

UNIVERSIDADE ABERTA



**Desenvolvimento de um recurso pedagógico interativo:
Integração do Livro Eletrónico (*eBook*) e da Realidade
Aumentada (RA) no ensino da Matemática.**

José Manuel Jorge Sanches

Mestrado em Tecnologias e Sistemas Informáticos Web

Orientador: Professor Doutor José Manuel Emiliano Bidarra de Almeida

Coorientador: Professor Doutor Mauro Jorge Guerreiro Figueiredo

2017

Resumo

As constantes inovações introduzidas pelas novas tecnologias da informação têm vindo a influenciar hábitos quotidianos. Os dispositivos eletrónicos já fazem parte do dia a dia das pessoas. Neste contexto, o presente trabalho de investigação pretende conjugar o desenvolvimento de um Livro Eletrónico com um sistema de Realidade Aumentada que proporcione um valor acrescentado num modelo pedagógico para o ensino da matemática do 3.º ciclo do Ensino Secundário. Assim, foi desenvolvido um protótipo que integra o Livro Eletrónico com a Realidade Aumentada, testado num ambiente de sala de aula perante uma amostra de conveniência. Através da realização de um inquérito por questionário aplicado a alunos do 3.º ciclo, pretendeu-se aferir da aplicabilidade deste recurso pedagógico num contexto educacional.

Com o recurso à biblioteca em código aberto *EPUBGen* em java ficou latente a simplicidade do desenvolvimento do Livro Eletrónico no formato *ePub*. O modelo de Realidade Aumentada pôde ser facilmente implementado com o recurso a ferramentas em código aberto. A biblioteca *ARToolkit* demonstrou a simplicidade de criação de uma aplicação de Realidade Aumentada para o sistema operativo *Android*. Ainda neste contexto, o IDE *Android Studio*, facilitou o desenvolvimento de aplicações *Android*.

Constatou-se em testes preliminares que os alunos demonstraram um elevado interesse por este protótipo devido à sua usabilidade, sugerindo a sua implementação alargada no ensino.

Palavras-chave: Livro Eletrónico; Realidade Aumentada; *mobile learning*.

Abstract

Our everyday habits are being influenced by information technology and its ever changing innovations. Consumer electronic devices are already a part of our everyday life. At this point, the research work here presented aims to conciliate the development of an electronic book with an augmented reality system which will allow a learning model overvalue in mathematics 3rd cycle high school teaching. Thus, a prototype has been developed that integrates the electronic book with the augmented reality, tested in classroom environment before an adequate student sample. The applicability of this teaching model in educational context was verified thru an inquiry distributed to 3rd cycle high school students only.

The usage of *opensource EPUBGen* java library underlined the simplicity of *ePub* format development for electronic books. As for the augmented reality model it was easily implemented using *opensource* tools. The *ARToolkit* library has shown how simple it is to create an augmented reality application targeting the android operating system. Development wise Android Studio IDE made Android application development an easy task. At Preliminary testing Students demonstrated an high level of interest over the prototype due to its usability suggesting wide-spread school system implementation.

Keywords: eBook; Augmented Reality; Mobile learning.

Agradecimentos

A dissertação de mestrado, apesar do percurso solitário a que qualquer investigador está destinado, reúne contributos de várias pessoas. Traduz-se no culminar de muito esforço desenvolvido, tempo de estudo e de investigação.

Assim, gostaria de começar por agradecer ao orientador da presente dissertação, Professor José Bidarra, pela sua disponibilidade e por todo o apoio prestado.

Ao professor Mauro Figueiredo como coorientador da dissertação por todo o apoio prestado.

À minha esposa pela coragem, apoio e companhia ao longo da presente dissertação.

À professora Andreia que me ajudou na realização da aplicação da componente prática.

Índice

Resumo	ii
Abstract	iii
Agradecimentos.....	iv
Índice de gráficos, tabelas e quadros.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Lista de Siglas.....	x
Introdução	1
Objetivos.....	1
Estrutura da dissertação	2
Capítulo 1 – Fundamentação	4
1.1 Porquê o Livro Eletrónico?.....	4
1.2 Porquê a Realidade Aumentada?	6
1.3 Porquê a matemática?.....	7
Capítulo 2 - Problema e Metodologia de Investigação.....	10
2.1 A investigação qualitativa.....	11
2.2 Contexto do estudo	12
2.3 Aplicação de questionário.....	13
2.3.1 Inclusão de um protótipo.....	14
2.3.2 A amostra	15
Capítulo 3 – Livro Eletrónico	16
3.1 Definição de Livro Eletrónico	17
3.1.1 O formato PDF.....	19
3.1.2 O formato <i>ePub</i>	20
3.1.3 O formato MOBI.....	22
3.1.4 Outros Formatos.....	23
3.1.5 Os formatos PDF e <i>ePub</i> comparação.....	23
3.1.6 Vantagens dos Livros Eletrónicos.....	24
3.1.7 Desvantagens dos Livros Eletrónicos	25
3.2 Livros Eletrónicos e <i>eReaders</i>	27
3.3 Livros Eletrónicos versus livro impresso.....	29
3.4 O manual escolar	32
3.5 O Livro Eletrónico interativo.....	34
Capítulo 4 - Criação de um Livro Eletrónico	38
4.1 O IDE Eclipse	38
4.2 A linguagem de desenvolvimento <i>JAVA</i>	40
4.3 A razão do formato <i>ePub</i>	42
4.4 A estrutura interna do formato <i>ePub</i>	43
4.4.1 HTML	46
4.4.2 CSS.....	47
4.4.3 Javascript.....	47
4.4.4 MathML	47
4.5 Bibliotecas para criação de um Livro Eletrónico (<i>ePub</i>) em Java.....	49
4.6 Desenvolvimento de um Livro Eletrónico.....	49

Capítulo 5 - Realidade Aumentada	53
5.1 A Realidade Aumentada	53
5.2 Tecnologia de Realidade Aumentada	58
5.3 Tendências Realidade Aumentada	60
5.4 Realidade Aumentada na educação	61
5.5 A resistência do professor às novas tecnologias	64
5.6 A Realidade Aumentada e a matemática	66
5.7 Realidade Aumentada e <i>Gamification</i> na educação.....	68
Capítulo 6 - Criação de aplicativo com Realidade Aumentada	71
6.1 O <i>Android</i>	72
6.1.1 <i>Android 7 “Nougat”</i>	73
6.2 Bibliotecas de Realidade Aumentada	74
6.2.1 AndAR	74
6.2.2 ARToolkit	75
6.2.2.1 Marcadores.....	76
6.2.2.2 Rastreamento.....	77
6.2.3 ARTag.....	78
6.2.4 DroidAR.....	79
6.2.5 FLARToolKit.....	79
6.2.6 osgART	79
6.2.7 NyARToolKit.....	80
6.2.8 Studierstube.....	80
6.2.9 Vuforia	80
6.3 O IDE <i>Android Studio</i>	81
6.3.1 <i>Android SDK</i>	83
6.4 Desenvolvimento de um aplicativo.....	83
6.4.1 <i>ARToolKit</i> para <i>Android</i>	85
Capítulo 7 – Estudo empírico.....	89
7.1 Os exercícios apresentados aos alunos	90
7.2 A recolha de dados.....	91
7.3 Os participantes no caso de estudo	91
7.4 Dispositivos eletrónicos usados	93
7.5 Sobre a Realidade Aumentada.....	95
7.6 Sobre os Livros Eletrónicos	97
7.7 Interação com o protótipo	100
7.8 A questão de resposta aberta.....	101
7.9 Discussão dos resultados obtidos.....	101
Conclusão.....	104
Referências	107
Bibliografia.....	107
Webgrafia	Erro! Marcador não definido.
Anexo A - Questionário	116

Índice de gráficos, tabelas e quadros

- Tabela 4.1 – Soluções para criação de *eBook*.
- Quadro 4.1 - Estrutura interna base de um ficheiro *ePub*.
- Quadro 4.2 – Estrutura do ficheiro *container.xml*
- Quadro 4.3 – Estrutura do ficheiro *content.xml*
- Quadro 4.4 – Estrutura do ficheiro *NCX*.
- Quadro 4.5 – O ficheiro que representa a capa do livro.
- Quadro 4.6 – Exemplo de um ficheiro *CSS*
- Quadro 4.7 – Criação de um Livro Eletrónico com recurso a biblioteca *java*.
- Quadro 6.1 – Passos do desenvolvimento de uma aplicação *RA* com *ARToolKit*.
- Quadro 6.2 – Adição de um marcador à aplicação.
- Quadro 6.3 – Adição de múltiplos marcadores.
- Quadro 6.4 – O marcador é reconhecido e apresenta-se um objeto.
- Tabela 7.1 – Alunos por turma.
- Gráfico 7.1 – Distribuição dos inquiridos por turma.
- Tabela 7.2 – Distribuição dos inquiridos por género.
- Gráfico 7.2 – Distribuição dos inquiridos por género.
- Tabela 7.3 – Idade dos inquiridos.
- Gráfico 7.3 – Distribuição dos inquiridos por idades.
- Tabela 7.4 – Tipo de dispositivo usado
- Gráfico 7.4 – Tipo de dispositivo usado.
- Tabela 7.5 – Horas despendidas na utilização de dispositivos.
- Gráfico 7.5 – Horas dispensadas na utilização de dispositivos.
- Tabela 7.6 – Utilização do *smartphone*.
- Tabela 7.7 – Familiarização com o conceito de Realidade Aumentada.
- Gráfico 7.6 – Conhecimento anterior com a noção de Realidade Aumentada.
- Tabela 7.8 - Realidade Aumentada ajuda na aprendizagem.
- Gráfico 7.7 – Realidade Aumentada ajuda na aprendizagem.
- Tabela 7.9 – Realidade Aumentada como recurso pedagógico.
- Gráfico 7.8 – Realidade Aumentada como recurso pedagógico.
- Tabela 7.10 – Periodicidade de leitura de Livros Eletrónicos.
- Gráfico 7.9 – Periodicidade de leitura de Livros Eletrónicos.
- Tabela 7.11 – Tipo de dispositivo eletrónico na leitura de Livros Eletrónicos.
- Gráfico 7.10 – Tipo de dispositivo eletrónico na leitura de Livros Eletrónicos.

Tabela 7.12 – Formato dos Livros Eletrônicos.

Gráfico 7.11 – Formato dos Livros Eletrônicos.

Tabela 7.13 – Os Livros Eletrônicos como recurso pedagógico.

Gráfico 7.12 – Os Livros Eletrônicos como recurso pedagógico.

Índice de figuras

Figura 4.1 - Formato dos livros adotados nos Estados Unidos ano de 2015.

Figura 5.1 – Posicionamento de informações.

Figura 5.2 – Livros interativos.

Figura 5.3 – Reconhecimento de rostos.

Figura 5.4 – Utilização de marcadores.

Figura 6.1 - Mercado dos principais sistemas operativos móveis no Reino Unido entre 2011 a 2015.

Figura 6.2 – Estrutura do sistema operativo *android*

Figura 6.3 - Sistema de rastreamento de marcadores da biblioteca *ARtoolKit*

Figura 6.4 – Exemplo de um marcador

Figura 6.5 – Relação entre os sistemas de coordenadas do marcador e a câmara.

Figura 6.6 – Manipulação de matrizes.

Figura 6.7 – Visão geral do *Android Studio*.

Figura 6.8 – Ponte entre a biblioteca nativa e *ARbaseLib*.

Figura 6.9 – Implementação da Realidade Aumentada com *ARToolKit*.

Figura 6.10 – Uma cena de Realidade Aumentada.

Figura 7.1 – Protótipo apresentado aos alunos na sala de aula.

Figura 7.2 – Problema apresentado aos alunos (7.º ano)

Lista de Siglas

2D - Duas dimensões

3D – Três dimensões

ADT - *Android Developers Tools*

API – *Application Programming Interface*

AS3 - *Adobe ActionScript 3*

AWT - *Abstract Window Toolkit*

CSS - *Cascading Style Sheets*

DOC - Documento

ePub – *Electronic Publication* - Publicação Eletrónica

GIF - *Graphics Interchange Format*

GUI – *Graphical User Interface*

HCI - *Human-Computer Interaction*

HTML - *HyperText Markup Language*

IDE – *Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado

JNI – *Java Native Interface*

JPEG - *Joint Photographic Experts Group*

MathML - *Mathematical Markup Language*

MOBI - Mobipocket eBook

NCX - *Navigation Center eXtended*

OPF - Formato aberto de empacotamento

PDF - *Portable Document Format*

PNG - *Portable Network Graphics*

QR - *Quick Response*

RTF – *Rich Text Format*

RAM - Realidade Aumentada Móvel

SDK - *Software Development Kit*

SMS – *Short Message Service*

SVG - *Scalable Vector Graphics*

SWT - *Standard Widget Toolkit*

USB - *Universal Serial Bus*

XML - eXtensible Markup Language

XHTML - eXtensible Hypertext Markup Language

WWW - World Wide Web

ZIP – (Ficheiro compactado)

Introdução

Neste projeto de investigação pretende-se conjugar o desenvolvimento de um Livro Eletrónico com a introdução de um sistema de Realidade Aumentada que permita acrescentar interatividade e ser integrado num modelo pedagógico para o ensino das ciências, designadamente tratando o tema “**A matemática no ensino do 3.º ciclo do Ensino Secundário**”.

Objetivos

O objetivo principal deste estudo é potenciar o uso de *tablets* e ou *smartphones* como ferramentas de ensino/aprendizagem em programas dedicados às ciências e à matemática. A ligação entre conteúdos e tecnologias é um fator primordial, exponenciando a interatividade proporcionada pelas tecnologias e média digitais que estão hoje em expansão acelerada.

A matemática como disciplina integrante entre as ciências exatas apresenta-se como uma mais-valia no desenvolvimento das competências exigidas ao aluno do 3.º ciclo do Ensino Secundário, dada a abrangência dos seus conteúdos nas áreas do saber, saber fazer e do saber interpretar. Pensar matematicamente implica uma contextualização de fenómenos, uma análise crítica de problemas mundiais, com necessidade de reflexão sobre possíveis soluções.

Aqui cabe equacionar a aprendizagem que atualmente se faz em matemática e aquela que se poderia fazer, dado o valor formativo dos processos que atualmente se dispõe designadamente, ao nível tecnológico. Esta visão de educação implica a adoção de uma pedagogia ativa, aberta ao exterior, que mobilize a experiência e o interesse dos alunos, implica um desenvolvimento da capacidade de comunicação que vá de encontro à tomada de decisões, reflexão e tentativa de solução de problemas.

Os Livros Eletrónicos interativos ou Livro Eletrónicos, têm mais do que palavras e dados, dão a oportunidade de integrar texto, imagens, vídeo e animação através de atividades dinâmicas. Trata-se de livros interativos que podem ser utilizados em diferentes plataformas, representam possibilidades expressivas e permitem combinar uma série de expedientes em abordagens pedagógicas, além da integração de várias matérias na aprendizagem da matemática e da disponibilização de informação (Roosen, 2012).

Pode-se afirmar que a utilização de dispositivos digitais móveis em processos de ensino e aprendizagem representa uma possível ampliação das práticas pedagógicas. No entanto, não deixa de ser um grande desafio desenvolver metodologias e/ou recursos que representem melhorias nos resultados de aprendizagens e mudanças na educação (Lima, 2011; Bidarra et al., 2012).

A Realidade Aumentada é um caso particular das realidades mistas. Estas conjugam realidade com virtualidade, seja através da introdução de objetos reais no mundo virtual (virtualidade aumentada), seja adicionando objetos virtuais à realidade como forma de complementar, em lugar de substituir. Do ponto de vista do autor, a Realidade Aumentada é uma tecnologia que exige uma combinação precisa, harmoniosa e complexa de materiais físicos, digitais e humanos, elevando-se assim a ordem de grandeza dos conhecimentos envolvidos e das dificuldades a ser enfrentadas.

Além de adicionar objetos a um ambiente real, a Realidade Aumentada também tem o potencial de remover objetos desse ambiente. As sobreposições gráficas também podem ser usadas para remover ou esconder partes do ambiente real.

O carácter interativo destes recursos permite ao aluno a ultrapassagem dos problemas matemáticos apresentados no 3.º ciclo, conduzindo ao desenvolvimento do espírito reflexivo e crítico, competências que os alunos devem manifestar e que numa aprendizagem passiva não conseguem desenvolver, como ainda se verifica em muitas situações.

Ainda que em fase experimental e inicial a adequação e utilização de recursos didáticos em dispositivos móveis é uma tarefa complexa, mas que irá nesta proposta oferecer a oportunidade de novas reflexões e entendimentos sobre perspetivas mais apropriadas em processos de ensino e aprendizagem nos programas da matemática do 3.º ciclo.

Portanto é necessário que se conheçam as qualidades, os defeitos e as limitações das diversas técnicas hoje utilizadas, com recurso a Livros Eletrónicos e a Realidade Aumentada, de modo a que a metodologia proposta possa focar-se no objetivo de potenciar recursos existentes (*tablets* e ou *smartphones*) como meios válidos para o ensino.

Estrutura da dissertação

Este estudo é constituído por uma introdução e sete capítulos, na introdução apresentamos a justificação e objetivos deste estudo, que passamos a fundamentar com recurso à bibliografia relevante no primeiro capítulo.

No segundo capítulo é feita uma abordagem à metodologia qualitativa, recorre-se a diversas ferramentas para a recolha de informação, atribuindo-se uma ênfase especial à usabilidade e à integração dos Livros Eletrónicos com a Realidade Aumentada, como aproximação a um modelo pedagógico no ensino da matemática.

No terceiro capítulo é apresentada uma abordagem ao Livro Eletrónico. Enumera-se as vantagens, desvantagens, os formatos mais usuais. Compara-se os Livros Eletrónicos face aos livros impressos. Analisa-se os Livros Eletrónicos face aos dispositivos de leitura *eReaders*. É abordado o manual escolar, bem como a noção de Livro Eletrónico interativo. No quarto capítulo são analisadas algumas bibliotecas de *software* aberto que permitem a criação de um Livro Eletrónico. Sustenta-se a escolha do formato *ePub* na criação de um Livro Eletrónico. É explanada a estrutura interna de um Livro Eletrónico no formato *ePub*. Por fim, desenvolve-se um Livro Eletrónico que serve de suporte à componente prática desta dissertação.

O quinto capítulo aborda a análise, descrição e definição dos principais conceitos, ferramentas e técnicas utilizadas no desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada. Ainda neste capítulo é referida a importância da Realidade Aumentada no ensino da matemática e a natural resistência no ensino a novas tecnologias.

No capítulo sexto é apresentado o desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada para o sistema *Android*, com recurso à biblioteca *ARToolkit* que é parte integrante da componente prática desta dissertação. Esta aplicação de Realidade Aumentada articula-se com o Livro Eletrónico desenvolvido no quarto capítulo.

No capítulo sétimo é apresentado o estudo empírico da componente prática deste estudo. Recorreu-se à análise da aplicação de um inquérito por questionário junto de duas turmas do 7.º ano de escolaridade. O inquérito incidiu sobre os temas abordados neste trabalho, cuja análise é apresentada através de tabelas e respetivos gráficos.

Por último é apresentada a conclusão deste estudo, a qual reflete uma análise e interpretação pormenorizada dos temas abordados. São mencionadas algumas sugestões para eventuais novas abordagens de forma a aferir os resultados alcançados.

Capítulo 1 – Fundamentação

Numa sociedade dominada pela tecnologia na qual os alunos interagem diariamente com dispositivos eletrônicos, os professores devem ter a noção que cada vez mais a ciência faz parte da nossa vida cotidiana sendo determinante do desenvolvimento econômico e educativo de cada país. Nos últimos tempos, a sociedade presenciou mudanças tão profundas que marcaram significativamente o modo de vida, a noção de tempo e de espaço, a produção e o consumo, as tecnologias, os hábitos do cotidiano e as próprias expectativas das pessoas. Torna-se urgente formar cidadãos cada vez mais cultos capazes de participarem de uma forma ativa e responsável na sociedade. O recurso a dispositivos eletrônicos como *smartphones* e *tablets* com a capacidade de apresentar Livros Eletrônicos ou até mesmo interagirem através da Realidade Aumentada são fatores que se apresentam preponderantes no ensino da matemática do 3.º ciclo do Ensino Secundário. Neste âmbito, o presente trabalho de investigação mostra uma forma de conceptualizar, organizar, implementar e avaliar um Livro Eletrónico e a Realidade Aumentada no ensino e aprendizagem da matemática, através do desenvolvimento de um protótipo e simultaneamente, indagar até que ponto estas ferramentas virtuais têm potencial para vir a ser consideradas como instrumentos pedagógicos.

1.1 Porquê o Livro Eletrónico?

Após o domínio por mais de 600 anos, o livro impresso tem agora um concorrente, o livro digital. O aparecimento de novos modelos de dispositivos *eReader* é o reflexo latente de que a expansão dos Livros Eletrónicos está cada vez mais enraizada. Apesar de “estar na moda” ainda existe resistência por parte de muitas pessoas ao uso dos Livros Eletrónicos, esgrimindo argumentos a favor do livro impresso.

“Os números de vendas de e-books mostram o impacto do aparecimento de e-books que está existindo na indústria editorial. Na Austrália, a venda de e-books cresceu mais de 100% entre 2008 e 2009 (Cox, 2010). Nos Estados Unidos, a Association of American Publishers (2012) informou que de janeiro de 2011 a janeiro de 2012, as vendas de e-books para adultos e crianças/adultos jovens e-books aumentaram 49,4% e 475,1%, respetivamente. Com este crescimento exponencial nas vendas de e-books, a indústria editorial está-se a transformar através da prática de novas relações comerciais e modelos com os parceiros da indústria. Esses novos modelos de negócios estão a revolucionar a cadeia de fornecimento dos livros tradicionais. Um setor com grande impacto na revolução do e-book é o setor de educação (publicação para escolas e instituições de ensino superior.” (D’Ambra et al., 2013)

Uma grande parte dos consumidores restringe-se ainda à compra física, sendo que esta forma lhes dá um maior sentimento de segurança e conforto. De acordo com Cruz (2014), muitos consumidores ainda compram por impulso, algo menos visível na compra eletrônica, que exige maior envolvimento por parte do comprador.

Estudos elaborados pela Associação de Editores Americanos evidenciam que a venda de Livros Eletrônicos teve uma queda de 10% nos primeiros meses de 2015. De acordo com pesquisas efetuadas, “os leitores jovens, considerados nativos da cultura digital ainda preferem ler o livro impresso” Link (2015, fonte: link.estadao.com.br). Uma pesquisa realizada em 2016 pela *American University* com estudantes dos EUA, Japão, Alemanha e Eslováquia constatou que 92% dos universitários preferem livros impressos Delcolli (2016, fonte: exame.abril.com.br), o que mostra a resistência para o uso do Livro Eletrônico em ambiente universitário.

Apesar do Livro Eletrônico já se encontrar disseminado no mercado e o seu preço ser na esmagadora maioria dos casos inferior ao dos livros impressos, contribuindo para esse facto a não existência de custos associados à impressão, transporte e armazenamento em relação ao formato impresso, a verdade é que o preço dos dispositivos *eReaders* ainda se apresenta em muitos casos com valores proibitivos.

Contudo, os dispositivos eletrônicos, *eReaders*, podem contribuir para um maior conforto no sentido em que se tornam mais leves que os livros físicos, assim como a capacidade de armazenamento dos mesmos.

Com o aparecimento do livro digital foram disponibilizadas ao leitor diversas funcionalidades, nomeadamente marcadores de páginas, possibilidade de efetuar anotações, pesquisa de palavras ou de frases, e em alguns casos a possibilidade de ajustar o tamanho e o tipo de fontes associados ao texto, acrescem a estas, recursos existentes em aplicativos desenvolvidos especificamente para os livros digitais, conforme explicitado:

“...essa é a realidade da leitura virtual, um formato que convida o leitor a interagir e a explorar símbolos e palavras que mudam de cor ou que oferecem a facilidade de manuseio com um simples toque...”, (Dziekaniak G. 2010, p.85),

Por outro lado, Chartier (2003) defende que com a introdução do livro digital está-se perante uma nova revolução, bem mais radical do que a provocada com o aparecimento da prensa de *Gutenberg*. Refere ainda que a revolução digital modificou as formas de suporte e o texto passa de uma condição material, no caso do livro impresso, para a imaterialidade, na qual os

textos não possuem lugar próprio, neste contexto está implícito a “manipulação é livre”. Com a massificação dos dispositivos portáteis, principalmente *smartphones* e *tablets*, o Livro Eletrónico tornou-se, já, uma realidade no mercado, as grandes editoras já possuem versões digitais dos seus livros e revistas mais importantes.

1.2 Porquê a Realidade Aumentada?

Com a evolução da sociedade contemporânea são introduzidas mudanças nos paradigmas de produção comercial, de forma que o incentivo do conhecimento torna-se cada vez mais criterioso, exigindo assim, uma competência para solucionar problemas de forma criativa e flexível. Perante este paradigma, a aquisição do conhecimento assume-se mais eficiente e agradável a partir do momento que a visualização a torna possível, isto é: o teórico é aplicado de maneira prática e os resultados, que anteriormente eram obtidos no papel, poderão ser visualizados por meio de movimentos e imagens. Este processo apresenta-se de forma evidente perante o recurso a dispositivos móveis como sejam *smartphones* ou *tablets*, fazendo uso da Realidade Aumentada, que hoje vem ganhando destaque em diversas áreas do conhecimento. A utilização desta tecnologia estimula e facilita a aquisição do conhecimento por parte do aluno, ajuda o docente nas práticas educacionais além de possibilitar diversas formas de transmitir o conhecimento. O uso desta metodologia adapta-se de uma forma extraordinária a conteúdos onde a abstração requerida aos alunos torna-se muito complexa.

Pode-se afirmar que o crescente uso da Realidade Aumentada (RA) na Educação é um fator positivo. Na constante procura no sentido de melhorar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, destaca-se a Realidade Aumentada, tendo em conta que pode ser encarada como uma ferramenta didática no ensino da matemática, acredita-se que a absorção do conteúdo se tornará mais fácil quando acompanhada com a possibilidade de visualização da informação que se pretende transmitir, por meio do uso de técnicas de visão computacional. Admite-se que a Realidade Aumentada possa contribuir no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que pode oferecer uma nova configuração de representação de conteúdos. Segundo Araújo (2009), esta tecnologia possibilita a partir da projeção de objetos ou de fenómenos inexistentes, uma maior interação entre o aluno e a matéria a estudar, possibilitando uma melhor compreensão de matéria que por vezes aprende-se no abstrato. No trabalho apresentado por Figueiredo, Amado, Bidarra e Carreira (2015) “A realidade

aumentada na aprendizagem da matemática no ensino secundário”, constatam que os alunos que beneficiam de aulas em regime presencial e a distância (b-learning) têm estatisticamente revelado melhores resultados do que aqueles que apenas frequentam aulas presenciais. Ainda neste contexto, para Gomes, Figueiredo e Bidarra (2016) a visão de Realidade Aumentada é apresentada como:

“...enriquecida por camadas de informação, que potenciam o poder cognitivo do objeto (pedagógico ou não) ao qual se aplicam. RA enriquece a realidade sobrepondo-lhe objetos virtuais, embora o utilizador mantenha sempre o sentido de presença no mundo real.”, (Gomes C., Figueiredo M., Bidarra J. 2016)

1.3 Porquê a matemática?

A matemática faz parte do nosso quotidiano, tornando-se num saber fundamental na estrutura do raciocínio. É bem notório que os computadores não existiriam, sem uma lógica binária, a teoria dos grupos e o conceito subjacente da matemática. Contudo para compreender a matemática é necessário entender as questões relevantes, mesmo antes que as respostas façam sentido. No ensino da matemática é necessário que os alunos compreendam as questões e as formas de pensamento que ligam os detalhes. Apesar da curiosidade natural que se atribui aos estudantes, o apoio dos docentes mostra-se fundamental em ajudá-los a entender os processos matemáticos.

Esta é uma disciplina em que são notórios os momentos de dificuldade onde é necessário persistir e não desistir. Todavia a motivação para superar os obstáculos apresentados, por vezes fica um pouco aquém do esperado. O absentismo por parte dos alunos é bastante significativo, perante este facto é necessário o docente proporcionar um ambiente motivacional aos alunos, para que estes se sintam integrados em matérias que tradicionalmente se apresentam mais difíceis de assimilar. O erro e as dificuldades devem ser encarados como fatores de motivação com a finalidade de ultrapassar estes problemas.

"Aqueles que resolvem bem problemas passam tempo a compreender o problema antes de o atacar... podem criar várias representações... usam várias estratégias, empenham-se em processos metacognitivos, incluindo a gestão do progresso e a verificação da resolução e do resultado". (Mayer, 1983, p.21)

Um dos pontos fulcrais é saber qual a melhor forma de motivar os alunos para estas realidades, o docente tem de ser capaz de lhes transmitir o saber, para tal não se deve cingir a métodos convencionais. Neste campo, as tecnologias de informação podem tornar-se o fator diferenciador entre o sucesso ou a frustração e subsequentemente o fracasso.

Por outro lado, levantam-se questões relacionadas com a eficácia da comunicação e como esta chega aos alunos. Tendo como ponto de partida diferentes matrizes teóricas, o interesse sociológico pode enunciar ou equacionar questões acerca da eficácia da comunicação pedagógica:

- A mensagem foi transmitida através de códigos linguísticos “reconhecidos” a todos os alunos?
- A mensagem provou-se adequada aos conhecimentos adquiridos por todos os alunos ao longo de sua trajetória social e educacional?
- A mensagem foi transmitida em um ritmo ajustado às disposições cognitivas desses alunos?

Estes pontos podem denotar alguma insuficiência na comunicação da mensagem, destacando eventuais desigualdades na sala de aulas. A maior dificuldade apresenta-se na construção de processos de socialização e escolarização, estas originam ou acentuam algumas incapacidades de comunicação pedagógica. Neste quadro justifica-se o enquadramento deste trabalho, como tentativa de atenuar estas atitudes que inconscientemente são ativadas na comunicação pedagógica.

No ensino das matemáticas as analogias são inseridas de uma forma sistemática, contudo, observa-se nas pesquisas uma crescente preocupação acerca da sua utilização e a influência que estas analogias exercem na aprendizagem dos alunos e do papel deste recurso na construção dos conceitos. As figuras de linguagem favorecem a compreensão de conteúdos, principalmente os considerados mais complexos, de difícil entendimento pelos alunos. A inclusão de Livros Eletrônicos ou até mesmo da Realidade Aumentada enquadra-se nestes conceitos. A inclusão de *tablets*, de *smartphones* como ferramentas de apoio, poder-se-ão apresentar como alavancas nesta temática de visualização de conceitos.

“O emprego das técnicas computacionais no ensino de Física tem fornecido subsídios didáticos importantes tanto para o professor quanto para o aluno. O professor passa a contar com técnicas didáticas diferenciadas, ou seja, que fogem do conceito de ensino praticado na escola tradicional, onde usa-se apenas o quadro negro e giz. Além disso, o uso dessas técnicas computacionais permitem ao aluno o reforço e/ou a compreensão dos fenômenos físicos através de visualização de uma demonstração simulada e sem o uso direto de fórmulas matemáticas”. (Andrade e Costa, 2006)

Ainda neste contexto, a inclusão de exercícios interativos com recurso a *smartphones* e *tablets* na sala de aula, pode ajudar à aprendizagem dos conteúdos programáticos, atendendo

ao facto que estes podem ser trabalhados de uma forma diferenciada. Ainda neste enquadramento, a resolução de exercícios apresentados aos alunos, podem ser resolvidos e no momento subsequente aferir a resolução.

Capítulo 2 - Problema e Metodologia de Investigação

Este estudo parte de uma questão fundamental: é viável ter um Livro Eletrónico interativo (manual de ensino/formação) com um sistema de Realidade Aumentada que podem ser integrados e acrescentar valor a um modelo pedagógico para o ensino das ciências? Mais concretamente, a intenção é verificar a possibilidade de aplicação num caso prático: “**A matemática no ensino do 3.º ciclo do Ensino Secundário**”. Coloca-se como hipóteses: (1) um Livro Eletrónico interativo permite estudar a matéria de forma mais eficaz; (2) a aplicação de Realidade Aumentada ajuda a estimular o interesse e motivação dos estudantes pela matéria.

“On the other hand, compared with traditional education based on textbooks, learning with eBooks, coupled with mobile devices, seems to be an increasingly attractive option; one which can trigger the interest and motivation of students.”, (Bidarra, J. Figueiredo, M. & Natálio, C.; 2015)

A metodologia adotada neste trabalho de investigação insere-se numa perspetiva de natureza qualitativa, em que um protótipo é desenvolvido com base na prática de aprendizagem da matemática.

A componente prática deste estudo decorre na sala de aula, envolvendo os alunos a professora e o investigador como mero observador. Esta componente prática apresenta-se em duas fases distintas: (1) a interação por parte dos alunos de um protótipo, o qual integra os Livros Eletrónicos, com recurso a *tablets* e a interação destes com a Realidade Aumentada com recurso a *smartphones*; (2) a recolha de dados por meio de questionários aos alunos. Os dados resultantes foram tratados e analisados, por forma a serem incluídos no presente trabalho.

Na investigação recorre-se a diversas ferramentas para a recolha de informação, atribuindo-se uma ênfase especial à usabilidade e à integração dos Livros Eletrónicos com a Realidade Aumentada, como aproximação a um modelo pedagógico no ensino da matemática. Neste contexto, o desenvolvimento de um protótipo apresenta-se como um elemento essencial na investigação destas premissas.

2.1 A investigação qualitativa

Pode-se definir o conceito de metodologia científica como um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento de uma maneira sistemática (Rodrigues, 2007).

Tendo por base que toda a investigação depende de escolhas que se traduzem em decisões que devem ser tomadas e justificadas à luz da razão. Assim a investigação qualitativa está mais interessada na intuição, na compreensão e na interpretação do que na confirmação ou refutação de hipóteses (Serrano, 1994).

A investigação em educação tem carácter essencialmente de natureza qualitativa, sob uma perspectiva emancipadora, crítica e transformadora e tem-se vindo a centrar na *práxis*, a qual tem sido analisada e interpretada de muitos pontos de vista (Vieira & Tenreiro-Vieira, 2013). Associada à natureza qualitativa, os elementos de investigação representam uma pequena parte e a sua escolha assenta em critérios específicos, tendo como objetivo adquirir informação aprofundada sobre o problema em estudo (Bogdan & Biklen, 1994).

Os investigadores que acolhem uma perspectiva qualitativa demonstram um interesse em compreender as perceções individuais do mundo, refletindo a perceção em vez da análise estatística (Bell, 2010), explorando o comportamento, as perspetivas e as experiências das pessoas que eles estudam (Vilelas, 2009). Quanto à investigação de natureza qualitativa pode-se afirmar que é considerada um campo transdisciplinar, sendo multiparadigmática no seu enfoque e os investigadores que a observam são percetíveis ao valor da aproximação metódica (Aires, 2011).

Para Rodrigues (2007) a investigação qualitativa assenta nos seguintes pressupostos:

- Devem ser descritivos;
- As informações obtidas não podem ser quantificáveis;
- Os dados obtidos são analisados indutivamente;
- A interpretação de fenómenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa.

O mesmo autor ainda defende que a abordagem qualitativa pode ser aplicada em duas situações:

- Numa investigação de levantamento preliminar-piloto, base para a elaboração de um questionário, ou ainda, como suporte necessário para explicar os porquês das relações identificadas;
- Como único método, dependendo da natureza do problema.

A vertente da investigação que propõe analisar objetos ou acontecimentos observáveis e mensuráveis, de alguma forma é apresentada como abordagem quantitativa. À investigação que visa aumentar o saber das coisas e do contexto de um fenómeno no mundo social é atribuída denominação de abordagem qualitativa. Neste contexto Grilo (2010) defende:

“As técnicas de investigação mais aplicadas nos trabalhos analisados estão de acordo com as abordagens seguidas. Por se tratar de uma área onde os fenómenos são de difícil medição e têm uma grande intervenção social, as técnicas que os investigadores mais recorrem são as qualitativas.”, (Grilo, 2010).

2.2 Contexto do estudo

Na realização do estudo teve-se o cuidado de selecionar realidades distintas tendo em conta o tipo e tamanho das turmas, bem como as suas características. O estudo aplicado ao objeto desta dissertação foi realizado numa escola secundária situada na beira interior. O universo dos alunos alvo desta ação traduz-se numa amostra de conveniência, uma vez que as turmas já se encontravam definidas no início do ano letivo.

A escola na qual se efetuou o estudo, através da demonstração de um protótipo desenvolvido especificamente para este propósito, localiza-se num concelho flagelado pela fuga dos seus habitantes, encontra-se em razoável estado de conservação e está dotada de bons equipamentos: cantina, bar, reprografia, papelaria, biblioteca escolar, sala de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), anfiteatro, sala de Educação Visual/Educação Tecnológica (EV/ET), sala de Música, sala de Ciências Físico-Químicas, sala de Ciências Naturais, sete salas normais de aula, bem como duas salas de pequenos grupos e gabinetes de trabalho. O absentismo da população discente tem sido baixo, pesem embora alguns casos problemáticos, aos quais a escola tem estado atenta, nomeadamente através da ação dos diretores de turma, tomando as medidas que estão ao seu alcance, os atos de indisciplina grave são raros. Nesta escola foram selecionadas duas turmas do 7.º ano de escolaridade onde se levou a cabo uma parte da componente prática deste trabalho de investigação.

2.3 Aplicação de questionário

Das técnicas utilizadas para a recolha de dados foi dada ênfase à aplicação de questionário. Por definição, o inquérito por questionário é uma técnica de observação não participante que tem por base uma sequência de perguntas escritas que se dirigem a um conjunto de indivíduos (neste caso alunos), que podem envolver as suas opiniões, as suas representações, as suas crenças ou várias informações factuais sobre eles próprios ou o seu meio.

“...o objetivo de um inquérito é obter informações para que possam ser analisadas, extrair modelos de análise e fazer comparações.”, (Bell 2010, p. 26).

Com a inclusão do questionário, pretende-se que este seja apresentado como uma técnica bastante viável e pertinente que pode ser utilizada quando se trata de problemas cujos objetos de pesquisa correspondem a questões de cunho empírico, envolvendo opinião, percepção, posicionamento e preferências dos pesquisados. Assim, procura-se destacar a forma pela qual são construídas as perguntas presentes no questionário, considerando o conteúdo, número e ordem das questões, tendo em atenção que estas são as responsáveis pelo alcance das respostas ao desenvolvimento dos trabalhos. Segundo Gil (1999), o questionário pode ser definido:

“...como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.”, (Gil A. 1999, p.128).

De acordo com Arturo (2001), para a execução de um questionário torna-se imprescindível organizar muito bem as questões, evitando as irrelevantes, as que têm um texto demasiado complexo e muito longo. As questões devem ser reduzidas ao essencial e à investigação em causa. Neste contexto e de acordo com Morgado o inquérito:

“...baseia-se num conjunto de itens delineados em torno do problema ou situação a investigar...”, Morgado (2013, p. 80)

Não existindo nenhuma indicação específica quanto às questões que devem integrar um inquérito a disponibilizar aos alunos, dependendo estas do tipo de estudo, do objeto de investigação e dos objetivos a alcançar pelo investigador.

Relativamente aos tipos de perguntas, pode-se referir a existência de questões de resposta fechada, nas quais o inquirido seleciona a opção, de entre as várias representadas, que mais

se adequa à sua opinião e de questões de resposta aberta, estas permitem ao inquirido construir a resposta com a sua própria linguagem, existindo assim, liberdade de expressão.

A abordagem escolhida baseou-se na construção de um inquérito do tipo misto, uma vez que se apresentam questões de resposta aberta e questões de resposta fechada.

O inquérito está estruturado de forma a abranger as temáticas abordadas nesta investigação, como sejam os Livros Eletrónicos e a Realidade Aumentada. Tendo sempre presente o anonimato do aluno, apenas foram recolhidas informações sobre o género, a turma onde se encontram integrados e a idade.

De forma a inquirir o relacionamento dos alunos com os dispositivos eletrónicos, uma vez que a média de idades ronda os 12 anos, foi criado um grupo de respostas com vista a aferir esta temática. Outro grupo de perguntas está vocacionado para a temática de Realidade Aumentada e um outro grupo para o tema dos Livros Eletrónicos.

Por fim, foi disponibilizado aos alunos uma questão de resposta aberta com a finalidade de obter a opinião sobre os temas abordados no questionário.

2.3.1 Inclusão de um protótipo

Atendendo à componente prática desta investigação, foi desenvolvido um protótipo que engloba as premissas da presente investigação. Este protótipo teve um enfoque especial no que concerne à apresentação visual. Com efeito, teve-se em linha de conta aspetos motivacionais que aproximassem os alunos para esta temática. Assim, foi desenvolvido um protótipo de um Livro Eletrónico no formato *ePub* e uma aplicação de Realidade Aumentada.

O formato *ePub* apresenta dois problemas enquadrados na linha de ensino programada pela professora à data da realização deste estudo. Deste modo, foram apresentados dois problemas de funções: (1) funções Afim e (2) funções Lineares. A aplicação desenvolvida para dispositivos *Android*, interage com marcadores incluídos no Livro Eletrónico e quando reconhecidos por esta mostra a solução do problema apresentado.

Nesta perspetiva, a aprendizagem pode ocorrer a partir da análise e da solução de problemas apresentados, como a interação de protótipos de Realidade Aumentada integrados com os Livros Eletrónicos no ensino da matemática, na qual a dinâmica de aprendizagem é marcada pela tentativa e erro, sendo estes considerados como eventos próprios da construção do conhecimento.

2.3.2 A amostra

A amostragem por conveniência é a mais fácil, menos demorada e mais barata de se implementar (Bornstein; Jager; Putnick, 2013). O investigador seleciona o público-alvo que se encontra disponível para colaborar. No entanto, este tipo de amostragem pode apresentar desvantagens conforme defende Hill & Hill.

“...os resultados e as conclusões só se aplicam à amostra, não podendo ser extrapolados com confiança para o Universo.” (Hill & Hill, 2012, p. 49).

Contudo, em muitos casos apenas recorrendo-se a amostragem por conveniência é possível ao investigador obter os dados que necessita, para tal é conveniente que se socorra de grupos formados naturalmente, como seja uma turma. Apesar das suas deficiências, a amostragem por conveniência é considerada uma ferramenta eficiente para se usar em ambientes de prototipagem, como é o caso nesta investigação.

Capítulo 3 – Livro Eletrónico

Um dos objetivos deste trabalho concentra-se na criação, organização e implementação de um modelo de Livro Eletrónico construído numa perspetiva de ensino orientada para o ensino e aprendizagem da disciplina de matemática e conjuntamente investigar se este pode apresentar-se como uma ferramenta virtual que possa vir a ser considerada um dispositivo pedagógico.

Faz parte do ser humano sempre que existe a inclusão de uma tecnologia na sociedade, verificar-se alguma relutância e questões que se levantam sobre os efeitos positivos ou negativos dessa inovação. O recurso de dispositivos eletrónicos (como sejam os *smartphones* ou *eReaders*) no ensino não constitui exceção, sendo que foram acompanhadas por algumas vozes mais críticas, que alertarem as pessoas sobre eventuais consequências pedagógicas prejudiciais com recurso destes instrumentos. Com a necessidade de dar uma resposta cabal a todas estas dúvidas e preocupações que têm deixado apreensivo os investigadores e pedagogos, sobre se os dispositivos eletrónicos como sejam (*smartphones* ou *eReaders*) delimitam a linguagem das crianças, julgo pertinente dar conta da resposta facultada por Daniel Chandler (1985, citado por Santos (2006), ao defender que os dispositivos eletrónicos podem estimular a linguagem escrita num contexto de atividades colaborativas.

Atendendo ao peso que a tecnologia exerce sobre a sociedade moderna, no campo profissional, social e familiar, e atendendo ao facto de esta estar enraizada nas tarefas do quotidiano desde as mais simples e triviais até às mais exigentes, esta, aportou um novo paradigma no âmbito da evolução dos Livros Eletrónicos e dos *eReaders* (leitores de Livros Eletrónicos). Assim tem-se assistido a um aumento, todos os anos, do número de pessoas que lê neste formato, deixando de lado o formato impresso ou, então, lendo em ambos.

A revolução digital tornou possível a compra de ficheiros singulares como sejam MP3, independentemente do artista e da editora, a nível global a venda de músicas representava em 2013, 46% das vendas totais a nível global (fonte: ifpi.org, 2016) por via digital. Quanto ao mercado dos Livros Eletrónicos esta realidade ainda está longe de acontecer, contudo dados disponibilizados recentemente, mostram uma tendência similar no que refere à aquisição de *best-sellers* mais vendidos pelo *site* online amazon.com (fonte: authorearning.com, 2016), ainda que os Livros Eletrónicos ocupem uma quota muito reduzida do mercado editorial global. Contudo, o seu crescimento é assinalável

principalmente em países de língua inglesa, como os Estados Unidos da América (EUA) ou o Reino Unido.

Na década de 80 a definição de Livro Eletrónico ainda se apresentava muito indefinida, não existia um público vasto e o desenvolvimento de ferramentas estava ainda a dar os primeiros passos. No início apareceram muitos formatos, alguns desenvolvidos por grandes companhias como a *Adobe Reader*, outros por programadores de código aberto. Nesta altura surgiram também alguns *eReaders* que, na sua maioria, estavam associados apenas a um formato, este facto contribuiu para a fragmentação do mercado.

Na disseminação do Livro Eletrónico, não se pode deixar de mencionar o grande projeto que revolucionou a produção de livros em formato eletrónico, o Projeto *Gutenberg*, que surgiu no ano de 1971, através de Michael Hart (1947-2011) da Universidade de *Illinois*, considerado o pai dos Livros Eletrónicos. Este projeto foi considerado pioneiro na mudança do livro impresso para o digital. Sendo considerado o mais antigo produtor de Livros Eletrónicos do mundo que teve como principal objetivo a criação de uma biblioteca digital. Michael Hart idealizou a criação de versões eletrónicas de livros de literatura diversa para posteriormente os divulgar mundialmente de forma gratuita.

3.1 Definição de Livro Eletrónico

Pode-se ter uma visão do Livro Eletrónico (*eBook*) como sendo “o livro é comunicação” (Silva A., 2010, p. 62), assim este poder-se-á entender como um livro que é lido em suporte eletrónico. O seu conteúdo digital pode ser guardado num formato, PDF, *ePub* entre outros, o qual pode ser acedido por vários equipamentos eletrónicos, computadores, *smartphones*, *tablets* e *eReaders*.

A definição de livro digital ou eletrónico pode-se entender como um livro imaterial (Silva, 2010), por outro lado, Faria & Pericão definem Livro Eletrónico como:

“...aquele em que as palavras ou códigos foram substituídos pelos de uma outra linguagem ou código legível por máquina” (Faria & Pericão, 2008, p. 778).

O Livro Eletrónico apresenta-se como uma alternativa aos livros, textos e documentos em suporte papel, contudo, este não deseja substituir o livro. Tendo como objetivo chegar a um segmento de mercado específico, como sejam professores, juristas, engenheiros e altos quadros, que necessitam da informação permanente e atualizada. Deste modo, o livro digital (Livro Eletrónico) expõe vantagens e desvantagens.

Pode-se apontar como vantagem a capacidade de atualizações de forma automática, a capacidade de fornecer interatividade com o conteúdo. Como outro benefício poder-se-á apontar a capacidade de disponibilidade imediata e permanente, assim como a disponibilidade de grandes quantidades de informação digital, estes fatores permitem o acesso a todos, sendo inserida a noção de democracia da informação (Silva M., 2010).

Como desvantagens podem destacar-se alguma inadequação da tecnologia, como seja a perda de bateria e a possibilidade de avarias do equipamento (Silva, 2010).

Silva (2010) aponta o conceito de imaterialidade, como sendo um defeito:

“...algo que não é palpável ... por oposição à materialidade, perde-se o contato físico com o livro, a relação corpo-a-corpo que faz existir a intimidade, a consciência tátil. No ecrã do computador, não conseguimos tocar o texto como fazemos nas páginas de um livro impresso, não conseguimos sentir o cheiro peculiar do papel, ou certas texturas (como acontece em determinados livros de destinatário preferencial infantil), bem como outras propriedades que contribuem para a intimidade entre o leitor e o livro”. (Silva, 2010, p. 57)

Pode-se afirmar que os Livros Eletrónicos são uma realidade no contexto atual, assim e tendo em consideração que estão disponíveis na internet variados temas que podem ser consultados e/ou adquiridos. Estes Livros Eletrónicos disponibilizam e potenciam a disseminação do conhecimento e facilitam a acessibilidade em qualquer parte do mundo (Bottentuit & Coutinho, s/d).

O processo educacional necessita ir ao encontro dos interesses dos alunos com o intuito de os cativar, mas deve, também, ter a capacidade de gerar novos interesses.

Nestas circunstâncias, os Livros Eletrónicos podem surgir como uma “nova” ferramenta que fornece aos alunos a possibilidade de explorar diversas fontes de conhecimento e aprendizagem. Face a estes pontos de vista será importante ter uma visão crítica do processo educacional e investir na implementação dos Livros Eletrónicos ao nível do ensino, visto que esta metodologia poderá agilizar a integração dos alunos e consequentemente aumentar a sua motivação.

A definição do termo *eBook* também é abordada por Benício e Silva, como um conceito que ainda hoje se encontra atual, conforme defendido:

“... está sendo utilizado para nomear o livro em formato eletrônico, podendo ser baixado via Internet para o computador por meio de download e para o aparelho que permite a sua leitura fora do computador...”, (Benício & Silva, 2005, p.4).

Numa outra abordagem e de uma forma simples, García et al (2011) defendem um *eBook*, como sendo um arquivo digital o qual necessita de um elemento adicional para sua

visualização, um dispositivo leitor com um *software* adequado para a correta apresentação e leitura do documento.

Para outros autores, como Lopez e Larrañaga (2010), defendem que tanto a definição do livro impresso, como a definição do livro digital são complexas e a noção do que vem a ser um *eBook* apresenta-se bastante problemática não apenas pela tecnologia em si, mas por toda a complexidade que envolve o conceito do livro.

Flatschart (2014) tenta resolver a questão de forma mais simples com uma definição relativa à noção de um livro digital, na qual defende:

“...livro digital é um livro que pode ser lido em dispositivos computacionais. Normalmente contém textos e imagens, mas, não raro, recursos de multimídia e interatividade...” (Flatschart, 2014, p.15)

Não existindo um formato dominante para o Livro Eletrónico, uma vez que existe uma diversidade de formatos desde o início do seu aparecimento, alguns destes estão no formato aberto, outros formatos são proprietários. Para Procópio (2010), a existência de múltiplos formatos de Livros Eletrónicos é um entrave para uma disseminação do *eBook*. Por outro lado, Sheehen (2013) defende que os Livros Eletrónicos ainda estão a dar os primeiros passos existindo mudanças no que concerne aos formatos, embora estas estejam intimamente relacionados com o dispositivo de leitura.

Pode-se dizer que a principal diferença entre os formatos PDF e *ePub* assenta no facto de que o primeiro se encontra “amarrado” no *layout* da publicação impressa, enquanto que no segundo é possível redimensionar o texto de acordo com o equipamento utilizado, ajustar a sua orientação e utilizar recursos multimédia, entre outras funcionalidades (Sheenan, 2013).

3.1.1 O formato PDF

O formato PDF (*Portable Document Format*) está muito disseminado na internet, principalmente por já ser utilizado em larga escala. Pode-se afirmar que o PDF é um formato para manter a informação estanque, isto é, uma vez produzido o arquivo não é possível alterar a sua estrutura, como seja alteração do tamanho da fonte, apenas permite a execução de *zoom*. Sendo considerado um *standard*, ISO 32000-1:2008 (fonte: iso.org), especifica um formato digital para a representação de documentos eletrónicos independente do ambiente em que eles foram criados ou para o ambiente em que eles são exibidos ou impressos.

O formato PDF pode ser apresentado na maioria dos computadores, dispositivos de leitura dedicados, *smartphones* ou *tablets*, contudo não permite uma boa leitura em ecrãs pequenos, uma vez que preserva a formatação original do texto (Sheehan, 2013).

Como vantagens podem-se apontar:

- A rapidez na sua criação;
- Ao nível da segurança incorpora diversas opções para proteger a informação como sejam inclusão de criptografia ou recurso a palavras-chave;
- Capacidade de compressão de informação;
- A independência de *hardware* assim como de sistema operativo.

O formato também apresenta desvantagens que podem ser consideradas significativas para o utilizador:

- Dificuldade em editar, trabalhar com informação recebida em um documento PDF pode ser complicado. Originalmente, o PDF não é um documento de formato editável mesmo quando em aparência reproduz exatamente o que podemos ver;
- Existem diferentes subtipos do formato PDF. Como PDFs nativos e PDFs digitalizados. Um PDF nativo é um arquivo gerado a partir de um documento que foi processado eletronicamente. Um PDF digitalizado é criado a partir da digitalização de um documento físico em papel, utilizando um dispositivo de digitalização.

3.1.2 O formato *ePub*

O formato *ePub* ou “Publicação Eletrónica” é um formato aberto, criado pelo Fórum Internacional de Publicação Digital – IDPF (fonte: idpdf.org). A base subjacente do formato *ePub* é permitir que a experiência de leitura seja similar em qualquer tamanho de ecrã do dispositivo de leitura. O padrão de distribuição e intercâmbio para publicações digitais e documentos são baseados em *standards* Web, isto é, a codificação encontra-se estruturada e semanticamente reforçada em conteúdo da Web - incluindo XHTML, CSS, SVG, imagens e outros recursos, centralizados num único arquivo. A estrutura interna de um documento *ePub* é constituída por:

- Arquivo *mimetype*, que se encontra na pasta META-INF;
- *container.xml*, com a finalidade de agregar todos os outros ficheiros;
- A pasta *OEBSP* contém a formatação e conteúdo do livro.

Este formato é baseado na linguagem XML (pode-se considerar como uma “evolução” do HTML), livre e aberta, o que significa que qualquer pessoa consegue colaborar para o seu aperfeiçoamento. Tal facto representa o real motivo para a criação do *ePub*: a padronização e a democratização de acesso aos Livros Eletrónicos. A vantagem do formato *ePub* não é apenas a portabilidade, ou seja, a facilidade de acesso a conteúdos em diversos dispositivos que pauta esta tecnologia. O formato *ePub* permite o aumento do tamanho da fonte de texto assim como o ajuste da dimensão das páginas de acordo com o dispositivo utilizado para leitura.

A aceitação do formato *ePub*, internacionalmente, decorre de duas necessidades básicas, uma de estabelecer um padrão aberto para os Livros Eletrónicos, sem a necessidade de inclusão de direitos de autor e que possa ser aperfeiçoado ao longo do tempo, à medida que o mercado evolui. A outra necessidade decorre no âmbito prático, permitir que o livro possa ser lido pela maior quantidade de dispositivos e programas possíveis, recorrendo apenas a um único formato, tendo em vista a poupança de tempo e dinheiro através de toda a cadeia de produção dos Livros Eletrónicos.

Tendo por base estas duas necessidades, a escolha da linguagem XHTML e a simplicidade do formato *ePub* traduziram-se em decisões refletidas, que apontaram facilitar a adoção e o emprego do formato sem grandes dificuldades e sem investimentos avultados.

A produção de um Livro Eletrónico no formato *ePub* resulta do conhecimento dos seus padrões, assim como de ferramentas adequadas para a produção e de uma utilização das *tags* de classificação do livro. Mais importante ainda do que o formato *ePub* em si, o editor precisa estar muito atento à qualidade dos metadados agregados ao seu Livro Eletrónico, é através destes, que os motores de busca como o Google e os sistemas das livrarias online localizam o livro. Tendo em mente que a maioria das vendas online de Livros Eletrónicos ocorre através de pesquisas na web, a exatidão e o fornecimento correto dos metadados são críticos para esta realidade.

O formato *ePub* recorre à noção de conteúdo adaptável ao ecrã (conceito responsivo), ou seja, o conteúdo adapta-se aos diferentes dispositivos e interfaces de aplicativos *e-readers*. Contudo para que esta realidade seja aplicada, segundo Vasques (2012, p. 89) deve-se seguir algumas orientações, designadamente:

- *Layout* fluido (também designado de *grids* flexíveis): ou seja, desde a conceção do projeto, deve-se dar especial atenção à flexibilidade das medidas, tornar possível que haja uma adaptação natural e automática do que se apresenta no ecrã;
- Imagens e recursos flexíveis: através de técnicas variadas, é possível fazer com que os recursos como imagens e vídeos do livro sejam também flexíveis com a finalidade de garantir que a experiência do leitor seja premiada pela excelência, independentemente do dispositivo;
- Ações dinâmicas: são responsáveis por mostrar ou esconder, elementos no ecrã. Interações conforme a resolução dispositivo.

3.1.3 O formato MOBI

O formato de Livro Eletrónico MOBI foi desenvolvido para ser visualizado no leitor *MobiPocket* e cumulativamente para ser suportado pelo dispositivo *Kindle*, estes dois dispositivos pertencentes à empresa Amazon. Pode-se interpretar que a sua nomenclatura é também um diminutivo de *mobile*, desde a sua génese que o formato foi desenhado para dispositivos móveis, contudo sofreu algumas alterações permitindo ser adaptado a outras plataformas.

É considerado um formato adequado a ecrãs pequenos, uma vez que o limite do tamanho da imagem fica-se pelos 64 Kb. Este facto tem por base o formato da imagem ser GIF, o que dificulta a visualização em dispositivos maiores, como sejam *tablets* (Guidingtech, 2014). Como vantagem deste formato destaca-se o facto de permitir fazer anotações e dispor de um dicionário integrado, uma ferramenta bastante útil e valorizada na leitura de Livros Eletrónicos.

Apesar de inicialmente o formato MOBI ter sido concebido em exclusivo para o *Kindle* (dispositivo da *Amazon*), pode ser visto como uma aparente contradição, tendo presente que este não tem a capacidade de ser visualizado em dispositivos maiores do que os *smartphones*. Perante esta situação, a *Amazon* teve a necessidade de desenvolver, numa fase posterior, outro formato baseado no MOBI, o *Kindle AZW*, o qual é essencialmente uma cópia do MOBI, porém apresenta uma opção de alta compressão, que permite a leitura não só em *tablets* e *smartphones*, mas também em computadores. Ainda que seja um formato muito utilizado, uma vantagem de relevo do formato MOBI reside no facto de estar associado à *Amazon* e ao *Kindle*, o que lhe permite ter grande visibilidade, ainda que este dispositivo

permita a leitura de outros formatos. Pode-se afirmar que o formato MOBI é um padrão utilizado somente por o dispositivo *Kindle*.

3.1.4 Outros Formatos

Apesar dos formatos mais utilizados para a criação e disseminação de Livros Eletrônicos basearem-se nos formatos PDF e *ePub* existem outros formatos, sendo enumerados alguns como base de referência:

- O formato OPF, com a finalidade de criar álbuns de fotos digitais, sendo que a sua estrutura baseia-se em arquivo de imagem e referências;
- O formato LIT, disponibilizado essencialmente para a Microsoft *Reader*, distribuído gratuitamente foi concebido para oferecer leitura análoga à do papel. Dispõe da tecnologia ClearType; inovação para a resolução dos caracteres nas telas em cores e incorpora também as vantagens da tipografia e do desenho tradicionais, o que permite uma apresentação clara, com grandes margens, textos alinhados, com espaços equilibrados entre as palavras, assim como utensílios para anotar, sublinhar, selecionar passagens e marcar páginas;
- O formato DOC/DOCX ou até mesmo o formato RTF entre outros da família *office* pode ser também considerada formatos de Livros Eletrônicos.

3.1.5 Os formatos PDF e *ePub* comparação

De uma maneira objetiva pode-se afirmar que a principal diferença entre os formatos PDF e *ePub* baseia-se, essencialmente no modo como a informação é apresentada para o leitor. Se tivermos em conta texto puro numa única página, por exemplo 500 caracteres, e este texto ser transformado nos formatos PDF e *ePub*, a sua apresentação num computador com um ecrã de 19 polegadas, não apresenta muitas diferenças. Contudo, se o mesmo documento for visualizado num *tablet* ou num *smartphone* a leitura altera-se drasticamente. No formato *ePub*, o texto adapta-se de uma forma automática ao ecrã, alterando o tamanho da letra e a disposição do texto, já o formato PDF mantém-se inalterado, tornando-se difícil a leitura de tantos caracteres num ecrã de dimensões reduzidas.

Os dois formatos contêm funcionalidades importantes que permitem uma leitura mais agradável, disponibilizam funcionalidades que ajudam o leitor, como sejam pesquisa, anotação, cópia de texto, áudio e vídeo. De uma forma objetiva pode-se afirmar que a ideia

que surge do formato PDF assenta no facto de ter tipo um papel bastante determinante no começo do Livro Eletrónico, tornando-se pioneiro na apresentação de conteúdos. No entanto, e apesar de ser um formato muito popular, o qual é utilizado por inúmeras pessoas em todo o mundo, no que diz respeito ao Livro Eletrónico, este não se conseguiu adaptar de uma forma eficaz e começa a ser ultrapassado pelo formato *ePub*.

O formato *ePub* está mais adaptado ao dinamismo do conteúdo, o que dá uma experiência de leitura mais enriquecedora e torna-se bastante mais agradável. Acresce ainda o facto da leitura de Livros Eletrónicos efetuar-se com recurso não só ao computador, mas também e sobretudo, a *eReaders*, *tablets* e *smartphones*, dispositivos em que a leitura em PDF se torna muito difícil e pouco prática.

3.1.6 Vantagens dos Livros Eletrónicos

Das vantagens que se podem atribuir aos Livros Eletrónicos destaca-se entre outras as possibilidades de acesso fora da área física da biblioteca. A capacidade de obter Livros Eletrónicos via *internet* e a atualização constante deste tipo de livros, sem ter que recorrer a uma nova edição ou eventualmente à inclusão de uma errata. A capacidade de inclusão de vídeos e *links* e a noção que “não desgaste decorrente do uso”, estão entre as vantagens dos Livros Eletrónicos (Doucette; Lewontin, 2012). Morris e Sibert defendem como vantagem:

“...vendedores e editoras esforçam-se para encontrar modelos de compra que sejam interessantes para a biblioteca e que, ao mesmo tempo, protejam o conteúdo da pirataria e que gerem ou pelo menos protejam o 'lucro'...” (Morris e Sibert 2011, p. 98).

Associado aos Livros Eletrónicos aponta-se ainda como vantagem o facto de, além de permitirem ao leitor uma boa visualização do livro, terem a capacidade de oferecer diversos recursos adicionais, dos quais se destacam, a interatividade na consulta. Com os dispositivos eletrónicos existentes, como sejam *tablets* ou *smartphones*, o livro digital pode ser facilmente lido em qualquer parte, oferecendo aos leitores um total controlo na navegação, facilitando o avançar e o retrocesso de páginas ou usar um índice interativo.

A capacidade de incluir informação promocional ou a divulgação de conteúdos específicos para um determinado público-alvo, destacam-se igualmente como vantagens dos Livros Eletrónicos.

A capacidade de incluir *links* referentes a um determinado conteúdo ou tema para outros títulos de livros, apresenta-se como uma vantagem inquestionável.

Destaca-se também a capacidade de disponibilizar informação complementar sobre o tema que o leitor está a ler associado à capacidade de utilizar outros recursos inerentes ao dispositivo, como seja abrir um *link* no browser para informação associada.

Associado à noção de criação do Livro Eletrónico existe a capacidade de o mesmo ser feito diretamente no meio eletrónico sem recurso a suporte físico, ou ser produzido a partir de arquivos digitais da publicação original que podem ser encarados como vantagens.

Na versão digital, o Livro Eletrónico agrupa uma série de vantagens que têm estreita relação com a redução dos custos de exemplares promocionais ou ainda com a eliminação ou redução dos custos de distribuição por correio, ou mesmo com os conteúdos complementares. A possibilidade de atualização de conteúdos via Internet ou a simplicidade de produção, uma vez que a sua produção deriva de arquivos já terminados, o que também diminui o seu custo final se comparado com o de um livro impresso.

A interatividade que os livros podem proporcionar, através da conectividade Wi-Fi dos dispositivos de leitura, como seja a ligação a redes sociais, onde os leitores podem partilhar as suas experiências. Recorrendo à conectividade existentes nos dispositivos de leitura, pode-se ainda avaliar o livro ajudando de forma indireta à sua promoção.

Associado à poupança de espaço físico e de armazenamento, destaca-se também o seu transporte.

São também reconhecidas como vantagens para os autores do livro digital, a inclusão de algumas funcionalidades que impossibilitem o leitor de alterá-lo ou imprimi-lo, e ainda a possibilidade da forma como é apresentado o *layout* ao leitor comum.

Ainda que exista a possibilidade de utilizadores mais experientes, subverterem estas proteções, estes deparam-se com muitas dificuldades pois os arquivos são encriptados, isto é, protegidos eletronicamente contra violação.

3.1.7 Desvantagens dos Livros Eletrónicos

A existência de múltiplos formatos associados aos Livros Eletrónicos e a presença de diversos fornecedores de dispositivos eletrónicos, conduz a uma multiplicidade de ofertas variadas, o que compromete a descoberta e a utilização dos Livros Eletrónicos, obrigando os utilizadores a conhecer toda a oferta existente no mercado para poderem usufruir de uma leitura. Ainda que os recursos e funcionalidades sejam idênticos (entre os diversos formatos) existem pormenores, como sejam autores associados a um determinado dispositivo e

subsequente formato ou ainda ferramentas específicas para obtenção dos Livros Eletrônicos, consoante a editora, estes apresentam-se como um entrave à sua massificação para o público em geral.

A existência de barreiras socioculturais pode ser também uma desvantagem, na medida em que algumas pessoas são resistentes a mudanças, sendo necessário um período de adaptação à interface eletrónica. Tendo em conta que a necessidade de se adquirir um dispositivo eletrónico para ter acesso aos Livros Eletrónicos pressupõe um encargo económico, sendo ainda necessário ter capacidade de armazenamento, pode ser visto como uma barreira.

A aquisição de Livros Eletrónicos pressupõe ter acesso à rede de internet e efetuar o *download* do livro ou dos conteúdos multimédia, a deficiente conexão pode-se apresentar como um entrave e ser visto como desvantagem.

A exclusão cultural, os livros impressos são vistos como uma forma de expressão, pelo que a sua substituição pelos Livros Eletrónicos, poderá ser interpretada como uma forma de estrangular essa liberdade.

A pouca diversidade que os Livros Eletrónicos abrangem, ainda existem certas áreas do saber nas quais existe escassa oferta. Por ainda estar numa fase embrionária, no que se refere à projeção no mercado, os Livros Eletrónicos atuais estão ainda muito limitados a certos temas.

A alteração de alguns hábitos, como sejam a noção do contacto físico, o hábito de emprestar livros, ou em algumas regiões da interação com as bibliotecas itinerante, assim como a leitura em bibliotecas associado a folhear entre os dedos das páginas podem ser vistos como desvantagens. O hábito enraizado de recorrer ao livro físico quando se pretende presentear alguém, tendo por base de sustentação a declaração mais significativa de John Lithgow, afirmando que “os livros são ótimos presentes porque são algo que amamos e que podemos partilhar” (fonte: booksaregifts.com, 2010).

Por outro lado, Prince (2011, p.55) aponta como desvantagens dos Livros Eletrónicos os seguintes aspetos:

- Baixa credibilidade das obras ao serem oferecidas de forma gratuita, sem a chancela de editores;
- Podem sofrer com falta de qualidade, com títulos digitalizados de forma incompleta ou sem padrão, com utilização de formatos variados, o que pode comprometer o acesso;

- Possibilidade de os arquivos serem removidos dos repositórios ou baixa garantia de disponibilidade em longo prazo;
- Falta de metadados em formato de intercâmbio de registros (MARC) para inclusão dos títulos nos catálogos das bibliotecas (OPAC);
- Falta de estrutura nas plataformas para apoio aos leitores, manutenção de arquivos nos servidores ou ações de preservação digital;
- Custos para seleção, digitalização, catalogação, descarte e manutenção das publicações nos repositórios.

Neste contexto, Pinto M. (2015) defende:

“...desvantagens relacionadas com a necessidade de um hardware específico para a leitura dos Livros Eletrónicos – os e-readers, de grandes dimensões, difíceis de transportar e ecrãs com pouca resolução, provocando no leitor cansaço e enfado com a leitura...” (Pinto M. 2015).

3.2 Livros Eletrónicos e eReaders

Acompanhando a expansão da Internet, nos finais da década de 90 a disponibilização de livros/textos eletrónicos começava a ser vista sob uma outra perspetiva analisando a melhor forma de potenciar negócios, dando um novo impulso à indústria da informação. Atualmente quase toda a informação é produzida por via eletrónica, contudo Lee, Guttemberg e McGrary, 2002, observam que 93% da informação é produzida neste meio, consolidando a edição e produção de publicações eletrónicas. Apesar dos Livros Eletrónicos não se apresentarem como uma iniciativa nova, entende-se que surgiram conjuntamente com os computadores, mas define-se como um marco no seu uso e divulgação. Michael Hart, fundador do *Project Gutenberg* em 1971, encetou o desenvolvimento deste tipo de recurso, atualmente, esta iniciativa conta com milhares de obras disponíveis, sem custo, isto ajuda a divulgação e massificação de *e-book*, apresentando-se como uma alternativa para democratizar a leitura, tendo por base a potencialização da Internet como disseminadora de informações.

Quantos aos *e-books* existem diversos fatores chave que estimulam o uso e divulgação, tome-se o exemplo da publicação da obra *“Riding Bullet”* de Stephen King em 2000, a qual foi lançada em exclusivo na internet, sendo que esta ação, levou ao congestionamento dos *sites* que o disponibilizaram, devido à imensa procura. Esta obra lançada em 2000 é tida como o primeiro *eBook* vendido em massa mundialmente. O seu autor é considerado o 27.º

mais vendido com 5.268.577 de cópias (Macarthur, 2009). O lançamento deste livro no formato de “Livro Eletrónico”, veio a revelar-se, como uma aposta certa, tanto por parte do autor como por parte da editora “Simon & Schuster”, a 29.^a maior editora do mundo em 2012 (Publishers Weekly 2015). Ainda que à data houvesse alguma relutância no mercado eletrónico, este estava prestes a disparar, com um autor de renome a perceber as vantagens que isso traria (não só para ele como também para os leitores). Associado à circunstância de ser pioneiro no lançamento do Livro Eletrónico, este facto, tornou-se num dos marcos mais importantes na história do comércio eletrónico de livros, já que é sempre vantajoso um produto emergente ter associação a um autor (re)conhecido como Stephen King.

Relativamente à produção e distribuição, os Livros Eletrónicos apresentam uma nova estrutura em relação ao livro impresso. Quanto ao livro impresso, a produção requer uma cadeia produtiva detalhada, a qual inicia-se com um contrato com o autor da obra, o pagamento dos direitos de autor, seguindo-se da formatação, diagramação, impressão e, por fim, da distribuição dos exemplares, enquanto para o Livro Eletrónico, este processo é simplificado. Este facto em tese garante um preço sempre menor dos Livros Eletrónicos (em média 30% a menos, bem como a sua chegada mais rápida ao mercado. Por outro lado, os Livros Eletrónicos apresentam inúmeros aspetos positivos que garantem uma enorme disseminação como sejam: a sua fácil transmissão através da Internet e a facilidade de se armazenar grandes volumes de livros em pequenos *eReaders*. Uma das vantagens de estes livros ou documentos encontrarem-se neste formato, proporciona ao leitor a capacidade de o ler ou de o adquirir em qualquer lugar e a qualquer momento.

Associado ao aparecimento e evolução dos Livros Eletrónicos, estão dispositivos específicos que permitem a sua leitura, que caracterizam a parte do *hardware* e não podem ser confundidos com os mesmos (Armstrong, Edwards, Lonsdale, 2002). Ainda que possam ser considerados outros tipos de equipamentos para a leitura deste Livro Eletrónico, como sejam os *smartphones* ou os *tablets*, estes equipamentos permitem outras funcionalidades além da simples leitura e navegação.

Quanto aos dispositivos *eReaders*, para Procópio (2010, p.81), é visto como um equipamento com ecrã plano de cristal líquido, em preto e branco ou colorido, sensível ao toque de caneta ou dedo e o ecrã apresenta controlo de luminosidade.

Com a evolução natural dos dispositivos portáteis, estes tornaram-se populares principalmente os *smartphones* e *tablets*. O Livro Eletrónico já é uma realidade no mercado, as principais editoras já disponibilizam versões digitais dos seus livros mais importantes.

O mundo académico não ficou indiferente a esta evolução, várias escolas e universidades também estão a aderir e tirar partido dos benefícios resultantes do livro digital, transformando-o numa ferramenta essencial para a educação. Neste contexto, enquadra-se a evolução do livro didático e reconhece-se que este deve ser reconfigurado, tornando-se uma alternativa sustentável e digital, mas sem perder a sua essência, que é a de facilitar o processo educacional.

No contexto dos dispositivos eletrónicos (exemplo *smartphones* e *tablets*), a noção de interação gestual, geralmente, refere-se ao ato de tocar no ecrã com um dedo(s) ou a mão. Agner (2012) explica que “as interfaces gestuais podem ser classificadas em *touchscreen*”. Ainda que algumas aplicações usadas para ler Livros Eletrónicos exigem a noção de ecrãs sensíveis ao toque digital, os ecrãs estão preparados para a possibilidade de responder a objetos passivos, como uma caneta, e são comuns em dispositivos como *tablets* e *smartphones*.

Havendo a possibilidade de interação e manipulação gestual com o dispositivo, observa-se que muitas aplicações não se ajustam corretamente às ações como recursos de interação, limitando-se aos toques (cliques), gerando a necessidade de botões que muitas vezes interferem na visualização do conteúdo.

Ainda que existam algumas oscilações no mercado de Livros Eletrónicos e de dispositivos de leitura, após o anúncio da empresa *Google*, na sua intenção de querer digitalizar as obras das maiores editoras, (com o projeto em 2004 denominado - *Google Books Library Projects*), aportou um impulso a este mercado. Apesar dos processos judiciais que a *Google* foi alvo no ano seguinte por parte das editoras, devido à digitalização de conteúdos ainda protegido por *copyright*; a verdade é que o projeto - *Google Books Library Projects* - ajudou a catapultar os Livros Eletrónicos e os dispositivos de leitura a transformarem-se naquilo que são hoje.

3.3 Livros Eletrónicos versus livro impresso

Tendo como principio que os livros impressos e digitais são produzidos e articulados para a leitura em massa, Haslam (2010), aponta que com a introdução da tecnologia digital e a

internet previa-se o fim da impressão, sendo que a morte do livro foi apontada como iminente. Desta forma, a tecnologia digital revolucionou a forma como se escreve, o *design*, a produção editorial e a venda de livros. O livro impresso continua visível e enraizado nos hábitos do leitor:

“...tem sido um dos meios mais poderosos para disseminação de ideias que mudou o curso do desenvolvimento intelectual, cultural e econômico da humanidade...”, (Haslam, 2010, p. 12).

Um dos pontos frágeis que é apontado aos livros impressos reside em fatores ecológicos do produto editorial, isto porque, o processo editorial impresso desencadeia inúmeras circunstâncias prejudiciais ao meio ambiente, tais como: a erosão do solo, o assoreamento dos rios.

Neste contexto, o desaparecimento de florestas em 1997, segundo um relatório do *World Resources Institute* (WRI) estimou que quase metade da área original de florestas do planeta já foi destruída. Por meio de uma análise direcionada ao impacto causado pela produção de papel, Dougherty (2011) afirma que:

“Além de promover a destruição de florestas, a produção de papel consome uma quantidade imensa de energia e, por isso, tem um impacto muito grande de gases-estufa. Considerados em conjunto, os fatos mostram que a indústria do papel é a quarta maior produtora industrial de dióxido de carbono, sendo responsável por 9% das nossas emissões de gases-estufa. Isso está longe de ser sustentável...”, (Dougherty, 2011, p.110).

O fator ecológico e o mercado editorial de Livro Eletrônicos estão abertos estrategicamente aos benefícios e retornos ecológicos que possam viabilizar economicamente ao mercado e ao conhecimento da humanidade através da utilização da plataforma digital.

A evolução tecnológica permite que esta surja como uma possibilidade, contudo não se afirma como um fator decisivo em relação ao livro tradicional:

“O ambiente digital certamente não irá substituir os livros produzidos convencionalmente. As condições culturais (as necessidades e interesses de certas comunidades) e as condições comerciais (procura no mercado de um novo produto) são suficientes para que a mudança ocorra, mesmo se as antigas tecnologias se mantiverem.” (Carneiro, J.A., 2004:2).

Com a inclusão das novas tecnologias, as práticas de leitura foram alteradas de forma a adequarem-se a esta nova realidade, este processo está estreitamente ligado com o Livro Eletrônico, incorporando comportamentos e reações novas perante situações conhecidas. Inicialmente a leitura era vista como um ato individual, esta relação inverteu-se com a

inclusão do Livro Eletrónico, o qual favorece a aprendizagem baseada em pressupostos cognitivos uma vez que permite a ação sobre o conteúdo mesmo que seja virtual.

Segundo Santaella (2004), com a inclusão do Livro Eletrónico, surgiu a noção do leitor virtual, e associado a este, o leitor desenvolveu outros sentidos nas pontas dos dedos, como seja interação do rato através de cliques. A apresentação de um Livro Eletrónico no ecrã dos dispositivos não é a mesma que no seu formato impresso, a distribuição do espaço e organização do texto são forçosamente diferentes, esta nova apresentação implica mudanças no processo de leitura do texto. Ainda associado à apresentação do texto e à sua disposição, estas noções, podem requerer por parte do leitor diversas estratégias de leitura.

Apesar da chegada dos Livros Eletrónicos, a literatura contemporânea não tem permanecido imune, alguns autores literários, como Umberto Eco, David Coopland e Robert Coover, a título de exemplo, têm integrado inúmeros recursos hipertextuais no conteúdo dos seus livros, ainda que estes sejam escritos em suporte de papel. Um exemplo vivo desta realidade, destaca-se a narrativa “*Afternoon a story*”, uma das primeiras obras com conteúdo hipertextual, produzida em 1987 por Michael Joyce, em que o leitor é solicitado, a partir de certos *links*, a optar por diferentes possibilidades quanto à sequência.

Tendo presente que a noção dos Livros Eletrónicos e os livros impressos são produtos distintos, no que concerne à sua forma e formato, ao modo de ler, e que necessariamente aportam abordagens distintas quando à sua usabilidade. Mesmo para os que já nasceram no contexto digital, é relevante que usufruam a experiência do impresso, dada a abstração de pensamento que este permite, esta ideia está subjacente na reflexão de Logan:

“...a leitura num ecrã, não importa quão boa seja a resolução, é uma atividade complicada. O lado direito do cérebro converte os pixels em letras e o lado esquerdo do cérebro converte as letras em palavras e frases. Há uma grande quantidade de tráfego através do corpo caloso.”, (Logan 2012, p.220).

Outros autores defendem que o livro digital é um suplemento do livro impresso, conforme descreve Darnton (2010):

“O mundo do saber vem mudando tão rapidamente que ninguém consegue prever como estará daqui a dez anos. Acredito, porém, que continuará dentro dos limites da galáxia de Gutenberg – ainda que essa galáxia vá se expandir graças a uma nova fonte de energia, o livro eletrônico, que servirá como suplemento, e não substituto, da grande máquina de Gutenberg.” (Darnton, 2010, p.95).

Um traço comum que ocorre aos dois tipos de livros reside no facto de ser possível a inserção de anotações e marcações, implícita a esta ideia;

“...os comportamentos à frente do ecrã, apesar de parecerem novos, carregam traços do suporte anterior, o impresso”, (Ghaziri 2009, p.69).

3.4 O manual escolar

O livro impresso, na vertente educativa, designado comumente como “manual escolar” tendo vindo a fazer parte do quotidiano de alunos e professores, contudo poucos se questionam sobre a sua existência, não tendo em consideração a sua importância cultural, social e económica.

Com uma identidade própria, o manual escolar, apesar de similar aos restantes livros contém uma génese e funções exclusivas. Com a introdução de novas tecnologias e associados a novos consumidores finais (alunos/professores), as suas exigências requerem novas fórmulas, novos modelos, que se refletem necessariamente na edição dos livros escolares, podendo-se afirmar que esta evolução poderá culminar na criação de um novo recurso: o manual interativo multimédia.

“Os manuais escolares acompanham trajetórias didáticas, fomentam ódios de estimação, despertam amores que perduram para sempre, antecipam destinos, apontam percurso multidireccionados, substituem professores, destinos, alongam-se em explicações, enervam ou alegram os alunos, que os enchem de sublinhados ou os riscam furiosamente, pintam-nos de várias cores, amarrotam-nos, despedaçam-nos, esmagam nos contra os outros materiais que carregam na mochila. Enfim, estimam-nos mal, ou bem, mas não se separam deles” (Brito, 2004: 142 citado por Ferreira, S., 2011).

Na génese dos manuais interativos é necessário compreender que estes derivam do manual escolar físico e ter noção de toda a cadeia que está presente na sua criação. Com o intuito de melhor enquadramento faz-se uma breve análise sobre o estado da arte.

A abordagem feita nos trabalhos por Alain Choppin (1992 e 1999), reveste-se de grande utilidade no que concerne aos manuais escolares, e vários outros estudos sobre Livros Eletrónicos, multimédia ou *e-learning* como os de Lise Vieira (2004), ou de Patrick Béhar e Laurent B. (2010). Relativamente a estudos e livros especificamente direcionados para os manuais interativos e multimédia, descobriu-se duas obras que auxiliaram na construção dos capítulos dedicados a esta temática, nomeadamente os textos de Alain Séré e Alain-Mary Bassy (2010) e de Michèle Drechsler (2011).

O aparecimento dos primeiros manuais em suporte digital em Portugal surgiu no ano letivo de 2006/2007. No entanto, e tal como refere Diogo Santos,

“...limitavam-se a reproduzir, de forma estática, em formato PDF, as páginas do livro: eram, por isso, puros Livros Eletrônicos. A sua existência resultou do acompanhamento da tendência que naquela altura se verificava – os Livros Eletrônicos estavam a surgir no mercado editorial e a edição escolar optou, estrategicamente, por testar este conceito.” (Ferreira, S., 2011).

Ainda que as editoras nos últimos anos, estejam a tentar adaptar-se a todas estas mudanças e introduziram no mercado materiais educativos que fazem uso da tecnologia, tais como CD-ROMS, Livro Eletrônicos, *sites*, filmes e outros conjuntos de atividades, que surgiram em 2006/2007 como extensões dos manuais escolares. As editoras lançaram estes materiais de apoio seguindo uma estratégia de marketing competitiva, mas nem a sua qualidade, nem os seus efeitos no processo ensino aprendizagem são conhecidos (Vinhas, O., 2008).

Tendo em atenção os paradigmas existentes entre os livros impressos e os Livros Eletrônicos torna-se necessário compreender este processo evolutivo e como os dois tipos de suportes tem-se destinado a preservar e expandir o conhecimento humano.

Silva (2013), remete para a existência de instrumentos de avaliação externa comuns a todos os alunos do ensino secundário. Conforme defendido por Castro (1995, p. 82, citado por Lima (2007), os manuais escolares, e outros materiais didáticos podem constituir a “*expressão*” da recontextualização, em que a aula constitui o “*lugar por excelência dos processos de transmissão e aquisição e das práticas pedagógicas que nela ocorrem*”.

Tendo em conta que os dispositivos pedagógicos são propostas educativas que se propõem a criar uma *ponte* na ligação entre a cultura da escola e a cultura da comunidade envolvente, estando a comunidade representada através da presença dos alunos na escola (Cortesão & Stoer, 1996, p. 41).

Atendendo à noção do livro no contexto escolar, mais especificamente destacando o papel dos manuais, faz todo o sentido definir a conceptualização deste conceito, assim, segundo o Decreto-Lei n.º 369/90, de 26 de novembro, um manual escolar é:

“... o instrumento de trabalho, impresso, estruturado e dirigido ao aluno, que visa contribuir para o desenvolvimento de capacidades, para a mudança de atitudes e para a aquisição dos conhecimentos propostos nos programas em vigor...” (Ministério da Educação, 1990).

Por outro lado, Isabel Cabrita (1999: 149 citado por Ferreira, 2011) define o manual como sendo:

“...um livro que aborda interpretativamente o programa de determinada disciplina para determinado ano de escolaridade, não só em termos conceptuais, como também metodológicos, políticos, culturais e sociais.”, (Isabel Cabrita 1999: 149 citado por Ferreira, 2011).

Pode-se afirmar que os manuais escolares têm por finalidade principal a exibição do currículo escolar aos professores e alunos. Neste contexto Santo (2006), defende que existem dois tipos de manuais escolares: um de índole escolar, que apresenta uma organização sequencial de conteúdos e atividades de aprendizagem que visam o desenvolvimento de competências e que permitem consolidar e avaliar aquisições dos alunos; e outro, comumente designado por “Livro do Professor”, o qual procura complementar o conhecimento científico e pedagógico do manual adotado e apresentar propostas de ensino sobre alguns temas. O referido autor defende ainda que os manuais escolares:

“...relacionam-se com a actividade da docência e com a gestão da sala de aula (...) [e com] pistas de trabalho para uma atualização e/ou renovação da prática pedagógica do professor.”, (Santo, 2006, p. 107)

Os formatos editoriais propõem um tipo de aprendizagem que responde a alguns princípios educativos. A Lei de Bases do Sistema Educativo classifica os manuais escolares como o primeiro dos recursos educativos privilegiados; a contínua legislação publicada sobre os mesmos e o processo de certificação oficial desencadeado a partir de 2006 e, entretanto, implementado, asseguram a atenção particular que lhes é concedida pelo poder político.

3.5 O Livro Eletrónico interativo

A nova era digital redefine a noção do utilizador clássico, na qual o "recetor passivo" da comunicação e aparentemente, assumindo um papel como um interlocutor ativo, capaz de intervir e expressar uma opinião crítica. Este novo paradigma toma forma, se olharmos para vários *blogs* e sites sociais, como o *YouTube* ou *Facebook* (Bidarra et al, 2011a). Está-se perante uma revolução digital que resulta no desenvolvimento de uma sociedade em rede, em constante interação, na qual os indivíduos tomam decisões rápidas, com base no novo saber tecnológico onde a informação se torna global com recursos a meios digitais. Neste âmbito, será recomendável considerar a integração de media digitais e dispositivos móveis (*tablets, smartphones*), permitindo que os alunos definam metas pessoais, com o intuito de redefinir o conteúdo educativo com a finalidade de comunicar com os outros no contexto certo.

É também importante notar que o fluxo permanente de informação partilhada a nível mundial e o recurso constante das tecnologias de informação e comunicação conduzem a uma mudança do paradigma social. Isto cria a noção de uma nova geração, os *nativos*

digitais, na qual entre outras características, reclama uma escolha para a sua educação, em termos de conteúdos e do que se aprende, como e quando se aprende. Exigindo um ensino relevante, interessante e divertido. Esta era digital oferece novos meios para uma constante procura de conhecimento, os quais originam novos modelos de aprendizagem com características específicas como o *e-learning*, o *b-learning*, o *m-learning* e mais recentemente o *augmented-learning*. É importante notar que os estudantes são a geração do digital, “*os nativos digitais*” onde os jogos e redes sociais estão presentes. Não se pode ignorar que eles não são os mesmos alunos para os quais o sistema de educação foi concebido tradicionalmente, e ter presente que estes alunos cresceram num ambiente tecnológico, com a sua própria noção de “*tecno-cultura*”.

Tendo em conta as exigências educativas face ao cenário informacional e tecnológico, o *e-learning* apresenta-se como um modelo de Ensino a Distância (EaD), com significativa relevância. Enquadra-se como sendo um suporte de informação e comunicação com possibilidades efetivas ao acesso, desenvolvimento e disponibilização de conteúdos e estratégias em processos de ensino e aprendizagem. Perante as possibilidades de uma estrutura de mobilidade, a aprendizagem móvel ou *mobile learning* (*m-learning*), faz referência ao uso dos dispositivos digitais móveis e portáteis em atividades de ensino e aprendizagem. Conforme defendem Weber e Santos (2013) não existe acordo sobre o conceito de aprendizagem móvel, contudo assume-se a caracterização da *m-learning* como forma de promoção de maior controle e autonomia sobre a própria aprendizagem, a aprendizagem em contexto, a continuidade e conectividade, além da espontaneidade e oportunidade (Saccol, Schlemmer e Barbosa, 2011).

Neste contexto, convém ter a noção subjacente de mobilidade, assim, e considerando a possibilidade de integrar a estrutura típica de um jogo num novo tipo de Livro Eletrónico para ser usado em *smartphones* e *tablets*, o conceito é, em essência, um Livro Eletrónico interativo, que permite a integração de texto com imagens, áudio, vídeo e animações. Pode-se afirmar que existem benefícios pedagógicos claros no desenvolvimento de uma inovação que combina um livro com um jogo – designado por um *gamebook* - com potencial em vários contextos de aprendizagem formal, informal ou não formal (Bidarra et al, 2011a). É esta nova possibilidade na qual se debruça a investigação desta dissertação, avaliando o potencial da tecnologia em termos de ferramentas e interfaces.

“Perante a disseminação global de poderosas plataformas móveis como o iPad, importa refletir sobre as potencialidades educativas que esses novos

instrumentos digitais podem trazer ao ensino e à aprendizagem. A nossa investigação exploratória procurou descobrir até que ponto é possível utilizar formatos comuns de ebooks para criar gamebooks (livros lúdicos) que sejam eficazes em várias situações de ensino e de aprendizagem.”, (Bidarra et al. 2012).

Com base na evolução das tecnologias digitais portáteis como *tablets* e *smartphones*, os *gamebooks* têm tirado proveito das qualidades do ambiente digital conforme as potencialidades interativas permitidas pelo sistema operativo e pelo dispositivo, tais como sensores de movimento, de orientação, de localização, de interação com câmara e a possibilidade de tocar e arrastar com o dedo, “tecnologia *touchscreen*” que se tornou mais atrativa que a movimentação de objetos através do recurso ao rato ou pelo teclado (Teixeira D., 2015).

De acordo com Stichnothe (2014), é importante, face à evolução das tecnologias, que se faça um estudo crítico e aprofundado na perspetiva de uma literatura decorrente, que possa ser avaliada sob o ponto de vista das narrativas digitais interativas e da teoria dos média. Tendo por base, a forma como os *gamebooks* trabalham a narrativa no âmbito dos novos média, como sejam as representações visuais, verbais e sonoras.

Pode-se definir que as narrativas digitais são histórias contadas por meio dos novos média, ou seja, com o recurso a ferramentas digitais (Alexander, 2011), estas podem constituir uma simples apresentação em *Microsoft Powerpoint* ou um jogo com recursos mais avançado.

Por outro lado, e de acordo com Crawford (2005), uma narrativa digital não é interativa.

Pode-se afirmar que a interatividade é a principal diferença que identifica uma narrativa digital interativa, na qual o leitor encontra-se com uma variedade de possibilidades, as quais podem afetar, escolher caminhos até alterar o desfecho. Esta realidade já começa a verificar-se em alguns *gamebooks*.

Neste contexto, a interatividade em narrativas digitais está diretamente relacionada com vários conceitos, tais como, envolvimento, imersão, participação e reação. Pode-se referir que a interatividade emerge num incremento da participação do leitor, atuando como um canal de comunicação bidirecional, enquanto a interação é o processo de relacionamento que define comunicação, ou o contrário, a comunicação que dita um processo de relacionamento (Meadows, 2003).

Pode-se dizer que os conteúdos dos Livros Eletrónicos interativos contêm mais do que palavras e dados, oferecem a oportunidade de moldar texto, animação e interação, assim os livros interativos que possam ser utilizados em diferentes dispositivos, oferecem

possibilidades expressivas para misturar uma série de expedientes em abordagens pedagógicas, além da integração de disciplinas e da disponibilização de informação (Roosen 2012).

A utilização de dispositivos digitais móveis em métodos de ensino e aprendizagem revela um possível alargamento das práticas pedagógicas. Ainda que, a sua implementação apresente como não poderia deixar de ser um grande desafio em desenvolver metodologias e/ou recursos que mostrem melhorias nos resultados de aprendizagens e mudanças na educação (Lima, 2011; Bidarra et al., 2012).

É fundamental refletir sob a conceção dos aspetos com enfoque especial aos da mobilidade e o conceito de narrativas digitais em contexto de educação visando a evolução de sugestões pedagógicas em harmonia com práticas crescentes do uso de dispositivos digitais, pois vem se tornando uma necessidade e ganhando cada vez mais espaço (Ribeiro et al., 2013).

Capítulo 4 - Criação de um Livro Eletrónico

Neste capítulo apresentamos a base de criação de um Livro Eletrónico interativo, suportado em *software* aberto e livre, com vista a ser utilizado em dispositivos *mobile*, como parte da fundamentação teórico-metodológica. Desta forma pretende-se compreender os modos de elaboração e utilização dos Livros Eletrónicos em abordagens pedagógicas no ensino das ciências, nomeadamente no ensino da matemática do 3.º ciclo.

Neste contexto, Lima e Bidarra, (2015) definem as etapas de elaboração e aplicação do Livro Eletrónico, as quais se explanam no seguinte esquema adaptado.

- Planeamento
 - I. Definição e caracterização com base na recolha de dados;
 - II. Identificação de aspetos específicos;
 - III. Delimitar temas;
 - IV. Formular objetivos.
- Desenho /Projeto
 - I. Organizar conteúdos;
 - II. Selecionar os meios e formas de desenvolvimento dos conteúdos;
 - III. Elaborar sequências;
 - IV. Definir e organizar conteúdos.
- Produção
 - I. Elaborar conteúdos;
 - II. Ajustar conteúdos às ações/atividades;
 - III. Desenvolver material didático;
 - IV. Elaborar o *design* e *layout*.
- Ajustes
 - I. Testes de recursos. Interação e usabilidade.

Na implementação de um Livro Eletrónico optou-se pelo formato *ePub*, sendo que se recorreu à linguagem de desenvolvimento *Java* e ao IDE *Eclipse*.

4.1 O IDE Eclipse

O Eclipse trata-se de um IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento) desenvolvido em *Java* seguindo o modelo de código aberto cujos projetos são focados na construção de uma

plataforma de desenvolvimento extensível, execução e bibliotecas de aplicação para a construção, implementação e gestão de *software* em todo o seu ciclo de vida.

Possui como características marcantes o uso da SWT (*Standard Widget Toolkit* – coleção de utilitários gráficos) e não do *Swing* como biblioteca gráfica, a forte orientação ao desenvolvimento baseado em *plugins* e o amplo suporte ao programador com centenas de *plugins* que procuram atender as diferentes necessidades de diferentes programadores.

O projeto foi iniciado na IBM que desenvolveu a primeira versão, com o objetivo da elaboração de um IDE que assentasse numa grande usabilidade e tendo por base o código aberto. O projeto foi aberto para a comunidade, tendo em 2004 originado a criação de uma fundação sem fins lucrativos. Uma das grandes propriedades do *Eclipse* é o desenvolvimento baseado em *plug-ins*. Estes fatores levaram o *Eclipse* a ser bastante utilizado, uma vez que é de fácil interação e bastante fiável, associado às tecnologias de *plug-ins* que permite uma flexibilidade de adaptação a várias linguagens de desenvolvimento.

Uma das características importantes prende-se com o facto de ser um IDE baseado em *Java* o que permite a portabilidade, possibilitando a sua execução em vários ambientes. Outro aspeto importante prende-se com a sua capacidade de permitir a reformulação do código interno do sistema, com a finalidade de melhorar o *design* sem necessidade de alterar a semântica.

Um dos conceitos fundamentais da plataforma Eclipse é o conceito de *plugin*, que fornece uma funcionalidade adicional à base da plataforma. Estas extensões podem ser usadas para todos os fins imagináveis. Um exemplo disto são as extensões de suporte gráfico, como o SWT *JFace* (construído sobre o SWT, aumenta a quantidade de utilitários fornecidos), o *Workbench* (reúne estas duas extensões e fornece o ambiente gráfico do Eclipse).

Pode-se definir de uma forma simplista que o *Workbench* é tudo o que o utilizador vê quando executa o Eclipse. Este é composto pela janela principal do programa e pelas janelas e menus que se encontram no seu interior. O *Workbench* permite combinar de formas diferentes os vários módulos de forma a criar perspetivas de visualização diferentes, com a vantagem de cada utilizador adaptar a perspetiva às suas necessidades.

O *Workbench* assenta sobre a ferramenta *JFace* e no *Standard Widget Toolkit* (SWT). O SWT é uma ferramenta de *widgets* para uso em plataformas *Java*, definindo uma API portátil, permitindo o acesso a funcionalidades de interface com o utilizador.

Segundo Eclipse.org, pode-se encarar o IDE *Eclipse* como:

“...uma comunidade de indivíduos e organizações que desejam colaborar em software de código aberto sem fins lucrativos. Os projetos estão focados na construção de uma plataforma de desenvolvimento aberta composta por estruturas extensíveis, ferramentas e tempos de execução para a construção, implantação e gestão de software em todo o ciclo de vida...” (Eclipse.org 2016, tradução).

4.2 A linguagem de desenvolvimento JAVA

A engenharia de *Software* abrange um conjunto de três elementos fundamentais – métodos, ferramentas e procedimentos – que possibilitam o controlo do processo de desenvolvimento do *software* e oferece ao profissional uma base para o desenvolvimento de *software* de alta qualidade e produtividade (Pressman, 2005).

A linguagem de programação Java foi desenvolvida pela *Sun Microsystems*, em 1991, com o objetivo inicial de desenvolver *Softwares* para máquinas pessoais. Com a expansão da *World Wide Web* (WWW), em 1993, a linguagem *Java* passou a dar suporte para acrescentar conteúdo dinâmico às páginas *Web*.

Por ser uma linguagem muito robusta de fácil aprendizagem e possuir compatibilidade com qualquer tipo de plataforma, é considerada uma das principais linguagens para o desenvolvimento de aplicações e soluções *Web*. Desde algum tempo está-se a tornar a principal linguagem de desenvolvimento móvel, face ao crescente aumento dos dispositivos que utilizam o sistema *Android*. Segundo a IDC – Corporação Internacional de Dados (2015), esta linguagem atingiu uma participação de mercado de 82,8% no mundo inteiro.

Considerada como uma linguagem de desenvolvimento orientada a objetos baseada em classes, sendo que cada uma delas possuem métodos responsáveis por concretizar tarefas e devolver dados se necessário. As classes podem ser designadas diretamente pelo programador ou agregadas das bibliotecas de classe *Java* (*APIs* do *Java*). No que concerne às bibliotecas são disponibilizadas por fornecedores do compilador ou até mesmo por outros programadores de *Software*, tornando possível a reutilização de uma classe, sem precisar recriá-la (Deitel, 2003).

“Uma razão para a popularidade do Java é a sua independência de plataforma. Isto significa que o mesmo programa compilado pode executar em qualquer computador. Esta independência torna o Java diferente da maioria das outras linguagens de programação, que exigem diferentes compiladores para diferentes sistemas operativos.” (Hubbard, 2006).

A linguagem de desenvolvimento *Java* utiliza um modelo de programação simplificado, o recurso à implementação XML é opcional, uma vez que o programador pode simplesmente

digitar as informações como uma anotação diretamente num arquivo de origem *Java*, assim o interpretador *Java* irá configurar o componente em implementação e execução. As anotações podem fornecer informações específicas juntamente com código.

O modelo de aplicação *Java* começa com a linguagem de programação *Java* e a respetiva máquina virtual. A portabilidade comprovada, segurança e produtividade do programador que eles fornecem está na base do modelo. O modelo foi pensado para suportar aplicações que implementam serviços destinados aos clientes.

Para controlar e gerir as aplicações de forma mais eficaz, as funções de regras de negócio para interação com os utilizadores devem ser realizadas na camada intermediária.

O modelo de aplicação *Java EE* define uma arquitetura para implementação de serviços como aplicações em múltiplas camadas que proporcionam a escalabilidade, acessibilidade e gestão necessárias para aplicações de nível organizacionais.

Um componente *Java EE* é uma unidade de *software* funcional independente, que é inserida numa aplicação, com suas classes e arquivos relacionados e que comunica com outros componentes.

A especificação *Java EE* define os seguintes componentes:

- Aplicações clientes e *applets* são componentes que são executados no cliente;
- *Servlet*, *JavaServer Faces* e *JavaServer Pages (JSP)* são componentes *web* que são executados num servidor aplicacional;
- *Enterprise JavaBeans (EJB)* são componentes de negócios que são executados num servidor aplicacional.

As diferenças entre os componentes do *Java* e classes *Java* “padrão” consubstanciam-se no facto de que os componentes são implementados e verificados, em conformidade com a especificação *Java*.

Uma aplicação cliente normalmente tem uma interface gráfica do utilizador (*GUI*), criada a partir da noção *swing*, usando a *API AWT Abstract Window Toolkit*, mas é possível a implementação de uma interface recorrendo a linhas de comandos. Estas aplicações acedem diretamente a *enterprise beans* que funcionam na camada de negócios.

4.3 A razão do formato *ePub*

Considerando que existem múltiplos formatos de Livros Eletrónicos e dispositivos *eReaders* que apenas mostram formatos de ficheiros específicos, coloca-se a questão de aferir qual o formato que se deve abordar.

O gráfico obtido no *site* (statista.com), apresentado na Figura 4.1 mostra informação sobre os formatos de arquivos escolhidos para Livros Eletrónicos nos Estados Unidos no ano de 2015.

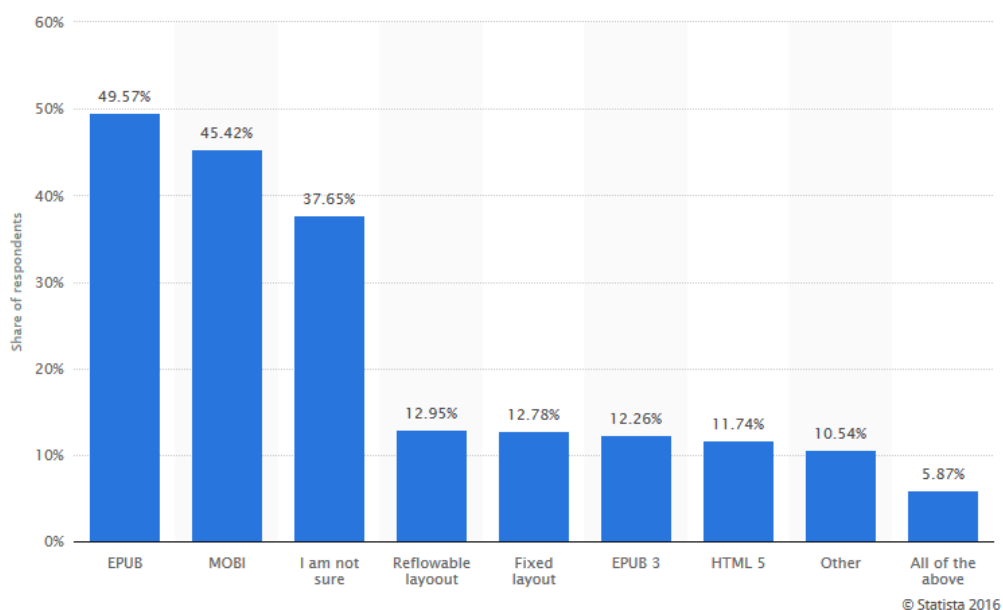


Figura 4.1 - Formato dos livros adotados nos Estados Unidos ano de 2015

A Tabela 4.1 apresenta os formatos suportados das diversas soluções para a criação de Livros Eletrónicos.

	Formato	URL
Apple iBook Author	<i>iBook</i> , <i>ePub</i> , pdf	http://www.apple.com/ibooks-author/
Adobe InDesign	<i>ePub</i> , pdf	http://www.adobe.com/products/indesign.html
eCub	<i>ePub</i>	http://www.juliansmart.com/ecub
Sigil	Full <i>ePub</i> spec	http://code.google.com/p/sigil
Jutoh	<i>ePub</i> , odt, outros	http://www.jutoh.com
Pages	<i>ePub</i> , pdf, rtf	http://apple.com/iwork/pages
Scrivener	<i>ePub</i> , pdf, outros	http://literatureandlatte.com/index.php

Atlantis	All <i>ePub</i> spec	http://www.atlantiswordprocessor.com/en/help
----------	----------------------	---

Tabela 4.1 – Soluções para criação de Livros Eletrónicos. (Adaptado de Bidarra J. 2016)

Considerando estas informações faz todo o sentido uma abordagem ao formato de Livros Eletrónicos no formato *ePub*.

4.4 A estrutura interna do formato *ePub*

Para uma melhor compreensão de como estas bibliotecas abordam a temática da criação de Livros Eletrónicos no formato *ePub*, aborda-se de uma forma eficaz a estrutura do referido formato. Pode-se considerar que o formato *ePub* é uma especificação aberta para Livros Eletrónicos com base em tecnologias XML, CSS e XHTML.

A estrutura básica de um arquivo *ePub* segue o padrão no Quadro 4.1. Quando estiver pronto para distribuição, esta estrutura de diretório é agrupada em um arquivo formato ZIP.

mimetype
META-INF /
container.xml
OEBPS /
content.opf
titulo.html
conteudo.html
folhaEstilos.css
toc.ncx
imagens /
capa.png

Quadro 4.1 - Estrutura interna base de um ficheiro *ePub*.

O ficheiro *mimetype*, apenas contém uma linha, sempre igual a: **application/epub+zip**.

Deve-se ter, ainda, em atenção que este ficheiro deve ser o primeiro a constar no Livro Eletrónico.

Outro ficheiro importante na estrutura do Livro Eletrónico *ePub* é o *container.xml* que deve estar incluído na pasta META-INF.

Os dispositivos *eReader* vão ler este ficheiro (*container.xml*) em primeiro lugar, uma vez que este contém a localização dos metadados dos Livros Eletrónicos.

No Quadro 4.2 é apresentado um possível conteúdo deste ficheiro. A pasta META-INF, pode conter alguns ficheiros opcionais como sejam assinaturas digitais, criptografia e ainda ficheiros de gestão de direitos digitais.

```

<?xml version="1.0"?>
<container version="1.0" xmlns="urn:oasis:names:tc:opendocument:xmlns:container">
  <rootfiles>
    <rootfile full-path="OEBPS/content.opf" media-type="application/oebps-package+xml"
  />
  </rootfiles>
</container>

```

Quadro 4.2 – [Estrutura do ficheiro container.xml](#)

O ficheiro *container.xml*, deve estar numa localização específica dentro da árvore de ficheiros. Esta rigidez prende-se com os sistemas de leitores *eReaders* e a forma como abordam este formato de Livro Eletrónico. Ainda no Quadro 4.2 a expressão destacada a negrito, é imutável. Assim a sua representação aponta para o conteúdo do Livro Eletrónico. O ficheiro de metadados do tipo OPF (formato aberto de empacotamento) ainda que possa ter qualquer designação, convencionou-se ter o nome *content.xml*. Este ficheiro é de importância extrema, uma vez que contém todas as referências para todo o conteúdo do Livro Eletrónico, seja texto ou imagens, contendo ainda a referência da localização do ficheiro NCX - *Navigation Center eXtended*.

O ficheiro de metadados OPF contém a estrutura mais complexa na especificação *ePub*. No Quadro 4.3 mostra-se uma possível estrutura deste ficheiro.

```

<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='no' ?>
<package version="2.0" unique-identifier="BookId"
  xmlns:opf="http://www.idpf.org/2007/opf"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <metadata>
    <dc:identifier id="BookId" pf:scheme="ISBN">987654321</dc:identifier>
    <dc:title>titulo livro</dc:title>
    <dc:creator role="aut" file-as="Ze_Manel"> Ze Manel </dc:creator>
    <dc:language>pt</dc:language>
    <meta name="capa" content="image_1" />
    <meta name="generator" content="EPUBLib version 3.0" />
  </metadata>
  <manifest>
    <item id="ncx" href="toc.ncx" media-type="application/x-dtbncx+xml" />
    <item id="image_1" href="capa.png" media-type="image/png" />
    <item id="image_4" href="flowers.jpg" media-type="image/jpeg" />
    <item id="item_1" href="capa.html" media-type="application/xhtml+xml" />
    <item id="item_2" href="capitulo1.html" media-type="application/xhtml+xml" />
    <item id="item_3" href="book1.css" media-type="text/css" />
    <item id="item_4" href="capitulo2.html" media-type="application/xhtml+xml" />
    <item id="item_5" href="capitulo3.html" media-type="application/xhtml+xml" />
  </manifest>

```

```

<spine toc="ncx">
  <itemref idref="item_1" linear="no" />
  <itemref idref="item_2" />
  <itemref idref="item_4" />
  <itemref idref="item_5" />
  <itemref idref="item_6" />
</spine>
<guide>
  <reference type="cover" href="capa.html" title="capa" />
</guide>
</package>

```

Quadro 4.3 – [Estrutura do ficheiro content.opf](#)

O formato de Livros Eletrónicos *ePub* suporta os principais ficheiros de imagens **jpeg**, **png**, **gif** e ainda **svg**. Este formato de Livros Eletrónicos permite a inclusão de outros tipos de imagens, para tal é necessário fornecer uma *fall-back* adequada.

Ainda que a *tag manifest*, tenha as referências para o conteúdo do Livro Eletrónico, a *tag spine*, fornece ao dispositivo *eReader* a ordem como estes devem ser apresentados.

A última parte da estrutura do ficheiro *content.xml*, faz referência à capa do Livro Eletrónico, ainda que esta seja opcional, fornece ao *eReader* informação de semântica.

Ainda que a estrutura do ficheiro OCF seja definida como parte integrante do formato *ePub*, a referência ao ficheiro **NCX**, no grupo da *tag manifest*, tem por base outro formato de Livro Eletrónico, o *Daisy*. Este formato de Livro Eletrónico (*Daisy*) é um consórcio que desenvolve formatos para dispositivos *eReader* que são incapazes de usar os livros tradicionais, muitas vezes por causa de deficiências visuais, ou a incapacidade para manipular obras impressas.

O **NCX** define a tabela de conteúdo do livro digital. Nos livros mais complexos, este formato é normalmente hierárquico, contendo informação aninhadas, como sejam os capítulos e as seções.

O Quadro 4.4 representa a estrutura do ficheiro **NCX**.

```

<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='no' ?>
<ncx version="2005-1" xmlns="http://www.daisy.org/z3986/2005/ncx/">
  <head>
    <meta name="dtb:ISBN" content="987654321" />
    <meta name="dtb:generator" content="biblioteca de criacao" />
    <meta name="dtb:depth" content="2" />
    <meta name="dtb:totalPageCount" content="0" />
    <meta name="dtb:maxPageNumber" content="0" />
  </head>

```

```

<docTitle>
  <text>Titulo do Livro</text>
</docTitle>
<docAuthor>
  <text>jose Sanches</text>
</docAuthor>
<navMap>
  <navPoint id="navPoint-1" playOrder="1" class="chapter">
    <navLabel>
      <text>Capitulo 1</text>
    </navLabel>
    <content src="capitulo1.html" />
  </navPoint>
  <navPoint id="navPoint-2" playOrder="2" class="chapter">
    <navLabel>
      <text>Capitulo 2</text>
    </navLabel>
    <content src="capitulo2.html" />
  <navPoint id="navPoint-3" playOrder="3" class="chapter">
    <navLabel>
      <text>Capitulo 2 Secao 1</text>
    </navLabel>
    <content src="capitulo2_1.html" />
  </navPoint>
</navMap>
</ncx>

```

Quadro 4.4 – [Estrutura do ficheiro NCX](#).

Na estrutura do ficheiro **NCX** a tag **navMap**, é a parte mais importante da estrutura, uma vez que define a tabela do conteúdo para o Livro Eletrónico. O conteúdo propriamente dito do Livro Eletrónico no formato *ePub*, traduz-se em ficheiro HTML. Sendo que estes seguem a norma definida pela W3C.

O formato *ePub* encontra-se atualmente na versão 3.0.1. Este formato e versão foi adotado para desenvolvimento do Livro Eletrónico, por possibilitar a utilização de tecnologias mais avançadas, tais como HTML5, *JavaScript* e CSS3. Outra vantagem apresentada por este formato reside na possibilidade de o mesmo suportar *MathML*, uma linguagem de script que proporciona a utilização e visualização de equações matemáticas.

4.4.1 HTML

O HTML (*HyperText Markup Language*) é uma linguagem de marcação utilizada para a criação de páginas web. Ela permite que várias páginas se relacionem através de referências

chamadas *hyperlinks*. A versão 5 denominada com a sigla, HTML5 tornou-se um padrão enquanto ferramenta de programação mobile. O HTML5 contém diversos recursos essenciais que possibilitam a construção de jogos digitais. O *canvas*, um dos recursos do HTML5, considerado por Meyer (2011) um dos mais poderosos da linguagem, também é aplicado na *game engine*.

"O HTML é uma linguagem de marcação, utilizada para formatar páginas Web com texto e informações separadamente. Estas páginas são acessíveis de qualquer parte do mundo, usando qualquer tipo de browser como: Internet Explorer, Firefox, Chrome, Opera ou Safari." (Carril, 2012, p. 3).

4.4.2 CSS

CSS (*Cascading Style Sheet*) é uma tecnologia utilizada para a formatação de páginas web, cuja principal característica é prover a separação entre a formatação e o conteúdo de uma página. Nativamente o HTML não é capaz de apresentar e formatar *layouts* mais atrativos, de forma a fornecer uma aparência mais amigável ao utilizador final, o CSS em conjugação com as *tags* do HTML, permite alcançar este objetivo entre outros.

4.4.3 Javascript

O *Javascript* é uma linguagem *script* desenvolvida para possibilitar o processamento de dados no lado do cliente, fornece à página web (em HTML) a possibilidade de interatividade.

"Javascript é uma linguagem de programação utilizada para criar pequenos programas encarregados de realizar ações dentro do âmbito de uma página web. Com Javascript podemos criar efeitos especiais nas páginas e definir interatividades com o utilizador." (Alvarez, 2004).

4.4.4 MathML

A *MathML* (*Mathematical Markup Language*) é uma linguagem, assim como a HTML, para estruturação e apresentação de conteúdo web, contudo está vocacionada essencialmente para apresentação de expressões matemáticas.

Todos os dispositivos de *eReader* que sejam compatíveis com a terceira versão do *ePub* e que dão suporte ao uso de *MathML* fazem-no recorrendo à inserção das bibliotecas do *MathJax*.

Pode-se afirmar que estes três recursos (HTML5, CSS3 e *Javascript*) constituem-se como uma base essencial para o desenvolvimento, seja de um livro digital interativo em formato *ePub*, ou seja na criação de aplicações para dispositivos com sistema operativos *Android*.

O Quadro 4.5 retrata um exemplo de uma página que representa a capa de um Livro Eletrónico no formato *ePub*.

```
<html xmlns = "http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head>
    <title> Olá Mundo: O meu 1º Livro</title>
    <link type="text/css" rel = "stylesheet" href="stylesheet.css" />
  </head>
  <body>
    <H1> Olá Mundo: O meu 1º Livro ePub</ h1>
    <Div></ div>
  </body>
</html>
```

Quadro 4.5 – [O ficheiro que representa a capa do livro.](#)

Existem pequenas diferenças na forma como o formato *ePub* suporta CSS, contudo, nenhuma destas diferenças afetam os recursos mais comuns das folhas de estilo.

O Quadro 4.6 mostra o conteúdo de um ficheiro CSS simples. Este conteúdo pode servir de base para definir o tipo de fonte que se vai aplicar ao texto, no corpo e nos cabeçalhos do Livro Eletrónico.

```
body {
  font-family: sans-serif;
}
h1,h2,h3,h4 {
  font-family: serif;
  color: red;
}
```

Quadro 4.6 – [Exemplo de um ficheiro CSS](#)

Após a criação de todos os ficheiros necessários para a criação do Livro Eletrónico *ePub*, é essencial criar um pacote que contenha toda a informação. O primeiro arquivo dentro do pacote deve ser o *mimetype*, sendo que este não pode ser comprimido, deve-se ter em conta que o ficheiro resultante não pode criptografado.

A implementação de criptografia a ser implementada, não é ao nível do ficheiro compactado *ZIP*.

4.5 Bibliotecas para criação de um Livro Eletrónico (*ePub*) em Java

Tendo presente o explanado no ponto anterior relativamente à estrutura do formato *ePub*, torna-se claro a necessidade de criar o conteúdo do Livro Eletrónico à parte.

Após uma criteriosa análise das bibliotecas para a criação de Livros Eletrónicos conclui-se que estão não são muitas.

As bibliotecas em código aberto apresentam uma lacuna quanto ao conteúdo dos Livros Eletrónicos, pois requerem que os ficheiros XHTML sejam criados externamente. Depreende-se que estas bibliotecas apenas criam a estrutura dos ficheiros metadados e o respetivo pacote (ficheiro compactado) *ePub*.

Quanto às bibliotecas que foram analisadas neste trabalho destacam-se as seguintes:

- **ePubLib**, biblioteca em código aberto, vocacionada para ler criar e manipular ficheiros *ePub*. Esta baseia-se no princípio da criação de Livros Eletrónicos com base em ficheiros html previamente existentes. Fornece a possibilidade de gerar documentação como parte do processo de construção. Existe uma variante que permite a criação de Livros Eletrónicos através de linha de comandos.
- **EPUB Open Toolbox**, biblioteca em código aberto a qual permite além de criar um Livro Eletrónico no formato *ePub*, visualizar o seu conteúdo. Recorre à ferramenta *WebView JavaFX*, para visualizar o conteúdo dos ficheiros XHTML. Permite a extração e manipulação de conteúdo de Livros Eletrónicos.
- **epub-tools**, é uma coleção de ferramentas em código aberto vocacionadas para criar e gerir Livros Eletrónicos. Esta coleção de ferramentas encontra-se sob a égide da “*goole code archive*”.
- **EPUBGen**, é um subprojecto em código aberto do projeto **epub-tools**. É um contributo da *Adobe* que permite a transformação de arquivos (rtf, word e fb2) para o formato *ePub*.

4.6 Desenvolvimento de um Livro Eletrónico

Uma das possíveis abordagens para o desenvolvimento de um Livro Eletrónico apoia-se em bibliotecas como as referidas no ponto anterior. Com recurso ao IDE Eclipse poder-se-á criar de uma forma simples e rápida um Livro Eletrónico no formato *ePub*. O Quadro 4.7

demostra o código em *Java* com recurso à biblioteca *EPUBGen*, que permite a criação de um Livro Eletrónico no formato *ePub*.

```
//Criar um novo ePub
Publication epub = new Publication();

//Definição do título, autor e linguagem do livro
epub.addDCMetadata("title", "Titulo do livro");
epub.addDCMetadata("creator", "José Sanches");
epub.addDCMetadata("language", "pt");

//Preparar o índice
NCXResource toc = epub.getTOC();
TOCEntry rootTOCEntry = toc.getRootTOCEntry();

//Criar novo recurso de capítulo
OPSRResource main = epub.createOPSRResource("OEBPS/pagina1.html");
epub.addToSpine(main);

//Obter o capítulo do documento
OPSDocument mainDoc = main.getDocument();

//Adicionar capítulo ao índice
TOCEntry mainTOCEntry = toc.createTOCEntry("Intro", mainDoc.getRootXRef());
rootTOCEntry.add(mainTOCEntry);

//Capítulo em XHTML do corpo do elemento
Element body = mainDoc.getBody();

//Adicionar o cabeçalho
Element h1 = mainDoc.createElement("h1");
h1.add("O meu Livro Eletrónico no formato ePub");
body.add(h1);

//Adicionar um parágrafo
Element paragraph = mainDoc.createElement("p");
paragraph.add("Ola mundo!");
body.add(paragraph);

//Gravar o conteúdo no formato EPUB
OCFContainerWriter writer = new OCFContainerWriter(new
FileOutputStream("Livro.epub"));
epub.serialize(writer);
```

Quadro 4.7 – Criação de um Livro Eletrónico com recurso a biblioteca *Java*.

O recurso a bibliotecas normaliza o código fonte do Livro Eletrónico, evitando possíveis erros. Tendo presente que o formato interno do Livro Eletrónico (conforme descrito no ponto 4.4) assenta numa estrutura bem definida e compactado. As páginas ou capítulos são

ficheiros html, os quais fazem recurso de todas as funcionalidades do *standard* xhtml. A biblioteca permite a inclusão de ficheiros de estilos (.CSS) com a finalidade de formatar a informação apresentada ao utilizador final. O recurso a elementos SVG permite a inclusão de representações gráficas complexas nos Livros Eletrónicos, assim como a inclusão de imagens aporta uma mais-valia na apresentação dos Livros Eletrónicos.

Após a criação do Livro Eletrónico no formato *ePub*, o mesmo é copiado para um *eReader* e testado, a Figura 4.2 mostra como o livro é apresentado no dispositivo *eReader*.

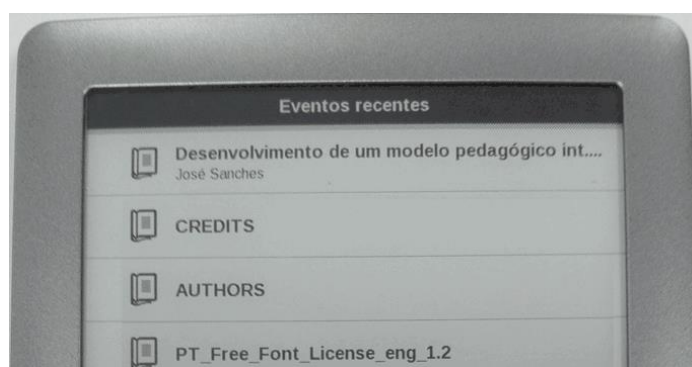


Figura 4.2 – Imagem do Livro Eletrónico no dispositivo *eReader*.

A Figura 4.3 exemplifica a informação do livro no *eReader*.

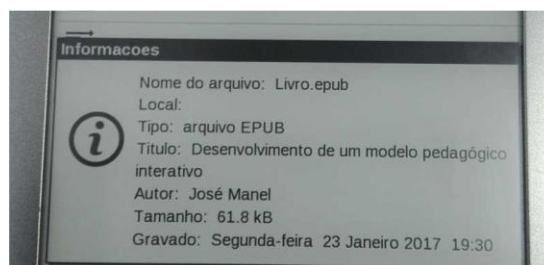


Figura 4.3 – Informação sobre o livro.

A figura 4.4 ilustra uma das páginas do Livro Eletrónico, no formato *ePub* num dispositivo *eReader*. A imagem mostra um dos problemas apresentados aos alunos.

Função LINEAR

Funções lineares (ou funções polinomiais do 1º grau) são funções $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ na forma:

$$y = f(x) = ax,$$

onde a é uma constante real e diferente de 0 (zero).

Esta função é chamada linear porque sua representação gráfica é uma reta.

A função linear é o modelo matemático mais simples para se relacionar duas variáveis e pode aparecer em várias situações práticas.

No plano cartesiano, qual a representação da reta definida por $f(x) = -2x$?

Solução:



Figura 4.4 – Uma das páginas do livro criado.

Capítulo 5 - Realidade Aumentada

O termo Realidade Aumentada está a estabelecer-se como um meio no qual a informação pode ser acrescentada ao mundo físico, em tempo real, e com características de interatividade (Craig, 2013), ou seja, as imagens virtuais complementam a informação obtida do mundo real, estas imagens não carecem de realismo para atingirem o seu objetivo. A Realidade Aumentada é uma linha de pesquisa no âmbito da Ciência da Computação que lida com integração do mundo real e elementos virtuais ou dados criados pelo dispositivo. A Realidade Aumentada pode estar ou não associada a um Livro Eletrónico, mas ambos podem constituir recursos complementares no ensino da matemática.

5.1 A Realidade Aumentada

Pode-se afirmar que a Realidade Aumentada se baseia na observação do mundo real aumentado com informação adicional gerada por dispositivos como *smartphones* ou *tablets* e na interação de objetos injetados nas imagens obtidas pelo dispositivo do mundo real. Este paradigma tem por base os três pontos da computação ubíqua (Azuma *et al.*, 2001). O primeiro refere-se à combinação de objetos reais e virtuais num ambiente real, isto é, a imagem que resulta deve ser a conjugação da realidade à qual se sobrepõe pelo menos um objeto virtual. O segundo ponto propõe que a conjugação se faça em tempo real. Por fim, o terceiro ponto assenta na noção correta da apresentação dos objetos de realidade virtual, sendo que estes se apresentem em 3D, ainda que o resultado possa ser uma imagem bidimensional. No entanto, o alinhamento e composição dos elementos virtuais devem ser baseados num mundo tridimensional (real).

Para Tori e Kirner (2006), por Realidade Aumentada entende-se:

“Uma interface avançada de computadores, que promove em tempo real a exibição de elementos virtuais sobre a visualização de determinadas cenas do mundo real, oferecendo um forte potencial em aplicações industriais e educacionais devido ao alto grau de interatividade.”, (Tori e Kirner, 2006)

Segundo Kirner *et al.* (2006), a Realidade Aumentada apresenta-se como uma tecnologia que permite misturar objetos virtuais ao mundo real, utilizando técnicas de visão computacional.

Para Figueiredo *et al.* (2014b), aplicações de realidade aumentada dividem-se em duas categorias: *geo-based* e em visão computacional. As aplicações baseadas em *geo-based*

usam o GPS, acelerômetro, giroscópio e outras tecnologias para determinar a localização e direção do dispositivo móvel. O utilizador pode visualizar objetos 3D que são sobrepostos ao mundo na direção que ele está olhando. No entanto, esta tecnologia apresenta alguns problemas. O principal problema é a localização imprecisa, o que torna difícil, por exemplo, a criação de sobreposições de fotos. As aplicações baseadas em visão computacional usam recursos de reconhecimento de imagem para identificar imagens e informações de sobreposição no topo desta imagem. Estes podem ser baseados em marcadores, como QR (*Quick Response*), *tags* Microsoft ou LLA (latitude / longitude / altitude).

Neste contexto, para Faria (2009), a dificuldade do desenvolvimento das aplicações de Realidade Aumentada assenta no cálculo preciso, em tempo real, do ponto de observação do utilizador, para projetar corretamente os objetos virtuais no mundo real.

Para se obter uma ótima visualização da Realidade Aumentada é necessário um ambiente favorável de iluminação para que a câmara do dispositivo capture com perfeição o ambiente envolvente, caso assim não seja, a interação pode ser prejudicada.

A Realidade Aumentada é uma linha de pesquisa no âmbito da Ciência da Computação, a qual lida com a integração do mundo real e elementos virtuais ou dados criados pelo computador. Atualmente, a maior parte das pesquisas em Realidade Aumentada está relacionada ao uso de vídeos em tempo real, que são digitalmente processados e “ampliados” pela adição de gráficos criados pelo computador.

A Realidade Aumentada tem tido influência em diferentes áreas, por exemplo, na medicina com simulação de cirurgias, diagnóstico e aprendizagem, conforme explicitado em Romano (2010), ou no desenvolvimento de jogos aplicados à educação e ao entretenimento, como descrito por Wanderley; Medeiros; Silva (2011). A aplicação da Realidade Aumentada já “chegou” a áreas como seja marketing, apresentando produtos como elementos de interação, conforme abordado por Moreira (2012).

Numa perspetiva mais abrangente as tecnologias de Realidade Aumentada encontram-se difundidas em quase todos os campos do ensino, o crescente número de estudos da Realidade Aumentada utilizada na educação é motivador, porém, ainda carecem de aplicações funcionais em larga escala. Este facto está a desenvolver-se e a alterar-se muito a custo da recente portabilidade da tecnologia de Realidade Aumentada em dispositivos móveis (Zhou F., 2014).

Cada vez mais os dispositivos móveis são largamente difundidos e o recurso de sistemas em Realidade Aumentada permite estender ainda mais a sua oferta em termos aplicativos. Em especial os dispositivos avançados com recursos significantes de processamento gráfico e operações em ponto flutuante, qualidade de ecrã, sensores e conectividade apresentam-se como um grande aspeto de motivação para os investigadores de Realidade Aumentada (Papagiannakis G. et al., 2008).

A Realidade Aumentada possibilita que o aluno perceba o entorno real “aumentado” com alguns objetos virtuais, ou seja, ambientes criados por dispositivos móveis, como sejam *smartphones* ou *tablets*; com o objetivo de aperfeiçoar a perceção que tem do mundo real. Segundo Shelton B. e Hedley N. (2002), a interface de Realidade Aumentada é uma tecnologia de visualização que possui vantagem sobre as limitações existentes em outros meios visuais de comunicação para o ensino.

No ensino a aplicabilidade da Realidade Aumentada pode-se encontrar em situações tão dispares como o jardim-de-infância ou o ensino secundário, conforme é apresentada num num dos trabalhos de Figueiredo et al.

“...mostra-se uma forma de um quebra-cabeças que é apresentado as crianças (...) as crianças têm que escolher o caracter apropriado à questão formulada pelo educador.

O trabalho tomou a forma de um livro, ilustrado, aos quais foram adicionados elementos audiovisuais (multimédia) utilizando Realidade Aumentada.” (Figueiredo et al. 2014b).

As escolas devem olhar para estas tecnologias como auxiliares no apoio e na construção de conceitos fornecendo aos alunos uma experiência de ensino mais apelativa.

Os dispositivos móveis, tendo uma elevada aceitação entre os alunos, podem ser utilizados como ferramentas que potencializem o ensino em conjunto com a tecnologia de Realidade Aumentada para a criação dos ambientes dinâmicos.

A sociedade está constantemente confrontada com a necessidade de gerir e transformar a informação em conhecimento de uma forma autónoma. Existe a necessidade de dar respostas no sentido tecnológico, rentabilizando o fenómeno de uso de dispositivos móveis como sejam o *smartphone* ou o *tablet* ou até mesmo os recursos a Livros Eletrónicos. Neste contexto, a Realidade Aumentada permite envolver dados virtuais digitalizados com elementos da realidade física, isto através da incorporação de informação sobreposta instantaneamente à imagem física captada com o dispositivo móvel.

É de mais fácil compreensão, quando se tenta explicar um conceito baseado no potencial e no facto de este ser mais atrativo, características inerentes ao sistema móvel que podem motivar o aluno a explorar determinadas matérias e áreas do conhecimento (Gorra et al., 2010).

O aluno deve ter acesso, de uma forma contínua, a novas fontes de informação para que possa interagir com as mesmas de um modo autónomo, flexível e em qualquer lugar (Gil D., 2010).

Ainda neste contexto, e associado ao ensino, os dispositivos móveis são ferramentas úteis e individuais de gestão da matéria lecionada, os professores devem fazer parte integrante neste processo de gestão de informação adequadas a estes novos suportes.

“...os nossos estudantes constroem redes para lá das paredes das salas de aulas, formam comunidades em redor das suas preferências e dos seus talentos e isto explica a razão pela qual os meios fechados e as metodologias tradicionais estão sendo cada vez mais limitadas e ineficazes.”, (Richardson W. 2006).

Nestas situações, o professor deve estar ciente que não se trata apenas de dominar um determinado dispositivo ou um novo sistema de atuação do conhecimento, mas sim, de uma nova cultura de aprendizagem.

Numa sociedade, que assenta no acesso constante à informação e ao conhecimento torna-se cada vez mais importante analisar as formas de gestão apropriada e o domínio de estratégias comunicativas eficazes. A natureza dos conteúdos e o tipo de recursos estão relacionados com as capacidades cognitivas que se pretendem desenvolver (Ramos et al., 2010).

A exploração do potencial pedagógico dos dispositivos móveis por parte de vários autores, por um lado, atribuindo ênfase ou realçando o seu interesse no âmbito educativo e, ou por outro, diferenciando os usos possíveis e desejáveis destes equipamentos. Neste sentido existem vários estudos que têm procurado analisar formas de os alunos trabalharem com estes dispositivos no contexto da escola e em várias disciplinas (Nilsson; Sollervall; Milrad, 2009; Gil; Andersson; Milrad, 2010).

Tori e Kirner (2006), defendem que a Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite misturar objetos virtuais ao mundo real, utilizando técnicas de visão computacional.

Neste âmbito, segundo Zorzal (2008) e Tori (2009), os sistemas de Realidade Aumentada, quanto ao tipo de ecrã utilizado, podem ser caracterizados nos seguintes pontos:

- *Visão ótica direta*, faz recurso a óculos ou capacetes com lentes que possibilitam a receção direta da imagem real, e ao mesmo tempo que proporcionam a projeção de

imagens virtuais convenientemente ajustadas com o mundo real. Uma qualidade importante desta técnica é proporcionar a visão direta do ambiente, sem interferência da tecnologia, oferecendo maior segurança no caso de falha do dispositivo; outra característica é a maior sensação de presença no espaço real; há, contudo, diversas complicações técnicas nessa solução, com destaque para: registo entre virtual e real, não eliminação da visão de objetos que deveriam ser encobertos pelos objetos virtuais, grande diferença entre qualidade de imagens reais e virtuais;

- *Vídeo baseado em monitor*, faz uso de uma *webcam* (câmara de vídeo) para capturar o mundo real. Após a captura do mundo real, este é misturado com os objetos virtuais criados por computador e apresentada no monitor. Os objetos virtuais geralmente são gerados através dos marcadores fiduciais, proporcionando que o programador adicione objetos virtuais sobre estes marcadores no mundo real;
- *Visão direta de vídeo*, o utilizador faz uso de capacetes com duas ou mais microcâmaras de vídeo ligadas ao mesmo. As câmaras executam o papel de olhos do utilizador. O mundo real é capturado pelas microcâmaras e misturada com os elementos virtuais produzidos por computador; são apresentadas diretamente nos olhos do utilizador, através de pequenos monitores acoplados ao capacete;
- *Visão ótica por projeção*, baseia-se em superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, cujo conjunto é exposto ao utilizador que o visualiza sem o auxílio de dispositivos auxiliares. Ainda que interessante, este sistema é muito limitado às condições do espaço real, em função da necessidade de ter superfícies de projeção.

A crescente utilização de telemóveis com acesso à *Internet* permitiu a criação e o investimento em Realidade Aumentada móvel. Assim, aparece, em 2008, o primeiro *browser* de Realidade Aumentada, o *Wikitude* (wikitude.com). Foi a primeira aplicação disponível para o utilizador final que aproveitava a Realidade Aumentada baseada na localização, isto é, o posicionamento dos objetos no ecrã do dispositivo móvel eram determinados segundo a posição do utilizador (através de GPS e Wi-Fi) e a direção em que o utilizador se encontra através do uso da bússola e do acelerómetro.

Com o avanço de novas técnicas, ambientes, bibliotecas e dispositivos orientados para a Realidade Aumentada têm sido alvo de intensa pesquisa e necessidade nos últimos anos (Chan, 2015; Jeral, 2015 e Mihelj et al., 2014). Na área de dispositivos, observa-se uma

difusão de possibilidades principalmente no contexto de Computação Vestível (*Wearable Computing*), com vista a aumentar a experiência do utilizador em relação ao ambiente que o rodeia. Neste contexto, a emergência da área de Computação Holográfica oferece novas oportunidades para pesquisa e desenvolvimento de novos produtos em Realidade Aumentada. A Computação Holográfica refere-se, essencialmente ao uso de hologramas como elementos virtuais que podem ser disponibilizados em cenas reais. Este termo foi cunhado pela Microsoft (Microsoft, 2016) com o advento do dispositivo *Hololens*, que permite explorar novas possibilidades de uso de aplicações como elementos virtuais de interação em Realidade Aumentada. O dispositivo *Hololens* pertence à classe dos dispositivos HMD (Head - Mounted Displays), capaz de suportar a execução de aplicações holográficas como aplicações universais para o Sistema Operativo Windows 10. Este dispositivo chegou ao mercado recentemente (2016) e já possui um SDK para desenvolvimento, além de integração com ambientes bem conhecidos como, por exemplo, o *game engine Unity3D*.

5.2 Tecnologia de Realidade Aumentada

Atendendo às tecnologias de suporte de qualquer aplicação de Realidade Aumentada estas rodeiam um número infinito de áreas e campos de investigação, mas dependem integralmente do tipo de sistema que se pretende construir. Pode-se construir sistemas de Realidade Aumentada, interiores (Weng, Parhizkar, Ping & Lashkar, 2011) ou exteriores (Dahne & Karigiannis 2002), sistemas locais ou sistemas ubíquos (Sandor & Klinker, 2005), sistemas móveis (Fragoso, Gauglitz, Zamora, Kleban & Turk, 2011) ou sistemas fixos, sistemas individuais ou colaborativos (Billinghurst & Kato, 2002).

A Realidade Aumentada permite relacionar a informação captada através da câmara em tempo real com os seus metadados associados e armazenados. São geridos por um dispositivo móvel avançado que é capaz de integrar *software* que realize a operação em tempo real, emparelhando uma parte virtual ao real.

Pode-se afirmar que existem três orientações básicas para a interação do *software* que situa o utilizador perante coordenadas terrestres concretas e adiciona informação sobre lugares adjacentes:

1. Imagem a que se fundem aos dados relativos à sua posição geográfica e a outros dados que existem na rede *Internet* sobre ela. A Figura 5.1 mostra o posicionamento

da camada de informações com os pontos georreferenciados, apresentando as alterações detetadas e visíveis de acordo com o ângulo de visão do observador;



Figura 5.1 – Posicionamento de informações.

2. Imagem sobre a qual se sobrepõe outros dados catalogados com esse padrão específico original (marcador). Isto permite juntar informações sobre uma imagem conhecida *à priori*. Por exemplo, os dados da manipulação de um motor, ou uma animação sobre um dado padrão. Os livros interativos são um outro exemplo de utilização desta técnica. A Figura 5.2 ilustra esta realidade.



Figura 5.2 – Livros interativos.

3. Uma imagem pode ser comparada com outras existentes na rede de Internet para incorporar dados sobre a mesma. Assim com o reconhecedor de rostos poder-se-ia dar informações sobre a pessoa captada. A Figura 5.3 evidencia este tipo de interação;



Figura 5.3 – Reconhecimento de rostos.

De acordo com o tipo de sistema de Realidade Aumentada que se deseja produzir é de todo aconselhável selecionar criteriosamente os dispositivos que podem ser utilizados. Os dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* apresentam-se como boas plataformas portáteis para Realidade Aumentada e facilitam a comunicação em rede sem fio.

Deste modo, os dispositivos móveis destacam-se como ferramentas que auxiliam na criação de experiências de aplicações de Realidade Aumentada. Tornam-se numa poderosa ferramenta para desenvolvimento de aplicações em diversas áreas, tais como educação, saúde, indústria, jogos e visualização da informação e automação.

5.3 Tendências Realidade Aumentada

Pode-se referir que a Realidade Aumentada encontra-se numa fase de desenvolvimento, exploração e adaptação, por este simples facto torna-se difícil idealizar o futuro do cenário de atuação, as suas características e todas as formas possíveis de disponibilizar, processar a informação.

Contudo, pode-se dizer que distintos tipos de conteúdos, conforme os projetos, são mais recomendados que outros para apresentar diferentes tipos de informação. O facto do conteúdo em Realidade Aumentada poder sofrer transformações com o tempo e com a

movimentação do utilizador no espaço, torna o seu desenvolvimento mais aliciante e cheio de novas possibilidades. Estas possibilidades inevitavelmente guiam-nos em direção a uma característica ímpar dos conteúdos em Realidade Aumentada – a contextualização.

Parece plausível afirmar que a longo prazo, a adaptação dos conteúdos ao meio dependerá, da pesquisa por parte do *designer*, da evolução tecnológica e da forma como o ser humano vai interagir com os sistemas de Realidade Aumentada.

Um salto qualitativo deu-se quando associado à Realidade Aumentada, começou a ser explorado em 2009 as aplicações para dispositivos móveis. Este tipo de aplicações tem em linha de conta a localização do utilizador e o seu entorno, as quais fazem recuso de GPS acelerómetro ou mesmo a bússola. Estes recursos associados ao aumento de processamento dos dispositivos catapultaram a Realidade Aumentada para o que é hoje.

A próxima geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada aportará uma verdadeira expansão dos sentidos, indo ao encontro das ideias preconizadas por MacLuhan (1964), onde os meios de comunicação se apresentam como extensões cognitivas do homem. O desenvolvimento de todo este potencial depende de convergências de alguns fatores, como sejam redes de comunicações de alta velocidade, dispositivos móveis com capacidade de processamento, computação ubíqua, procura semântica, agentes inteligentes, entre outros.

5.4 Realidade Aumentada na educação

Numa sociedade de informação e, no caso concreto, do ensino, os professores tentam acompanhar as tecnologias para apresentarem conteúdos didáticos de formas mais interessantes com intuito de irem ao encontro da atual situação tecnológica na qual os alunos estão inseridos. A educação precisa de se aliar à tecnologia. O uso de recursos tecnológicos desperta o interesse na aprendizagem, uma vez que estes são objetos de desejo dos alunos. No atual contexto de ambiente escolar os alunos estão cada vez mais desinteressados e dispersos. Num mundo repleto de tecnologia, dominado pelos dispositivos móveis (como sejam *smartphones* e *tablets*) ligados às redes sociais, o tradicional quadro presente na sala de aula ao dispor do professor apresenta-se cada vez mais um recurso obsoleto (Silva V. et al. 2011).

“Como grande parte dos jovens estão online, novas desigualdades parecem emergir entre os que possuem os novos media à sua disposição privada e individual e os que os possuem de forma limitada. O estudo sugere ainda que os

adolescentes que possuem os novos dispositivos ao seu inteiro dispor, no quarto utilizam a Internet mais frequentemente e de forma mais avançada. Utilizam os novos dispositivos mais ativamente e criativamente e parecem passar mais tempo em sites de redes sociais.” (Paulussen et al., 2010, p. 371).

Conforme afirmou McLuhan (1996) “O meio é a mensagem”, esta frase nunca foi tão atual. Assim não é plausível simplesmente estabelecer um determinado dispositivo na sala de aula sem que a metodologia e os conteúdos através dela trabalhados sejam adequados ou ajustados. Por isso mesmo, não é aconselhável que se inicie pela escolha dos dispositivos. Para Gorra et al., (2010) na investigação sobre novas tecnologias no ensino, descrevem-se as dificuldades que os professores enfrentam para de uma forma ótima articularem estas tecnologias que os alunos manuseiam. Ainda assim, é necessário investigar as suas potencialidades de uso no campo de ação educativo (Hainich, 2009), em particular, o uso dos dispositivos móveis como sejam *smartphones* e *tablets* em conjugação com a técnica da Realidade Aumentada.

Tendo por base de partida a hipótese, na qual se sustentam os objetivos deste trabalho, mostra que para os professores podem melhorar a inclusão das novas tecnologias móveis nas suas metodologias não participativas aproveitando as possibilidades destes dispositivos móveis. Pretende-se que estes recursos ajudem a explicar uma conceção através da incorporação de dados ao objeto capturado.

A Realidade Aumentada, com a integração de elementos virtuais interativos, de forma precisa e contínua com o ambiente real pode ser entendida como uma forma de reduzir a distância aluno-conteúdo. Com a atual disseminação de dispositivos móveis ao alcance dos alunos, estes dispositivos oferecem toda a tecnologia necessária à obtenção de efeitos de Realidade Aumentada, muitas aplicações já são gratuitas e facilitam a produção ou acesso a conteúdos de Realidade Aumentada. Para tal, os professores devem estar sensibilizados para esta realidade e aproveitar o potencial da Realidade Aumentada que os alunos têm ao seu dispor.

Existem vários estudos e aplicações que foram desenvolvidos em Realidade Aumentada na área do ensino, através dos quais se tem verificado um aumento da eficácia no ensino. Neste contexto, o projeto MILAGE (fonte: milage.ualg.pt), ou a aplicação *Anatomy 4D* (fonte: anatomy4d.daqri.com), podem contribuir para ajudar alunos e docentes a enriquecerem as suas bases de conhecimento.

Contudo, ainda se levantam questões com a aplicação da Realidade Aumentada comparativamente ao método tradicional de ensino. Assim, uma das formas visuais mais comuns de apresentar a Realidade Aumentada é com recurso a Livros Eletrônicos, desenvolvidos geralmente para crianças. Estes têm a informação normal de um livro com o suplemento da aplicação em que os alunos conseguem ver a informação de uma forma mais real (Lee, 2012).

Segundo Johnson et. al. (2016) as principais tendências tecnológicas associadas à educação entre as quais se destaca a Realidade Aumentada, associada a dispositivos móveis, estão cada vez mais acessíveis aos alunos (apresentando-se como uma ferramenta para democratizar o acesso à informação). Ainda que exista a carência de bons conteúdos para os dispositivos, já é possível encontrar aplicações interessantes para alguns temas específicos. Independentemente da disponibilidade de conteúdos é possível e recomendável desenvolver atividades de aprendizagem ativa nas quais os alunos desenvolvam seus próprios conteúdos de Realidade Aumentada.

O recurso da Realidade Aumentada no ensino assume uma posição baseada na teoria construtiva de aprendizagem, parte-se do pressuposto que o aluno alcança o controlo sobre a sua aprendizagem e com base neste. A sua aprendizagem vai sendo construída à medida que interage com o meio, seja ele, virtual ou real.

Em termos educacionais a Realidade Aumentada:

- Proporciona uma aprendizagem a qualquer hora, em qualquer lado. Esta propensão da mobilidade tem vindo a ser muito analisada nos últimos anos no campo educativo face ao fácil acesso a *smartphones* e *tablets*;
- Permite ao aluno a possibilidade de manipular e ver objetos de todos os ângulos e em todas as distâncias que pelas suas características (dimensão, visibilidade, exposição) não são possíveis de manusear, analisar ou ver sem ajuda tecnológica;
- Permite a conceção de outra camada de informação sobre os tradicionais livros escolares e pedagógicos remetendo-os a um outro nível;
- Possibilita a perceção das consequências da ação do aluno sobre os objetos virtuais e o treino em ambientes reais simulados de forma a viabilizar a colaboração;
- Possibilita o acesso a informação contextual, de acordo com o local onde o aluno se encontra.

A associação das tecnologias ao ensino é constante e a sua adaptação ocorre também na sala de aula, o maior esforço e empenho ocorre no campo do ensino à distância. Aparecem novos conceitos referentes a paradigmas com características próprias, como seja o caso do *e-learning*, do *b-learning* do *m-learning* e do *augmented-learning*.

“A tecnologia de Realidade Aumentada chegou a um nível ‘suficientemente bom’; cabe agora aos designers aproximar a tecnologia das massas de forma significativa.”, (Inbar, 2013)

Deve-se ter presente que grande parte das tecnologias que têm sido adaptadas ao ensino tiveram os seus sucessos, até que a próxima tecnologia entra em ação e se modificam os paradigmas. A tecnologia da Realidade Aumentada aponta agora um novo caminho a trilhar. Tendo por base a informação do relatório disponibilizado em *Horizon* (nmc.org), este defende que o seu uso vai-se disseminar brevemente pelos campus universitários e outros espaços dedicados ao ensino.

Segundo Vantroys e Barbry (2009) a Realidade Aumentada é uma forma de melhorar a aprendizagem, uma vez que estimula a aprendizagem individual, esta nova forma de interação permite a manipulação de objetos físicos concretos e para além disso abre espaço para evoluções colaborativas. Com a Realidade Aumentada o potencial e as possibilidades de melhorar os ambientes de aprendizagem tradicionais são infinitos Kondo (2006).

Vários autores como sejam (Kaufmann, 2003; Lee, 2012) defendem que a Realidade Aumentada é potenciadora da aprendizagem, baseiam-se no facto de um ambiente educacional ter como objetivo promover a interação entre os seus alunos. Pode-se constatar esta interação com a Realidade Aumentada colaborativa, na qual os alunos podem encontrar-se em espaços comuns que facilitam o estudo com recurso a objetos virtuais, harmonizando uma técnica de aprendizagem poderosa, na medida em que podem interagir através da comunicação gestual, verbal e escrita, entre outros.

5.5 A resistência do professor às novas tecnologias

O professor como “peça” principal do processo educativo, não deve ter apenas uma formação técnica. Este profissional deve ter uma formação pedagógica, uma experiência de sala de aula. Não necessita ser um pedagogo, mas que tenha um envolvimento com o processo pedagógico. Deve ser capaz de fazer uma ponte entre o potencial da ferramenta (software educativo) com os conceitos a serem desenvolvidos.

Neste sentido, Levy (2004, p. 8) fala sobre a resistência às novas tecnologias como:

“Apesar de diversas experiências positivas sustentadas pelo entusiasmo de alguns professores, o resultado global é deveras decepcionante. Por quê? É certo que a escola é uma instituição que há cinco mil anos se baseia no falar/ditar do mestre, na escrita manuscrita do aluno e, há quatro séculos, em um uso moderado da impressão. Uma verdadeira integração da informática, como audiovisual, supõe, portanto, o abandono de um hábito antropológico mais que milenar o que não pode ser feito em alguns anos.” (Lévy P., 2004)

Segundo Jonassen (1996, p.104), a aprendizagem com recurso à tecnologia mostra o saber como se fosse fornecido pelo próprio professor e o papel do aluno é receber esse conhecimento, absorvendo-o e utilizando as tecnologias como ferramentas que devem apoiá-lo nos processos cognitivos. A questão mais importante aqui não é a tecnologia por si mesmo, mas a forma com que “vê” a tecnologia, como a usar, e sobretudo, como estratégia cognitiva de aprendizagem.

“...a construção do conhecimento passa a ser igualmente atribuída aos grupos que interagem no espaço do saber. Ninguém tem a posse do saber, as pessoas sempre sabem algo, o que as tornam importante quando juntas, de forma a fazer uma inteligência coletiva. É uma inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências.” (Lévy P., 1998)

Pode-se afirmar como sendo um dado adquirido, o facto que a inclusão das novas tecnologias não garante a introdução crítica no saber adquirido. Numa perspetiva didática, na qual o professor “convida” o aluno a resolver um determinado problema sobre uma determinada matéria com recurso às “novas tecnologias”, mas a aula continua sucedendo-se como uma simples leitura, passiva e individual do assunto, a situação apresenta-se como um contrassenso. A inclusão das novas tecnologias, por parte do professor não pode ser vista numa perspetiva na qual o professor apenas permanece como o responsável pela produção e pela transmissão dos conhecimentos.

Coloca-se a questão, quanto ao professor que não está habituado a estas novas tecnologias, se deve ou não fraturar os próprios paradigmas herdados muitas vezes de uma educação tradicional e vertical oriunda em metodologias tradicionais e, se deve ser ele, o professor, a inserir-se neste mundo de informação horizontal, muitas vezes não académico, mas dinâmico ensinando o educando a filtrar as informações presentes num mundo virtual. Ainda que o conhecimento seja considerado um saber gerado pelos seres humanos, as novas tecnologias não têm este poder de gerar conhecimento crítico. Assim, pode-se afirmar que as tecnologias nunca substituirão o professor no seu papel de mediador e indagador dos processos de produção de saberes adquiridos pela humanidade.

A resistência por vezes natural do professor face às novas tecnologias pode ser vista como uma questão problemática que se coloca contrariamente à oportunidade da prática das novas tecnologias pelos alunos. Fazer com que o professor e os alunos entendam que as novas tecnologias são ferramentas auxiliares ao processo de ensino e aprendizagem é um desafio da gestão, dos professores e da comunidade.

“Compreender o mundo sob uma ótica dinâmica, interativa e tecnológica, em que tudo se transforma rapidamente, conectando-se a conteúdos não lineares, participando de jogos interativos, fazendo cópias de filmes e músicas dispostos na web, além de criarem seus próprios sites, vídeos, blogs, fotoblogs, e alimentarem suas comunidades virtuais.” (Bauman, 2007)

Deve-se atribuir uma ênfase especial à questão pedagógica e não à própria tecnologia, pois “a tecnologia por si só não melhora a educação, e até a mais promissora inovação educativa necessita de uma aplicação cuidada para ser eficaz” (Bricken, 1991, p. 184).

É essencial, no entanto, não esquecer que os estudos sobre a aprendizagem requerem um persistente acompanhamento e que as constantes mudanças tecnológicas têm hoje um impacto que não tiveram antes, por motivos relacionados com a falta de capacidade para moldar essa tecnologia ao ensino.

5.6 A Realidade Aumentada e a matemática

O ensino da matemática desde sempre que ocupa um lugar de relevo no currículo escolar, com uma linguagem específica, a qual permite elaborar uma compreensão e representação do mundo. Esta característica abstrata de abordar conceitos constitui uma dificuldade acrescida para os alunos.

Neste contexto, o ensino da matemática deve-se apoiar em boas práticas de aprendizagem, sem uma base sólida o impacto desta aprendizagem traduz-se num futuro repleto de falhas e erros nos processos de ensino. Sem as ferramentas adequadas, torna-se penoso lecionar os conteúdos da matemática, a tecnologia está presente para agregar várias possibilidades e novos caminhos. Aliar tecnologia ao ensino de matemática pode causar benefícios inacreditáveis para os processos de ensino e aprendizagem.

A Realidade Aumentada permite a alunos e professores uma interação substancialmente melhorada com a aprendizagem da matemática, a conjugação entre dispositivos e aplicações modernas permitem a demonstração de conteúdos visuais, proporcionando a imersão no mundo virtual. Nestas circunstâncias, entende-se que a Realidade Aumentada faculte uma

maior interação do aluno, uma vez que exige a total atenção ao conteúdo demonstrado. Isso é justificado, pois exige do utilizador uma participação corporal, seja ela direta ou indiretamente, e é a partir desta ideia, que se tem a impressão de que o objeto estudado, ao invés de ser apenas virtual, demonstra-se como real.

A disseminação do uso dos dispositivos móveis, do avanço constante da tecnologia e da globalização, são alguns dos meios que podem ser utilizados pelos professores de matemática num esforço para ultrapassar os problemas de aprendizagem dos alunos. Falar em lecionar a matemática requer uma reflexão muito grande, contudo o maior papel do professor é criar uma união entre a teoria e a prática, para que este consiga desenvolver a aprendizagem, e a preparação do aluno para a sociedade.

A maior acessibilidade em termos económicos para adquirir *smartphones* ou *tablets* com alta capacidade de processamento e grande usabilidade potencia a sua utilização em contextos educativos. Assim, há que considerar-se a integração de medias digitais e dispositivos móveis na sala de aula, permitindo aos alunos o acesso a conteúdos e redes educacionais, usando a tecnologia que conhecem bem para construírem e estabelecerem o seu percurso individual de aprendizagem. Estes dispositivos móveis, com ligação à Internet e elevada capacidade de processamento, permitem o uso de aplicações de Realidade Aumentada (Figueiredo et al., 2015).

Num futuro próximo, a maioria dos jovens poderá possuir um *smartphone* ou um *tablet* com capacidade de apresentar informação aumentada para apoiar o seu processo de aprendizagem. Deste modo, o professor pode desenvolver atividades educativas que aproveitem as potencialidades das tecnologias de Realidade Aumentada para melhorar as atividades de aprendizagem (Figueiredo et al., 2014a).

Na Figura 5.4 observa-se uma possível utilização da tecnologia de Realidade Aumentada, que tem por base a existência de marcadores *Quick Response* (QR) para apresentar aos alunos propostas que os envolvam na pesquisa de um caminho para a resolução da tarefa proposta.

1. Na Figura 1, está representado um tabuleiro quadrado dividido em dezasseis quadrados iguais, cujas linhas são A, B, C e D e cujas colunas são 1, 2, 3 e 4. O João tem doze discos, nove brancos e três pretos, só distinguíveis pela cor, que pretende colocar no tabuleiro, não mais do que um em cada quadrado.

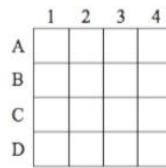


Figura 1

De quantas maneiras diferentes pode o João colocar os doze discos nos dezasseis quadrados do tabuleiro?

- (A) ${}^{16}C_{12}$ (B) ${}^{16}C_9 \times {}^7C_3$ (C) ${}^{16}A_{12}$ (D) ${}^{16}A_9 \times {}^7A_3$



Figura 5.4 – Utilização de marcadores (adaptado de Figueiredo et al., 2015)

O recurso a códigos para a exibição de informações adicionais num dispositivo móvel como seja *smartphones* ou *tablets* é um processo simples. O professor pode usar um código *Quick Response* para associar informações adicionais como seja uma animação ou outra.

Ainda na educação, com recurso à Realidade Aumentada, podem-se alcançar altos níveis de aprendizagem, especialmente na matemática, este rendimento justifica-se pela interatividade. No domínio educacional, mais concretamente no ensino da matemática as potencialidades desta tecnologia são apenas limitadas pela imaginação uma vez que a Realidade Aumentada complementa a perceção e interação com o mundo real, possibilitando ao aluno absorver uma maior compreensão através do ambiente de virtual gerado por dispositivos eletrónicos.

5.7 Realidade Aumentada e Gamification na educação

Para Vianna et al., *gamificação* é definida como o “uso de mecânicas de jogos em contextos diversos, com o objetivo de incrementar a participação e gerar envolvimento por parte de potenciais utilizadores”.

Neste contexto, Deterding et al. (2011), defendem que o termo *gamification*, refere-se à aplicação de elementos presentes nos videojogos, ou ainda em outras atividades fora dos contextos habituais e com finalidade educativa. Os jogos têm deste modo, a sua área de atuação ampliada: ora podem ser aplicados para o desenvolvimento, ora para a aprendizagem. Assim, devido ao grande nível de interação, os dois objetivos são facilmente sobrepostos, gerando, portanto, resultados oportunos.

Pode-se afirmar que o principal objetivo da *gamificação* é criar o envolvimento entre o aluno e uma determinada matéria lecionada, de forma a aumentar o interesse e a eficácia na realização de uma tarefa específica, procurando mudar o comportamento desse aluno.

Nos últimos anos, verificou-se um crescente interesse pelo uso da *gamificação* na área da educação (Borges et al., 2014). Pesquisas mostram que os recursos a procedimentos utilizados nos jogos apontam indícios de contribuição para minimizar o problema da motivação dos alunos durante a realização das atividades em salas de aula, com vista a “transformar” os conteúdos mais apelativos, salas de aulas mais dinâmicas e atrativas e facilitar o trabalho de forma coletiva e colaborativa (Seixas et al., 2014).

Contudo, as dinâmicas de jogos são os resultados dos desejos e motivações proporcionados pelas mecânicas de jogos, fazendo com que a pessoa participe de forma mais interessada na realização de uma atividade específica. São exemplos de dinâmicas de jogos as recompensas, *status*, realização, autoexpressão, competição e altruísmo (Vianna et al, 2013).

Por outro lado, a aplicação desorientada do uso destas técnicas pode desmotivar os alunos e comprometer os resultados. Neste campo, o professor deverá exercer uma ação preponderante, devendo estar atento a sinais que possam de alguma forma interferir no uso da noção *gamificação*, tornando-a contraproducente. Entre estes sinais pode-se destacar:

- Não-aceitação do erro como um factor natural do processo de aprendizagem;
- Não-aceitação de soluções diferenciadas para o mesmo problema;
- Exclusão de feedback constante;
- Não entender a especificação de cada aluno perante o mesmo problema.

A Realidade Aumentada é considerada uma tecnologia que combina e agrega vários meios de informação complementar com objetos do mundo real. Na Realidade Aumentada observa-se a realidade, mas esta é melhorada por camadas de informação, que potenciam o poder cognitivo do objeto ao qual se aplicam. No ensino da matemática, as potencialidades desta tecnologia são apenas limitadas pela imaginação uma vez que a Realidade Aumentada completa a perceção e interação com o mundo real, possibilitando ao aluno aceder a um ambiente de virtual criado pelos dispositivos *smartphones* ou *tablets*.

Para Clua (2014), o recurso à *gamificação* em softwares educacionais e jogos criados com este objetivo tem proporcionado novas abordagens de interação, bem como atividades mais atraentes para os alunos.

A associação cooperativa entre a Realidade Aumentada e a *gamificação* tem demonstrado enormes potencialidades e, no presente momento, existem já exemplos de jogos educativos com grande difusão, como é o exemplo do *Pokemon Go*.

Neste contexto, a implementação de estratégias de Realidade Aumentada associadas à *gamificação* no processo educativo apresenta-se como uma forma muito promissora de motivar intrinsecamente os alunos.

Capítulo 6 - Criação de aplicativo com Realidade Aumentada

O progresso tecnológico latente nos *smartphones* e *tablets*, principalmente no que diz respeito à qualidade de *renderização* e da câmara, ao uso sensores, como bússola e acelerómetro, permitiu a utilização de aplicações de Realidade Aumentada nestes dispositivos. As áreas de aplicações da Realidade Aumentada em tecnologia móvel, abrangem as mais variadas áreas como possam ser jogos, viagens, compras *online*, ciências, saúde, redes sociais, entre outras (van Krevelen & Poelman 2010).

Apesar do desenvolvimento rápido da Realidade Aumentada e associada a esta a disponibilização de inúmeras aplicações, não existem padrões de desenvolvimento definidos para aplicações de Realidade Aumentada móvel, a maioria das aplicações apresenta pouca flexibilidade de dados não autorizando o uso em outros domínios, verificando-se a necessidade de evolução na precisão das tecnologias de localização e reconhecimento de padrões. Um dos problemas subjacente prende-se com a dimensão dos ecrãs nos dispositivos móveis mais latente nos *smartphones* para apresentação das informações virtuais.

Todavia, tendo acesso a todos estes recursos tecnológicos o estímulo passa a ser o desenvolvimento de aplicações que aproveitem estes recursos de forma integrada, seja em aplicações nativas ou híbridas (aplicações web para dispositivos móveis). Por outro lado, existem questões relevantes associadas a restrições e características diferentes de hardware e software dos vários dispositivos, questões de segurança, variabilidades na interface gráfica do utilizador, o consumo de energia do dispositivo entre outros (Wasserman, (2010).

Atendendo ao facto de a Realidade Aumentada ser considerada uma tecnologia emergente, ainda apresenta muitos desafios. As características específicas de hardware apresentam-se como verdadeiros desafios para a engenharia de *software* (Nilsson & Johansson, 2006; Tori, 2010). Na sua essência, a Realidade Aumentada é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador num ambiente real, utilizando para isso algum dispositivo tecnológico. Deste modo, o utilizador pode interagir simultaneamente, tanto com objetos virtuais como com os objetos físicos.

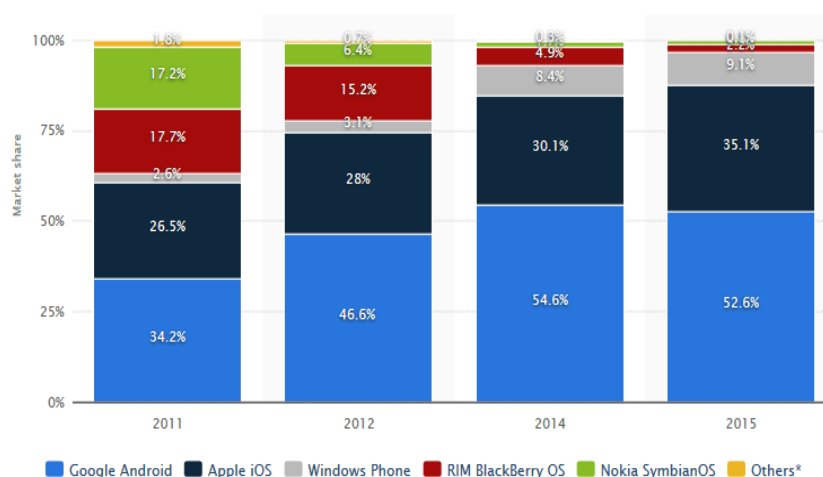
Contudo, para que esta situação possa acontecer um conjunto de dispositivos óticos e táteis necessitam de interação e sincronização, para adequar-se da melhor maneira aos sentidos humanos (Tori & Kirner, 2006). São vários aspetos críticos, tais como: registro, calibração, rastreamento, distorção, *rendering*, latência, iluminação, foco, contraste, sombras, percepção

de profundidade, sobreposição, oclusão e colisão. São desafios relacionados à capacidade de processamento dos dispositivos táteis e óticos (Azuma et al., 2001; Tori, 2010).

6.1 O Android

Antes de aparecer o sistema operativo *Android*, o mercado de desenvolvimento de aplicações apresentava-se fechado, apenas as operadoras de comunicações e algumas empresas específicas controlavam as aplicações que eram desenvolvidas e incluídas nos dispositivos móveis. Acompanhando a evolução do mercado, os fabricantes liberalizaram um kit de desenvolvimento de software (SDK) para as plataformas e criaram lojas de distribuição de aplicações, o que permitiu que qualquer empresa ou até mesmo um programador independente produzisse aplicações para os dispositivos móveis, aumentando desta forma as oportunidades de negócio (Monteiro, 2012).

A plataforma *Android* é composta de um sistema operativo baseado em Linux, *middlewares* (responsáveis pela comunicação do software com a aplicação) e um conjunto de aplicações principais, como gestor de contactos, navegador de internet, gestor de chamadas, entre outros. O desenvolvimento do *Android* iniciou-se em 2003 com a empresa *Android Incorporation*, que foi comprada pela gigante Google em 2005. Atualmente é líder no desenvolvimento da plataforma (Monteiro, 2012). A Figura 6.1 ilustra a evolução dos sistemas operativos para dispositivos moveis (fonte: *statista.com*).



© Statista 2016

Figura 6.1 - Mercado dos principais sistemas operativos móveis no Reino Unido entre 2011 a 2015.

Como se pode observar na Figura 6.1, o site (statista.com), apresenta a quota de mercado de *smartphones* realizada pelos principais sistemas operativos móveis no Reino Unido entre 2011 a 2015. Em 2015, o sistema operativo móvel líder e destacado dos restantes em *smartphones* continua a ser *Android*, oferecido pelo Google. O *Android* detinha uma quota de mercado de *smartphones* de 52,6%.

Tendo em conta que o sistema operativo é baseado em Linux, este encarrega-se da gestão da memória e dos processos que são executados, o que permite que várias aplicações possam ser executadas ao mesmo tempo (Lecheta, 2013). Fazendo uso das facilidades oferecidas por esta plataforma única de desenvolvimento é possível realizar a integração das novas aplicações desenvolvidas com aplicações nativas de uma forma simples, criando assim aplicações mais dinâmicas.

A linguagem de programação para *Android* é *Java*. Esta é considerada como uma referência no desenvolvimento *mobile*. Porém, para se obter uma rentabilidade mais elevada do hardware, o processo de transformação de um código fonte em uma aplicação executável não é o mesmo de uma aplicação *Java* tradicional. Torna-se necessário um compilador e algumas ferramentas adequadas. Primeiro, o compilador irá fornecer uma codificação otimizada e em seguida procedimentos especiais irão transformar o código compilado em um formato para o *Android* (Griffiths, 2015). Para responder a esta necessidade surgiu o kit de desenvolvimento de software (SDK) específico para o *Android*.

6.1.1 *Android 7 “Nougat”*

A versão do sistema operativo *Android* disponibilizado em agosto de 2016 recorre a múltiplas camadas de proteção para manter os utilizadores e o sistema seguros. Uma dessas camadas é verificada na inicialização do sistema, o que melhora a segurança pois recorre a integridade criptográfica para detetar alterações no sistema operativo.

O *Android 7 Nougat* introduz uma variedade de novos recursos e capacidades para os utilizadores e programadores. Deste modo, uma das grandes novidades é o recurso multitarefa permitindo o uso na plataforma de múltiplas aplicações (janelas). Este recurso permite aos utilizadores abrir duas aplicações no ecrã ao mesmo tempo. Em dispositivos com o sistema operativo *Android 7*, os utilizadores podem executar duas aplicações lado-a-

lado ou uma acima da outra no modo de ecrã dividido, estas aplicações podem-se redimensionar, para tal basta arrastar o divisor entre elas.

Em dispositivos *Android TV*, as aplicações podem colocar-se no modo picture-in-picture, permitindo-lhes continuar a exibição de conteúdo enquanto o utilizador navega ou interage com outras aplicações.

Especialmente em *tablets* e outros dispositivos com ecrã maior, o suporte de múltiplas janelas dá-lhe novas formas de envolver os utilizadores, esta funcionalidade permite a noção de *drag-and-drop*, inclusive entre aplicações, disponibilizando uma ótima forma de melhorar a experiência do utilizador.

O sistema operativo *Android*, desenvolvido sob a égide de código aberto, apresenta-se como uma pilha de *software* desenvolvido para uma grande variedade de dispositivos com diferentes fatores e formas. A Figura 6.2 representa a estrutura do sistema operativo *Android*.

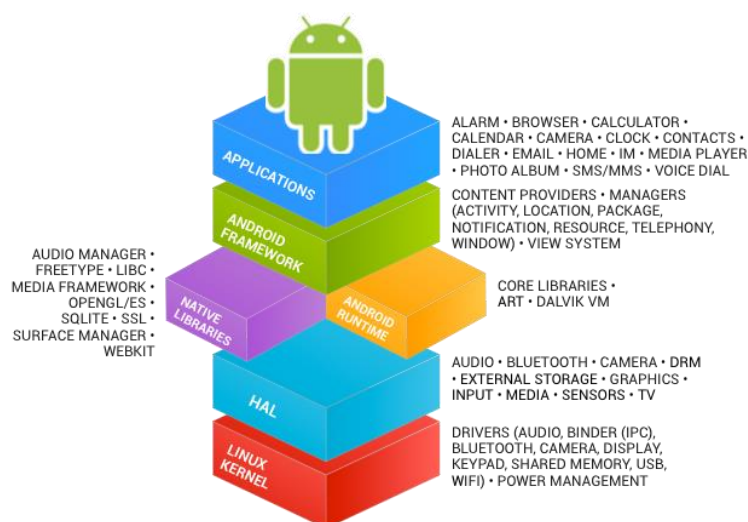


Figura 6.2 – Estrutura do sistema operativo *Android* (adaptada de *source.android.com*)

6.2 Bibliotecas de Realidade Aumentada

6.2.1 AndAR

AndAr, é um projeto sob a égide de código aberto, foi desenvolvida para o sistema operativo *Android*, permite o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. Esta biblioteca reconhece marcadores no mundo real através da câmara e renderiza informações na imagem capturada. Disponibiliza reconhecimento de marcadores, reconhece a utilização de código de barras, assim como de *QR Code*. Permite adicionar recursos de navegação em mapas,

mensagens informativas para os utilizadores e localização geográfica do utilizador. A documentação é limitada.

6.2.2 ARToolkit

A biblioteca *ARToolKit* considerada um dos primeiros *softwares* para desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada encontra-se disponível para vários sistemas operativos, *Android*, *Windows*, *Linux*, *IOS*. Com a capacidade de apresentar objetos tridimensionais no *OSG*, *OpenGL* e *OBJ*, contudo a documentação da biblioteca *ARToolKit* recomenda usar o formato *OSG*.

A biblioteca socorre-se de recursos de visão computacional para identificação de marcadores para sobreposição de modelos 3D. A biblioteca com recurso da câmara efetua a deteção de marcador, os quais são convertidos numa imagem binária. É com base no contraste entre o branco e o preto e pela iluminação natural ou artificial que o sistema reconhece a imagem geométrica (quadrada) e estabelece relações com as informações a serem inseridas sobre o local. Os padrões de localização são previamente definidos na programação, que estabelece a relação entre a imagem do marcador na realidade física e a imagem digital correspondente dentro da biblioteca. Quando estes marcadores são reconhecidos é adicionado um objeto virtual ao ambiente real, na posição do marcador. Faz uso de métodos de visão computacional para fornecer informações como posição, tamanho e rotação 3D expresso por marcadores 2D previamente registados na aplicação (Cunha C., 2010). A Figura 6.3 representa o ciclo de vida da interação da biblioteca *ARToolKit* com os marcadores de forma a apresentar a noção de Realidade Aumentada.

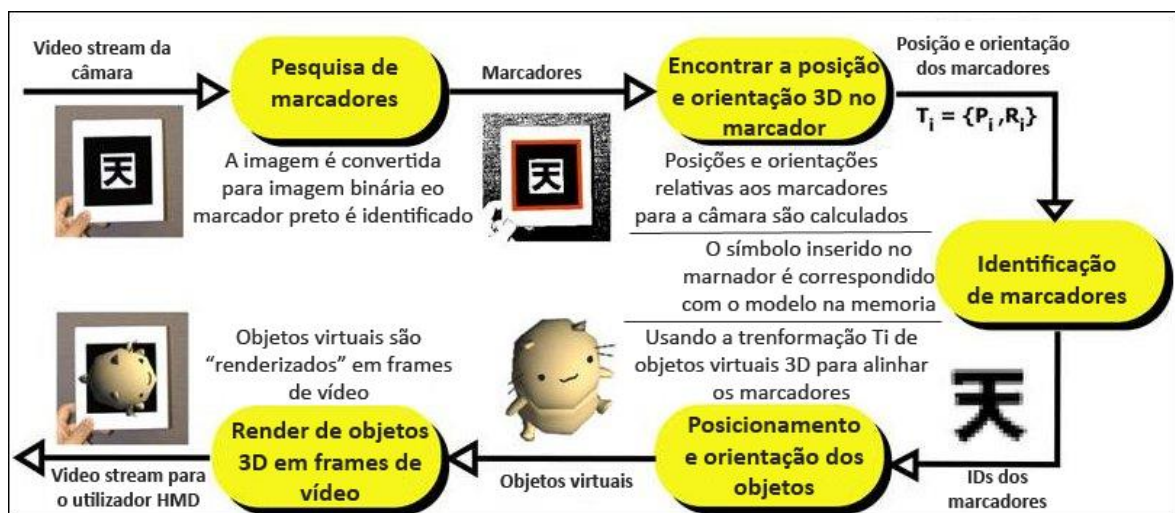


Figura 6.3 - Sistema de rastreamento de marcadores da biblioteca *ARtoolKit*
(adaptada de hitl.washington.edu/artoolkit)

Para detetar o marcador, o processo é realizado em cada *frame* do vídeo capturado em tempo real. Em cada um destes *frames* é possível encontrar diversas regiões de interesse, todavia, na maioria dos casos podem não representar um marcador, o *software* deve reconhecer o marcador entre vários modelos de padrões previamente registados (Farias et al. 2006).

Existem algumas limitações para sistemas de Realidade Aumentada baseados puramente em visão computacional. Naturalmente os objetos virtuais só irão aparecer quando as marcas de rastreamento estão à vista. Isto pode limitar o tamanho ou o movimento dos objetos virtuais. O que também significa que se os utilizadores podem esconder parte do padrão com as mãos ou outros objetos, isto implica que o objeto virtual desapareça.

Verifica-se também problemas de alcance, deve-se ter em linha de conta o facto de a câmara estar muito afastada do marcador e a aplicação não ser capaz de o detetar corretamente.

A complexidade do padrão do marcador, pode trazer algum “arrastamento” do objeto. Quanto mais simples o padrão melhor. Padrões com grandes regiões preto e branco (ou seja, padrões de baixa frequência) são os mais eficazes.

O rastreamento de marcadores pode também ser afetado pela sua orientação relativa à câmara. À medida que os marcadores se apresentam mais inclinados numa perspetiva sob o eixo horizontal (em relação à câmara), aumenta a dificuldade de reconhecimento do marcador.

6.2.2.1 Marcadores

Atendendo à necessidade da aplicação conhecer a posição e orientação de elementos reais, o rastreamento implementado no *ARToolKit* ajuda nestas necessidades. Os marcadores identificados pela biblioteca contêm figuras geométricas quadradas, os quais contêm no seu interior símbolos para identificá-los. A Figura 6.4 mostra um exemplo de marcador, com símbolos para a sua identificação. Os melhores marcadores são considerados padrões assimétricos e sem muitos detalhes.

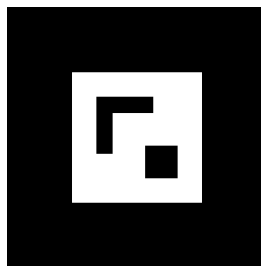


Figura 6.4 – Exemplo de um marcador

A biblioteca extrai, da imagem de vídeo em preto e branco, as bordas do quadrado em preto, utiliza-se uma moldura em branco envolvendo esse quadrado para promover o contraste no próprio marcador, viabilizando o seu reconhecimento sobre superfícies de cores escuras. Problemas de iluminação podem afetar o reconhecimento do marcador.

6.2.2.2 Rastreamento

No *ARToolKit* o rastreamento é o responsável pelo processamento da imagem, a cada *frame* obtém informações sobre o marcador, assim como a identificação de características do mesmo, além de avaliar sua posição e orientação. Nesse caso, a obtenção da posição e orientação do marcador é realizada através da análise da imagem de vídeo, que estabelece o relacionamento entre as coordenadas do marcador e as coordenadas da câmara, como demonstrado na Figura 6.5 (Kato & Billingham, 1999).

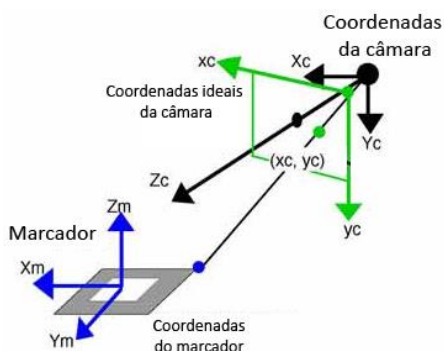


Figura 6.5 – Relação entre os sistemas de coordenadas do marcador e a câmara.
(adaptada de Santin & Kirner)

O relacionamento entre as coordenadas do marcador e as coordenadas da câmara é feito por uma matriz 3x4, designada “matriz transformação”. A Figura 6.6 mostra a multiplicação de uma matriz transformação "T" por um ponto 3D no marcador (X_m, Y_m, Z_m), obtendo o ponto correspondente no sistema de coordenadas da câmara (X_c, Y_c, Z_c), Santin & Kirner (fonte: ckirner.com).

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix}$$

Figura 6.6 – Manipulação de matrizes (adaptada de Santin & Kirner).

Com a finalidade de estimar a posição e orientação do marcador, através da análise da imagem de câmara, é preciso aplicar os parâmetros de câmara, no intuito de corrigir as distorções inerentes à câmara (Lepetit e Fua, 2005). Assim, é possível calcular, com alguma exatidão, a relação entre as coordenadas 3D do mundo e as coordenadas 2D da imagem (Abdullah e Martinez, 2002).

6.2.3 ARTag

A ferramenta *ARTag* baseada em *ARToolKit* é considerada mais robusta na deteção de marcadores. O *ARTag* surgiu, conforme descreve Fiala (2005), com o objetivo de corrigir alguns problemas do *ARToolKit*, principalmente na deteção de marcas. Existem três problemas na deteção de marcas, tais como:

- **falso-positivo**, quando o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe;
- **falso-negativo**, quando o sistema não acusa a presença de um marcador, mas ele existe;
- **confusão entre marcas**, quando o marcador no ambiente é um e o sistema o identifica como sendo outro.

De forma a resolver estes problemas, desenvolveu-se imunidade à iluminação, à oclusão e à restrição do plano. Na imunidade à iluminação, deve utilizar-se o *ARTag* em locais sob iluminação controlada. Com a imunidade à oclusão, os marcadores devem estar completamente visíveis para uma boa deteção (Fiala 2005).

Um dos problemas que esta biblioteca pretende responder face ao *ARToolkit* consiste na deteção de marcadores no que diz respeito à abordagem das linhas de fronteira entre o preto e branco, utilizando apenas dois fatores extremos sobre o fluxo de luminosidade que incide numa superfície destes.

6.2.4 DroidAR

A biblioteca *DroidAR* está vocacionada para a Realidade Aumentada Móvel (RAM) e para o sistema operativo *Android*. Como principal característica tem a capacidade de reconhecer marcadores no campo de visão da câmara do dispositivo, projeta objetos 3D sobre os marcadores, contudo não reconhece o padrão *QR Code*. Como características complementares permite adicionar mapas, mensagens informativas para os utilizadores e a localização geográfica do utilizador.

6.2.5 FLARToolKit

A biblioteca *FLARToolKit* criada para o desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada em Flash, permite a execução de aplicações de Realidade Aumentada, sem que o utilizador tenha de instalar nenhum *software* específico no dispositivo. É considerada uma das primeiras bibliotecas de Realidade Aumentada para a web. Foi desenvolvida em código aberto, tendo tido por base uma outra biblioteca *NyARToolkit*. Existe uma versão desta biblioteca para *Adobe ActionScript® 3 (AS3)*. Para criar a noção de Realidade Aumentada, utiliza recursos de rastreamento de vídeo que calculam a posição e a orientação dos marcadores em relação ao vídeo capturado pela câmara do dispositivo.

6.2.6 osgART

A biblioteca *osgART* é um *software* multiplataforma, desenvolvida em C/C++, para a renderização, interação e desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada. Integra o seguimento de marcadores, para tal, recorre a funcionalidades gráficas avançadas de 3D *OpenSceneGraph (OSG)*. A biblioteca acrescenta nós adicionais e funcionalidade para o grafo de cena *OSG*, tornando-se desta forma o desenvolvimento rápido e simples de aplicações de alta qualidade gráfica em Realidade Aumentada.

Esta biblioteca possibilita aos programadores obter os benefícios de todos os recursos do *OpenSceneGraph*, como seja renderização de alta qualidade, diretamente nas aplicações de Realidade Aumentada. São suportadas técnicas de visualização avançada, como sejam os efeitos de *renderização* foto-realistas, como sombras, reflexões, oclusão, refração, assim como a *renderização* realista *non-photo*. A biblioteca também agrega múltiplas tecnologias de seguimento, tanto o seguimento baseado em marcadores como o seguimento natural.

6.2.7 NyARToolKit

Esta biblioteca é uma derivação da biblioteca *ARToolKit*, foi escrita exclusivamente em *Java*. Este facto traduz-se numa maior lentidão na execução do que a original (*ARToolKit*), mas totalmente independente da arquitetura e sistema operativo.

Tal como o *ARToolkit*, a biblioteca *NyARToolKit* também utiliza o seguimento baseado em marcadores, sendo considerada uma escolha ideal para o desenvolvimento de uma aplicação em Realidade Aumentada que possa ser executada em diferentes plataformas e sistemas operativos. Como características, podem-se enumerar:

- Seguimento baseado em marcadores;
- Fácil calibração da câmara;
- Biblioteca gráfica simplificada;
- Implementação simples para aplicações baseadas em Realidade Aumentada;
- Suporte para plataformas diversas;
- Suporte à tecnologia 3D VRML;
- Rápida renderização baseada em *OpenGL*;
- Suporta diferentes entradas de vídeo (USB, *firewire*, placa de captura) e diferentes formatos (RGB/YUV420P, YUV).

6.2.8 Studierstube

Esta biblioteca foi desenvolvida pela Universidade de Tecnologia de Viena, *Studierstube* (Schmalstieg et al, 2002) é considerada como uma ferramenta para o desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada. A biblioteca permite a geração de imagens tridimensionais que podem ser partilhadas tanto face a face, quanto de forma remota. A grande vantagem deste sistema assenta na noção de que o estudante consegue ver as imagens das figuras geométricas como objetos 3D, aumentando a sua perceção na elaboração desses objetos geométricos.

6.2.9 Vuforia

A biblioteca de desenvolvimento aplicacional, originalmente desenvolvida pela *Qualcomm* e posteriormente adquirida pela *PTC*, o SDK está constantemente evoluindo e é compatível com os sistemas *Android*, *iOS*, é também compatível com a plataforma Unity. *Vuforia* não

é uma biblioteca de código aberto, porém não acarreta qualquer encargo inicial para desenvolvimento ou para utilização com fins educacionais.

Esta biblioteca permite uma experiência melhor e mais criativa numa aplicação da Realidade Aumentada para dispositivos móveis. Esta plataforma utiliza reconhecimento de imagem baseada em visão por computador é estável e tecnicamente eficiente, oferecendo o mais vasto conjunto de recursos e capacidades, dando aos desenvolvedores a liberdade de estender as suas visões, sem limitações técnicas.

A arquitetura oferece um objeto de estado para o programador, que contém informações sobre alvos reconhecidos, bem como o conteúdo da câmara. Após processar os dados, o sistema pode grosseiramente localizar-se no mundo com base nas suas coordenadas: saber onde é “em cima”, “em baixo”, esquerda, direita, e assim por diante. As coordenadas fornecem muitas possibilidades, entre as quais se destacam:

- **Usando coordenadas globais:** qualquer tipo de objeto pode ser exibido através de uma referência arbitrária, ignorando obstáculos reais, mas considerando a localização global obtida;
- **Reconhecendo alvos:** a biblioteca pode efetuar pesquisas na informação recebida do mundo real e procurar imagens específicas como "alvos";
- **Reconhecendo objetos simples:** objetos simples como caixas e cilindros podem ser reconhecidos utilizados como pontos de ancoragem;
- **Reconhecendo objetos complexos:** pode também pesquisar objetos complexos, como brinquedos, parte de computadores, aparelhos e outros;
- **Procurando por palavras:** palavras em inglês também podem ser compreendidas pela biblioteca. Isto pode ser útil para ferramentas de aprendizagem para crianças ou para traduções de idiomas;
- **Reconhecendo terreno:** uma das funcionalidades mais poderosas disponíveis na biblioteca é a habilidade de reconhecer o mundo como ele é.

6.3 O IDE *Android Studio*

A história do *Android* começou por ser um projeto inicialmente desenvolvido por uma *startup* americana em outubro de 2003 chamada *Android Inc.* Esta empresa foi adquirida mais tarde pela Google, em agosto de 2005, que por sua vez melhorou o projeto e o

disponibilizou à comunidade em 2007 com o objetivo de apresentar a primeira plataforma de código aberto para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis.

O *Android Studio* diferente das outras ferramentas mais populares, como o *Eclipse* que se baseia no *plugin* do *Android Developers Tools* (ADT), por ter uma estrutura própria para o desenvolvimento de aplicações para *Android* e utilizar nativamente o *Gradle* para automatizar funções que fazem parte do processo de implementação.

O *Android Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), oficial para o desenvolvimento para aplicações na plataforma *Android*. Foi anunciado em 16 de maio de 2013, na conferência Google I/O e é disponibilizado gratuitamente sobre a licença *Apache 2.0*.

Um conjunto de pormenores do *Android Studio* torna-o como a principal escolha de IDE, em oposição ao *Eclipse*. Para Carvalho, (2013), os temas para a seleção do aspeto da interface gráfica, a personalização de teclas de atalho, o *autocomplete* do código sem pressionar teclas de atalho, a integração com sistemas de controlo de versão e a criação de *layouts* com recursos a *drag-and-drop* de componentes no ecrã, destacam-se como vantagens do *Android Studio*.

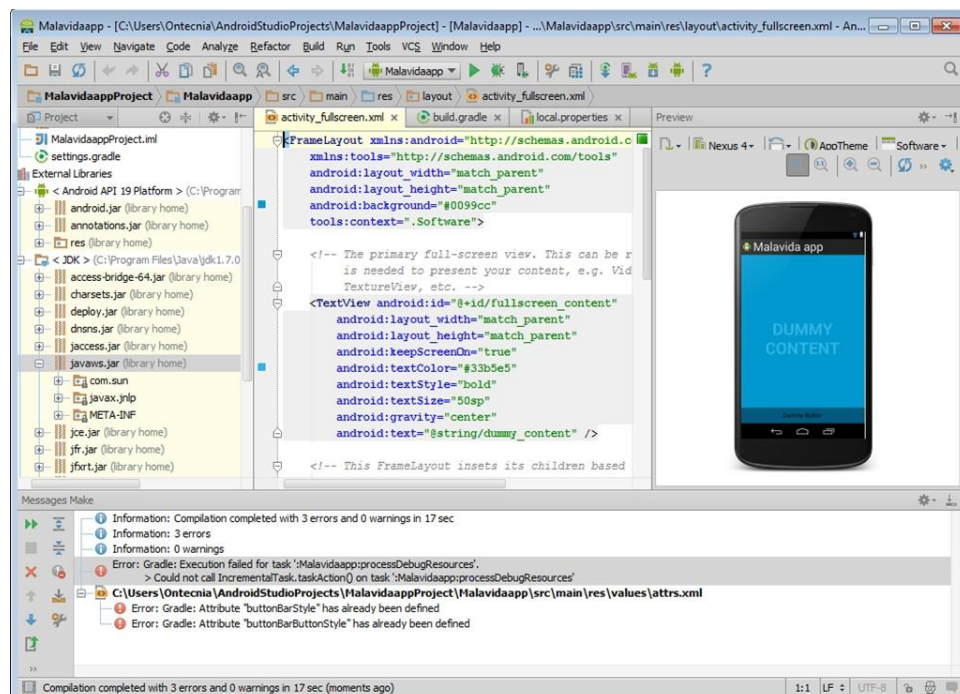


Figura 6.7 – Visão geral do *Android Studio*.

6.3.1 *Android SDK*

O *Android SDK* é um *software* utilizado para desenvolver aplicações no *Android*, o qual contém um emulador para simular o dispositivo, assim como um conjunto de ferramentas utilitárias, e uma API completa para a linguagem *Java*.

O *Android SDK*, está incluído na instalação do *Android Studio*, agrega tudo o que é necessário para desenvolvimento de *softwares* para *Android*. Neste *kit* encontram-se algumas ferramentas de desenvolvimento - como compilador e depurador de código, um emulador de máquinas virtuais, documentação e exemplos de código (Meier, 2009).

Com cada nova versão do sistema operativo, é disponibilizada uma nova versão do *Android SDK*. Torna-se necessário realizar uma escolha sobre o qual SDK que será usado, tendo em vista a versão do *Android*, alvo do projeto.

A referida API é instalada juntamente com o *Android Studio*, incluindo todas as classes necessárias para o desenvolvimento de aplicações. As ferramentas do *Android SDK* compilam o código, em conjunto com todos os arquivos de dados e recursos, em um APK, que é o pacote do *Android*, com sufixo *.apk*. Os arquivos de APK contêm todo o conteúdo de uma aplicação para *Android*.

Deve-se ter em consideração que cada atualização de uma nova versão do sistema operativo *Android*, é acompanhado por uma versão do SDK adequada. Assim torna-se necessário realizar uma escolha sobre qual SDK será usado no desenvolvimento da aplicação, tendo em vista a versão do *Android* alvo do projeto.

Antes de distribuir um software para os utilizadores, torna-se essencial compilar, testar e acondicionar em um pacote o código fonte. Um sistema de *build*, como o *Gradle*, automatiza esta sequência de instruções com recurso a *scripts*. A cada nova execução, tal sequência padronizada produzirá resultados similares, mas o sistema é flexível e permite ajustes no processo para atender alguma necessidade (Ikkink, 2012).

6.4 Desenvolvimento de um aplicativo

No desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada deve-se ter em linha de conta a cientificidade, a flexibilidade e a interatividade. Outro aspeto importante centra-se no conteúdo das aplicações, este deve cumprir os princípios científicos e ser compreensível, de forma a que os professores possam tirar partido da sua aplicabilidade no ensino, no sentido

de criar interatividade com os alunos, para que estes se sintam mais motivados (Pengcheng, et al. 2011).

Após uma análise criteriosa das bibliotecas abordadas no ponto anterior e atendendo à necessidade de se desenvolver uma aplicação em *Android* com recurso ao IDE *Android Studio*, optou-se pela biblioteca *ARToolKit*. Esta opção teve em linha de conta aspetos como o rastreamento ótico, que implementa técnicas de visão computacional para identificar e estimar em tempo real a posição e a orientação de um marcador, a robustez, a integração com o IDE e apresentar-se como uma biblioteca nativa, isto é, sem depender de outras.

O desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada com recurso à biblioteca *ARToolKit* requer os seguintes passos que são descritos no Quadro 6.1. Em cada passo é identificada a função *core* correspondente da biblioteca *ARToolKit*.

Passo do <i>ARToolKit</i>	Função do <i>ARToolKit</i>
1. Inicializa a aplicação <ul style="list-style-type: none"> • Inicializar o caminho dos parâmetros de vídeo; • Ler os arquivos de padrões de marcadores; • Ler os parâmetros de câmara; 	<i>Init</i>
2. Captura uma <i>frame</i> da entrada de vídeo;	<i>arVideoGetImage</i>
3. Deteta os marcadores e reconhecer os padrões na <i>frame</i> capturada da entrada de vídeo;	<i>arDetectMarker</i>
4. Calcula a transformação da câmara em relação aos padrões detetados;	<i>arGetTransMat</i>
5. Desenha os objetos virtuais nos padrões detetados;	<i>draw</i>
6. Fecha o dispositivo de vídeo.	<i>cleanup</i>

Quadro 6.1 – Passos do desenvolvimento de uma aplicação RA com *ARToolKit*.

Os passos 2 a 5 são repetidos ininterruptamente até que a aplicação termine, já os passos 1 e 6 são executados, respetivamente, apenas na inicialização e na finalização da aplicação.

Conforme se pode observar no Quadro 6.1 são descritas sumariamente as funções da biblioteca *ARToolKit*:

1. A função *init()* é invocada a partir da função principal e é usada para definir o caminho dos parâmetros para os marcadores e para ler as características do dispositivo de vídeo. Nesta função, ainda se inicializam os parâmetros iniciais da aplicação *ARToolKit*;

2. A função *arVideoGetImage* é usada para obter a primeira *frame* de vídeo e subsequentes. Deve-se ter em conta o facto de algumas câmaras não possuírem configuração para inversão vertical da imagem. Atendendo ao processamento que estiver a ser feito, esta etapa pode deixar a aplicação mais lenta;
3. Com recurso à função *arDetectMarker*, a biblioteca deteta os marcadores na *frame* de vídeo. Na eventualidade de ser reconhecido o marcador, a biblioteca *ARToolKit*, devolve o número do mesmo, atendendo à possibilidade de poder existir mais de um marcador;
4. A transformação entre os marcadores e a câmara pode ser encontrado com recurso da função *arGetTransMat*. A posição real da câmara e a sua orientação em relação ao marcador *i* estão contidos na matriz 3x4 (ver Figura 6.6);
5. A função *draw* é invocada para desenhar o objeto virtual na posição do marcador. A matriz 3x4 é convertida num arranjo de 16 posições. Estes são os 16 valores da posição e orientação da câmara real. Estes valores são usados para posicionar exatamente os objetos virtuais com o marcador físico, de forma a ficarem perfeitamente alinhados.

6.4.1 *ARToolKit* para *Android*

A maioria das aplicações desenvolvidas para *Android*, baseiam-se em *Java*. Neste seguimento o *Android Studio* fornece um ambiente generoso para o desenvolvimento de aplicações *mobile*, ainda que seja possível o desenvolvimento de aplicações em C/C++.

Considerando que a implementação de uma aplicação em Realidade Aumentada necessita de efetuar chamadas ao sistema operativo *Android*, como seja a necessidade de obter *frames* da câmara de vídeo em tempo real, a simples implementação em *Java* poderia ter como consequências o arrastamento da aplicação ou simplesmente algumas paragens na aplicação, ou seja, a incapacidade de resposta em tempo real.

Tendo em conta estes possíveis constrangimentos, é possível “misturar” o melhor dos dois mundos.

A biblioteca *ARToolKit* na sua versão para *Android* implementa uma “ponte” denominada *ARBaseLib* a qual faz uso de *ARToolKitWrapper* para a biblioteca nativa em C++.

Na Figura 6.8 observa-se esta situação.

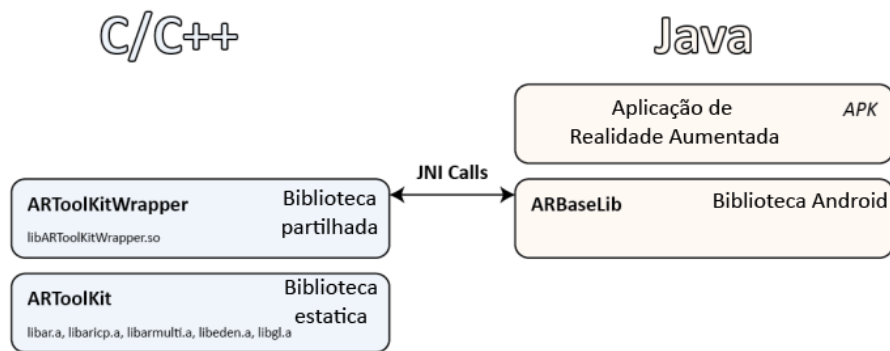


Figura 6.8 – Ponte entre a biblioteca nativa e *ARBaseLib*.
(adaptada de *artoolkit.org*)

ARToolkitWrapper é uma biblioteca partilhada, desenvolvida em C++ que disponibiliza um pequeno conjunto de funções para gerir o ciclo de vida da biblioteca *ARToolkit*. Estas funções incluem a inicialização, adição de marcadores, disponibilização da matriz de projeção, consulta da matriz de transformação e limpeza final de recursos.

Recorrendo a *JNI*, estas funções são mapeadas para uma classe dentro da biblioteca *ARBaseLib* do *Android*, de modo a que elas possam ser invocadas em *Java*.

A biblioteca *ARBaseLib* disponibiliza várias classes importantes, entre as quais se destacam:

- ***ARToolkit***, responsável pela invocação das chamadas nativas;
- ***ARActivity***, a classe base para realizar uma atividade baseada em Realidade Aumentada;
- ***ARRenderer***, a classe base para realizar a *renderização* de objetos de Realidade Aumentada.

A classe *ARActivity* trata da criação da hierarquia de exibição a qual irá implementar a noção de Realidade Aumentada em tempo real. A vista final da noção de Realidade Aumentada é criada por *frames*, recorrendo-se à tecnologia *OpenGL* sobre a *frame* de visualização da câmara.

Na Figura 6.9 ilustra-se como a interface do utilizador é composta para produzir uma visão de Realidade Aumentada. Nesta Figura 6.9 a *FrameLayout* é usada para armazenar os pontos de vista, isto porque os “filhos” desta são empilhados uns em cima dos outros, resultando no arranjo necessário para criar a noção de Realidade Aumentada.

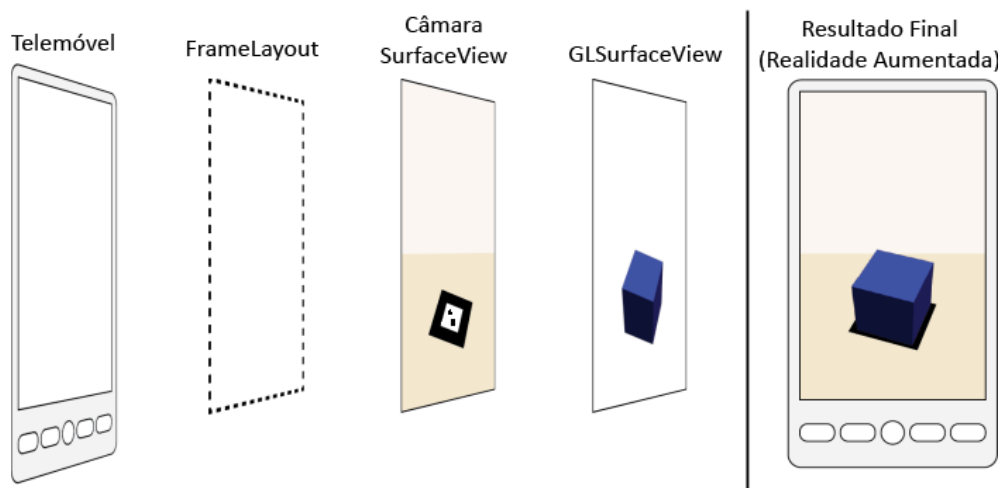


Figura 6.9 – Implementação da Realidade Aumentada com *ARToolKit*.
(adaptada de *artoolkit.org*)

O *Android* não permite o acesso à câmara através de código nativo C/C++, apenas em código *Java*. Recorrendo a *Java*, pode-se obter informação da câmara e capturar os *frames* para a criação da Realidade Aumentada.

Esta situação denota que a biblioteca *ARToolKit* não pode iniciar a captura de vídeo, porém, deve esperar que a aplicação *Java* inicie e passe informações de vídeo e *frames*, fazendo uso de chamadas JNI. A captura de vídeo requer uma coordenação entre as bibliotecas correspondentes a cada lado das invocações JNI.

A Biblioteca *ARToolKit* permite a adição de novos marcadores. Na codificação da aplicação pode-se implementar um único marcador ou vários simultaneamente.

O Quadro 6.2 representa a inserção de um marcador simples.

```
markerID = ARToolKit.getInstance().addMarker("single;Data/uaberta.patt;80");
```

Quadro 6.2 – [Adição de um marcador à aplicação.](#)

No Quadro 6.3 representa-se a forma de inserir múltiplos marcadores.

```
markerID = ARToolKit.getInstance().addMarker("multi;Data/uaberta.dat");
```

Quadro 6.3 – [Adição de múltiplos marcadores.](#)

Conforme referido, a implementação da noção de Realidade Aumentada faz-se recorrendo à câmara vídeo. Em cada *frame* obtida da câmara, verifica-se a existência do padrão

previamente fornecido. Assim quando se reconhece o marcador na câmara é despoletado um evento que informa a aplicação desta realidade.

O Quadro 6.4 representa o código desta situação.

```
// Se o marcador está visível, desenha-se o objeto
if (ARToolkit.getInstance().queryMarkerVisible(markerID)) {
    gl.glMatrixMode(GL10.GL_MODELVIEW);
    gl.glLoadMatrixf(ARToolkit.getInstance().queryMarkerTransformation(markerID), 0);
    cube.draw(gl);
}
```

Quadro 6.4 – [O marcador é reconhecido e apresenta-se um objeto.](#)

No Quadro 6.4 é representado um cubo recorrendo à tecnologia *OpenGL*. A biblioteca *OpenGL ES (OpenGL for Embedded Systems)* é considerada uma biblioteca de código aberto, para recurso de computação gráfica, contém um conjunto de funções que possibilitam o acesso direto ao hardware de vídeo (câmara), implementa uma interface de baixo nível flexível e poderosa entre software e a aceleração de gráficos. O *OpenGL ES* aborda de uma forma eficaz tanto os desenhos na forma vetorial, definidos por vértices, como mapa de bits, definidos pixel-a-pixel (imagens). O sistema operativo *Android* inclui suporte para apresentação de gráficos em 2D ou 3D, com recursos à biblioteca *OpenGL ES*.

O resultado do código apresentado no Quadro 6.4 apresenta um cubo no marcador, quando este é detetado pela câmara. A Figura 6.10 representa o resultado deste código.

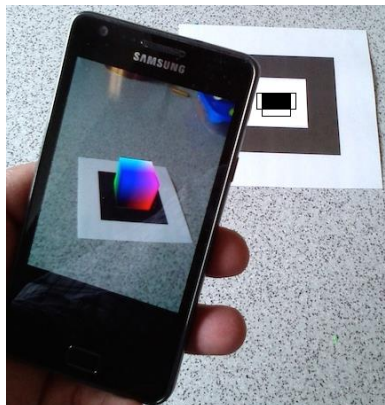


Figura 6.10 – Uma cena de Realidade Aumentada.
(Adaptada de, [roboquark.wordpress.com](#))

Capítulo 7 – Estudo empírico

O estudo empírico foi realizado em duas turmas do 7.º ano de escolaridade envolvendo a interação do Livro Eletrónico e de uma aplicação de Realidade Aumentada. O Livro Eletrónico foi apresentado num *tablet*, o qual mostra dois marcadores distintos que foram associados a cada problema apresentado. A aplicação de Realidade Aumentada, instalada num *smartphone*, faz uso da câmara, quando esta é direcionada para os referidos marcadores, apresenta a solução ao problema exposto. A abordagem tida em conta nesta investigação levou-se a cabo em espaços temporais diferentes, apesar de semelhante exigiu formas de atuação diferentes, tendo em conta a realidade de cada turma.

Contudo e para uniformizar as metodologias desta investigação de forma a serem as mais homogéneas possíveis, a abordagem prática focou-se nos mesmos princípios. Assim, este estudo na sua componente prática realizou-se da seguinte forma:

1. Foi desenvolvido um Livro Eletrónico no formato pdf, atendendo ao tipo de dispositivo utilizado, com dois problemas enquadrados na matéria lecionada na data da realização desta componente prática. Neste Livro Eletrónico, foram incorporadas duas questões sobre funções (afim e lineares);
2. Recorrendo ao aplicativo *Blender* (blender.org) foram criados os objetos em 3D para a renderização do objeto no dispositivo *smartphone*. Este objeto representa a solução do problema apresentado aos alunos;
3. Com recurso ao *Android Studio*, desenvolveu-se um aplicativo para *Android*, o qual implementa toda a noção de Realidade Aumentada.

Por outro lado, na sala de aula a abordagem baseou-se no seguinte:

1. Breve explicação à turma do que se pretendia com esta investigação;
2. Distribuição do *tablet* (a grupos) de alunos para a realização dos problemas propostos;
3. Interação com os *smartphones* e verificação/consulta das soluções apresentadas;
4. Distribuição e preenchimento individual dos inquéritos.

Atendendo ao facto que o investigador foi o principal agente de recolha de dados através da observação não participante, registada em notas de campo, houve a necessidade de interagir com os alunos através de reações ou comentários da aplicação do inquérito.

Com a realização dos inquéritos pretendeu-se:

- Investigar a reação dos alunos ao Livro Eletrónico e à aplicação de Realidade Aumentada para o ensino;
- Procurar aspetos que suscitassem dúvidas ou que apresentassem dificuldades aos alunos;
- Obter opiniões dos participantes sobre estes sistemas.

A figura 7.1 ilustra o protótipo criado para apresentação na sala de aula. Este protótipo representa uma conjugação entre os Livros Eletrónicos (neste caso em formato PDF) e a Realidade Aumentada. A aplicação ao reconhecer o marcador apresenta a solução do problema proposto aos alunos.

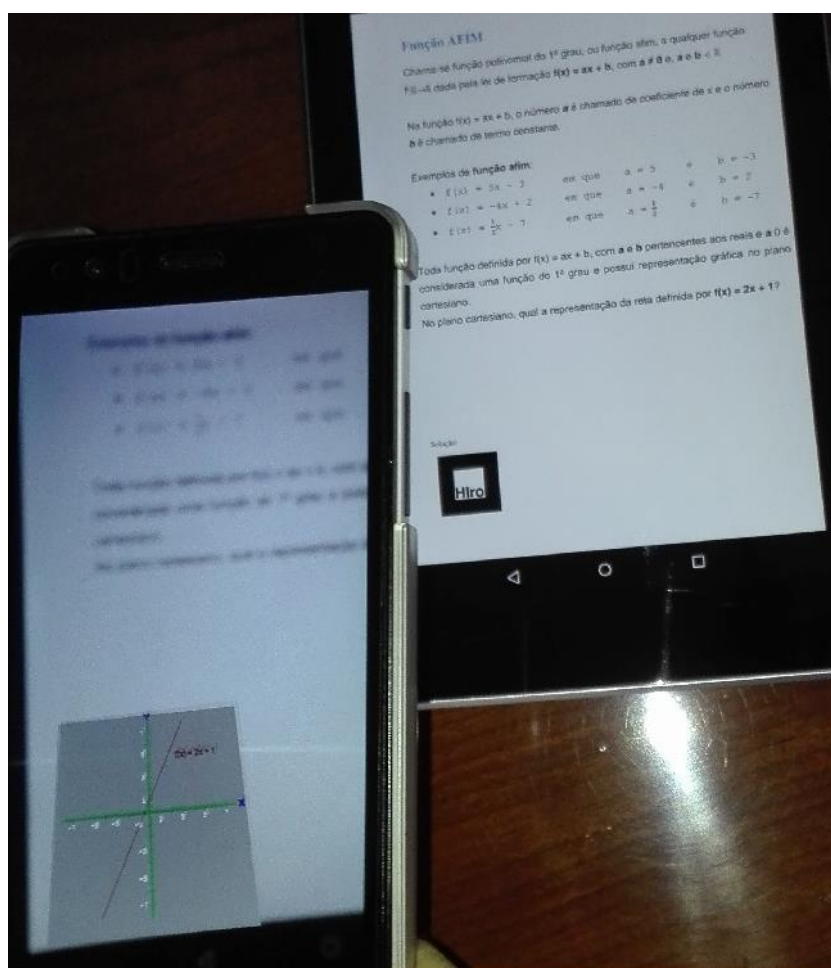


Figura 7.1 - Protótipo apresentado aos alunos na sala de aula.

7.1 Os exercícios apresentados aos alunos

Tendo presente que os dispositivos eletrónicos disponíveis para se consultar e visualizar o Livro Eletrónico foram *tablets* com o sistema operativo *Android*, que não leem nativamente formatos como *ePub* ou *MOBI*, optou-se por apresentar o Livro Eletrónico no formato *PDF*.

Na criação deste Livro Eletrónico recorreu-se a um processador de texto com a capacidade de exportar para o formato PDF. Com o objetivo de apresentar alguma interatividade, incorporou-se hiperligações nos menus, que permitem o acesso direto a cada um dos problemas expostos. A Figura 7.1 ilustra um dos problemas propostos aos alunos do 7.º ano.

Função LINEAR

Funções lineares (ou funções polinomiais do 1º grau) são funções $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ na forma:

$$y = f(x) = ax;$$

onde **a** é uma constante real e diferente de 0 (zero).

Esta função é chamada linear porque sua representação gráfica é uma reta.

A função linear é o modelo matemático mais simples para se relacionar duas variáveis e pode aparecer em várias situações práticas.

No plano cartesiano, qual a representação da reta definida por $f(x) = -2x$?

Solução:




Figura 7.1 – Problema apresentado aos alunos (7.º ano)

7.2 A recolha de dados

Antes da realização do inquérito por questionário foi explicado aos alunos em que consistia o trabalho que estava a ser apresentado. Foi-lhes transmitido que se tratava de uma investigação com o objetivo de avaliar novas formas de aprender e ver através do recurso a dispositivos eletrónicos, como sejam o *smartphone* e o *tablet*, integrando uma solução de Livro Eletrónico e Realidade Aumentada.

Foi solicitado aos alunos que respondessem com sinceridade, por forma a assegurar o carácter confidencial das respostas. Não levantaram grandes dúvidas sobre o que se lhes estava a perguntar. Apenas surgiram casos pontuais de alunos que, antes desta ação, não estavam familiarizados com a terminologia de Livros Eletrónicos no formato *ePub*, ou não tinham tido qualquer tipo de interação com a Realidade Aumentada. Todas as questões foram prontamente esclarecidas pelo investigador. Após a sua aplicação procedeu-se à análise dos resultados.

7.3 Os participantes no caso de estudo

A presente investigação traduziu-se numa amostra não aleatória por conveniência. Este universo incidiu sobre duas turmas do 7.º ano de escolaridade, num total de 26 alunos. A

Tabela 7.1 representa os alunos em cada turma. Foram rececionados 26 inquiridos tendo sido considerados todos válidos.

	Número de alunos	Percentagem
Turma 7ºA	15	57,69%
Turma 7ºB	11	42,31%

Tabela 7.1 – Tabela de alunos por turma.

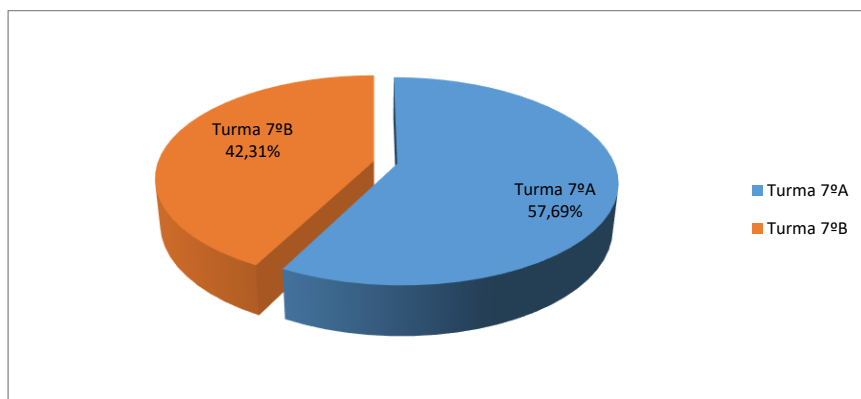


Gráfico 7.1 – Distribuição dos inquiridos por turma.

Na Tabela 7.2 é possível verificar que no grupo em estudo, predominava o género masculino, sendo que 15 inquiridos (57,69%) pertenciam ao género masculino e 11 (42,31%) representavam o género feminino.

	Número de alunos	Percentagem
Feminino	11	42,31%
Masculino	15	57,69%

Tabela 7.2 – Distribuição dos inquiridos por género.

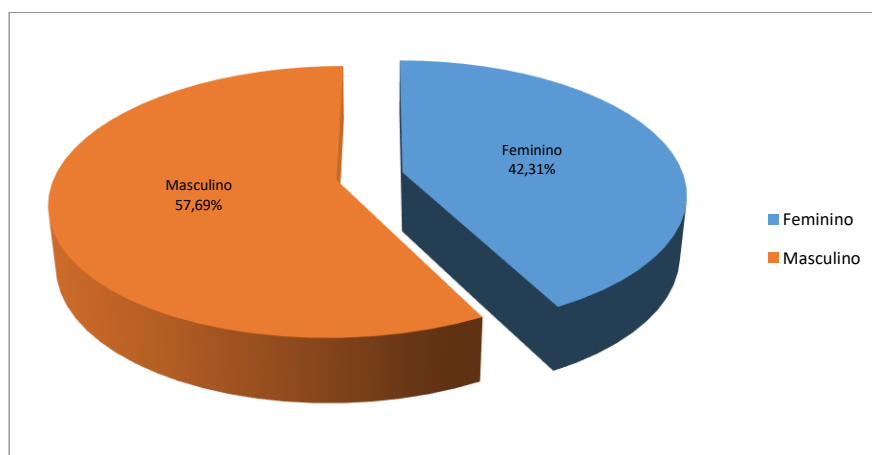


Gráfico 7.2 – Distribuição dos inquiridos por género.

A Tabela 7.3 ilustra outra variável codificada e devidamente tratada, a qual se refere à idade dos inquiridos. Como pode-se verificar a faixa etária situa-se entre os 12 a 14 anos.

	Número de alunos	Percentagem
12 Anos	19	73,08%
13 Anos	5	19,23%
14 Anos	2	7,69%

Tabela 7.3 - Idade dos inquiridos.

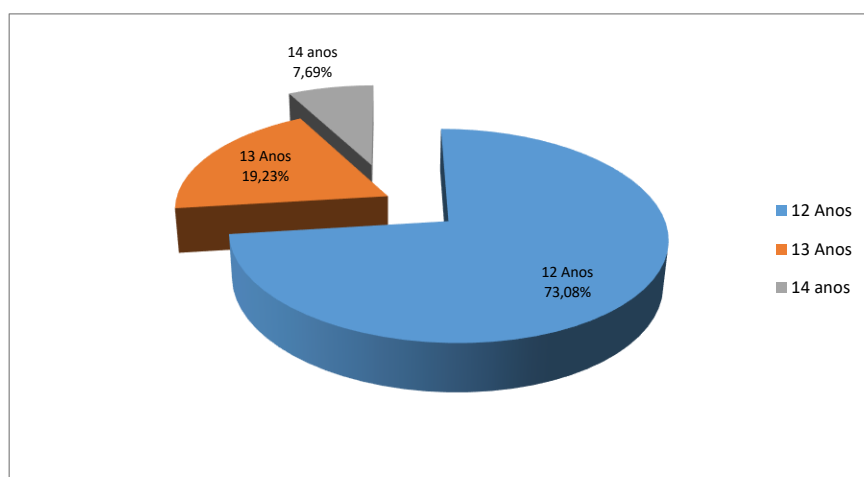


Gráfico 7.3 – Distribuição dos inquiridos por idades.

7.4 Dispositivos eletrónicos usados

Ainda que seja comumente aceite o facto de a sociedade estar dominada pela tecnologia, na qual os alunos interagem diariamente com dispositivos eletrónicos, o investigador sentiu a necessidade de aferir até que ponto esta realidade tem impacto em alunos do 7.º ano de escolaridade e qual a interação com estes dispositivos.

Neste contexto, no inquérito foi incluído um grupo de 3 perguntas sobre esta temática.

Relativamente à questão sobre o tipo de dispositivo mais utilizado, sendo esta uma questão de escolha múltipla, os resultados apurados são apresentados na Tabela 7.4 e no Gráfico 7.4. Os resultados obtidos permitem verificar a não utilização de dispositivos *eReader* por parte de todos os inquiridos, sendo que o *smartphone* seguido do PC é o mais utilizado pelos alunos.

	Número de alunos	Porcentagem
<i>SmartPhone</i>	20	40%
<i>Tablet</i>	11	22%
PC	19	38%
<i>eReader</i>	0	0%

Tabela 7.4 - Tipo de dispositivo usado.

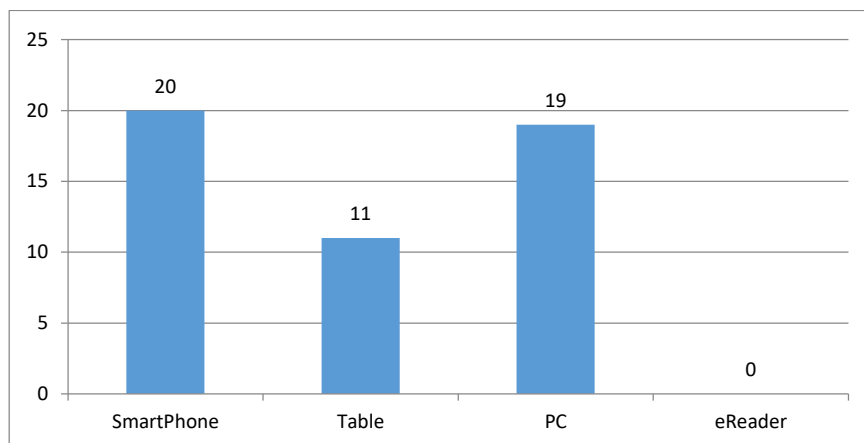


Gráfico 7.4 – Tipo de dispositivo usado.

Pode-se verificar através dos dados constantes da Tabela 7.5 e Gráfico 7.5 que os alunos dependem na sua maioria entre 1 a 3 horas com a utilização dos dispositivos eletrônicos.

	Número de alunos	Porcentagem
Até 1 hora	8	30,77%
Entre 1 a 3 horas	11	42,31%
Entre 3 a 5 horas	3	11,54%
+ de 5 horas	4	15,38%

Tabela 7.5 – Horas despendidas na utilização de dispositivos.

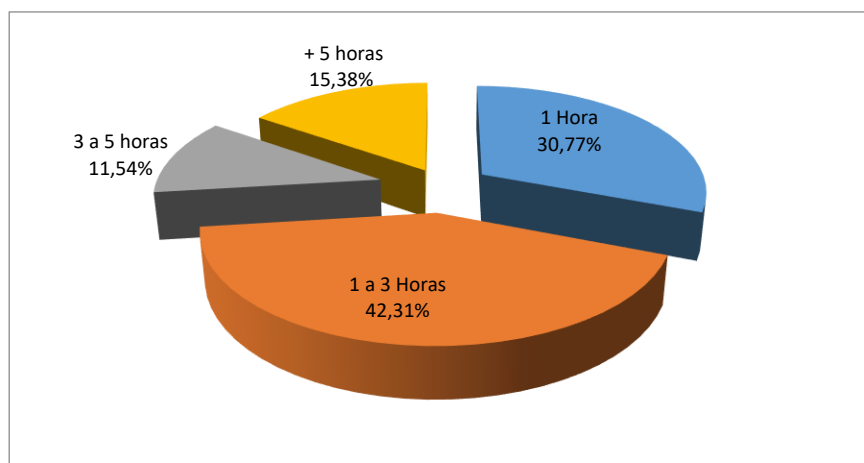


Gráfico 7.5 - Horas despendidas na utilização de dispositivos.

Outro aspeto importante prende-se com o tipo de utilização que os alunos dão ao *smartphone*, esta questão permitiu escolha múltipla. No caso concreto, o investigador deu uma especial atenção, uma vez que este dispositivo é utilizado como parte integrante do protótipo. A Tabela 7.6 apresenta a tabela de utilização do *smartphone*.

	Número de alunos	Percentagem
Telefonar	13	24,53%
Envio de sms	12	22,64%
Internet	21	39,62%
Outro	7	13,2%

Tabela 7.6 – Utilização do *smartphone*.

7.5 Sobre a Realidade Aumentada

Sendo uma das componentes fundamentais deste trabalho de mestrado, a par dos Livros Eletrónicos, a Realidade Aumentada foi objeto de um grupo específico de questões. Foram disponibilizadas aos alunos 4 questões de resposta fechada, sendo que estas apenas suportam uma única opção. Importa saber se os alunos estão familiarizados com o conceito de Realidade Aumentada. Os resultados obtidos permitem constatar que 73,08% dos inquiridos ainda se encontra pouco familiarizado com esta tecnologia, sendo que 29,92% admite já a conhecer. Apesar desta situação, foi com satisfação que se constatou que 100% dos inquiridos responderam satisfatoriamente à questão “*Gostaste do uso da Realidade Aumentada nesta matéria?*”. A tabela 7.7 ilustra os resultados.

	Número de alunos	Percentagem
Sim	7	29,92%
Não	19	73,08%

Tabela 7.7 – Familiarização com o conceito de Realidade Aumentada.

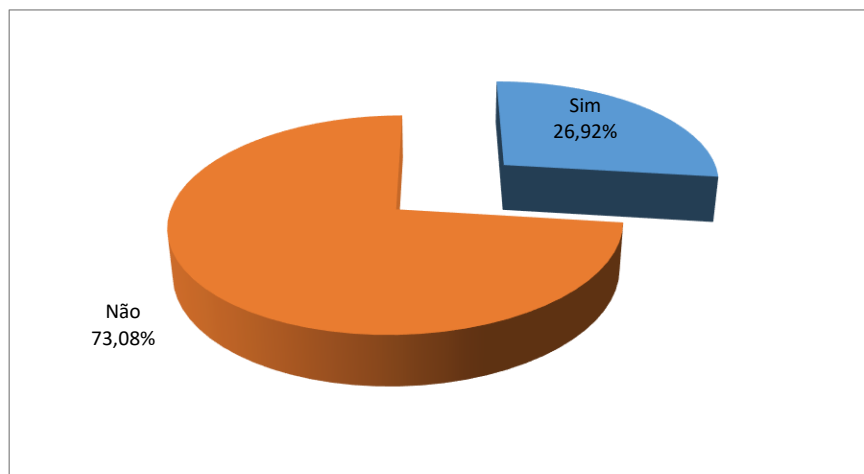


Gráfico 7.6 - Familiarização com o conceito de Realidade Aumentada.

Na tentativa de responder a uma das problemáticas inicialmente levantadas por este trabalho de mestrado, a qual se prende com o facto de aferir se o recurso a dispositivos eletrónicos, como sejam *smartphones/tablets* e aplicações de Realidade Aumentada, ajudam a estimular o interesse e a motivação dos estudantes pela matéria, a Tabela 7.8 e o Gráfico 7.7 traduzem essas respostas.

	Número de alunos	Percentagem
Sim	21	80,77%
Não	0	0%
Indiferente	5	19,23%

Tabela 7.8 - Realidade Aumentada ajuda na aprendizagem.

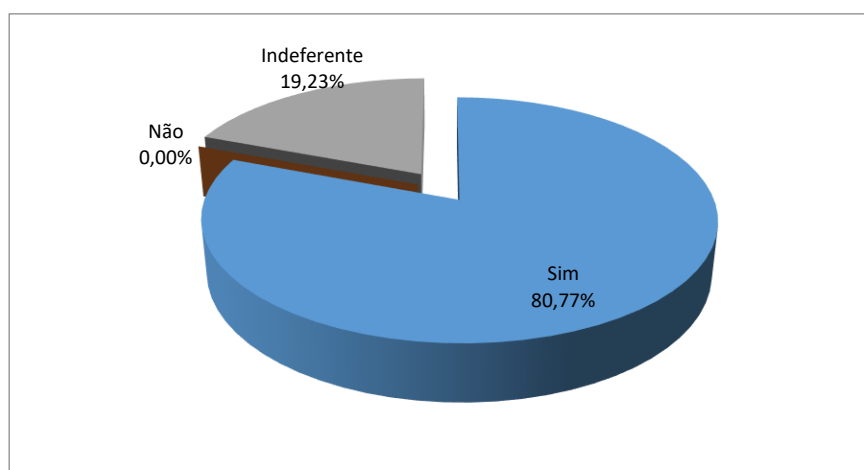


Gráfico 7.7 - Realidade Aumentada ajuda na aprendizagem.

Foi ainda solicitado a opinião dos alunos quanto à introdução da Realidade Aumentada como um possível recurso pedagógico no ensino da matemática. Pode-se verificar na Tabela 7.9 e no Gráfico 7.8 que as respostas dadas pelos alunos foram bastante positivas.

	Número de alunos	Percentagem
Sim	24	92,31%
Não	1	3,85%
Não sei	1	3,85%

Tabela 7.9 – Realidade Aumentada como recurso pedagógico.

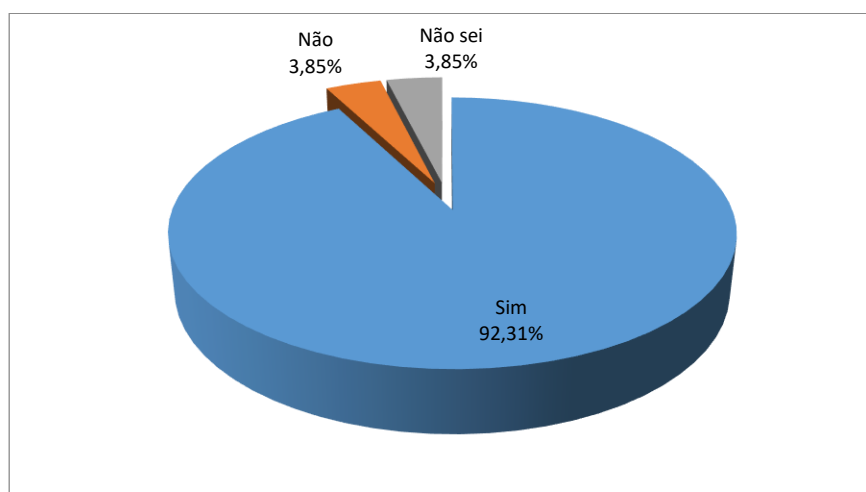


Gráfico 7.8 - Realidade Aumentada como recurso pedagógico.

7.6 Sobre os Livros Eletrônicos

A par da Realidade aumentada os Livros Eletrônicos são uma das componentes fundamentais deste estudo que foram objeto de um grupo específico de questões. Aos alunos foram disponibilizadas 5 questões de resposta fechada, sendo 3 delas de resposta múltipla e 2 de resposta única. Neste grupo de questões, o investigador quis escrutinar até que ponto os alunos do 7.º ano de escolaridade estão familiarizados com esta temática.

Da análise obtida através da realização dos inquéritos, constatou-se que de um universo de 26 alunos, só 13 alunos é que responderam afirmativamente à questão "Costumas ler Livros Eletrônicos". Porém, houve uma resposta incongruente que foi ignorada na apresentação de resultados. De referir que esta questão foi apresentada sob a forma de resposta múltipla.

Na Tabela de 7.10 e no Gráfico 7.9 pode-se observar a periodicidade que os alunos dedicam à leitura dos Livros Eletrônicos.

	Número de alunos	Porcentagem
Diariamente	0	0%
Semanalmente	1	3,85%
Raramente	12	46,15%
Nunca	13	50%

Tabela 7.10 – Periodicidade de leitura de Livros Eletrônicos.

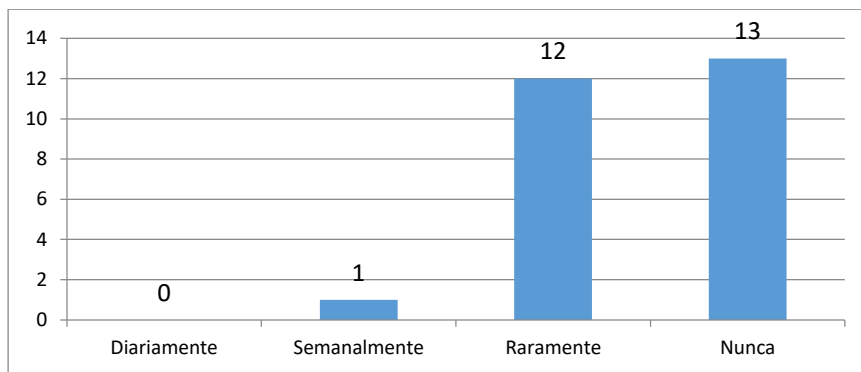


Gráfico 7.9 – Periodicidade de leitura de Livros Eletrônicos.

Face ao universo de alunos que lê Livros Eletrônicos interessa perceber quais os dispositivos que os alunos costumam utilizar neste processo. A Tabela 7.11 e o Gráfico 7.10 representam essa amostragem.

	Número de alunos	Porcentagem
PC	6	37,5%
<i>eReaders</i>	0	0%
<i>smartphone</i>	4	25%
<i>Tablet</i>	6	37,5%

Tabela 7.11 – Tipo de dispositivo eletrônico utilizado na leitura de Livros Eletrônicos.

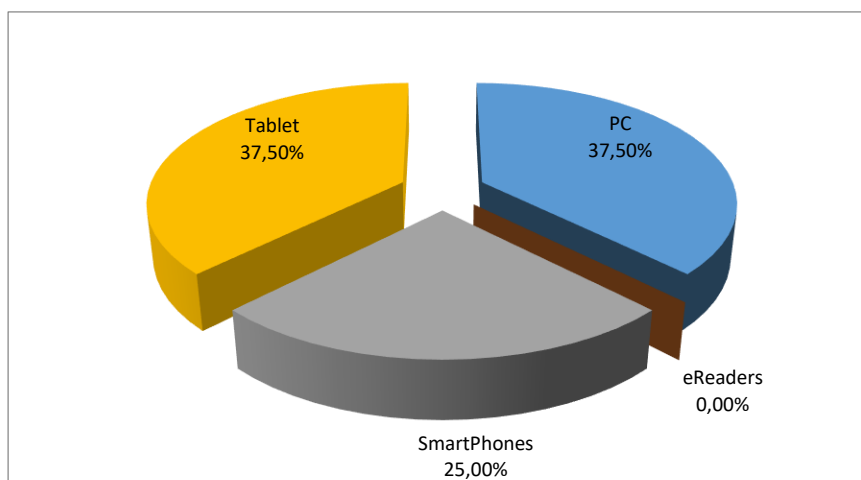


Gráfico 7.10 – Tipo de dispositivo utilizado na leitura de Livros Eletrônicos.

Nesta senda da leitura dos Livros Eletrónicos importa saber qual o formato do dispositivo utilizado por parte dos alunos. Nesta questão constatou-se duas respostas incongruentes sendo as mesmas ignoradas, foram apenas consideradas as respostas afirmativas à questão ”*Costumas ler Livros Eletrónicos*”. Esta questão foi apresentada aos alunos sob a forma de resposta múltipla. A Tabela 7.12 e Gráfico 7.11 representam a análise dos dados.

	Número de alunos	Percentagem
PDF	9	56,25%
ePUB	0	0%
DOC	4	25%
Outro	3	18,75%

Tabela 7.12 – Formato dos Livros Eletrónicos.

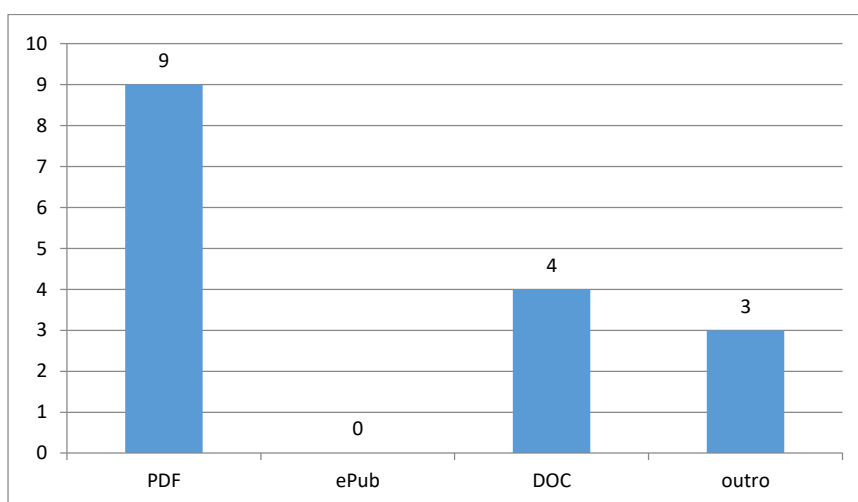


Gráfico 7.11 - Formato dos Livros Eletrónicos.

Atendendo ao facto de que os Livros Eletrónicos são uma das componentes fundamentais deste trabalho de mestrado, importa aferir a opinião dos alunos sob a adoção destes como um possível recurso pedagógico. Assim, os alunos são questionados com duas perguntas: (1) Se consideram os Livros Eletrónicos essenciais na aprendizagem e (2) Se os Livros Eletrónicos podem melhorar o resultado escolar face aos livros impressos.

De notar que perante o universo de 26 alunos, verificou-se que num dos inquéritos estas 2 questões não foram respondidas.

A Tabela 7.13 e o Gráfico 7.12 refletem as respostas dos alunos a estas questões.

	Número de alunos		Porcentagem	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Sim	14	15	56%	60%
Não	1	1	4%	4%
Talvez	7	7	28%	28%
É-me indiferente	3	2	12%	8%

Tabela 7.13 – Os Livros Eletrônicos como recurso pedagógico.

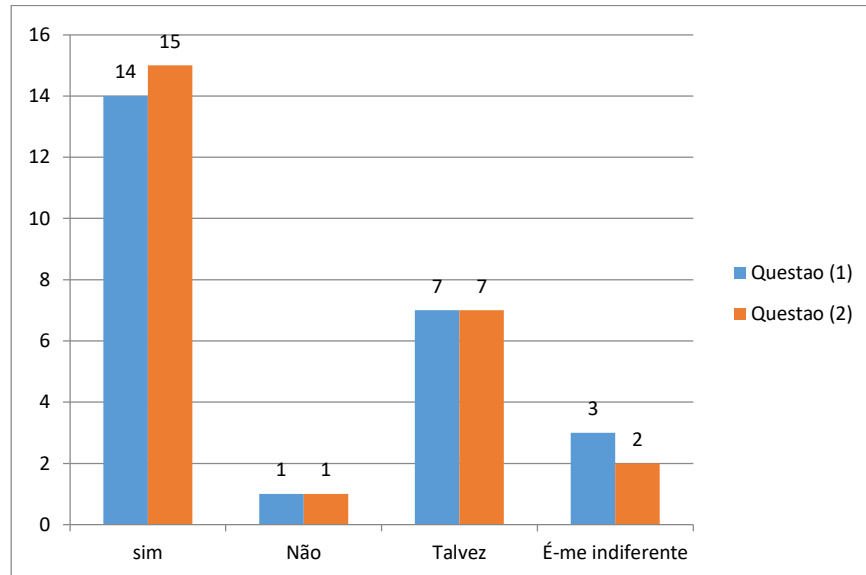


Gráfico 7.12 - Os Livros Eletrônicos como recurso pedagógico.

7.7 Interação com o protótipo

O desenvolvimento de um protótipo com a finalidade de mostrar noções como sejam Livros Eletrônicos e Realidade Aumentada aos alunos, tornou-se num fator determinante na prossecução dos objetivos propostos. Neste sentido, tornou-se imperativo efetuar uma avaliação ao protótipo, uma vez que este faz a ponte entre as premissas da investigação do presente mestrado.

Aos alunos foi proposto um grupo de 5 questões fechadas de escolha única, com a finalidade de avaliar não só o protótipo, mas também a interação deste com os conceitos de Realidade Aumentada e do Livro Eletrónico.

Quanto à Realidade Aumentada foram colocadas duas questões sobre os objetos apresentados no *smartphone*. A primeira procurava aferir se os alunos conseguiam visualizar as duas soluções aos problemas apresentados. Sendo que 96,15% dos alunos responderam afirmativamente, tendo 1 aluno respondido que apenas conseguiu visualizar uma delas.

A segunda questão relacionada com a Realidade Aumentada prende-se com a adequação do objeto no visor do *smartphone* (solução do problema apresentado), isto é, se o mesmo é

adequado. A esta questão, 96,15% dos inquiridos responderam favoravelmente, sendo que apenas 1 aluno considerou os gráficos pequenos.

Outra questão importante prende-se com o facto de aferir a recetividade por parte dos alunos a este tipo de ações na sala de aula. Assim, 72% (18 alunos) responderam que ficaram muito satisfeitos com a ação apresentada, 32% (8 alunos) ficaram satisfeitos e um dos alunos não respondeu a esta questão.

7.8 A questão de resposta aberta

No final do inquérito foi apresentada uma questão de resposta aberta afim de os alunos expressarem a sua opinião sobre a apresentação do protótipo. Esta pergunta foi considerada como sendo uma forma de dar “voz aos alunos” sobre as premissas que este trabalho de investigação aborda.

Da análise das respostas recolhidas foi gratificante verificar a recetividade por parte dos alunos, não só a este tipo de ações, mas também às questões de fundo que este trabalho de mestrado procura investigar.

Tendo presente que se está perante uma amostra de conveniência e que por isso não se pode obter conclusões do ponto de vista genérico, a análise das respostas obtidas deixa antever a recetividade por parte dos alunos aos Livros Eletrónicos e da Realidade Aumentada como um possível recurso pedagógico a ser implementado no ensino da matemática.

7.9 Discussão dos resultados obtidos

Após a compilação e análise dos inquéritos aos alunos e atendendo ao *feedback* dos mesmos existem algumas considerações que se apresentam relevantes para dar respostas às questões fundamentais desta investigação, o qual pretende conjugar o desenvolvimento de um Livro Eletrónico com a introdução de um sistema de Realidade Aumentada que permita acrescentar interatividade e ser integrado num modelo pedagógico para o ensino das ciências.

Ainda que nenhum dos alunos inquiridos faça uso de um dispositivo de *eReader* (conforme Tabela 7.4), ou ainda que 50% das respostas associadas à leitura de Livros Eletrónicos apontarem para nunca os lerem (conforme Tabela 7.10), ou ainda que 73,08% dos alunos

não estavam (à data) familiarizados com o conceito de Realidade Aumentada, poderiam ser indicadores dissuasores do conceito abordado nesta investigação.

Porém, a receptividade dos alunos à temática abordada aponta numa outra direção, 40% dos alunos afirmam que recorrem aos *smartphones* de forma assídua, assim como 22% destes afirmam que fazem uso dos *tablets*.

Relativamente aos Livros Eletrónicos foram apresentadas 2 questões. A primeira delas indagava se os alunos conseguiam visualizar corretamente o Livro Eletrónico no *tablet*. Ainda que os *tablets* usados para apresentação do Livro Eletrónico tivessem 7", 96% (24 alunos) responderam afirmativamente, apenas 4% (1 aluno) considerou que visualizou com dificuldades, constatou-se um questionário em branco. Outra questão colocada aos alunos prendia-se com a usabilidade do *tablet* na leitura do Livro Eletrónico, sendo que 76% (19 alunos) consideraram que sim, 4% (1 aluno) considerou que não, 4% (1 aluno) considerou existirem dificuldades e 16% (4 alunos) consideraram ser indiferente. Um dos alunos não respondeu a esta questão.

O facto de este conceito de estudo requerer o uso de dois dispositivos em simultâneo, podia ter-se apresentado, inicialmente, como um entrave. No entanto, esta geração de alunos habituados a utilizar estes dispositivos, depressa chegaram a uma mecânica que ultrapassou de uma forma quase imediata este entrave. Neste contexto, os alunos colocaram na secretária o *tablet*, utilizando de forma mais efusiva o *smartphone* para visualizarem a interação dos dois dispositivos.

A forte aceitação que os alunos têm para tecnologias evidenciada pela análise apresentada no ponto 7.4 substanciadas por afirmações como "...adora a tecnologia..." ou "...a nossa geração só gosta de tecnologia..." são aspetos importantes a ter em consideração nas temáticas abordados no percurso deste trabalho de mestrado.

No que se refere a noções relacionadas com os Livros Eletrónicos, para alguns alunos a terminologia não se apresentava conhecida, mencionaram apenas que conheciam o formato PDF. Após a interação com o Livro Eletrónico no *tablet* observou-se que a mesma despertou uma curiosidade nos alunos. Algumas respostas dadas pelos alunos, como "...gostava que os nossos livros em papel fossem Livros Eletrónicos..." ou "...os livros (impressos) são muito pesados...", espelham a forma como estes começam a encarar a noção de Livro Eletrónicos.

Relativamente à componente de Realidade Aumentada os alunos mostraram um grande interesse e receptividade. A interação com o *smartphone* considerado pelos alunos um dispositivo “...necessário no nosso dia...”, facilitou a inexperience com a tecnologia de Realidade Aumentada. Frases como “...aprendíamos melhor...” ou “...muito mais *prático*...” dada por alguns alunos, deixam antever a aceitação da Realidade Aumentada como um recurso pedagógico.

Apesar de este recurso de aprendizagem, apresentado através de um protótipo, ter revelado uma aceitação genérica dos alunos, frases como “...*não iria aprender melhor a matéria*...”, podem ser indicadores que ainda existe um longo caminho a percorrer.

Conclusão

Na presente investigação foi feito um levantamento do estado-da-arte e realizado um estudo empírico que permitiram efetuar uma análise reflexiva, de forma a obter resultados que servem de apoio às conclusões apresentadas. A revisão dos dados recolhidos permitiu definir e aprofundar os conhecimentos sobre os conceitos relacionados com os Livros Eletrónicos e com a Realidade Aumentada em educação.

Os objetivos propostos por esta investigação tentam aferir a viabilidade da utilização de Livros Eletrónicos integrados com um sistema de Realidade Aumentada, de modo a acrescentar interatividade e a serem integrados num modelo pedagógico para o ensino das ciências, designadamente tratando o tema “*A matemática no ensino do 3.º ciclo do Ensino Secundário*”. Estes objetivos foram investigados com recurso a documentação atual e com recurso a um protótipo testado em sala de aula, obtendo respostas muito satisfatórias por parte dos alunos. Ainda que a amostra fosse reduzida, não se podendo extrapolar para outros casos, os resultados obtidos deixam antever um longo caminho a percorrer.

Neste contexto, as hipóteses levantadas no início desta investigação, as quais indagam sobre: (1) um Livro Eletrónico interativo permite estudar a matéria de forma mais eficaz; (2) a aplicação de Realidade Aumentada ajuda a estimular o interesse e motivação dos estudantes pela matéria, tendo por base o levantamento do estado da arte, consubstanciado com a realização do inquérito, ainda que o universo não seja representativo, torna-se claro que as mesmas foram verificadas na investigação. Embora tenham ficado dúvidas quanto à real eficácia do estudo com os recursos usados, verifica-se um aumento da motivação em estudar a matemática com estes meios. A relação evidenciada pelos alunos com os dispositivos eletrónicos deixa prognosticar que os Livros Eletrónicos e a Realidade Aumentada, apresentam um enorme potencial de evolução e aplicação na aprendizagem.

A vertente prática deste trabalho debruçou-se sobre uma amostra de 26 alunos do 7.º ano cuja idade média ronda os 12 anos. A estes alunos foi apresentado um protótipo que integra a noção de Livros Eletrónicos sob a perspetiva de apresentação de problemas práticos no âmbito da matemática e a interação da Realidade Aumentada como ferramenta para visualizar a solução dos problemas propostos. Atendendo ao facto de o estudo prático ter sido realizado em duas turmas do 7.º ano e baseado numa amostra de conveniência, não é

possível extrapolar os dados apresentados para uma realidade mais vasta. Porém, constata-se que alguns resultados vão ao encontro da opinião de outros autores.

Ainda que o formato *ePub* para os Livros Eletrônicos esteja comumente aceite como um formato dominante (veja-se como exemplo a Figura 4.1) para Livros Eletrônicos, a necessidade de dispositivos *eReader* para ler estes livros pode apresentar-se como um impasse à sua massificação. Uma alavanca substancial à divulgação deste formato é o aparecimento de algumas aplicações para dispositivos *Android* e *IOS* que facilitam a sua leitura.

No que se refere aos Livros Eletrônicos a sua introdução como recurso pedagógico ainda enfrenta alguma relutância, por parte de professores e alunos, de um modo geral os livros impressos no ambiente de ensino ainda são dominantes. A interatividade é apontada como uma das grandes vantagens que os Livros Eletrônicos podem também oferecer, assim como a *gamification* dos conteúdos aportam ganhos substanciais em relação aos livros impressos. Verifica-se, contudo, que a temática dos Livros Eletrônicos ainda carece de um enfoque aprofundado, de modo a ultrapassar e desmistificar ideias preconcebidas sobre a sua aplicação. Os Livros Eletrônicos como recurso pedagógico têm consistência para se afirmar como uma ferramenta de estratégia de ensino que poderá facilitar o processo de procura de conhecimento por parte dos alunos.

No que concerne à temática da Realidade Aumentada esta oferece várias oportunidades de pesquisa, tanto teóricas como aplicadas. A diversificação de metodologias existentes, fornece um leque recheado de soluções. Ao longo deste trabalho optou-se pelo reconhecimento de marcadores para despoletar a “Realidade Aumentada”. Foram analisadas várias bibliotecas que permitissem o desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada para *Android*. A plataforma *Android* apresentou-se a mais viável com base em critérios de disseminação e pela disponibilidade do IDE - *Android Studio*. Pode-se afirmar que uma das vantagens de se utilizar simulação de experiências físicas em Realidade Aumentada para o sistema *Android* prende-se com a facilidade da utilização e a popularização dos dispositivos móveis que fazem uso desta plataforma, ampliando o número de alunos com possibilidade de utilização de tal aplicação.

Tendo por base os dados recolhidos e extrapolando-os, pode-se referir que a Realidade Aumentada fornece uma mais-valia potencial na compreensão de conceitos abstratos abordados no ensino da matemática. Apesar de ser uma tecnologia ainda pouco difundida e

por vezes ser confundida com a noção de Realidade Virtual, está cada vez mais a ganhar adeptos. Neste contexto, o projeto MILAGE (fonte: milage.ualg.pt), coordenado pela Universidade do Algarve, apresenta-se como uma alternativa viável à aprendizagem da matemática como recurso para os alunos trabalharem num contexto para além da sala de aula.

O protótipo desenvolvido com vista a integrar os Livros Eletrónicos e a Realidade Aumentada pretendeu aumentar o nível de interesse dos alunos pelo ensino da matemática. Possibilitando ao aluno outra visão de matérias proposta pelo professor. A vantagem de se recorrer a bibliotecas de Realidade Aumentada para o sistema *Android* ficou demonstrada pela facilidade da utilização e da popularização dos dispositivos móveis que fazem uso desta plataforma, ampliando o número de alunos com possibilidade de utilização de tal aplicação. Foi possível inferir que o protótipo alcançou os objetivos a que se propôs e apresenta-se adequado para trabalho na sala de aula. Ficou latente ser uma ferramenta de fácil aprendizagem e ter proporcionado satisfação por parte dos alunos durante a sua utilização, apresentando fortes indícios de maior motivação destes durante a realização de suas atividades letivas.

É convicção do investigador que os resultados apresentados no presente trabalho, apesar das suas limitações de âmbito escolar, possam contribuir, de algum modo, para o fomento em discussões atuais e futuras em torno dos temas abordados, e servir como um fator de motivação para novos projetos que possam vir a ser desenvolvidos. Nomeadamente, no sentido de explorar uma melhor integração da Realidade Aumentada com os outros recursos didáticos.

Referências

Bibliografia

- Abdullah, J. & Martinez, K. (2002) *Camera Self-Calibration for the ARToolkit*. In Proceedings of First International Augmented Reality Toolkit Workshop, pp. 84-88, Darmstadt, Germany.
- Alexander, B. (2011). *The New Digital Storytelling: Creating Narratives with New Media: ABC-CLIO*.
- Andrade, A.M., & Costa, S.S (2006). *O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio*. Revista Experiências em Ensino de Ciências, p. 18-29, agosto.
- Aires, L. (2011). *Paradigma qualitativo e práticas de investigação educacional*. Lisboa: Universidade Aberta, <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/2028> [29 de julho de 2016]
- Araújo, D. (2009) *Uso de Realidade Aumentada como ferramenta complementar ao ensino das principais ligações entre átomos*, <http://sites.unisanta.br/wrva/st/62401.pdf> [03 de outubro de 2016]
- Armstrong, C.; Edwards, L.; Lonsdale, R (2002). *Virtually there? E-books in UK academic libraries*, <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/00330330210447181> [28 de julho de 2016]
- Author Earning - *Purpose is to gather and share information so that writers can make informed decisions*, <http://authorearnings.com/report/print-vs-digital-report/> [21 de julho de 2016]
- Bell, J. (2010). *Como Realizar um Projecto de Investigação*. Lisboa: Gradiva.
- Benício, D. C., Araújo K. (2005). *Do livro impresso ao e-Book: o paradigma do suporte na Biblioteca Eletrônica*, <http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/biblio/article/vie.w/580/418> [27 de julho de 2016]
- Bidarra, J. (2016). *Livros e Leitores num Mundo Digital*. Universidade Aberta.
- Bidarra, J., Figueiredo, M., Valadas, S., & Vilhena, C. (2012). *O gamebook como modelo pedagógico: desenvolvimento de um livro interativo para a plataforma iPad*. Comunicação publicada nas atas da 6th International Conference on Digital Arts.
- Bidarra, J., Figueiredo, M., & Natálio C. (2015). *Interactive Design and Gamification of eBooks for Mobile and Contextual Learning*.

- Billingshurst, M., & Kato, H. (2002). *Collaborative augmented reality*. Communications of the ACM -How the virtual inspires the real, 64-70.~
- Blender – *Open Source 3D creation*, <https://www.blender.org/> [29 de dezembro de 2016]
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação – Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto: Porto Editora.
- Books Are Gifts, (2010). *Books Are Gifts*, <http://www.booksaregreatgifts.com> [08 de agosto de 2016]
- Borges S., Reis H., Durelli V., & Isotani S. (2014) *A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education*. In Proceeding of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing.
- Bornstein, H., Jager, J., & Putnick, L. (2013). *Sampling in developmental science: Situations, shortcomings, solutions, and standards*. Developmental Review, v. 33, n. 4, p. 357-370.
- Bottentuit, J., & Coutinho, C., & Lisboa, E. (s/d). *Livros digitais: Novas oportunidades para educadores na era Web 2.0. VI Conferência Internacional de TIC na Educação*. Braga: Universidade do Minho.
- Bricken, M. (1991). *Virtual reality learning environments: potentials and challenges*. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 25 (3), 178-184.
- Carvalho, S. (2013). *Android Studio: vantagens e desvantagens com relação ao Eclipse*, <http://imasters.com.br/mobile/android/android-studio-vantagens-e-desvantagens-com-relacao-ao-eclipse/> [10 de outubro de 2016]
- Carneiro, J. (2004). *Objecto ou Função? O Livro e o(s) Seu(s) Formato(s) na Mudança do Paradigma da Comunicação*. In Luís Borges Gouveia/Sofia Gaio (org.), Sociedade da Informação. Balanço e Implicações, Porto: Universidade Fernando Pessoa, 191-200.
- Carril, M. (2012). *HTML: Passo a passo*. 1ª ed. Joinville: Editora Clube de Autores.
- Chan, M. (2015). *Virtual Reality: Representations in Contemporary Media*. New York: Bloomsbury Academic.
- Chartier, R. (1994). *A ordem dos livros: leitores, autores e bibliotecas na Europa entre os séculos XVI e XVIII*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Clua, E. (2014). *Jogos sérios aplicados a saúde*. Journal of Health Informatics.
- Coutinho, C.; Sousa, A.; Dias, A.; Bessa, F., & Ferreira, M. (2009). *Investigação-Ação, metodologia preferencial nas práticas educativas*. Métodos de Investigação em Educação. Revista Psicologia, Educação e Cultura, Vol. XIII, 455-479.

- Craig, A. (2013). *Understanding Augmented Reality*. Waltham: Morgan Kaufmann.
- Crawford, C. (2005). Chris Crawford on *interactive storytelling*. California. New Riders Games.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4^a ed). Thousand Oaks, CA: Sage
- Cruz, D. (2014). *Digital vs. Print: Which is Better For You?*
<http://associationmediaandpublishing.org/sidebar/Digital-vs-Print-Which-is-Better-For-You> [17 de fevereiro de 2017]
- Cunha C. (2010). “*Prototipação de ambientes físicos com Realidade Aumentada*”
 Symposium on Virtual and Augmented Reality.
- D’Ambra, J. et al. (2013) Application of the task-technology fit model to structure and evaluate the adoption of E-books by Academics. *JASIST*, v. 64, n.1, p. 48–64,
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.22757/pdf> [22 de julho de 2016]
- Dahne, P., & Karigiannis, J. (2002). *Archeoguide: System architecture of a mobile outdoor augmented reality system*. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 263 - 264). Darmstadt: IEEE.
- Darnton, R. (2010). *A questão dos livros: passado, presente e futuro*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Delcolli, C. (2016). *92% dos universitários preferem livro impresso*,
<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/92-dos-estudantesuniversitarios-preferem-o-livro-impresso> [17 de fevereiro de 2017]
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nack, L. (2011). From game desing elements to gamefulness: defining gamifacation. *15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, (pp. 9-15).
- Doucette, J. Lewontin, A. (2012). *Selecting E-Books*. In: *KAPLAN, Richard. Building and managing e-book collections: a how-to-do-it manual for librarians*. Chicago: ALA. cap. 5, p. 51-74.
- Dziekaniak, G. (2010). *Considerações sobre o e-Book: do hipertexto à preservação digital*, https://chasqueweb.ufrgs.br/~jacksonmedeiros/pubs/2010_ebook_biblos.pdf [27 de julho de 2016]
- EduLabs – *Equipa de Recursos e Tecnologias Educativas*, <http://erte.dge.mec.pt/edulabs> [29 de dezembro de 2016]
- ePub – *Iternational Digital Publishng Forum*, <http://idpf.org/epub> [22 de julho de 2016]

- Faria, A. D. O. (2009) *ARToolKit: Criando aplicativos de Realidade Aumentada*, <http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2488/artoolkit-criando-aplicativos-de-realidade-aumentada.aspx> [02 de outubro de 2016]
- Farias K., Pessoa, T. (2006). *Ogrear: Construção de aplicações de Realidade Aumentada utilizando bibliotecas de alto nível*. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada- WRVA.
- Ferreira, S. (2011). *O Manual Interactivo Multimédia na Edição Escolar em Portugal*. Dissertação de Mestrado em Estudos Editoriais. Universidade de Aveiro: Departamento de Línguas e Culturas.
- Ferreira, S., Alves, M., Simões, P. (2008). *Ambientes e vida na Terra – Os primeiros 4.0 G.a. Estudos do Quaternário*, 5, APEQ, 53-60, http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/13903/1/Ferreira%20et%20al_2008.pdf [21 de julho de 2016]
- Fiala, M. (2005). *Artag, a fiducial marker system using digital techniques*. In Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on, volume 2, pages 590–596.
- Figueiredo, M., Amado, N., Bidarra, J., & Carreira, S. (2015). *A Realidade Aumentada na aprendizagem da matemática no ensino secundário*.
- Figueiredo, M. J. G., Gomes J., Gomes, C., & Lopes, J. (2014a). *Augmented reality tools and learning practice in mobile-learning*. In C. Stephanidis and M. Antona (Eds.): Universal Access in Human-Computer Interaction. Universal Access to Information and Knowledge Lecture Notes in Computer Science, vol. 8514, pp. 301–312, Springer International Publishing.
- Figueiredo, M. J. G., Gomes J., Gomes, C., & Lopes, J. (2014b). *Augmented Reality tools for teaching and learning*, in EduRe Journal.
- Flatschart, F. (2014). *Livro digital, etc.: descubra a nova forma de leitura que está mudando o mundo*. Rio de Janeiro: Brasport.
- Fragoso, V., Gauglitz, S., Zamora, S., Kleban, J., & Turk., M. (2011). *TranslatAR: A Mobile Augmented Reality Translator*. *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV 2011)* (pp. 497 - 502). Kona: IEEE.
- Ghaziri, S.(2009). *A leitura na tela do computador*. São Paulo: Baraúna.
- Gil, A. (1999). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- Gil, D. (2010). *Exploring new ways to support mobile collaboration through mobile virtual devices*. In: Norditel publications, Nordic Symposium on technology enhanced learning, Suecia.

- Gomes, C.; Figueiredo, M.; Bidarra J. (2016). *Ludismo, Gamificação e Realidade Aumentada: Desenvolvimento de recursos educativos na área das expressões multimédia*, <http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/5306> [17 de fevereiro de 2017]
- Gorra, A. et al, (2010). *Learning with technology: what do students want?* In: Universiti Sains Malaysia, European Conference Ofe-Learning, Penang, Malaysia.
- Grilo, R. (2010). *Investigação em Sistemas de Informação Organizacionais em Portugal: Caracterização do Período de 2004 A 2007*. Instituto Politécnico de Leiria.
- Guidingtech (2014). *GT explains: what is the difference between EPUB, MOBI, AZW and PDF ebook formats?* <http://www.guidingtech.com/9661/difference-between-epub-mobi-azw-pdf-ebook-formats/> [08 de agosto de 2016]
- Hainich, R. (2009). *Realidad aumentada y mas allá*. Charleston: Booksurge.
- Haslam, A. (2007) *O livro e o designer II. Como criar e produzir livros*. Trad.: Juliana A. Saad e Sérgio Rossi Filho. São Paulo: Edições Rosário.
- Hill, M. & Hill, A. (2012). *Investigação por questionário* (2ª ed). Lisboa: Edições Sílabo
- Hubbard, J. R. (2006). *Teoria e problemas da programação com Java*. 2ª ed. Porto Alegre.
- IFPI – *Representing the recording industry worldwide*, <http://www.ifpi.org/global-statistics.php> [21 de julho de 2016]
- Jerald, J. (2015). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. New York: Morgan & Claypool Publishers.
- Jonassen, D. (1996). *Using Mindtools to Develop Critical Thinking and Foster Collaboration in Schools*. Columbus, 1996.
- Johnson, L. B., Samantha A., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report, Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). *Marker Tracking and HMD Calibration for a Videobased Augmented Reality Conferencing System*. In: Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, San Francisco, CA, USA.
- Kondo, T. (2006). *Augmented learning environment using Mixed Reality technology*. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2006 (pp. 83-87). Chesapeake: AACE.
- Lecheta, R. (2013). *Google Android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK*. 3 ed. São Paulo: Novatec Editora.

- Lee, K. (2012). *Augmented Reality in Education and Training*. TechTrends. p13-21.
- Lee, K., Victor M. (2002). *Standardization Aspects of eBook Content Formats*. In *Computer Standard & Interfaces*. Vol. 24, no. 3, 227-239.
- Lepetit, V., Fua, P.(2005) *Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey*. Foundation
- Lévy, P. (1998). *As tecnologias da Inteligência, O futuro do pensamento na era da informática*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ed. 34.
- Link, (2015). *Uma reviravolta na trajetória dos livros virtuais*, <http://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,uma-reviravolta-na-trajetoria-dos-livros-virtuais,10000029015> [17 de fevereiro de 2017]
- Logan, R. (2012). *Que é informação? A propagação na biosfera, na simbiosfera, na tecnosfera e na econosfera*. Rio de Janeiro: Editora Contraponto.
- Macarthur, B. (2009). *Bestselling authors of the decade*. London: Daily Telegraph, <http://www.telegraph.co.uk/culture/books/6866648/Bestselling-authors-of-the-decade.html> [08 de agosto de 2016]
- Mayer, R. E. (1983). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W. H. Freeman and Company.
- McLuhan, M. (1996). *Os meios de comunicação como extensões do homem*. São Paulo: Cultrix.
- Meadows, M. S. (2003). *Pause & Effect. The Art of Interactive Narrative*. USA: New Riders.
- Meier, R. (2009). *Professional Android™ Application Development*. Indianapolis: Wiley.
- Mihelj, M., Novak, D., Begus, S. (2014). *Virtual Reality Technology and Applications*. New York: Springer.
- Monteiro, J. B. (2012). *Google Android - Crie aplicações para celulares e tablet*. São Paulo: Casa do Código.
- Moreira, J. A. (2012). *Realidade Virtual e Aumentada Aplicada em Marketing*. Universidade Estadual de Goiás.
- Morgado, J. (2013). *O estudo de caso na investigação em educação*. Santo Tirso: De Facto Editores.
- Morris, C., Sibert, L (2011). *Acquiring e-books*. In: Polanka, S. (Ed.). *No shelf required: e-books in libraries*. Chicago: American Libraries Association. cap. 6, p. 95-124.

- Nilsson, P., Sollervall, H., & Milrad, M. (2006). *Collaborative design of mathematical activities for learning in an outdoor setting*. In: conference of european research in mathematics education, 6., 2009, Lyon, France. p. 1101-1111.
- Nilsson, S., J., B. A. (2006). *Cognitive systems engineering perspective on the design of mixed reality systems*. *Proceedings of the 13th European conference on Cognitive ergonomics: trust and control in complex socio-technical systems*, <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1274923> [09 de outubro de 2016]
- Price, K. (2001). *E-books in libraries: a practical guide*. London: Facet Publishing.
- Papagiannakis G., Singh and Magnenat-Thalmann, (2008). *A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems*. *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 19, no.1, pp. 3-22.
- Pengcheng, F., Mingquan Z., (2011). *The significance and effectiveness of Augmented Reality in experimental education*. International Conference on E -Business and E -Government (ICEE 2011).
- PDF - *Portable document format*, http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51502 [22 de julho de 2016]
- Procópio, E. (2014). *A revolução dos ebooks: a indústria dos livros na era digital*. São Paulo: Senai-SP. 268p.
- Publishers W. (2015) *The World's 57 largest book publishers*, <http://www.publishersweekly.com/pw/by-topic/international/international-book-news/article/67224-the-world-s-57-largest-book-publishers-2015.html> [08 de agosto de 2016]
- Ramos, A. et al, (2010). *Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos*. *Comunicar*, v. 34, p. 201-209.
- Ribeiro, R. A., Spilker, M. J., Mandaji, M., Silva, R. K., Terçariol, A. A. L., Mengalli, N. M., Camas, N. P. V. (2013). *Educação e Mobilidade: Perspectivas para Integração de Tecnologias Móveis ao Currículo*, <http://hdl.handle.net/10400.2/3099> [11 de agosto de 2016]
- Richardson, W. (2006). *The New Face of Learning : The Internet Breaks School Walls Down*. *Edutopia*, <http://www.edutopia.org/will-richardson-national-advisory-council> [02 de outubro de 2016]
- Rodrigues, W. (2007). *Metodologia Científica*. FAETEC/IST Paracambi
- Romano, Viana S. (2010) *Realidade Aumentada Aplicada à Medicina*. Fatef.

- Saccol, A., Schlemmer, E., & Barbosa, J. (2011). *m-learning e u-learning: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Sanches, I., (2005). *Compreender, Agir, Mudar, Incluir. Da investigação-acção à educação inclusiva*, http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/10437/1429/Educacao05_sanches.pdf?sequence=1 [29 de julho de 2016]
- Santaella, L. (2004). *Navegar no Ciberespaço: O Perfil Cognitivo do Leitor Imersivo*
- Santo, E. M. (2006). *Os manuais escolares, a construção de saberes e a autonomia do aluno. Auscultação a alunos e professores*. Revista Lusófona de Educação, 8, 103-115.
- Santin, R., Kirner C. ARToolKit: *Biblioteca para Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada*, <http://www.ckirner.com/download/capitulos/Cap-5-ARToolKit-LivroTecnico.pdf> [11 de outubro de 2016]
- Santos, J. (2006). *A escrita e as tic em crianças com dificuldades de aprendizagem: um ponto de encontro*. Dissertação de Mestrado em Educação Especial. Braga: Universidade do Minho
- Schmalstieg, D. et al (2002). *The Studierstube Augmented Reality Project PRESENCE - Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 11, No. 1, pp. 32-54, MIT Press.
- Seixas L., Gomes A., Filho I., Rodrigues R. (2014). *Gamificação como Estratégia no Engajamento de Estudantes do Ensino Fundamental*. In XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- Serrano, G. (1994). *Investigación Qualitativa Retos e Interrogantes*. Madrid: Editorial.
- Sheehan, K. (2013). *The ebook revolution: a primer for librarians on the front lines*. Santa Barbara, CA: ABC-CLIO.
- Silva, A. (2010). *Um livro vivo* (transposição para a web de livros para crianças, Histórias de pretos e de brancos). Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Silva, M. (2010). *Diários de aula: a experiência no curso de tecnologia em gestão de recursos humanos. Educação em Perspectiva*. p198-215.
- Silva, V. C., G. Junior, E. S., Franca H., Ambrosio, P. E. (2011). *Jogo de palavras no contexto educacional aplicação da Realidade Aumentada*.
- Suárez L., Mercedes, Rubio L., Julio. *El e-book y la industria editorial española*, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-09762010000100003&lng=en&nrm=iso [27 de julho de 2016]

- Teixeira, D. J. (2015). *A interatividade e a narrativa no livro digital infantil: proposição de uma matriz de análise*. - Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,
- Tori, R., Kirner, C. (2006). *Fundamentos de Realidade Aumentada. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Belém: Editora SBC.
- Vantroys, T., & Barbry, B. (2009). *Learning with Augmented Reality*, http://3s-cms.enstb.org/mlearning09/wp-content/uploads/2009/06/cours_ar1.pdf [06 de outubro de 2016]
- van Krevelen D. W. F., Poelman (2010). *Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations*. The International Journal of Virtual Reality.
- Vianna Y., Vianna M., Medina B., e S. Tanaka (2013). *Gamification, Inc: Como reinventar empresas a partir de jogos*. MJV Press, Rio de Janeiro.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação. O Processo de Construção do Conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vinhas, O. (2008). *Ensino e aprendizagem na matemática com recurso ao cd-rom escola virtual: um estudo sobre os lugares geométricos no 8º ano*. Dissertação e Mestrado em Ensino da matemática. Universidade Nova de Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia-Departamento de Matemática.
- Wanderley, A. J; Medeiros, A. F; Silva, K. S; Filho, M. F. S. (2011) *Aprendizagem Interativa: Uma Análise do Uso da Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais*. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Patos – PB, Brasil.
- Wasserman, A. (2010). *Software Engineering Issues for Mobile Application Development*. Proceedings of the FSE/SDP Workshop on Future of Software Engineering Research (Santa Fe, New Mexico, USA)
- Weber, A. e Santos, E. (2013). *Educação online em tempos de mobilidade e aprendizagem ubíqua: desafios para as práticas pedagógicas na cibercultura*. Revista EDaPECi. São Cristóvão (SE) v.13. n. 2, p. 168-183.
- Weng, E., Parhizkar, B., Ping, L., & Lashkar, A. (2011). *Augmented Reality for museum artifacts visualization*. International Journal of Computer Science and Information Security, 9 (5), 174-185.
- Zorzal, E. R. (2008). *Sistemas de Realidade Aumentada*, <http://www.realidadeaugmentada.com.br> [03 de outubro de 2016]

Anexo A - Questionário

Questionário

Dados Pessoais

Turma: _____

Género Masculino Feminino

Idade: _____

Dispositivos Eletrónicos

1. Qual o dispositivo que mais utilizas?

Smartphone Tablet PC eReaders (leitor de Livros Eletrónicos)

2. Quanto tempo por dia utilizas o smartphone/tablet?

Menos de 1 hora Entre 1 a 3 horas Entre 3 a 5 horas Mais de 5 horas

3. Qual a maior utilidade que dás ao smartphone?

Telefonar Envio de SMS Internet Outra

Realidade Aumentada

4. Antes desta apresentação já alguma vez havias visto algo com Realidade Aumentada?

Sim Não

5. Gostaste do uso da Realidade Aumentada nesta matéria?

Sim Não

6. Consideras que a Realidade Aumentada ajuda na aprendizagem da matéria lecionada nesta disciplina?

Sim Não É-me indiferente

7. Gostarias que a Realidade Aumentada fosse usada nas aulas para aprender a matéria?

Sim Não Não sei

Livros Eletrónicos

8. Costumas ler Livros Eletrónicos?

Diariamente Semanalmente Raramente Nunca

9. Qual o dispositivo que utilizas para ler os Livros Eletrónicos?

PC eReaders Smartphones Tablet

10. Qual o formato que normalmente utilizas para ler Livros Eletrónicos?

PDF ePub DOC outro

11. Na tua opinião os Livros Eletrónicos são essenciais na aprendizagem da matéria lecionada?

Sim Não Talvez É-me indiferente

12. Na tua opinião achas que os Livros Eletrónicos podem melhorar o resultado escolar em relação os livros impressos?

Sim Não Talvez É-me indiferente

Trabalho prático (sala de aula)

13. Conseguistes visualizar as soluções dos problemas apresentados?

Sim (os dois) Apenas um Não

14. Os gráficos (da solução) apresentados no smartphone são adequados?

Sim São muito pequenos São muito grandes

15. Conseguiste visualizar corretamente o Livro Eletrónico no Tablet?

Sim Não Com dificuldade

16. O tablet utilizado adaptava-se à leitura do Livro Eletrónico?

Sim Não Com dificuldade Sem opinião

17. Indica qual o grau da tua satisfação com esta apresentação?

Muito satisfeito Satisfeito Insatisfeito Nada satisfeito

Considerações Finais

Qual a tua opinião sobre o trabalho apresentado? Consideras que se os professores se utilizassem a Realidade Aumentada e os Livros Eletrónicos nas aulas aprendias melhor a matéria? O que mudavas?
