 2004].

### 3.4. Realidade Aumentada em Ambientes Colaborativos

Durante décadas têm sido desenvolvidas iniciativas que visam a utilização do computador em actividades colaborativas, envolvendo essencialmente participantes remotos. As áudio e vídeo-conferência são exemplos de aplicações nesse sentido.

Recentemente, o desenvolvimento de *interfaces* de RA permitem adicionar à colaboração por computador a manipulação natural de objectos. Estas *interfaces* abrangem quer a colaboração face-a-face, quer a colaboração remota envolvendo objectos reais e virtuais.

A colaboração face-a-face com Realidade Aumentada [SCHMALTEIG, 1996] é baseada na partilha do ambiente físico, misturado com objectos virtuais e visto através de capacete ou no monitor. Os participantes de trabalho colaborativo actuam sobre os objectos reais e virtuais no mesmo ambiente, tendo cada um a sua visão, quando usam capacete ou micro-câmara, ou a mesma visão, quando usam o monitor ou *webcam*.

As principais características dos ambientes colaborativos com Realidade Aumentada são:

- virtualidade;
- aumento;
- cooperação;
- independência;
- individualidade.

Como os objectos virtuais possuem características semelhantes às dos objectos reais, como dimensão e posicionamento, eles podem ser manipulados com técnicas tangíveis de Realidade Aumentada, como toque e transporte entre outros.

No caso da colaboração face a face com Realidade Aumentada, usando visão baseada em monitor e *webcam*, os utilizadores manipulam os objectos, visualizando-os no monitor, perdendo assim as características de independência e individualidade.

A colaboração remota com Realidade Aumentada, por sua vez, baseia-se em *interfaces* computacionais que partilham informações e sobrepõem os espaços físicos dos vários utilizadores (mesa, por exemplo), utilizando uma rede de computadores. Assim, cada utilizador pode colocar objectos virtuais sobre a mesa, de forma a visualizar todo o conjunto de objectos e

manipulá-los em função das suas posições, promovendo assim a colaboração remota. O uso integrado de ferramentas de áudio e vídeo-conferência com interação em ambientes de Realidade Aumentada permite a implementação de ambientes colaborativos remotos com as vantagens da colaboração face-a-face. [KIRNER, 2004]

### **3.5. Realidade Aumentada e o Ensino**

A Realidade Aumentada possibilita diversos tipos de aplicações em diversas áreas e a do Ensino não é excepção. Na área educativa esta tecnologia pode ser explorada com o objectivo de auxiliar a aprendizagem praticamente em qualquer disciplina de qualquer nível académico.

O interesse dos alunos é despertado com muita facilidade uma vez que eles estão num ambiente real a visualizar objectos virtuais relacionados com o âmbito do seu estudo. O ambiente educativo torna-se, assim, muito mais atractivo e motivador.

A utilização (principalmente da RV) com fins educativos tem merecido destaque nos últimos anos e tem sido avaliada de forma intensiva. Os resultados mostram ganhos, em termos de aprendizagem superiores a outras formas de interacção que visam a educação apoiada por computador.

Acresce a isto o facto da tendência da aprendizagem como tecnologia apontar para as teorias de ensino construtivistas, em que o conhecimento não é transmitido, mas sim construído pelo estudante. A construção do conhecimento parte de um processo activo assente em actividades cognitivas experimentadas na 1ª pessoa.

A RA, entre outras (novas tecnologias como a Inteligência Artificial) permite a interactividade, a participação, a intervenção, a bidireccionalidade e a multidisciplinaridade em Ambientes Educativos.

A criação de um ambiente artificial para a aprendizagem pode ser um importante aliado para a forma apropriada à aquisição do conhecimento [BRAGA, 2001]. Para essa finalidade, a RA apresenta-se como uma alternativa tecnológica com grande potencial, principalmente devido às suas técnicas de interacção, em que o aluno pode interagir com o ambiente e ter respostas conforme a decisão tomada, e também pelo seu poder ilustrativo, em que o ambiente é apresentado da forma mais natural e intuitiva possível.

Se considerarmos a educação como um processo de descoberta, de observação, de exploração, de construção do conhecimento e que alguns assuntos são de difícil compreensão por não ser possível presenciar o processo da forma que o mesmo acontece. Especialmente nestes casos, torna-se evidente que recursos como a RA constituem mais-valias que permitem ao aluno conhecer algo abstracto e perceber a sua ligação com o real.

### **3.6. Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis**

A realidade que nos é possível observar através da visão pode ser enriquecida com suplementos virtuais no sentido de fornecer mais informação do que a que podemos observar na realidade. Saber extrair informações implícitas do mundo, processá-las e devolvê-las ao utilizador em tempo real abre uma gama enorme de aplicações interessantes no âmbito do conhecimento humano.

A adição desses suplementos baseia-se na captura de vídeo do próprio ambiente real, ou seja, com uma câmara é possível filmar o ambiente ao redor, processar a informação pertinente e adicionar elementos na imagem para então retransmiti-la.

Na Realidade Virtual um ser humano é imerso num ambiente virtual, completamente controlado por um sistema computadorizado. Sendo este ambiente todo programado, muitas das características reais presentes na natureza são de difícil representação, como a gravidade, a interacção entre objectos, o reflexo.

Ao contrário da RV, a RA tem o ambiente real como predominante e, portanto, não necessita de controlar o comportamento dos objectos. Na RA os suplementos virtuais podem ser capazes de responder às alterações adversas do ambiente real para que possam parecer realmente parte deste.

Contudo, para um melhor uso da RA é necessário que o utilizador se possa mover livremente, visualizando o ambiente real com os suplementos proporcionados pela RA. Para tal é necessário que o utilizador disponha de um dispositivo de captura de vídeo, como uma câmara, um dispositivo capaz de processar essas imagens, e um dispositivo capaz de as exibir capturadas, processadas e com os suplementos da RA.

Um dos equipamentos considerado ideal para esta liberdade de movimentos é o *Head Mounted Display* (HMD) juntamente com algum processador e dispositivo de navegação como o GPS (*Global Positioning System*), formando o que poderia ser entendido como um capacete capaz de

capturar imagens, processá-las e mostrá-las em tempo real. Ora, este equipamento descrito apresenta um custo elevado e actualmente ainda de utilização restrita.

Por outro lado, alguns dispositivos móveis apresentam boa capacidade de processamento e dispõem de câmara o que lhes permite suportar um sistema baseado em RA.

Aparelhos como o *i-Phone 3GS* da *Apple*, *HTC Hero*, *Nokia N97*, *Blackberry Curve*, entre outros, possuem características que lhes conferem a capacidade de processamento de imagens em tempo real.

Um exemplo do uso de RA com dispositivos móveis de fácil acessibilidade é o *Wikitude* – um aplicativo móvel que funciona como um autêntico guia de viagens. Basta apontar o telemóvel para um local e, recorrendo à Base de Dados do *Wikipedia*, é-nos devolvida toda a informação útil para o viajante naquela direcção. Alojamento, pontos de interesse, monumentos, restauração.



*Figura 9. Interface da aplicação móvel de Realidade Aumentada Wikitude.*

Outro exemplo do uso de RA é o sistema de museu virtual onde são posicionados marcadores nas paredes do museu, próximo às obras. O dispositivo móvel, ao capturar a imagem do marcador, está apto a mostrar no visor do aparelho (ou através de áudio) informações adicionais sobre a obra exposta.

Os exemplos citados abordam aplicações que requerem conexão a uma rede externa (por *Bluetooth* ou outro tipo de rede sem fios) para obter dados adicionais.

Nem todas as soluções precisam estar conectadas a uma rede. Algumas aplicações (como jogos, etc.) podem residir no próprio dispositivo não requerendo, assim, qualquer tipo de ligação.

### 3.7. Previsões Futuras

Com mercados tão promissores é inevitável que se comece a sentir a movimentação dos investidores. A introdução de vários milhões no desenvolvimento da Realidade Aumentada poderá fazer crescer esta tecnologia ao nível de uma próxima *Internet*.

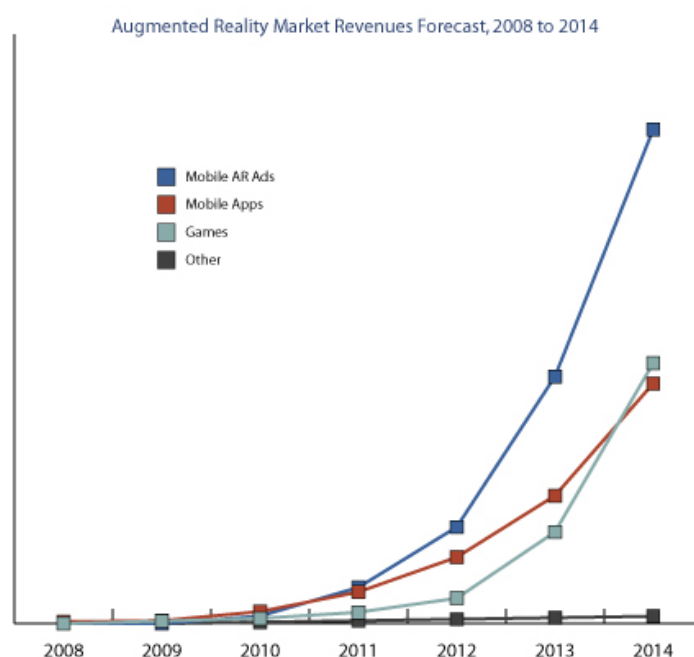


Figura 10. Previsão do mercado de Realidade Aumentada (350 milhões de dólares em 2014.) [ABI Research]

Ainda assim terá de se avançar com alguma cautela. Nos anos 90, a explosão dos mercados *Web* deveu-se essencialmente a uma especulação extraordinária, que pode num extremo prejudicar as empresas que desejam introduzir inovação no mercado.

Formou-se recentemente um consórcio internacional de empresas líderes de Realidade Aumentada [ARConsortium,2010], cujos objectivos são a criação de *standards*, que permitam potenciar a constituição de uma tecnologia sólida e um negócio salutar para os próximos anos.

Neste momento a Realidade Aumentada é considerada uma das dez tecnologias mais promissoras da próxima década. Desde os laboratórios de pesquisa e investigação até aos *tweets*

de *geeks* espalhados pelo mundo inteiro, todos começam a perceber como esta tecnologia pode evoluir e mudar a nossa relação e percepção com o mundo.

### 3.8. Problemas Associados a Sistemas de RA

Resultados experimentais referentes a estudos de percepção cognitiva [NEUMANN, 1998] podem ajudar a orientar a eficácia dos projectos de RA em muitas áreas.

Drascic [DRASCIC, 1996] discutiu 18 temas diferentes que afectam projectos de RA. Estes problemas incluem erros de implementação, problemas tecnológicos e limitações na concepção de *HMDs*. Alguns destes problemas referem-se a:

- Latência: O atraso origina mais erros de registo do que todas as outras fontes combinadas. Mais importante ainda, o atraso pode reduzir o desempenho das tarefas. Atrasos de até 10 milésimos de segundo podem fazer uma diferença significativa no desempenho de tarefas de pormenor. [ELLIS, 1997].
- Percepção de profundidade: A exactidão na percepção de profundidade do ponto de vista do utilizador é o mais difícil tipo de registo de alcançar num *display* de RA porque envolve muitos factores. Alguns como a baixa resolução podem fazer um objecto parecer mais longe do que realmente está [DRASCIC, 1996].
- Adaptação: A adaptação do utilizador aos equipamentos de RA pode ter um impacto negativo no seu desempenho.
- Utilização a longo prazo: Alguns dispositivos de visualização de RA podem ser desconfortáveis para uso a longo prazo. Um estudo revelou que dispositivos de visualização binocular (onde a mesma imagem é mostrada em ambos os olhos) causam um desconforto significativamente maior do que os monoculares ou estéreo no que diz respeito a *stress* e fadiga visual [ELLIS, 1997].

### 3.9. Ferramentas para Desenvolvimento de Aplicações de RA

#### 3.9.1. O ARToolKit

*ARToolKit* [KATO, 2000] é uma biblioteca de *software* livre implementada pelo Dr. Hirokazu Kato, para a construção de aplicações de Realidade Aumentada utilizando técnicas de visão computacional, processamento de imagens e programação.

Uma das principais dificuldades no desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada é o problema do controlo do ponto de vista do utilizador.

O *ARToolKit* recorre a bibliotecas de monitorização de vídeo para calcular a posição da câmara real e a orientação relativa aos marcadores físicos em tempo real. Para tal, o *ARToolKit*, primeiro transforma a imagem de vídeo capturada pela câmara numa imagem com valores binários (em preto e branco). De seguida, examina essa imagem para procurar regiões quadradas. Então, o *ARToolKit* encontra todos os quadrados na imagem binária, e para cada quadrado encontrado, a imagem no seu interior é capturada e comparada com algumas imagens pré-cadastradas. [KIRNER, 2006]

A partir daí, se existir alguma semelhança, o *ARToolKit* assume ter encontrado um marcador de referência e calcula a posição real da câmara em relação à posição real do marcador. Uma matriz 3x4 conterá as coordenadas reais da câmara em relação ao marcador. Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmara virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmara forem as mesmas, o objecto virtual pode ser desenhado precisamente sobre o marcador real, conforme a Figura 14.

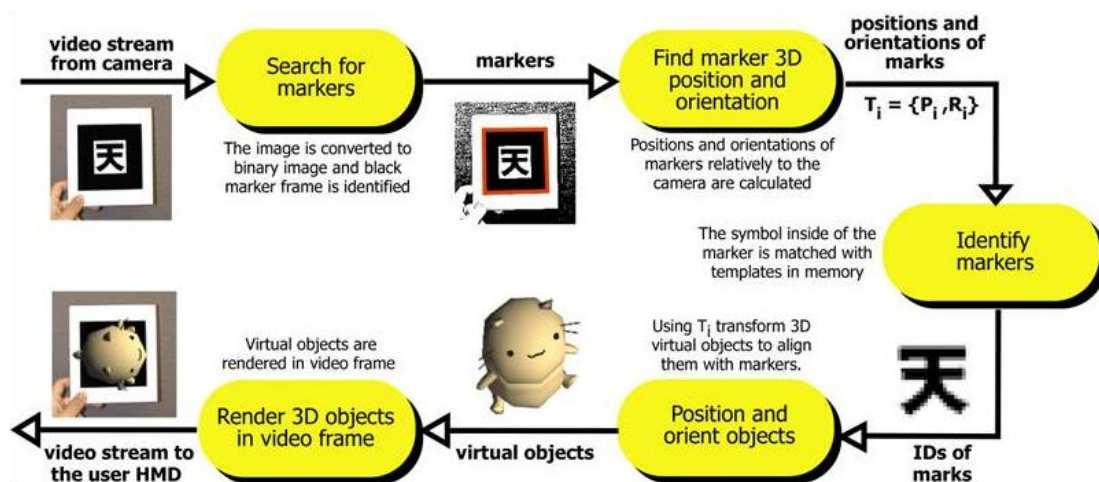


Figura 11. Diagrama original de funcionamento do ARToolkit [KATO, 2000].

O *ARToolKIT* pode ser executado nas plataformas *SGI Irix*, *PC Linux*, *PC Windows* e *Macintosh OS X*. No *Linux*, é exigido apenas o *OpenVRML-0.14.3*.

No *Windows*, as ferramentas necessárias incluem: *Microsoft Visual Studio*, *DSVideoLib-0.0.4-win32*, *GLUT*, *OpenVRML-0.14.3-win32* (opcional), *Microsoft DirectX SDK*.

Os principais recursos disponibilizados pelo *ARToolKIT* caracterizam-se pela:

- Sobreposição de objectos virtuais 3D em marcadores reais;
- Biblioteca de vídeo multiplataforma: múltiplas fontes de entrada e formatos suportados;
- Detecção planar em tempo real;
- Abordagem de padrões de marcadores extensível;
- Fácil rotina de calibragem de câmara
- Biblioteca gráfica simples baseada em *GLUT*;
- Rápida renderização baseada em *OpenGL*;
- Suporte a *VRML 3D*;
- Suporte a outras linguagens de programação (*Java*, *Matlab*);
- Conjunto completo de amostras e utilidades;
- *OpenSource* com licença GNU GPL para uso não-comercial;

### **3.9.2. O *ARToolKitPlus***

A *ARToolKitPlus* é uma biblioteca baseada na *ARToolKit*. Foi desenvolvida pela *Graz University Technology* e fez parte do projecto *Studierstube* [SCHMALTSTIEG, 1996]. Esta biblioteca apresenta algumas optimizações, como, por exemplo, a possibilidade de se utilizar computações de ponto fixo ao invés de ponto flutuante, com o intuito de gerar aplicações eficientes para dispositivos móveis, tais como PDAs (Personal digital assistants) e *smartphones*. [KIRNER, 1997]

O *ARToolKitPlus* é uma versão estendida do código *ARToolKit* que adiciona novas funcionalidades como o suporte para imagens de 8 e 16 bits, marcadores de borda variável e a utilização da técnica de limiar adaptativo que permite o ajuste automático do sistema de detecção dos marcadores conforme as alterações sofridas pela luz ambiente. Por outro lado a nova API baseada em classes provocou uma quebra na compatibilidade.

O Código *ARToolKitPlus* no que se refere à detecção dos marcadores é inspirado no *ARTag*.

### **3.9.3. O NetARToolKit**

O *NetARToolKit* consiste numa modificação do *ARToolKit* 2.65 com introdução do VRML, que disponibiliza serviços remotos de interacção com o motor de renderização possibilitando a implementação de aplicações que promovam modificações nas características das, pré-carregadas, cenas escritas na linguagem VRML [OLIVEIRA, 2007].

Uma das alterações introduzidas pelo *NetARToolKit* consiste na possibilidade de alterar características do objecto virtual sem necessitar de aplicar uma nova leitura dos objectos VRML. Isto só é possível pelo facto de actuar directamente no renderizador, executando comandos específicos que são recebidos remotamente.

A arquitectura de rede implementada consiste no modelo *peer-to-peer* funcionando cada aplicação como cliente e servidor em simultâneo. Desta forma, os recursos oferecidos pela aplicação geram mensagens que são enviadas para todas as outras aplicações interligadas nomeadamente a aplicação de Realidade Aumentada.

### **3.9.4. O ARTag**

A ferramenta *ARTag* é um sistema de detecção de marcadores baseado na biblioteca *ARToolKit*, desenvolvida pelo *National Research Council of Canada* e consiste numa biblioteca de padrões, que ao serem colocados numa superfície plana e visualizados por uma câmara de vídeo ou *webcam*, podem ser precisamente rastreados. [FIALA, 2004]

Para resolver alguns problemas no processo de detecção de marcadores do *ARToolKit* derivados da comparação de padrões por correspondência, o *ARTag* introduziu um método digital de comparação. O interior do padrão em tons de cinza é substituído por um padrão digital de 36 bits com um número de identificação único.

Ao comparar códigos digitais compostos de 0's e 1's em vez de imagens a taxa de erro baixa consideravelmente. Deixa de existir o problema do falso positivo: quando o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe e o problema do falso negativo: quando o sistema não acusa a presença de um marcador, mas ele existe; e o problema de confusão: quando o marcador no ambiente é um e o sistema o identifica como sendo outro.

Algumas outras vantagens do *ARTag* comparativamente ao *ARToolKit* são o facto de possuir mais marcadores (um total de 2002), não necessitar que os padrões sejam previamente carregados e

detectar a presença de oclusão e controlo de luz, que são aspectos menos conseguidos no *ARToolkit*.

A Figura 15 ilustra uma aplicação de RA com alguns marcadores do *ARTag*.

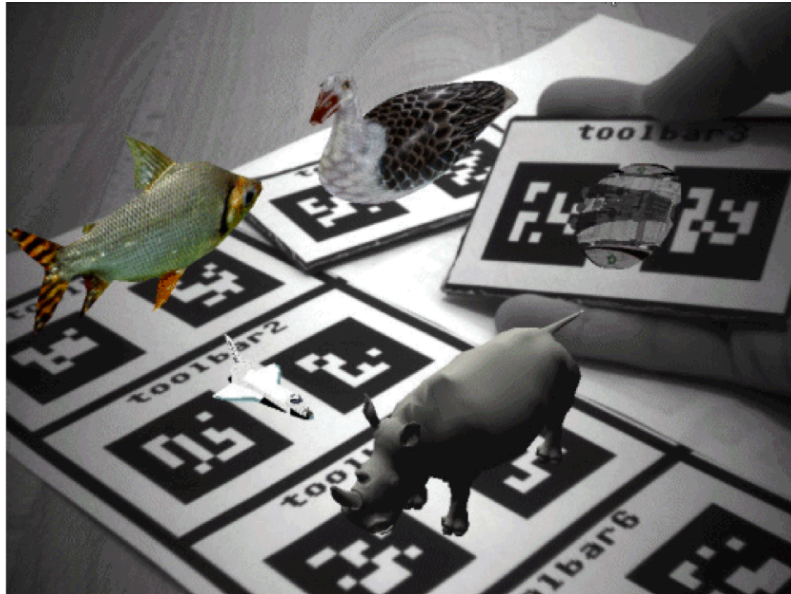


Figura 12. Demonstração de AR com *ARTag*.

### 3.9.5. O *DART*

*DART (Designer's Augmented Reality ToolKit)* [MACINTYRE, 2004] foi desenvolvido como um conjunto de extensões do ambiente de programação multimédia *Macromedia Director* (actualmente *Adobe Director*), para apoiar a prototipagem rápida, exploração, concepção e testes de Realidade Aumentada.

Foi desenvolvido pelo *Augmented Environments Lab* no *Georgia Institute of Technology* e consiste em adições ao ambiente *Macromedia Director* escritas na linguagem *LINGO* e *plugins* escritos na linguagem *C++*. Usa suporte para a captura de vídeo, rastreamento e a biblioteca *ARToolkit* para o processo de reconhecimento de marcadores.

Suporta o sistema operacional *Windows* e *MacOSX*. Apesar dos componentes estarem disponíveis para uso livre, exige a instalação do *Adobe Director*, que é um *software* comercial.

A grande vantagem desta ferramenta está no facto de permitir que *designers* e outros interessados sem conhecimentos na área da programação possam desenvolver os seus projectos de RA concentrando-se mais nos aspectos de concepção do que na programação e *debug*.

### 3.9.6. O OSGART

A biblioteca *OSGART* simplifica o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada e Realidade Mista combinando as funções de detecção e rastreamento de marcadores do *ARToolkit* com as funções para construção de modelos virtuais da biblioteca *OpenSceneGraph*.

A biblioteca oferece três funções principais: integração de entrada de vídeo de alto nível (suporte a várias entradas de vídeo), registo espacial de marcadores (suporte a múltiplos marcadores) e registo fotométrico (oclusões e sombras).

*OSGART* constitui-se pelo paradigma orientado a objecto, possui suporte a várias linguagens de programação (em *C ++*, *Python*, *Lua*, *Ruby*, etc.) e apresenta alta qualidade na representação dos objectos virtuais e permitindo a importação e exportação de arquivos gerados pelo *3D Studio Max* e *Maya*.

Características:

- Projecto Orientado a Objectos;
- *Plugin* de marcadores de base e classes de captura de vídeo;
- Suporte de múltiplas entradas de vídeo;
- Integração de objectos de vídeo de alto nível ;
- Conceito *vídeo shader* (GLSL)
- Conceito genérico de marcador;
- Suporte de múltiplos recursos baseado em marcadores naturais ou tecnologias de rastreamento;
- Técnicas de apoio a sombras e renderização;
- Interface de programação em *C*, mas também em *Python*, *Lua*, *Ruby*, *C #* e *Java*;
- Fácil desenvolvimento de aplicações interactivas;
- Suporte natural de todas as possibilidades do *OpenSceneGraph* (3D de alta qualidade processamento, estatísticas, exportação de *3DS Max / Maya*).

### 3.9.7. O OGREAR

*OGRE (Object-oriented Graphics Rendering Engine)* é um motor gráfico multiplataforma (funciona em *Windows, Linux, MacOS X*, e trabalha tanto com *OpenGL* como *DirectX*). Fornece uma vasta gama de *plugins*, ferramentas e *add-ons*, que favorecem a criação de vários tipos de aplicações gráficas. Este *software* é licenciado sob os termos da *GNU Lesser Public License (LGPL)*.

Foi desenvolvido em *C++* com o desígnio de tornar mais fácil e intuitiva a implementação de aplicações utilizando gráficos 3D acelerados por *hardware*. O *OGRE* possui uma *interface* que permite a quem desenvolve verificar se o *hardware* disponível tem a capacidade mínima para executar a aplicação possibilitando o ajuste de técnicas alternativas para melhor proveito dos recursos disponíveis. Este ajuste de técnica aplica-se também aos materiais, efeitos, versões de *shaders* e texturas.

A biblioteca *OgreAR* integrada neste *framework* foi desenvolvida para facilitar o desenvolvimento de aplicações de RA, criando uma camada de abstracção para as bibliotecas de detecção de marcadores e captura de vídeo.

A aquisição de imagens e detecção de marcadores, passa assim, a poder ser implementada usando bibliotecas independentes entre si.

Basicamente, o *OgreAR* disponibiliza uma *interface* aos recursos necessários para a construção de aplicações de RA, aliando a facilidade de utilização, legibilidade e rapidez de um componente de abstracção de alto nível. Além disto, favorece ainda a portabilidade das aplicações geradas já que estas não dependem das bibliotecas usadas para a realização das funcionalidades de RA.

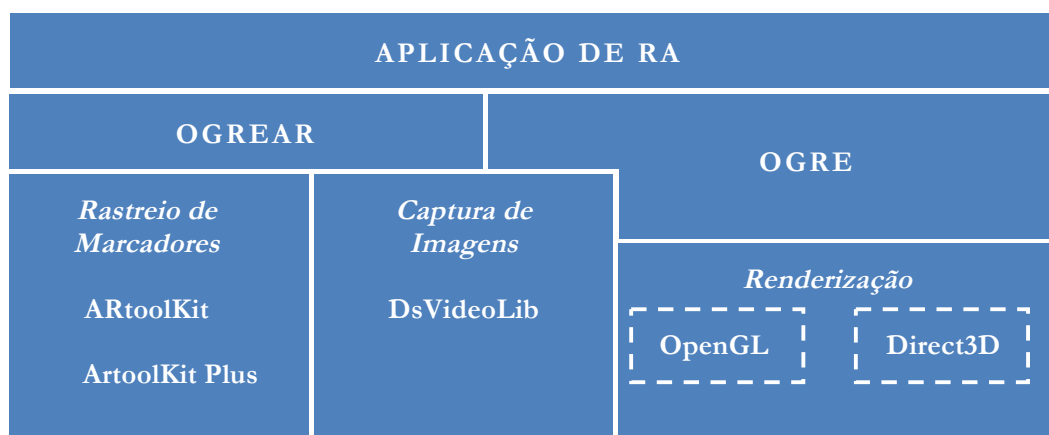


Figura 13. Arquitetura do Framework OGREAR (plataforma windows).

### 3.9.8. Análise Comparativa das Tecnologias

O quadro abaixo sintetiza algumas das mais significativas características das principais ferramentas disponíveis para o desenvolvimento de aplicações de RA.

No âmbito desta tese todas foram configuradas e estudadas no sentido de optar pela ferramenta mais adequada ao trabalho proposto.

	Tipo	Documentação	Facilidade de Uso	Recursos	Linguagem de Programação
<b>ARToolKit</b>	API	+++	++	+++	C
<b>ARToolKitPlus</b>	API	+++	++	+++	C++
<b>NetARToolKit</b>	API	+++	++	++	C
<b>ARTag</b>	API	+	++	+	C++, C#
<b>DART</b>	GUI	++	+++	+	(Lingo)
<b>OSGART</b>	API	++	++	+++	C++
<b>OgreAR</b>	API,GUI	+++	++	+++	C++, Java, .NET, Python

Tabela 4. Análise comparativa entre ferramentas de RA.

A análise profunda destas ferramentas permite-nos aferir, que à semelhança do que sucede noutras áreas da computação, a escolha de uma ferramenta de desenvolvimento deve ser feita tendo em consideração uma série de factores que vão desde a natureza da própria aplicação à sua forma de distribuição passando pelo conhecimento prévio de programação.

Tentar perceber qual a melhor ferramenta de RA é um tarefa tão insipiente como tentar perceber se o *Java* é melhor que o *C++*. Se é certo que o *C++* obtém uma melhor performance no que diz respeito à velocidade de execução das aplicações já o *Java* ganha vantagem na sua distribuição multiplataforma. O mesmo se passa com estas ferramentas.

Na sua base todas derivam (ou pelo menos fazem uso parcial) da biblioteca *ARToolkit* desenvolvida pelo Dr. Hirokazu Kato. A partir desta foram sofrendo alterações em determinados aspectos.

Se a opção recair no desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis a API *NetARToolkit* é uma boa opção por se tratar de um sistema distribuído.

Caso não exista conhecimento prévio de linguagens de programação o *DART* pode ser um bom ponto de partida por possuir uma curva de aprendizagem inferior, apesar de não existirem muitos exemplos ou recursos disponíveis.

Se a experiência assentar essencialmente em objectos tridimensionais e a qualidade de modelação destes for crucial talvez se deva optar pelo *OSGART* ou pelo *OgreAR*.

Recentemente têm, ainda, surgido alguns sistemas de autoria para o desenvolvimento de RA. O *Unifeye Design* da empresa germânica *METAIO* é disso um bom exemplo mas o custo de licenciamento desses *softwares* poderá constituir um forte entrave no momento da sua escolha, principalmente num âmbito de desenvolvimento académico.

Mais do que indicar a melhor ferramenta de RA o autor tentou, com este estudo, dotar os interessados de um conhecimento atalhado destas ferramentas que permita num determinado momento optar pela mais conveniente.

---

## 4. DESENVOLVIMENTO DE UM OBJECTO DE APRENDIZAGEM COM APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA

“

o homem deve criar as oportunidades  
e não somente encontrá-las

Francis Bacon

Neste capítulo é descrita a plataforma tecnológica do Objecto de Aprendizagem desenvolvido, sua arquitectura e modelo conceptual. É, ainda, feita uma caracterização do protótipo a nível funcional e dos possíveis cenários de utilização.

### 4.1. Plataforma de Desenvolvimento

A opção de desenvolvimento do modelo recaiu no ambiente *Web* pela universalidade que lhe é inerente.

O acesso a qualquer tecnologia inovadora, que se pretenda massificada, deve ser o mais universal possível por forma a evitar que seja acedida apenas por alguns grupos de indivíduos mais propensos à inovação. Devem também ser evitadas configurações adicionais ou complexas de equipamento ou aplicações.

O RA<sup>2</sup>, como foi designado o modelo desenvolvido, é executado a partir do *browser* como qualquer outra página de *Internet* necessitando apenas da existência de uma *webcam* para que a experiência seja total.

O modelo foi programado e testado no sentido de garantir ainda que o seu funcionamento se mantenha coerente e eficaz independentemente do sistema operativo ou *browser* utilizado.

Não obstante, a utilização local e disseminação noutros formatos (CD, DVD) não foi esquecida sendo também possível.

É também equacionada a sua catalogação e submissão a um repositório temático na área da saúde denominado *MELOR* (*Medical Learning Object Repository*), utilizando a norma *DUBLIN CORE*, disponibilizando-o de forma global e tornando-o acessível e indexado a motores de busca como o *Google*.

#### **4.1.1. Flash (ActionScript 3)**

Instalado em milhões de computadores e telemóveis conectados à *Internet*, o *Flash Player* permite fornecer experiências interactivas avançadas para diversos públicos-alvo em várias plataformas e dispositivos.

Permite, ainda, desenvolver aplicações ricas para *Internet* implantadas no *desktop* combinando o poder de dados e recursos locais com o alcance da *Web*.

O *ActionScript 3.0* (introduzido com o *Flash Player 9*) trouxe ganhos ao nível de desempenho, produtividade e redução do uso de memória. A *API* do *Flash Player* foi reorganizada em pacotes (como o *Java*). Foi lançada em conjunto com o ambiente de desenvolvimento *Adobe Flex 2.0* e *AIR (Adobe Integrated Runtime – Framework* de desenvolvimento para aplicações de *desktop*).

O *Flash* pode ser integrado com praticamente qualquer tecnologia externa. Podendo à partida diferenciar 2 tipos de integrações:

1. Cliente: aqui o *Flash* comunicará com outras tecnologias no domínio do *Browser* do cliente. O uso de *Flash Methods* permite usar linguagens como *Vbscript*, *JavaScript*, *XML*, *Ajax*, etc. para passar informações contidas no *Browser* para o *Flash* e do *Flash* para o *Browser*.
2. Servidor: o *Flash*, e o próprio *HTML*, não comunicam directamente com bases de dados e precisam de uma solução intermédia para o fazer, são os chamados *middleware*. E aqui a abrangência é alargada: *ASP*, *Coldfusion*, *PHP*, *JSP*, *.NET* entre outros.

No que diz respeito a outros *media* o *ActionScript 3* possui um universo crescente de extensões, bibliotecas, motores, *API's* que permitem estender as funcionalidades da tecnologia em campos tão diversos como a animação, desenho, física, simulação 3D, informação geográfica, RA.

#### **4.1.2. O FLARToolkit**

Como foi visto no capítulo anterior, existem actualmente uma série de *kits* disponíveis para desenvolver e criar aplicações de Realidade Aumentada, desde programação de baixo nível a programação de alto nível.

É cada vez mais vulgar encontrar ferramentas do género AR (*augmented reality*) + qualquer coisa.

O Dr. Hirokazu Kato com o seu trabalho levado a cabo no *Human Interface Technology Lab* na universidade de Washington é um dos grandes responsáveis por este feito ao ter desenvolvido o *ARToolkit* que entretanto outros programadores adoptaram e adaptaram consoante a sua inclinação tecnológica e vocação.

O *FLARToolkit* é uma das últimas adaptações dessa ferramenta escrita em *AS3 (ActionScript 3)*.

Com o advento do *Flash*, mais propriamente do *AS3* um grupo de programadores japoneses liderados por Tomohiko Koyama (mais conhecido por Saqoosha) portou o *NYARToolKIT*, uma versão *Java/C#/Android* do *ARToolkit* para *Flash*. Com isto Saqoosha não só introduziu a Realidade Aumentada na *Web* como a “apresentou” ao largo segmento da população que utilizava o *Flash* como ambiente de desenvolvimento.

Para incorporar a RA no estudo de caso proposto neste trabalho foi necessário escolher uma plataforma que permitisse, por um lado, um desenvolvimento adequado às necessidades da aplicação e, por outro, que desse desenvolvimento resultasse numa distribuição simples e acessível ao maior número possível de pessoas dispensando instalações e configurações acrescidas.

Dentre todas as possibilidades, pelos motivos acima descritos, foi escolhido o *FLARToolkit*, que é um conjunto de ferramentas e bibliotecas para Realidade Aumentada em código aberto sob a licença *GPL*.

Ao contrário de outras adaptações do *ARToolkit* como o *OSGART* e o *OGREAR* (explicados no capítulo anterior) o *FLARToolkit* não renderiza nativamente objectos tridimensionais para tal recorre a motores 3D externos como o *Papervision3D*, *Away3D*, *Sandy* e *Alternativa3D*.

Basicamente o *FLARToolkit* limita-se a detectar o marcador a partir de uma imagem de entrada, calcular a posição da câmara no espaço tridimensional e com apoio de bibliotecas auxiliares apresentar a síntese dos gráficos 2D ou 3D.

O *FLARToolkit* segue os seguintes passos para criar a imagem de RA final:

1. Captura a imagem da *webcam*;
2. Codifica binariamente a imagem de entrada;
3. Classifica-a;
4. Procura os marcadores;

5. Faz a correspondência com os padrões;
6. Calcula a matriz de transformação;
7. Renderiza os objectos.

#### **4.1.3. O Papervision3D**

É um motor 3D *Open Source* escrito em *ActionScript 3* que permite a criação de objectos 3D no *Adobe Flash*. O seu desenvolvimento foi iniciado em 2005 e desde então tem vindo a receber actualizações constantes.

Com o *Papervision3D (PV3D)* é possível manipular de uma forma simplificada elementos 3D, escondendo os detalhes de baixo nível.

O *PV3D* não realiza cálculos de física, como por exemplo gravidade, atrito, colisão. Para experiências deste tipo poderão ser utilizadas outros motores.

### **4.2. Arquitectura do Sistema Desenvolvido**

#### **4.2.1. Descrição do Protótipo**

As aplicações multimédia ao integrarem diferentes *media* na representação da informação, captam a atenção dos sentidos do utilizador e, ao exigirem interacção física e intelectual do sujeito, tornam-se apelativas para o público-alvo. [CARVALHO, 2005]

O conceito por detrás do desenvolvimento deste protótipo foi o de tentar que o utilizador se sinta envolvido na exploração do seu conteúdo.

Do ponto de vista das teorias de aprendizagem poder-se-á designar esta aplicação de inspiração construtivista uma vez que dá liberdade ao utilizador de percorrer livremente os módulos da aplicação para que este possa construir o conhecimento ao seu ritmo e de acordo com os seus interesses.

Assim, o utilizador vai explorando a informação em pequenos módulos como sugere Shneiderman [SHNEIDERMAN, 1998] ao enunciar as 3 regras de ouro deste tipo de aplicação:

1. organizar a informação em fragmentos;

2. relacionar os fragmentos entre si;
3. proporcionar ao utilizador uma pequena fracção de informação de cada vez.

A aplicação desenvolvida é constituída por 3 módulos relacionados entre si: um *puzzle* anatómico interactivo, um questionário de conhecimento e experiências de Realidade Aumentada. A figura 16 apresenta o ecrã de entrada da aplicação.

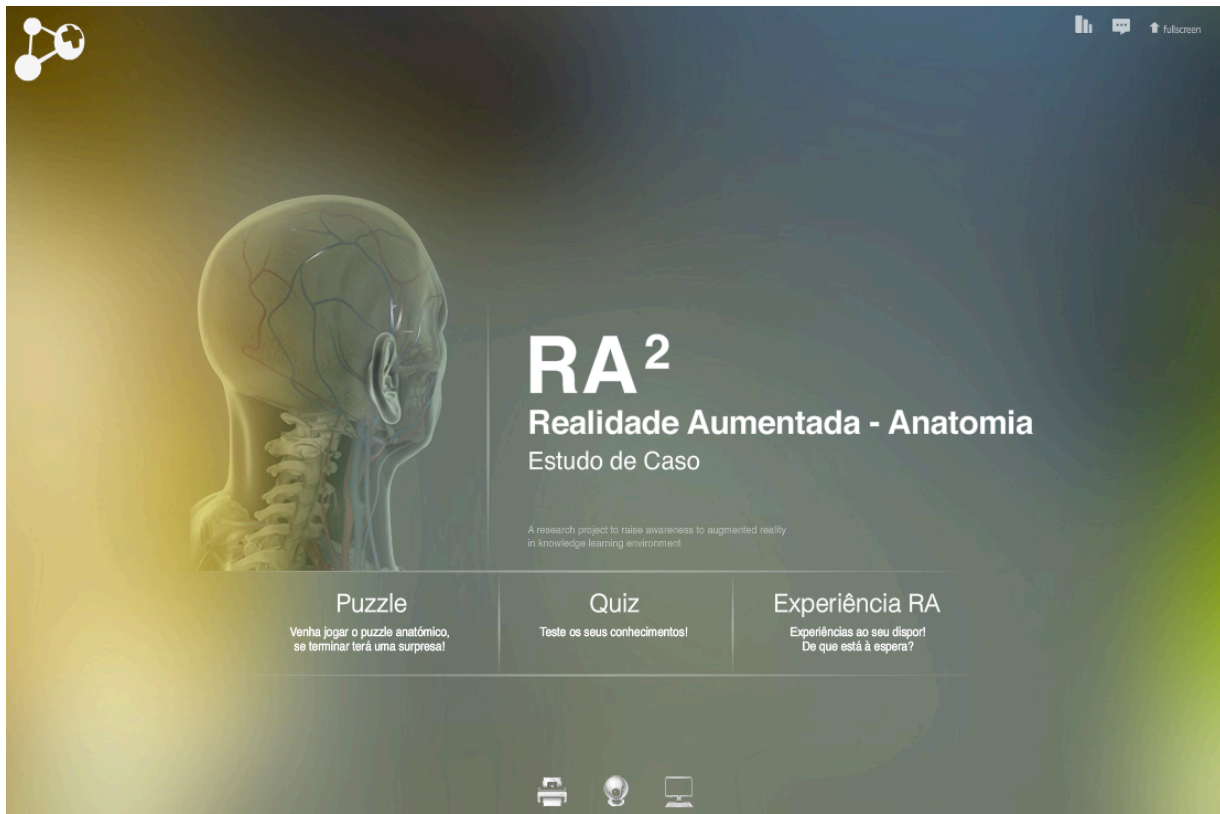


Figura 14. Layout de entrada da aplicação desenvolvida - RA<sup>2</sup> (Realidade Aumentada – Anatomia).

No sentido de tornar a experiência de interacção o mais apelativa possível foi colocado um cuidado particular na construção das *interfaces* deste modelo.

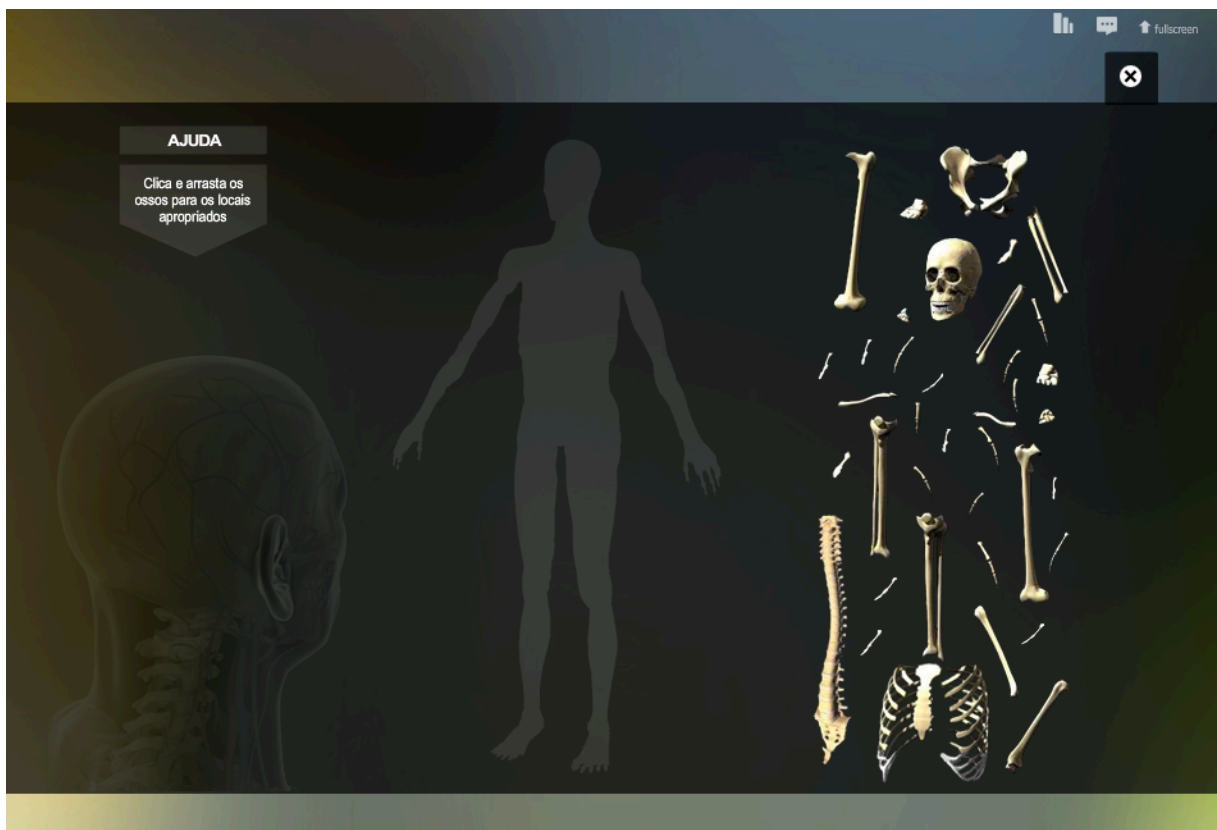
A disposição, tamanho, representatividade das cores e o equilíbrio de elementos foram pensados e testados por forma não só a proporcionar uma experiência rica mas também a incentivar a própria utilização.

#### 4.2.2. Puzzle Anatômico

Uma das experiências desenvolvidas neste modelo consiste num puzzle de anatomia em que o utilizador é confrontado com o desafio de organizar de forma correcta os ossos que compõem o corpo humano.

Para tal é fornecida ao utilizador uma silhueta de suporte onde deverá colocar os ossos na posição devida. É também fornecido um índice visual quando o utilizador coloca o cursor sobre qualquer osso indicando a sua designação.

Caso o osso movimentado seja colocado no local apropriado este mantém a sua posição, caso contrário ao ser largado (num local indevido) o osso regressa à sua posição de origem.



*Figura 15. Layout inicial do jogo Puzzle Anatômico.*

Os ossos são reorganizados dinamicamente no início do jogo por forma a que a repetição do jogo não permita a memorização posicional mas obrigue à percepção cognitiva.

Finalizado o jogo, após uma animação de rastreamento do esqueleto, o utilizador vê ser adicionada uma nova camada de informação ao esqueleto: a estrutura muscular. Recorrendo a

uma barra de controlo da opacidade o utilizador pode alternar entre a visão das estruturas muscular e esquelética.

A figura 18 apresenta a interacção apresentada ao utilizador após a conclusão do jogo.

Agora o utilizador pode identificar além dos ossos, os músculos que compõem o corpo humano.

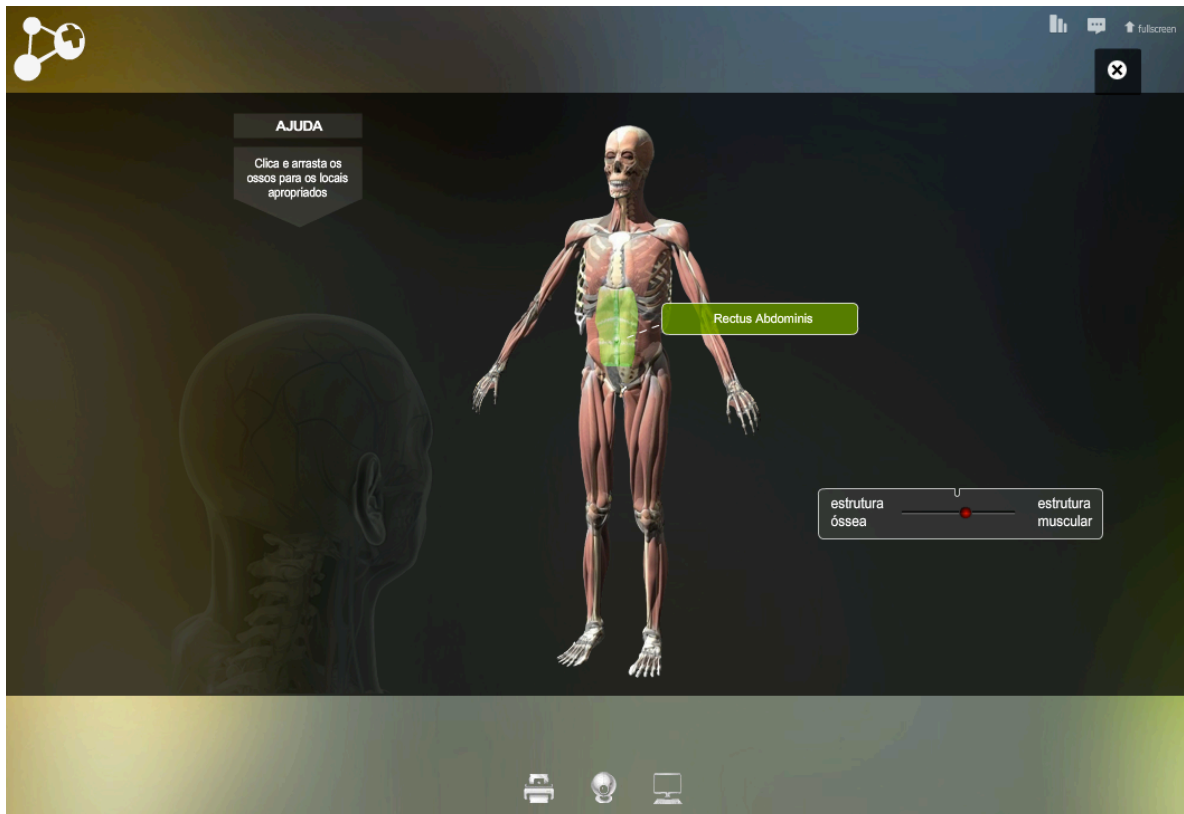


Figura 16. Layout final do jogo *Puzzle Anatómico*.

Funcionando como um “prémio” pela conclusão do puzzle é ainda, oferecido ao utilizador um marcador que poderá ser impresso e com o qual, recorrendo a uma *webcam*, o utilizador poderá visualizar e movimentar ao seu lado um esqueleto tridimensional.



*Figura 17. Layout final do jogo Puzzle Anatómico.*

#### **4.2.3. O Quiz**

Um teste interativo de conhecimento é outro dos módulos que compõem o modelo desenvolvido.

O utilizador pode testar os seus conhecimentos anatómicos por intermédio de um breve questionário com 8 questões referentes à estrutura esquelética e muscular do corpo humano.

À semelhança do que sucede no puzzle as questões apresentadas são aleatoriamente escolhidas no momento em que o utilizador selecciona esta experiência. Deste modo, o visitante poderá realizar o teste inúmeras vezes sem que a experiência se revele repetitiva.

Tal foi realizado recorrendo a duas listas dinâmicas. Uma contendo a totalidade das questões e outra vazia que é preenchida com as questões da lista anterior. São gerados valores aleatórios dentro de um intervalo. A cada valor gerado é inserida na lista vazia a questão (e consequentes respostas) a que corresponde esse valor na lista total. De seguida é retirada da lista contendo a totalidade das questões essa posição de forma a evitar que no próximo varrimento a questão possa ser novamente escolhida.

Este processo é repetido até que a lista inicialmente vazia esteja totalmente preenchida. De cada vez que é seleccionada a opção *Quiz* no menu de navegação este processo é repetido.

Do ponto de vista de interacção são apresentadas as questões e 4 opções de resposta. As opções de resposta são compostas pelos objectos utilizados no puzzle anatómico: ossos e músculos.

O utilizador dispõe de um determinado tempo para responder à questão findo o qual é automaticamente apresentada a questão seguinte. O tempo disponível é apresentado ao utilizador por intermédio de uma barra de tempo.

Caso responda em tempo útil pode receber *feedback* imediato quanto à validade da sua resposta clicando no botão verificar.

No final do questionário é apresentado o somatório de respostas correctas e erradas.

As figuras 19 e 20 apresentam respectivamente o *interface* do questionário e o *feedback* fornecido.

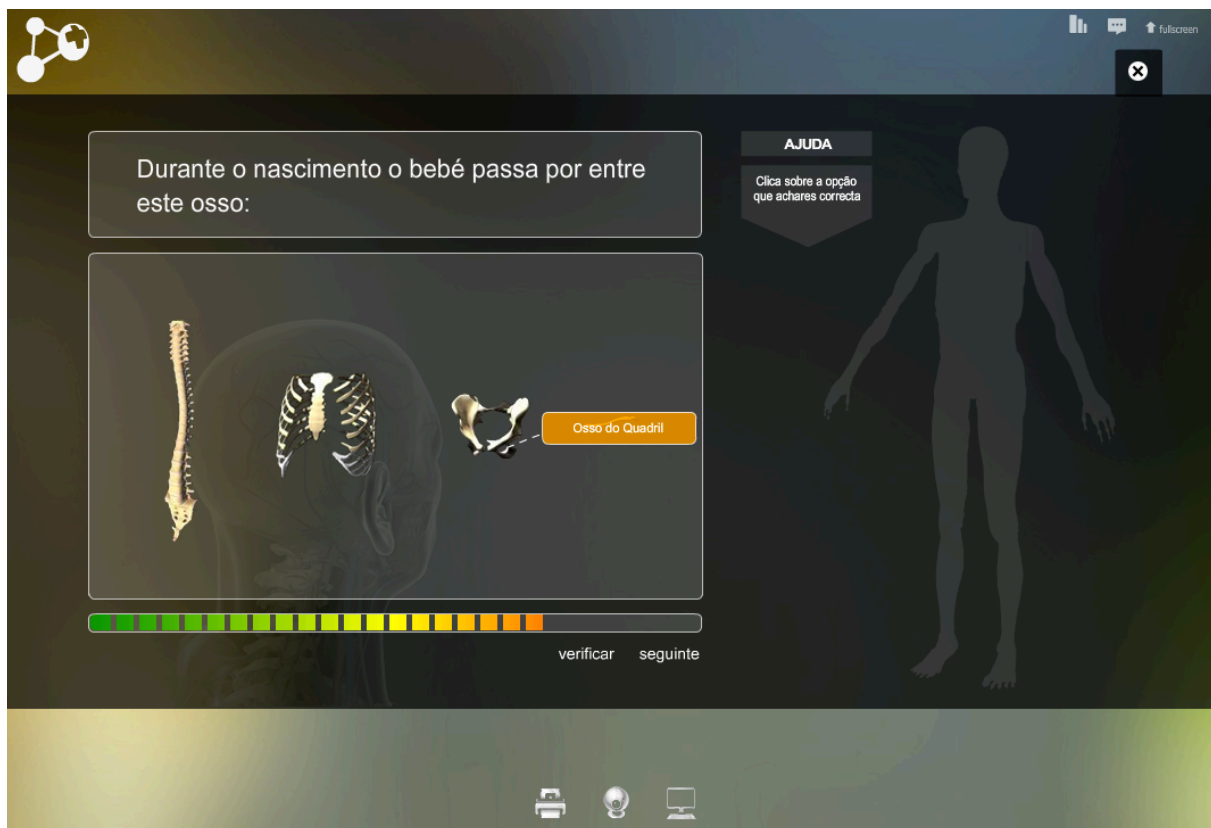


Figura 18. Layout do módulo - Quiz.

Como pode ser verificado na imagem seguinte após indicação textual de resposta correcta ou errada, é accionada uma animação que transporta o objecto referenciado como resposta acertada para o local apropriado no corpo humano.

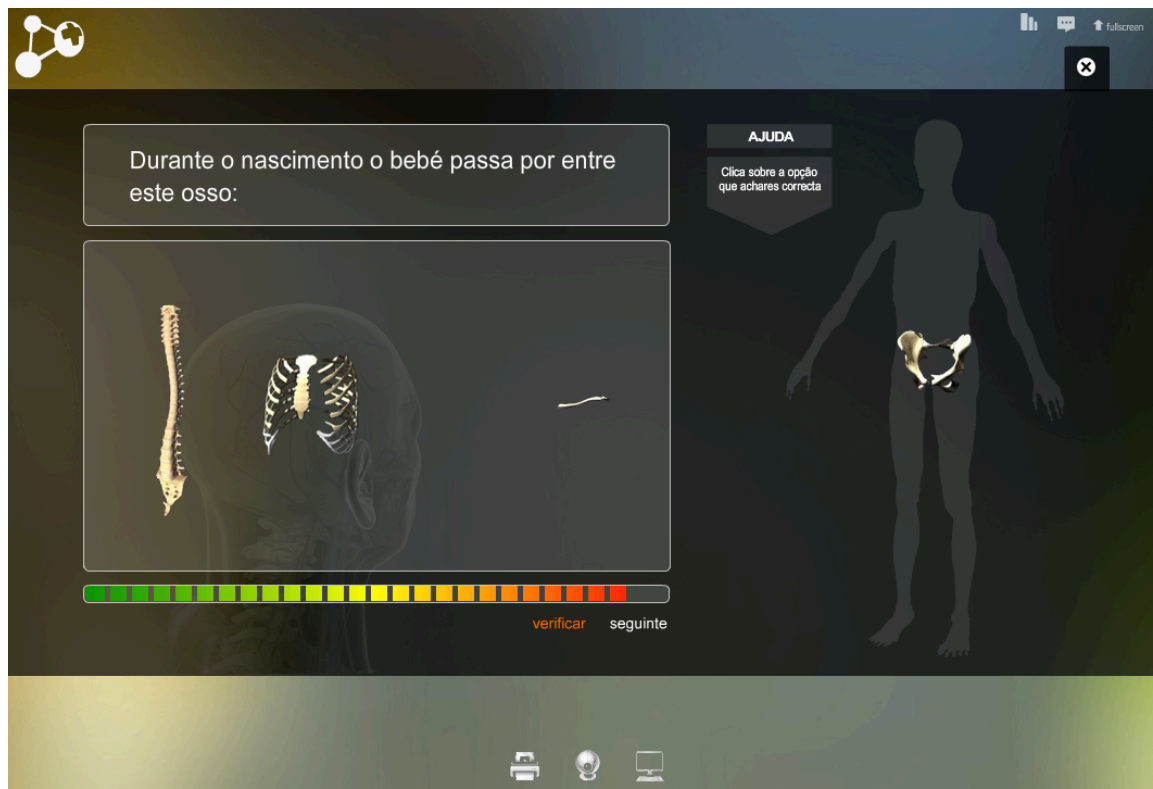


Figura 19. Feedback fornecido após verificação de resposta.

#### 4.2.4. Experiências RA

O terceiro módulo corresponde a experiências de Realidade Aumentada. Para as realizar o utilizador necessita de uma *webcam*. Seleccionando a opção “Experiências RA” no menu de navegação é apresentada informação concisa sobre como agir.

Serão necessários executar 3 conforme descritos na aplicação:

1. Impressão de marcadores. Para os obter basta clicar no botão indicado contendo o ícone de uma impressora;
2. Certificar-se que a *webcam* se encontra ligada e conceder autorização de acesso pela aplicação;
3. Segurar as folhas contendo os marcadores sensivelmente a 30 cm da câmara.

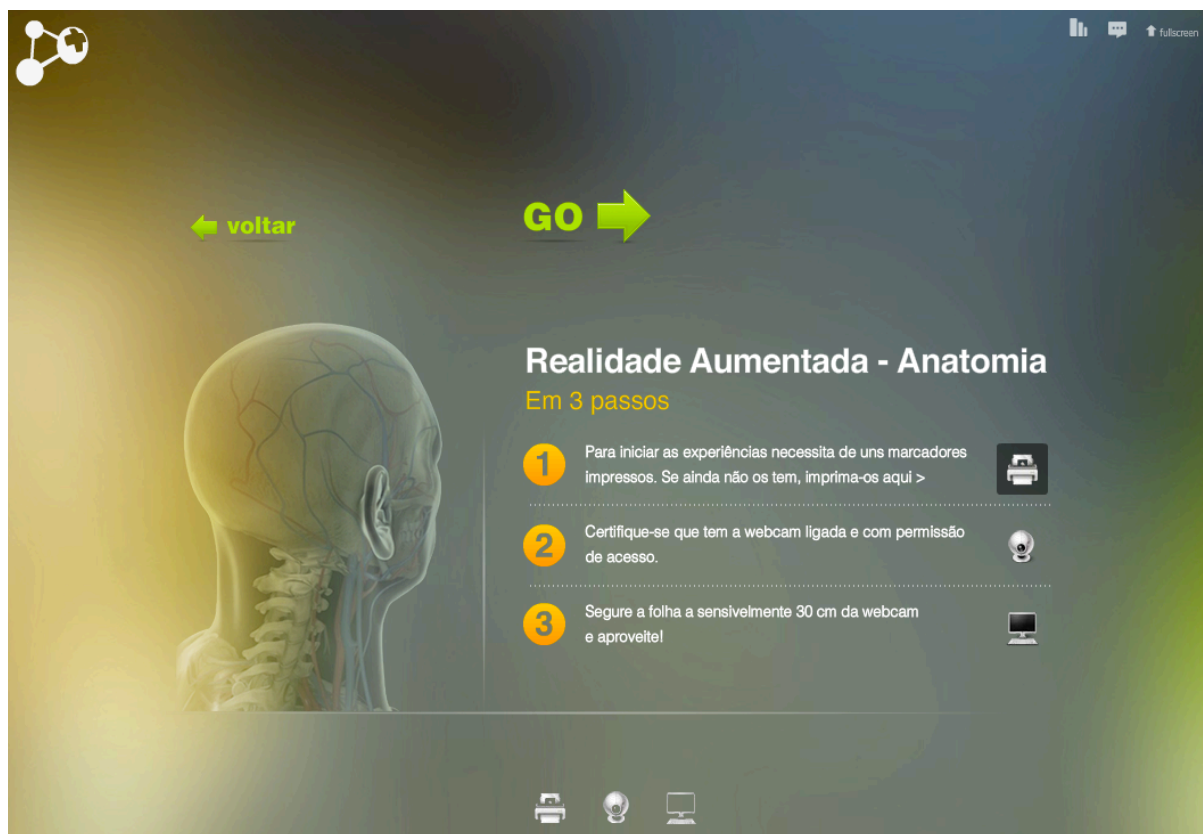


Figura 20. Interface do módulo Experiências RA.

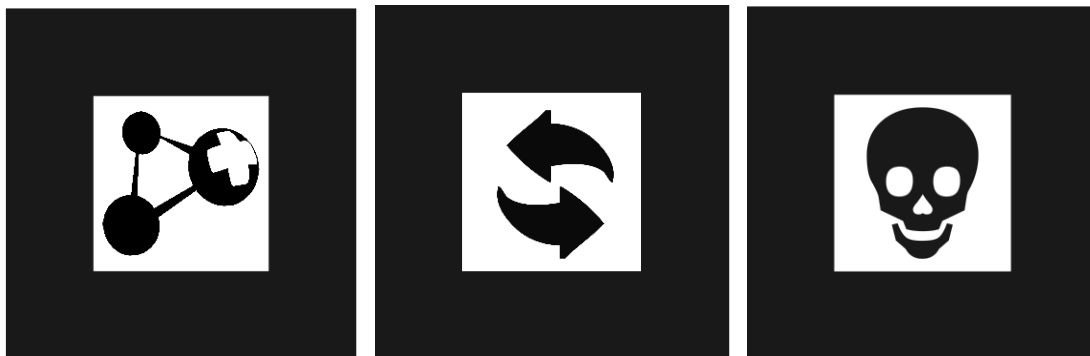
Do ponto de vista conceptual o desenvolvimento de Realidade Aumentada apresenta uma metodologia de desenvolvimento semelhante aos projectos tradicionais, passando por:

- Pesquisa: Análise de conceitos relevantes e estudo da informação sugerida;
- Estratégia: Definição da informação para ser apresentada;
- Desenho: Formas de apresentação da informação;
- Criação: Modelação da informação, seja em 3D ou não;
- Desenvolvimento: Implementação do modelo criado.
- Testes: Teste de desempenho da informação.
- Publicação da Realidade Aumentada.

O tempo de criação de um projecto com Realidade Aumentada pode variar bastante. As principais variáveis que determinam o prazo são a quantidade de informação para modelar e a quantidade/qualidade da interacção que a informação pode ter.

O modelo de RA proposto baseia-se na utilização de padrões 2D (marcadores) colocados na cena real. Os objectos virtuais são desenhados “sobre” estes padrões.

O padrão fornece uma posição de referencia para a colocação do objecto virtual que depois é desenhado sobre este e move-se com o padrão.



*Figura 21. Exemplos de marcadores usados na aplicação.*

Os padrões são fáceis de reproduzir (numa impressora vulgar) podendo ser usados diferentes padrões na mesma cena. Necessitam de elevado contraste para facilitar a sua detecção.

São também fáceis de produzir, podendo utilizar-se qualquer *software* de edição gráfica para o efeito.

Pode ser colocada qualquer imagem (a preto e branco) no interior do marcador. No entanto, esta não deve ser demasiado complexa nas suas formas uma vez que o movimento e a distância poderão dificultar a sua detecção.

Também não deverão ser usadas imagens verticalmente simétricas como padrão uma vez que nestes casos poderá ocorrer inversão na informação a apresentar ou até mesmo oscilação constante entre o topo e a base do modelo.

O padrão deve ser constituído por um quadrado de 4 cm envolvido por uma borda preta com cerca de 2cm.

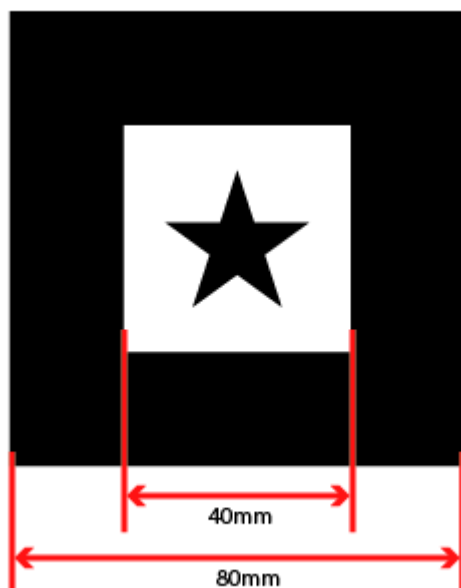


Figura 22. Exemplo de marcador - dimensões.

Depois deverá ser convertido para um ficheiro de formato .pat, existindo várias aplicações que realizam esta conversão como é o caso do *ARToolkit Marker Generator*. Algumas destas permitem executar este processo *online* sendo necessário apenas imprimir o marcador numa folha branca e apontar para a *webcam* para gerar o arquivo .pat correspondente.

É este ficheiro marcador que será procurado pela *webcam* no momento da experiência. No modelo desenvolvido os marcadores encontram-se na pasta “resources > flar > patterns”.

Este ficheiro, composto por uma matriz (16 x 48) correspondente às 4 diferentes direcções, é “visto” pelo *FLARToolkit* como um código de barras bidimensional de 16 x 16. No ficheiro cada matriz tem a dimensão 16 x 48, tratando-se na verdade de 16 por 16 vezes 3 (as 3 cores RGB, vermelho, verde e azul).

A cada marcador corresponde uma experiência diferente.

As experiências existentes no RA<sup>2</sup> foram desenvolvidas com duplo sentido. Proporcionar ao utilizador experiências relacionadas com o caso de estudo proposto: anatomia; e apresentar as diferentes possibilidades de interacção que este tipo de tecnologia permite, nomeadamente quando aplicado a processos de ensino/aprendizagem.

O utilizador dispõe de 5 experiências que vão desde o redireccionamento para uma página *Web* (neste caso a página do GILT dedicada à linha de investigação *Medical Learning Methodology*) até à apresentação de modelos anatómicos tridimensionais ou mesmo objectos de vídeo ou texto.

De seguida é apresentada a relação entre os marcadores RA<sup>2</sup> e os objectos “aumentados”.



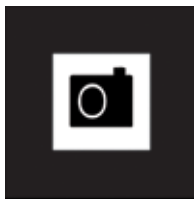
- Este marcador referencia a página *Web* da linha de investigação *Medical Learning Methodology*;



- Este marcador referencia um documento PDF (no caso particular o presente trabalho de dissertação de mestrado);



- Este marcador referencia um objecto de vídeo (modelo anatómico);



- Este marcador referencia um objecto de imagem (neste caso um *slideshow* fotográfico que recorre à interacção do utilizador para alternar entre as imagens);



- Este marcador referencia objectos de um modelo anatómico tridimensional.

*Tabela 5. Relacionamento entre marcadores e objectos virtuais do modelo.*

#### 4.2.4.1. Etapas de Processamento de RA

O processamento de Realidade Aumentada envolve as seguintes etapas:

**Reconhecimento:** O objectivo deste processo é a determinação do padrão que está a ser captado pela câmara e calcular a posição original da câmara. É aconselhável que o padrão não se desloque durante este tempo.

Depois de identificado o padrão é necessário segui-lo. Os pontos de referência usados neste seguimento são os cantos do padrão – os cantos são fáceis de determinar em função da moldura existente.

**Alinhamento:** Os objectos do mundo real e do mundo virtual devem estar alinhados, caso contrário, a ilusão de coexistência dos 2 mundos sairá comprometida.

Um as aplicações exigem um alinhamento muito preciso mais preciso que outras. Por ex: uma biopsia com agulhas. Em qualquer dos casos a RA exige alinhamentos muito mais precisos do que a RV [AZUMA, 1993].

**Seguimento:** O objectivo deste processo é seguir o marcador com precisão. Uma boa precisão é considerada caso se obtenha 1mm e uma pequena fracção de grau [AZUMA, 1997].

Pode ser obtido através de acelerómetros, sensores magnéticos, sensores de imagem (como no caso proposto). Sempre que o seguimento falhar é necessário voltar a iniciar a fase de reconhecimento.

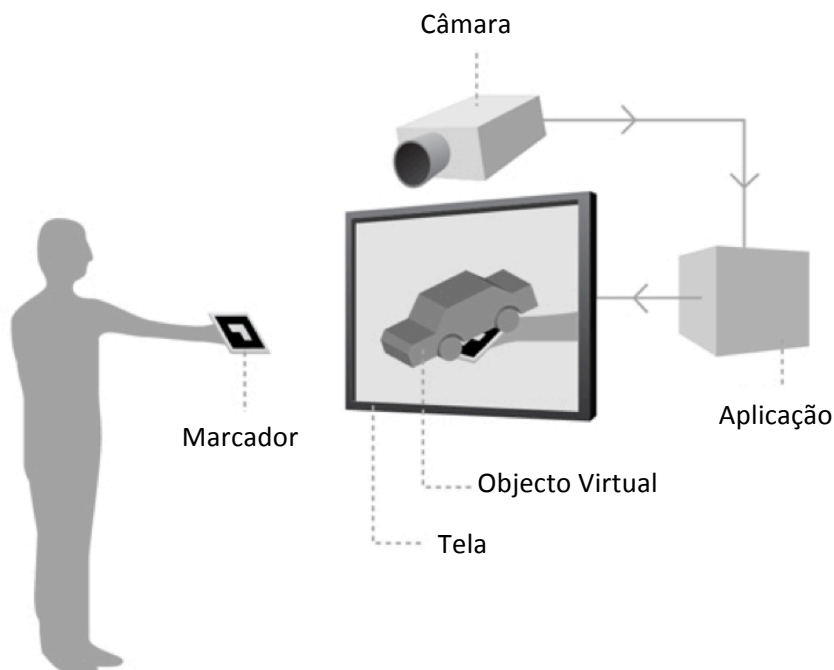


Figura 23. Modelo UML de RA utilizado.

#### 4.2.4.2. Formação de Objectos Virtuais

Por sua vez o processo de formação do objecto virtual contempla as seguintes etapas:

1. Colocação do objecto real em frente à câmara, ou direccionamento da câmara do dispositivo tecnológico para o objecto;
2. Captação da imagem e transmissão ao equipamento que a irá reproduzir;
3. Envio, por parte da câmara, das imagens obtidas, em tempo real, para o *software* responsável por gerar o objecto virtual;
4. O *software*, previamente programado, devolve determinado objecto virtual, dependendo do objecto que for mostrado à câmara;
5. O dispositivo de saída exhibe o objecto virtual em sobreposição ao real, como se de um só se tratasse. Sendo as formas do objecto real reconhecidas pelo *software*, faz com que os elementos reais sejam visionados pela câmara, acrescidos de informação virtual em 3D, ou não, sobre os mesmos.

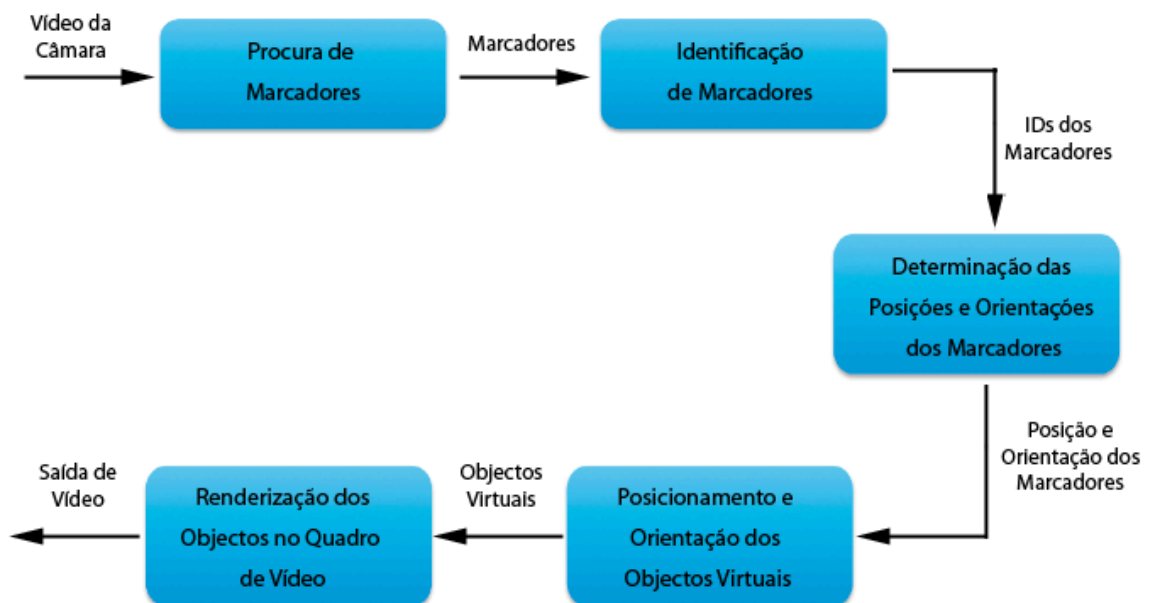
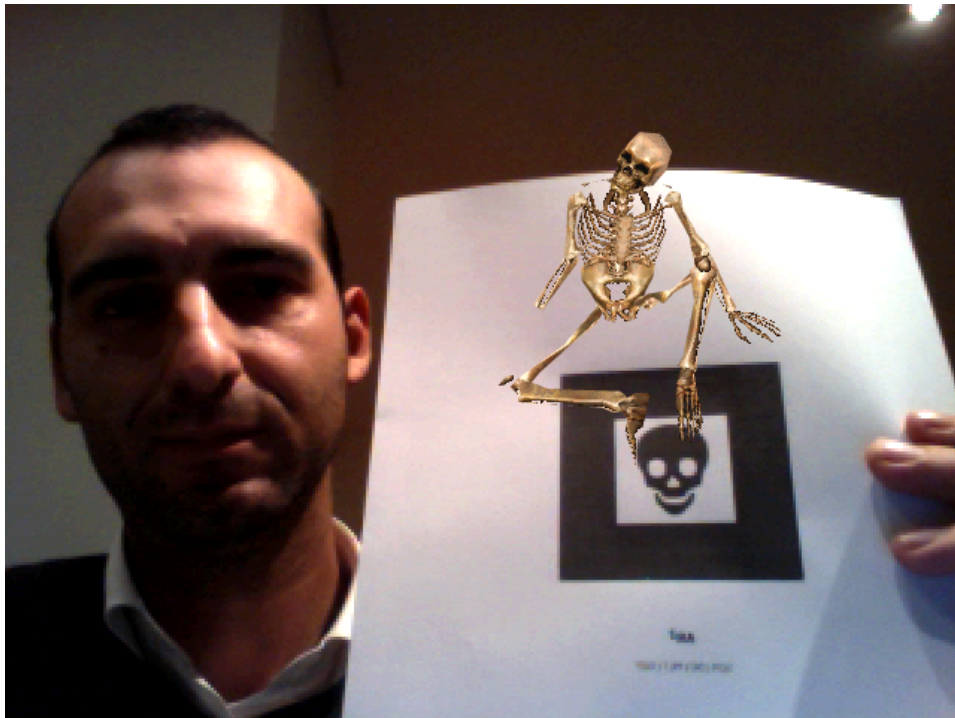
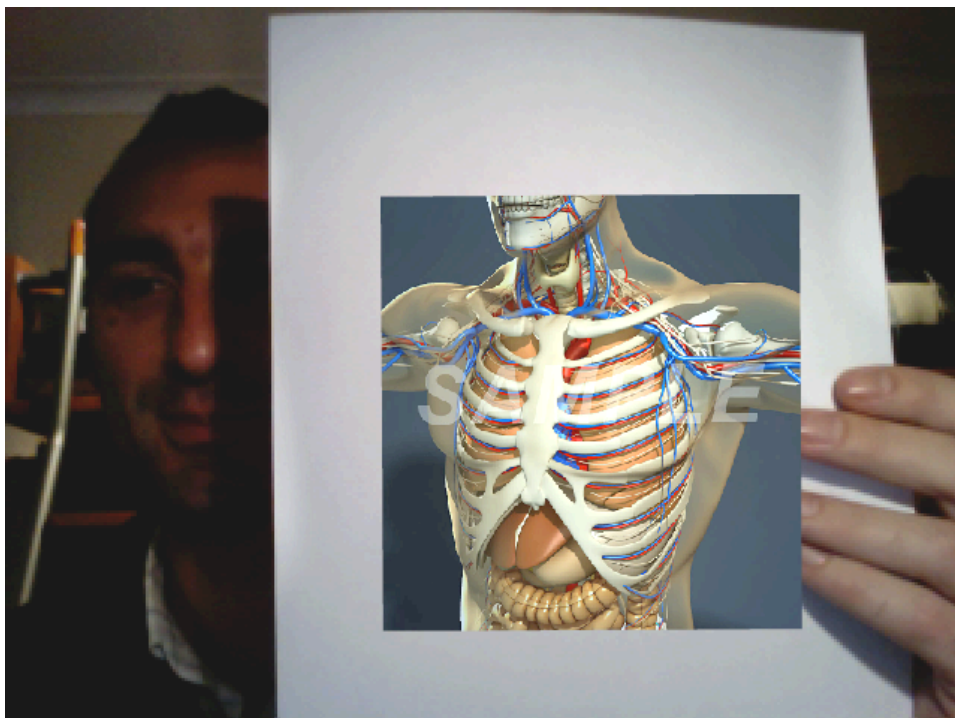


Figura 24. Fluxo de execução da experiência de RA.



*Figura 25. Exemplo de experiência “aumentada” do Modelo RA<sup>2</sup> – Modelo 3D.*



*Figura 26. Exemplo de experiência “aumentada” do Modelo RA<sup>2</sup> – Modelo 3D.*

### 4.3. Cenários de Utilização

Apesar de reconhecida a aplicabilidade da RA nas mais variadas áreas de actividade, a sua aplicação ao ensino e aprendizagem apresenta ainda um grande desafio.

Um dos pré-requisitos na construção de Objectos de Aprendizagem prende-se com a facilidade do seu uso. Caso contrário o tempo do aprendiz poderá ser desperdiçado com a aplicação em vez de ser aproveitado para a aprendizagem.

A usabilidade do modelo RA<sup>2</sup> foi considerada desde o momento de concepção centrando-a no utilizador com o principal objectivo de aumentar a sua motivação e retenção do conhecimento.

Em virtude da especificidade atribuída ao caso de estudo de anatomia, o presente OA adequa-se essencialmente a um público alvo enquadrado nas áreas da saúde, biologia ou fisiologia.

No entanto, e por se tratar de um caso de estudo, o modelo foi desenvolvido tendo presente mais do que a sua utilização, a sua reutilização de modo simples com outro propósito e noutro contexto educativo.

A implementação de prototipagem modular colocada em prática no decurso deste trabalho permite que a solução desenvolvida se torne evolutível.

Num par de horas torna-se possível adaptar o questionário e as experiências RA alterando respectivamente a lista de questões e os padrões e objectos “aumentados”.

Utilizando o processo descrito acima no ponto 4.2.4 para a criação de marcadores bastará alterar na pasta “resources” os recursos inseridos por outros do mesmo formato mantendo a designação do arquivo.

Um indivíduo mais habilitado na área da programação poderá editar o arquivo RA2 fla recorrendo ao *Macromedia Flash* ou *Flex* (ambiente de produção gratuito de código aberto que suporta o desenvolvimento de aplicações ricas para a *Internet* baseadas na plataforma do *Macromedia Flash*).

No seguinte código poderá acrescentar na lista de símbolos uma nova linha do género `_symbols.push(["RA2.pat", "Exemplo.JPG.jpg"],["JPG"]);` em que "RA2.pat" é o novo marcador criado e "Exemplo.JPG.jpg" é o objecto a ser apresentado num dos formatos permitidos pela versão *EZFlar* do *FLARToolkit*: “.swf”, “.flv”, “.dae”, “.md2”, “.jpg”, “.png”, “.gif”, “.mp3”.

```
stop();

import com.tchatcho.EZflar;

var _ezflar:EZflar;

var _symbols:Array = new Array();

    _symbols.push(["RA2.pat", "Exemplo_SWF.swf"],["SWF"]);

    _symbols.push(["RA20.pat", "skeleton.md2", "skeleton.png"]);

    _symbols.push(["RA22.pat", "Example_JPG.jpg"],["JPG"]);

    _symbols.push(["RA23.pat", "Example_FLV.flv"],["FLV"]);

    _symbols.push(["RA44.pat", "Exemplo2_SWF.swf"],["SWF"]);

    _ezflar = new EZflar(_symbols);

    _ezflar.mirror();

    _ezflar.initializer(stage);

    _ezflar.onStarted(function():void {

    });
```



---

## 5. VALIDAÇÃO E RESULTADOS

“

É mais fácil ver os erros dos outros  
que os próprios

Buda Gautama Sakyamuni

Neste capítulo é apresentado o processo de avaliação do modelo desenvolvido e efectuada a análise de resultados decorrente da sua aplicação.

### 5.1. Recolha de Dados

Relativamente ao processo de avaliação considerado para este estudo importa salientar que o mesmo foi incorporado no próprio modelo com o intuito de aproximar o momento de avaliação do momento vivenciado da experiência.

Por um lado a opção de preenchimento de um questionário *online* retira a obrigatoriedade do seu preenchimento que o autor considera, em última instância, ser susceptível de subjectividade na análise. Deste modo o utilizador responde livremente no seu ambiente.

Com o questionário, apresentado no anexo 1, pretendeu efectuar-se uma avaliação a dois níveis, um nível genérico relacionado com a tecnologia de Realidade Aumentada e outro mais específico referente ao protótipo concebido.

Ao nível genérico pretendeu-se descobrir padrões de comportamento e tendências que permitissem aferir o contacto com a RA e a predisposição para o mesmo. Ao nível mais específico do trabalho desenvolvido procurou obter-se o grau de satisfação e de complexidade da interacção com o modelo desenvolvido.

Foram recepcionados 44 inquéritos tendo sido todos considerados válidos.

Da análise efectuada aos dados recolhidos é possível constatar a heterogeneidade do grupo formado por indivíduos entre os 25 e os 55 anos com habilitações académicas compreendidas entre o 12º ano e o mestrado e com actividade em áreas tão diversificadas como a comunicação, comercio, energia, saúde e ensino.

## 5.2. Análise de Resultados

Os gráficos seguintes pretendem apresentar os resultados de validação do recurso produzido, tendo estes dados sido tratados após recepção de 44 participações de avaliação ao modelo concebido.

Pretendeu-se identificar numa primeira instância qual o grau de conhecimento sobre o tema, bem como aferir o contacto prévio com a tecnologia de RA.

### Antes deste projecto já conhecia/ utilizou Realidade Aumentada?

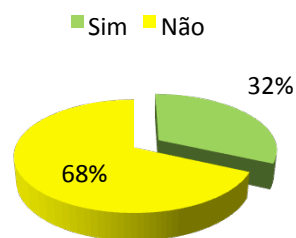


Figura 27. Grau de conhecimento prévio sobre RA.

Os resultados obtidos permitem verificar que esta tecnologia é ainda desconhecida para 68% dos inquiridos, sendo que 32% dos inquiridos admite já a conhecer.

De seguida procurou verificar-se nos elementos da amostra que admitiram não possuir *webcam* a predisposição para a adquirir com o intuito de utilizar esta tecnologia.

### Consideraria adquirir uma *webcam* para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada?

■ Sim ■ Não ■ Talvez. Por influência de terceiros (amigo, colega, etc).

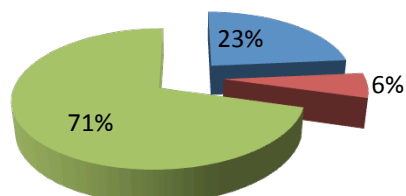


Figura 28. Predisposição para aquisição de webcam.

Dos 13 inquiridos que manifestaram não possuir *webcam* apenas 1 (correspondendo a 6% deste total) respondeu não pretender adquirir tal dispositivo. 71% admitiu essa possibilidade, tendo 23% respondido afirmativamente.

Seguidamente pretendeu-se determinar a propensão dos indivíduos inquiridos para executar uma acção “intrusiva” num equipamento pessoal: a instalação de uma aplicação no telemóvel para poder tirar partido desta tecnologia.

### Instalaria no seu TLM uma aplicação de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada Móvel?

■ Sim ■ Não ■ Talvez. Por influência de terceiros (amigo, colega, etc).

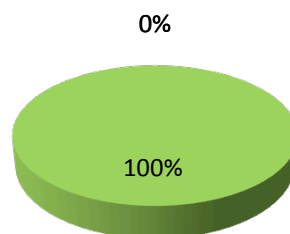


Figura 29. Predisposição para instalação de aplicação de RA no telemovel.

As respostas recolhidas indicam a predisposição da totalidade da amostra para o fazer.

Com a questão seguinte o propósito era o de identificar o adjectivo que os utilizadores consideravam melhor caracterizar esta tecnologia.

### Adjectivos considerados mais adequados a esta tecnologia

■ Inovadora ■ Promissora ■ Comum ■ Boa ■ Má ■ Outro

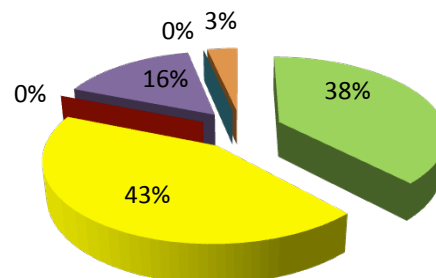
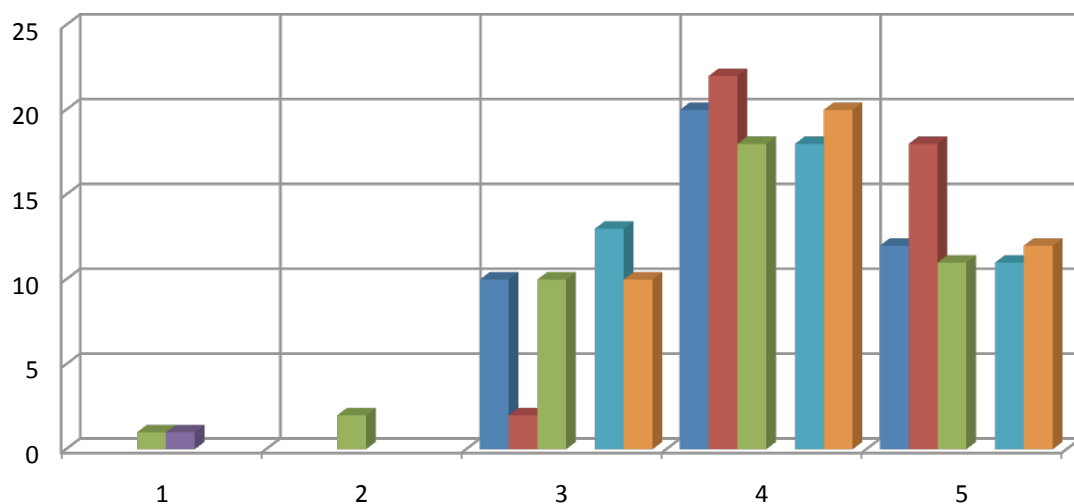


Figura 30. Caracterização da RA de acordo com os termos apresentados.

Relevante neste resultado não só o facto da grande maioria considerar a tecnologia inovadora e promissora (38% e 43% respectivamente), como também a ausência de qualquer resposta que adjectivasse a RA como comum.

No grupo seguinte de questões, mais ligadas ao modelo desenvolvido, pretendeu-se avaliar o factor de atracção que a tecnologia encerra, avaliando a mais valia da sua incorporação quer em suportes digitais (que encerram já alguma inovação) quer em suportes analógicos. Procurou-se, também, avaliar a interacção das experiências “aumentadas” num grau de simplicidade e de satisfação.

### Índice de Confiança



- Numa escala de 1 a 5 indique o grau de satisfação com este tipo de interacção.  
(1 = muito insatisfeito e 5 = muito satisfeito).
- Numa escala de 1 a 5 indique o grau de simplicidade que este tipo de tecnologia proporciona.  
(1 = muito complicado ... 5 = muito simples).
- Acredita que a incorporação de RA em suportes analógicos (livros, revistas, ...) os poderia beneficiar?  
(1 = não beneficiaria nada ... 5 = beneficiaria muito).
- Acredita que a incorporação de Realidade Aumentada em aplicações multimedia as poderia beneficiar?  
(1 = não beneficiaria nada ... 5 = beneficiaria muito)
- Acredita que a Realidade Aumentada no contexto educativo poderia beneficiar o processo de ensino/ aprendizagem?  
(1 = não beneficiaria nada... 5 beneficiaria muito)

Figura 31. Factor de atracção da tecnologia e satisfação do modelo.

Os resultados obtidos são claramente animadores cabendo praticamente todas as respostas entre o nível 3 e o nível 5.

Para o presente estudo é de ressaltar as respostas à questão se a Realidade Aumentada beneficiaria o processo de ensino/aprendizagem. 50% dos inquiridos considerou que beneficiaria bastante, enquanto os restantes 50% dividiram as suas respostas entre o beneficiaria e o beneficiaria muito.

Outro dado curioso extraído dos resultados é a ligação íntima observável entre o grau de simplicidade e de satisfação, que neste estudo se equiparam à unidade.



---

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. Conclusões Extraídas do Estudo

A Realidade Aumentada ainda tem alguns desafios e barreiras a superar mas a verdade é que o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido, nomeadamente por alguns laboratórios de pesquisa e investigação pelo mundo fora, mostram uma vontade e entusiasmo capazes de os superar.

A georeferenciação (GPS), por exemplo, na qual grande parte das aplicações de RA actuais assenta não é adequada para uma utilização no interior dos edifícios e mesmo no exterior apresenta um erro médio de 9 metros. Esta questão foi ultrapassada pelo recurso a marcadores visuais que ora dispensam a utilização do GPS ora servem para cálculos de reposicionamento permitindo no terreno aumentar a sua precisão.

Outras questões se levantam desde a privacidade individual ao proteccionismo dos suportes mais tradicionais, mas esses aspectos não são propriedade apenas da realidade aumentada mas da tecnologia em geral.

Apesar destas preocupações a verdade é que a sua utilização não se revela demasiado intrusiva sendo possível antever grandes benefícios para os mais variados quadrantes da sociedade. As possibilidades são inúmeras:

- Posso aprender mais sobre a cidade onde vivo há anos, ou doutra que quero visitar, por apenas apontar o telemóvel numa determinada direcção.
- Ao detectar um marcador inscrito num edifício posso automaticamente visualizar informação sobre a estrutura do mesmo, que materiais foram usados na sua construção, por onde passa aquele cano que requer substituição, etc...
- Ao atravessar uma rua comercial poderei perceber se alguma das lojas possui o artigo que procuro na cor e tamanho pretendido sem necessitar sequer de entrar na loja.

No contexto educativo a RA pode ser um componente chave em futuros ambientes de aprendizagem uma vez que contribui de forma significativa na percepção, interacção e motivação dos participantes.

Os utilizadores aprovaram o método, na sua maioria, a propósito da motivação através do uso da RA. A visualização da informação é um quesito de relevo uma vez que os objectos podem ser

visualizados de vários ângulos ao contrário do que sucede nos materiais convencionais em que estes são estáticos.

A RA é uma tecnologia de manuseio simples e de baixo custo que permite melhorar a qualidade da aplicação de conteúdos.

No entanto o seu potencial é relativamente pouco conhecido.

A disponibilização de bibliotecas abertas para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada é um factor que tem colaborado para a proliferação de pesquisas sobre esta tecnologia. A exigência e as expectativas dos utilizadores, cada vez mais propensos à inovação está a abrir as portas da receptividade à Realidade Aumentada.

O futuro da Realidade Aumentada é claramente brilhante, esta tecnologia contempla os pontos fortes da realidade virtual e não é condicionada pelos seus pontos fracos como o a exequibilidade, custo e o alheamento da realidade que a imersão normalmente acarreta. O ambiente real é o “palco” onde todas as coisas acontecem. A realidade não é representada ou alterada, simplesmente é acrescida de informação digital.

Num futuro próximo a realidade aumentada será parte integrante do nosso dia a dia. As crianças irão usá-la como ferramenta de aprendizagem nas escolas. Os consumidores irão usá-la para perceber como os produtos irão ficar em suas casas e até como auxílio à sua instalação/ colocação. Arquitectos irão usá-la para perceber como uma nova construção irá resultar e afectar a área envolvente.

A realidade aumentada representa um grande salto na intersecção do mundo virtual com o mundo real mas não deixa de ser uma ferramenta. Cabe-nos a nós e às gerações futuras encontrar a melhor forma de a utilizar.

## **6.2. Considerações sobre Trabalho Futuro**

Em termos de trabalho futuro, no que à Realidade Aumentada diz respeito existem muitas linhas de desenvolvimento que podem ser seguidas no sentido de obter um melhor reconhecimento dos marcadores e uma coordenação perfeita entre os objectos virtuais e do mundo real.

Apesar do modelo desenvolvido ter cumprido todas as expectativas iniciais pode, à semelhança de qualquer projecto, sofrer evoluções e melhorias, nomeadamente:

- A adaptação do modelo para funcionamento sem marcadores (RA *Markerless*);
- Renderização avançada e fotorrealismo nos objectos apresentados;
- Transformação do Puzzle integral do corpo humano em RA;
- Aplicação da RA do modelo desenvolvido a outros sentidos: audição, tacto.

A nível pessoal o autor espera a partir deste momento cimentar o seu conhecimento nesta tecnologia procedendo à publicação de artigos científicos sobre a matéria que contribuam para a sua divulgação e implementação.

No horizonte encontra-se também a realização de uma Tese de Doutoramento nesta área.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [AUKSTAKALNIS, 1992] AUKSTAKALNIS, S. & Blatner, D. (1992) Silicon Mirage: **The Art and Science of Virtual Reality**, Peatchpit Press, Berkeley, CA.
- [AZUMA, 2001] AZUMA, R. T. et al. (2001) "**Recent Advances in Augmented Reality**", IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n.6, p. 34-47.
- [AZUMA, 1997] AZUMA, R. T. (1997) "**A Survey of Augmented Reality**", **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v.6, n.4, p. 355-385.
- [BARTON, 2001] BARTON, John, e Kindberg, Tim (2001) **The challenges and opportunities of integrating the physical world and networked systems; Internet and Mobile Systems Laboratory**; Hewlett-Packard Laboratories; CA, USA.
- [BETTIO, 2004] BETTIO, Raphael Winckler de; MARTINS, Alejandro. (2004) **Objectos de Aprendizagem – Um novo modelo direccionado ao Ensino à Distância**.
- [BILLINGHURST, 2002] BILLINGHURST, M. et al. (2002) **The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality**. Computer Graphics and Applications, 2001. 21(3), 2-4. Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-2002-29/r-2002-29.pdf>.
- [BIMBER, 2004] BIMBER, O., (2004) "**Augmented Reality - Part 1 - Introduction and Overview**" <http://www.uni-weimar.de/~bimber/Pub/AR/>.
- [BIMBER, 2005] BIMBER, O.; Raskar, R. (2005) **Spatial Augmented Reality**. A. K. Peters.
- [BLANCO, 1999] BLANCO, Elias (1999) A comunicação interactiva. **Revista Portuguesa de Educação**, 12(2), pp.105-107.
- [BONK, 2006] BONK, C. J. & Graham, C. R. (Eds.). (2006) **Handbook of blended learning: Global Perspectives, local designs**. SanFrancisco, CA: Pfeiffer Publishing. [http://www.publicationshare.com/c083\\_bonk\\_future.pdf](http://www.publicationshare.com/c083_bonk_future.pdf)
- [BRAGA, 2001] BRAGA. M. (2001) "**Realidade Virtual e Educação**". Revista de Biologia e Ciências da Terra, ISSN 1519-5228, Volume 1, Número 1.
- [CARVALHO, 2005] CARVALHO, Ana Amélia Amorim (2005) **Como olhar criticamente o software educativo multimédia**. *Cadernos SACAUSEF – Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software para a Educação e a Formação - Utilização e Avaliação de Software Educativo*, Número 1, Ministério da Educação, 69-82, 85-86.
- [CASTRO, 2005] CASTRO, António Vieira. (2005) **Tecnologias Multimédia na Auto-Aprendizagem de Lógica e Linguagens de Programação**.

- [CHAPMAN, 2000] CHAPMAN, N. & Chapman, J. (2000) **Digital Multimedia**. John Wiley & Sons.
- [DEDE, 1993] DEDE, Christopher . (1993) «**The Future of Multimédia: Bridging to Virtual Worlds**» in *Multimédia for Learning: Development, Application, Evaluation*. New Jersey, Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, p. 117, p. 120.
- [DIAS, 2000] DIAS, Paulo. (2000). Hipertexto, hipermedia e media do conhecimento: **Representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na Web**. *Revista Portuguesa de Educação*, 13(1), pp.141-167.
- [DURLACH, 1995] DURLACH, Nathaniel I. and Anne S. Mavor (editors). (1995) **Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges**. (Report of the Committee on Virtual Reality Research and Development to the National Research Council) National Academy Press.
- [FIALA, 2004] FIALA, M. (2004) **Artag revision 1, a fiducial marker system using digital techniques**. Tech. Rep. NRC 47419, National Research Council of Canada.
- [FLUCKIGER, 1995] FLUCKIGER, F. (1995) **Understanding Networked Multimedia: Applications and Technology**. Prentice-Hall.
- [GOMES, 2010] GOMES, M.João. (2003) **Gerações de inovação tecnológica no ensino a distância**, disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/496/1/MariaJoaoGomes.pdf>, consultado em 25 Jun 2010
- [GONZALEZ, 2000] GONZALEZ, R. (2000) **Disciplining Multimedia**. *IEEE Multimedia*, 7, 72-78.
- [GUTIÉRREZ, 2008] GUTIÉRREZ, Mario A., Frédéric Vexo, and Daniel Thalmann (2008) **Stepping into Virtual Reality**. Lausanne, Switzerland: Springer.
- [JONES, 2008] JONES, A.; SWAN, J. E.; SINGH, G.; KOLSTAD, E. (2008) **The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Motion Parallax on Egocentric Depth Perception**. *Virtual Reality*, p 267-268, IEEE.
- [KATO, 1999] KATO, H., Billinghurst, M. (1999) "**Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system**". *In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)*.
- [KIRNER, 2006] KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson; TORI, Romero (2006) **Fundamentos e tecnologia de Realidade virtual e aumentada**. Belém: VIII Symposium on Virtual Reality
- [KIRNER, 2004] KIRNER, C. ; TORI, R. (2004) **Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade**. In: Claudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). *Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências*. 1ed. São Paulo, v. 1, p. 3-20.

- [LONGMIRE, 2001] LONGMIRE, W. (2001) **A Primer On Learning Objects**. American Society for Training & Development. Virginia. USA.
- [MACHOVER, 1994] MACHOVER, Carl, TIVE, Steve E. (1994) "**Virtual reality**", *IEEE Computer and Applications Proceedings*.
- [MAGERKURTH, 2004] MAGERKURTH, C.; Engelke, T.; Memisoglu, M. (2004) "**Augmenting the Virtual Domain with Physical and Social Elements**". In: ACM SIGCHI ADVANCES IN COMPUTER ENTERTAINMENT. Anais... ACM. p. 163-172.
- [MARSHALL, 1964] MARSHALL, McLuhan (1964) **Understanding Media: The extensions of Man**, New York: McGraw-Hill Book Company.
- [MILGRAM, 1994] MILGRAM, P. et. al. (1994) **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Telem manipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351.
- [OLIVEIRA, 2007] OLIVEIRA, 2007, *A Adopção de Códigos Visuais como Modelo de Interação*, disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8173> , Consultado em 17 Mai 2010
- [PINHANEZ, 2005] PINHANEZ, Claudio, e Podlaseck, Mark. (2005) **To Frame or Not to Frame: The Role and Design of Frameless Displays in Ubiquitous Applications;** In Proc. of Ubicomp'05, Tokyo, Japan; September 11-14, pp.340-357.
- [SCHNEIDERMAN,1998] SCHNEIDERMAN, B. (1998) **Design the user Interface: strategies for effective human-computer Interaction**. Addison-Wesley. 3rd ed.
- [SCHMALSTEIG, 1996] SCHMALSTIEG, D., Fuhrmann, A., Szalavari, Z., Gervautz, M. (1996) "**Studierstube – An Environment for Collaboration in Augmented Reality**", CVE '1996 Workshop.
- [SEABRA, 1994] SEABRA, Carlos. (1994) **Software educacional e telemática: novos recursos para a escola**, Edição de Setembro de 1994 Revista Lecionare – Guia do Educador, Forma Editora Lda.
- [SETTE, 1997] SETTE, S. S. e Aguiar, M. A. e Sette, J. S. A. (1997) **Licenciatura em Informática – Uma Questão em Aberto**, Revista Brasileira de Informática na Educação, nº 1, Setembro.
- [SILVERN, 1965] SILVERN, Leonard C. (1965) **Systems Engineering of Learning – Public Education K-12: Analysis, Education and Training Consultants Co.**
- [SUTHAULT, 2002] SUTHAULT T. et al. (2002) **A Concept Work for Augmented Reality Visualisation Based on a Medical Application in Liver Surgery**, ISPRS Commission V Symposium, Berlin.

- [WILEY, 2000] WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy.** Em D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Acedido em 10/15/2009: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>
- [ZORZAL, 2008] ZORZAL, E. R.; OLIVEIRA, M. R. F.; SILVA, L. F.; CARDOSO, A.; KIRNER, C.; LAMOUNIER, E. (2008) **Aplicação de Jogos Educacionais com Realidade Aumentada.** CINTED-UFRGS. Novas Tecnologias na Educação. V.6 N°1 Julho.
- [ZHOU, 2001] ZHOU, Z. et al. (2004) **Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes,** Australian Workshop on Interactive Entertainment, p. 19-22.

---

## WEBGRAFIA

- [ACM, 1993]                    **"Knowledge-based augmented reality"**. ACM. Julho, 1993.  
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=159587>. Consultado em 20 Dez 2009.
- [ARTOOLKIT, 2009]            ARToolKit Documentation. Disponível: **Human *Interface* Technology Laboratory** site.URL:  
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/>. Consultado em 25 Jan 2010.
- [IEEE, 2005]                    IEEE. **Learning Object Metadata**. Disponível em:  
<http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>. Consultado em 18 Nov 2009.
- [OGRE3D, 2010]                **Ogre3D: Open source graphics engine**. Disponível em: Ogre3D site. URL:  
<http://www.ogre3d.org>. Consultado em 22 fev 2010.
- [OPENGL, 2010]                **OpenGL - The Industry Standard for High Performance Graphics**.  
Disponível em: OpenGL site. URL: <http://www.opengl.org>. Consultado em 10 fev 2010.



---

## ANEXOS

### Questionário para validação do OA RA<sup>2</sup>

~~~~~

Este questionário enquadra-se no âmbito da Tese de Mestrado de Sistemas Gráficos e Multimédia "Realidade Aumentada Aplicada ao Processo Ensino-Aprendizagem".

A sua opinião é importante!

Agradeço desde já a sua colaboração.

---

#### 1. Idade:

|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| Até 25 anos        | Entre 46 e 55 anos |
| Entre 26 e 35 anos | + 56 anos          |
| Entre 36 e 45 anos |                    |

---

#### 2. Habilitações:

|         |              |
|---------|--------------|
| 9º ano  | Bacharelato  |
| 10º ano | Licenciatura |
| 11º ano | Mestrado     |
| 12º ano | Doutoramento |

---

#### 3. Área de Actividade

|            |                    |
|------------|--------------------|
| Ensino     | Energia            |
| Saúde      | Indústria          |
| Tecnologia | Comércio           |
| Turismo    | Outra. Especificar |

---

#### 4. Antes deste projecto já conhecia/ utilizou Realidade Aumentada?

Não  
Sim. Como?

---

#### 5. Possui webcam?

Sim  
Não

---

(Se respondeu negativamente na questão anterior)

#### 6. Consideraria adquirir uma webcam para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada?

Não  
Sim  
Talvez. Por influência de terceiros (amigo, colega, etc).

---

7. Possui Telemóvel?

Sim

Não

---

8. Instalaria no seu TLM uma aplicação de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada Móvel?

Não

Sim

Talvez. Por influência de terceiros (amigo, colega, etc).

---

9. Escolha de entre os seguintes adjectivos aquele(s) que considera mais adequados a esta tecnologia:

Inovadora

Boa

Promissora

Má

Comum

Outro. Especificar:

---

10. Acredita que a Realidade Aumentada no contexto educativo poderia beneficiar o processo de ensino/ aprendizagem?

(1 = não beneficiaria nada ... 5 = beneficiaria muito).

---

11. Acredita que a incorporação de Realidade Aumentada em aplicações multimedia as poderia beneficiar?

(1 = não beneficiaria nada ... 5 = beneficiaria muito).

---

12. Acredita que a incorporação de RA em suportes analógicos (livros, revistas, ...) os poderia beneficiar?

(1 = não beneficiaria nada ... 5 = beneficiaria muito).

---

13. 1Numa escala de 1 a 5 indique o grau de simplicidade que este tipo de tecnologia proporciona.

(1 = muito complicado e 5 = muito simples).

---

14. Numa escala de 1 a 5 indique o grau de satisfação com este tipo de interacção.

(1 = muito insatisfeito e 5 = muito satisfeito).

---

(Facultativo)

Nome:

(Facultativo)

E-mail:

---

~~~~~  
Obrigado pelo tempo dispensado no preenchimento do presente questionário.