



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**HENRIQUE DUARTE DE MORAES**

**ESTUDO EXPLORATÓRIO EM REALIDADE AUMENTADA COM  
BASE NA PLATAFORMA GOOGLE ANDROID**

Assis

2016

**HENRIQUE DUARTE DE MORAES**

**ESTUDO EXPLORATÓRIO EM REALIDADE AUMENTADA COM  
BASE NA PLATAFORMA GOOGLE ANDROID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis,  
como requisito do Curso de Graduação.

**Orientador:** Prof. MSc. Guilherme de Cleve Farto

**Área de Concentração:** Informática

Assis

2016

# **ESTUDO EXPLORATÓRIO EM REALIDADE AUMENTADA COM BASE NA PLATAFORMA GOOGLE ANDROID**

**HENRIQUE DUARTE DE MORAES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis,  
como requisito do Curso de Graduação, analisado  
pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** Prof. MSc. Guilherme de Cleve Farto

**Analisador(1):** Prof. Dr. Luiz Carlos Begosso

Assis  
2016

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, meu pai, minha irmã e a todos meus amigos que sempre me apoiaram nos momentos difíceis, dando conselhos e forças pra que eu pudesse continuar e realizar este sonho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **Deus**, pois sem ele não estaríamos aqui.

Agradeço à minha mãe **Claudia Helena Duarte de Moraes**, ao meu pai **Sidnei Aparecido de Moraes** e a minha irmã **Denize Duarte de Moraes**, pessoas com quem sempre dividi o mesmo teto e que sempre me apoiaram em tudo na minha vida, nos momentos de alegria e de tristeza.

A todos meus **amigos, parentes e familiares**, que me ajudaram de alguma forma a concluir esta etapa de minha vida.

A Vice-diretora da Escola da Família do GE de Cândido Mota, **Silvana Sanches Barreto Rampazzo**, que além de uma ótima profissional, é também uma grande amiga e sempre me deu muito apoio nessa caminhada de quatro anos de faculdade.

Ao Professor **Guilherme de Cleva Farto**, por me orientar e passar um pouco do seu conhecimento para que fosse possível a realização desse trabalho.

A todos os meus **professores** destes quatro anos de curso, que ajudaram em minha formação acadêmica.

A todos meus **amigos e amigas de classe**, pelo apoio, amizade e companheirismo, especialmente ao **Alex Souza, Filipe Batistela Maia, Leonardo Dias Toni, Mateus Souza Soares e Nilton Urias da Cruz Junior**, pois foram muito importantes em minha vida acadêmica.

E por fim agradeço a todos que colaboraram de forma direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

*“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar a aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.” – Bill Gates.*

## RESUMO

As tecnologias de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) estão cada vez mais populares graças à facilidade de acesso que se tem hoje a dispositivos que suportam tal tecnologia. O objetivo geral deste trabalho é pesquisar e explorar os conceitos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, assim como as ferramentas e linguagens necessárias para o desenvolvimento de uma aplicação de realidade aumentada na plataforma *Google Android*. Essas tecnologias, portanto, têm real chance de colaborar com diversos aprendizados, dentre eles, o de língua estrangeira, proporcionando, não apenas a teoria, mas também uma experiência quase que prática do assunto estudado demonstrando o potencial de interação diferenciado que esse tipo de tecnologia possui chamando a atenção de muitos por ter um aspecto futurista.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada; AndAR; ARTollkit; Google Android; .

## **ABSTRACT**

The Virtual Reality (VR) and Augmented Realities (AR) technologies are increasingly becoming popular due to ease of access that we got to devices that support that kind of technology. The general aim of this work is to search and explore the concepts of Virtual and Augmented Reality, as well as the tools and languages necessary to the development of augmented reality applications on the Google Android platform. These technologies, therefore, have a real chance of help with many learnings, among them, the foreign language, providing, not only the theory, but also an experience similar to the practice about the studied subject, demonstrating the potential of different interactions that this type of technology has and drawing the attention of many people by its futuristic appearance.

**Keywords:** Augmented Reality; AndAR; ARtoolkit; Google Android.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– <i>Head Mounted Display</i> (In: Stoker, 2013) .....	17
Figura 2– Ivan Sutherland e seu <i>Head Mounted Display</i> (In: Stoker, 2013).....	17
Figura 3– Usuário interagindo com o sistema (In: Amim, 2007).....	18
Figura 4 – Simulação em uma autoescola (In: Aratu online, 2015) .....	19
Figura 5 – Simulação de direção (In: Portal da Amazônia, 2016) .....	19
Figura 6 – Móvel projetado em uma sala vazia através de um dispositivo com RA (In: Faria, 2014) .....	20
Figura 7 – <i>iPad</i> utilizado durante uma cirurgia hepática (In: Osowiec, 2013).....	21
Figura 8 - <i>JSARToolKit</i> com <i>WebGL</i> e <i>HTML5</i> Vídeo (In: Mikhail, 2011) .....	23
Figura 9 - Exemplos de Marcadores (Kirner, 2011).....	24
Figura 10 – Objeto virtual projetado sobre um marcador (In: Kirner, 2011) .....	24
Figura 11 - Camadas da Plataforma <i>Google Android</i> (In: FÁRIA, 2008).....	27
Figura 12 - Exemplo da interface de um AVD (In: Jerome, 2014) .....	29
Figura 13 - Cadeira projetada em cima de um marcador (In: ANDAR, 2010) .....	31
Figura 14 - Modelo da arquitetura de RA. ....	33
Figura 15- Estrutura do Projeto .....	34
Figura 16 – Marcador personalizado <i>Marker_IronMan</i> .....	39
Figura 17- Marcador personalizado <i>Marker_Raptor</i> .....	39
Figura 18- Marcador personalizado <i>Marker_Planta</i> .....	40
Figura 19– Exemplo de folha de exercício .....	41
Figura 20 – Captura de tela da aplicação em execução .....	42
Figura 21- Folha de exercício número 2.....	43
Figura 22 - Captura de tela da aplicação em execução no exercício 2 .....	44
Figura 23- Demonstração do exercício 3 .....	45
Figura 24 - Captura de tela da aplicação com o exercício 3 .....	46

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.2 JUSTIFICATIVAS .....	13
1.3 MOTIVAÇÃO .....	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 – FUNDAMENTOS DA REALIDADE AUMENTADA</b> .....	<b>16</b>
2.1 HISTÓRICO .....	16
2.2 USOS ACADÊMICO E PROFISSIONAL .....	18
2.3 DESAFIOS DA REALIDADE AUMENTADA .....	21
2.4 TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS DE REALIDADE AUMENTADA	21
2.4.1 <i>ARToolkit</i> .....	22
2.4.2 <i>FLARToolkit</i> .....	22
2.4.3 <i>JSARToolkit</i> .....	22
2.4.4 Marcadores .....	23
2.4.4.1 Definição .....	23
2.4.4.2 Exemplos de utilização .....	24
2.4.4.3 Desenvolvimento de marcadores customizados.....	25
<b>3 – PLATAFORMA GOOGLE ANDROID</b> .....	<b>26</b>

3.1 CAMADAS DA PLATAFORMA .....	26
3.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO .....	28
3.2.1 <i>Android SDK</i> .....	28
3.2.2 <i>Android Studio</i> .....	28
3.2.3 <i>Android Virtual Devices (AVDs)</i> .....	29
3.3 <i>ANDROID AUGMENTED REALITY (ANDAR)</i> .....	30
3.3.1 <i>PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES</i> .....	30
3.3.2 <i>INTEGRAÇÃO COM OPENGL</i> .....	30
<b>4 – PROPOSTA DE TRABALHO .....</b>	<b>32</b>
4.1 AMBIENTE EXPERIMENTAL .....	32
4.2 TECNOLOGIAS E RECURSOS ADOTADOS .....	33
<b>5 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....</b>	<b>34</b>
5.1 ARQUITETURA IMPLEMENTADA .....	34
5.2 MARCADORES DESENVOLVIDOS .....	38
5.3 EXPERIMENTOS E ADOÇÃO REAL DE ANDAR .....	40
<b>6 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
6.1 TRABALHOS FUTUROS.....	47
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

As tecnologias de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) estão cada vez mais populares graças a facilidade de acesso que se tem hoje a dispositivos que suportam tal tecnologia. O que antes, só era possível com grandes computadores, agora se pode ter em microcomputadores, *smartphones* e várias outras plataformas móveis. Notando-se esse avanço, empresas investem cada vez mais Neste versátil setor que abrange tanto as áreas de lazer do mundo virtual quanto às áreas responsáveis por ensino e aprendizagem.

Com os avanços tecnológicos computacionais, é notável o crescimento de pessoas que realizam alguma tarefa dependendo de alguma máquina, com isso o homem está cada vez mais dependente da tecnologia. Visto isso, é necessário criar ambientes mais interativos para facilitar a manipulação do computador pelo homem. (Santini et al., 2004).

As tecnologias de RV e RA fazem parte das novas gerações de interface do usuário, facilitando e melhorando a interação do usuário com as aplicações computacionais (Kirner, 2007). Com o grande número de *smartphones* existentes, as pessoas já não usam mais com tanta frequência mouse e teclado, e a tendência é que o touchscreen também fique para trás, dando lugar a RV, RA, comandos de voz e de gestos.

Essas novas formas de interação chamam muito a atenção das pessoas e percebendo isso a indústria de publicidade vem investindo no setor. Grandes grupos de lojas como o Extra e Casas Bahia disponibilizam aplicativos de RA para que seus clientes possam ver em tamanho real vários de seus produtos. Apenas apontando o *smartphone* para um local da casa, é possível ver na tela como determinado móvel ficará no ambiente, pois ele é projetado virtualmente em tamanho natural, como se ele realmente estivesse ali (Carvalho et al., 2011). Em 2009 a empresa norte americana de cards esportivos Topps adotou a tecnologia de AR para resgatar as vendas de cards de papel de jogadores de baseball, onde se apontava o card para uma câmera, e o aplicativo projetava o jogador em pé e com animações interativas em cima do cartão, na mão do usuário (Veiga, 2012).

A possibilidade de se desenvolver aplicações de AR para dispositivos móveis baseados em Android é uma boa forma para chamar a atenção do público, sendo viável para ações de marketing, com perspectiva de retorno satisfatório.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é pesquisar e explorar os conceitos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, assim como as ferramentas e linguagens necessárias para o desenvolvimento de uma aplicação de realidade aumentada na plataforma *Google Android*, capaz de auxiliar o usuário a aprender uma língua estrangeira, utilizando todos os meios que um dispositivo baseado na plataforma móvel *Android* proporciona.

Com o desenvolvimento deste estudo será possível criar um aplicativo de realidade aumentada para o auxílio no ensino de língua estrangeira, a partir de um *smartphone*. Visto que utilizar RA para o ensino é produtivo, já que apresenta potencial de colaborar com o aprendizado, proporcionando uma experiência relativamente prática e não somente teórica do assunto desenvolvido.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Realidade virtual e realidade aumentada contribuem de maneira significativa na área da educação como processo de exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, oferecendo ao aprendiz a oportunidade de melhor compreensão do que se estuda. Essas tecnologias, portanto, têm real chance de colaborar com o aprendizado, proporcionando não apenas a teoria, mas também uma experiência relativamente prática do assunto estudado (RODRIGUES et al., 2010).

Utilizar essas tecnologias em um aparelho *smartphone* se mostra vantajoso, pois esses dispositivos têm um bom processamento, tamanho e peso, além de serem fáceis de manipular e possuírem conectividade sem fios (RODRIGUES et al., 2010).

Portanto, é importante investigar e avaliar esses novos meios de interação utilizando aplicativos móveis para o aprendizado. Isso será possível com a implementação de uma aplicação que auxilia no aprendizado de uma língua estrangeira, utilizando *AndAR*, que é uma ferramenta que possibilita a criação de aplicativos de realidade aumentada em dispositivos móveis.

### 1.3 MOTIVAÇÃO

A motivação para o desenvolvimento desse trabalho é a oportunidade de apresentar uma aplicação que utiliza RA, demonstrando o potencial de interação diferenciado que esse tipo de tecnologia possui chamando a atenção de muitos por ter um aspecto futurista.

Aproveitando esse chamativo, é possível que esta aplicação seja disponibilizada para o público e que ela tenha uma aceitação satisfatória. Assim como pode auxiliar em diversas áreas como educação, medicina entre outras, sendo útil para aprendizado ou em cirurgias, já que tem a capacidade de aumentar uma realidade ou ilustrar.

A realidade aumentada é uma tecnologia promissora, onde o mercado de trabalho irá necessitar de profissionais com conhecimentos específicos, já que a área de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis tem crescido muito.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 6 Capítulos:

O Capítulo 1 apresenta uma introdução, contextualiza a proposta de estudo, apresenta os objetivos, as justificativas e a motivação do desenvolvimento deste trabalho. O Capítulo 2 trata dos Fundamentos da Realidade Aumentada, apresentando um breve histórico, sua aplicação no meio acadêmico, no meio profissional e aponta os desafios desta tecnologia. O Capítulo 3 apresenta a Plataforma *Google Android*, demonstrando seu ambiente de desenvolvimento e descreve o projeto *Android Augmented Reality (AndAR)*, apresentando suas

principais funcionalidades. O Capítulo 4 apresenta a proposta de trabalho, mostra o ambiente experimental e cita as tecnologias e recursos adotados. O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso, a arquitetura implementada, os marcadores desenvolvidos e demonstra os experimentos realizados. O Capítulo 6 apresenta as conclusões que se obteve com este projeto e cita possíveis trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas na construção deste trabalho.

## 2 – FUNDAMENTOS DA REALIDADE AUMENTADA

Neste capítulo é apresentado o histórico da realidade aumentada, contendo onde e quando surgiu essa ideia. Além disso, são citados pesquisadores que contribuíram e que contribuem para o desenvolvimento desta tecnologia.

Outro tema abordado nesse capítulo é onde esta técnica é usada atualmente, tanto na área acadêmica quanto profissional. Também serão expostas as tecnologias que serão utilizadas para construção do estudo de caso.

Segundo Zorzal (apud Milgram, 1994), uma definição bastante difundida de Realidade Aumentada é de que ela é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador num ambiente real, utilizando para isso algum dispositivo tecnológico.

### 2.1 HISTÓRICO

Para falar de realidade aumentada, é preciso antes, falar um pouco de realidade virtual e de uma figura importante dessa tecnologia, Ivan Sutherland, considerado por muitos como o pai da computação gráfica.

Formado em engenharia elétrica, o norte americano desenvolveu, em 1968, um capacete que projetava imagens em lentes dispostas na frente dos olhos. O *Head Mounted Display*, como era chamado seu invento, é considerado o ponto inicial da realidade virtual (RIBEIRO et al, 2011).

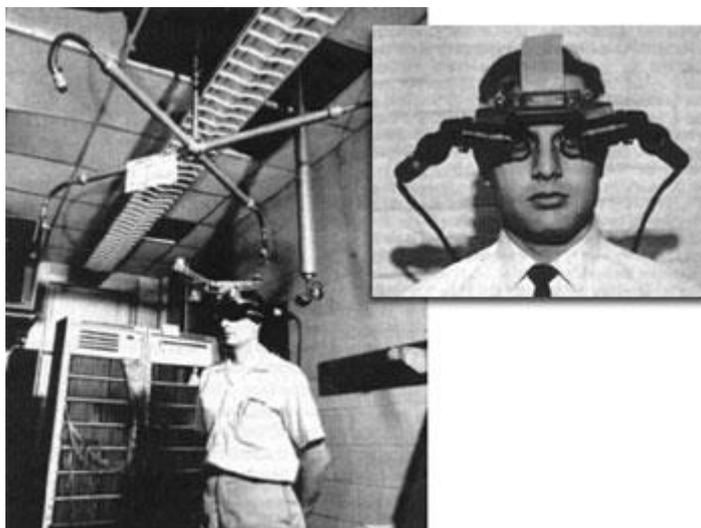
A Figura 1 ilustra o *Head Mounted Display* criado por Ivan Sutherland.



**Figura 1– *Head Mounted Display* (In: Stoker, 2013)**

Apesar de não possuir boa qualidade na resolução das imagens, esse invento era muito interessante para a época, pois funcionava respondendo a movimentos da cabeça do usuário (RIBEIRO et al, 2011).

A Figura 2 ilustra Ivan Sutherland utilizando o *Head Mounted Display* em seu laboratório.



**Figura 2– Ivan Sutherland e seu *Head Mounted Display* (In: Stoker, 2013)**

Após as pesquisas de Sutherland, outros pesquisadores foram criando tecnologias voltadas à realidade aumentada.

Em 1975, Myron Krueger, um artista americano, desenvolveu uma técnica onde um sistema conseguia capturar movimentos do usuário, o *Videoplace*. Uma câmera de vídeo capturava a imagem dos usuários e a projetava em 2D numa grande tela. Os usuários interagiam entre si e com objetos projetados na tela. Seus movimentos eram constantemente capturados e processados, criando o que ele chamou de realidade virtual (AMIM, 2007). Conforme ilustra a Figura 3.



**Figura 3– Usuário interagindo com o sistema (In: Amim, 2007)**

O termo realidade aumentada começou a ser usado apenas em meados dos anos 90, quando Tom Caudell, criou um sistema para auxiliar mecânicos a fazer manutenção em aviões sem precisar ficar horas estudando um manual. Ele usou esse termo para descrever a tecnologia (SACASHIMA, 2011).

## 2.2 USOS ACADÊMICO E PROFISSIONAL

Com a diminuição do preço de computadores e dispositivos tecnológicos, o método de ensinar tem sofrido grandes mudanças. Hoje em dia é comum ter em salas de aula a troca do tradicional “quadro negro” por projetores, por exemplo. Essas

mudanças promovem um diferencial no modo com que os professores transmitam seus conhecimentos, facilitando o entendimento dos alunos (SAVI, 2009).

Apesar desses avanços algumas tecnologias, como é o caso da realidade virtual e aumentada, ainda são utilizadas apenas por poucas instituições. Isso ocorre, entre outros motivos, devido ao pouco material disponível para a tecnologia (MARTINS, 2012).

A RV e RA possuem grande capacidade de transmissão de conhecimento, e pode ser usado nas diversas áreas da educação, como, por exemplo, na simulação de uma cirurgia na medicina, ou simular a condução de um veículo nas autoescolas. Ilustrados nas Figuras 4 e 5.



**Figura 4 – Simulação em uma autoescola (In: Aratu online, 2015)**



**Figura 5 – Simulação de direção (In: Portal da Amazônia, 2016)**

Além do uso acadêmico, no conceito de aprendizagem, RA também vem sendo utilizado por empresas para demonstração de produtos ou serviços.

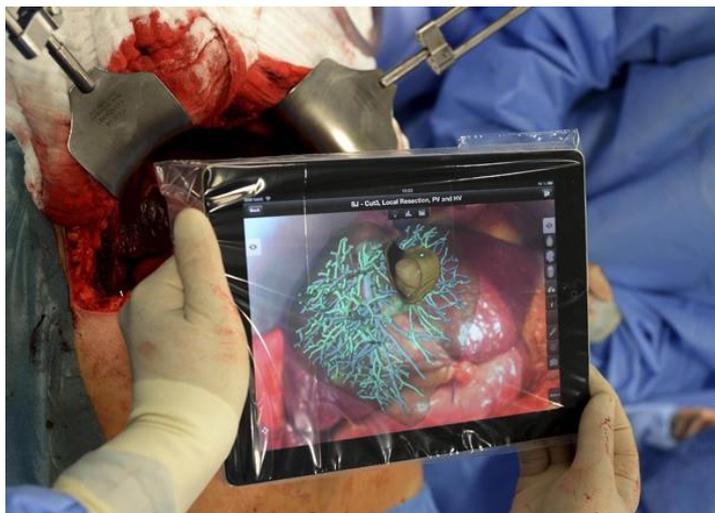
Empresas voltadas a arquitetura podem mostrar os projetos totalmente em 3D facilitando a visualização do cliente de como esse projeto ficará depois de concluído. Outro exemplo, conforme exposto na Figura 6, são empresas de venda de moveis que utilizam aplicativos no próprio celular do cliente que possibilita a pré-visualização do produto já no ambiente onde será colocado o móvel (FARIA, 2014).



**Figura 6 – Móvel projetado em uma sala vazia através de um dispositivo com RA (In: Faria, 2014)**

Essa tecnologia também é utilizada para ajudar procedimentos de risco, como é o caso de uma cirurgia medica. RA pode ser utilizada, por exemplo, auxiliando uma equipe medica em um procedimento de risco, minimizando os riscos de falha.

Na figura 7 mostra um exemplo do uso de RA em uma cirurgia, uma imagem com detalhes sobrepõe o órgão, dando visão privilegiada ao cirurgião minimizando possíveis erros.



**Figura 7 – iPad utilizado durante uma cirurgia hepática (In: Osowiec, 2013)**

### 2.3 DESAFIOS DA REALIDADE AUMENTADA

Para que a RA seja mais comum no cotidiano de instituições e empresas, é necessário que ela seja mais acessível e mais simples (MARTINS, 2012).

No caso do uso em escolas, ela deveria ser simples o suficiente para que os próprios educadores consigam criar suas ferramentas de ensino. Hoje esse papel só pode ser realizado por profissionais ou especialistas da computação devido a sua complexidade, tornando muitas vezes inviável sua utilização. (MARTINS, 2012)

Para empresas, o grande problema era que nem todos os clientes poderiam ter acesso a essa tecnologia, por ser exigidos equipamentos específicos para poder aproveitar todo seu conteúdo em realidade aumentada, porém, com a popularização dos *smartphones*, essa barreira tem sido superada (GLOBO, 2015).

### 2.4 TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Existem disponíveis algumas ferramentas úteis para possibilitar a criação de aplicações de realidade aumentada. A seguir serão apresentadas algumas delas.

### **2.4.1 ARToolkit**

Criada pelo Dr. Hirokazu Kato, da universidade de Osaka, ARToolkit é uma biblioteca muito popular entre os programadores de aplicações de realidade aumentada. Essa biblioteca de desenvolvimento de RA é totalmente gratuita e de código aberto, disponibiliza recursos para manipulação 3D com baixo custo computacional e tem ótima leitura e reconhecimento de marcadores (SANTIN, 2008).

O *ARToolkit* utiliza cartões com molduras e símbolos que faz com que se possa ter um reconhecimento rápido da posição e orientação da câmera. Isso facilita muito o cálculo, em tempo real, da movimentação que deve ser feita para a sobreposição dos objetos virtuais (DUARTE, 2006).

### **2.4.2 FLARToolkit**

O *ARToolKit* é uma biblioteca de programação multi-plataforma, e utilizada para desenvolvimento em aplicações desktop e não tem suporte para desenvolvimento de aplicações em ambiente *web*. Como solução para esse problema, foi criado o *FLARToolkit*, uma biblioteca desenvolvida em *ActionScript*. A maioria dos *browsers Web* executa essa linguagem (SISCOUTTO, 2011).

Uma aplicação escrita nessa linguagem, se torna mais flexível, pois poderá ser executada de qualquer dispositivo, inclusive dispositivos móveis, desde que tenha suporte ao *Adobe Flash Player* (SISCOUTTO, 2011).

### **2.4.3 JSARToolkit**

Por ser de fácil implementação e open source, o *FLARToolkit* foi muito utilizado por desenvolvedores nos anos de 2009 e 2010. Nessa época vários aplicativos de RA foram criados em *flash*, desde os mais simples, com apenas exibições 3D até os mais complexos, com grandes interações com o mundo real. Porém, o *Flash* caiu muito em desuso, dando lugar ao HTML5. Com isso era necessário que as aplicações de RA pudessem continuar a rodar em ambiente *Web*, porém, sem

precisar fazer uso do *Flash*. Foi então criado o *JSARToolkit*, que é uma biblioteca *JavaScript* convertido de *FLARToolKit (Flash)* (DUARTE, 2006).

A Figura 8 exemplifica a utilização de HTML5 para criar elementos de realidade aumentada.



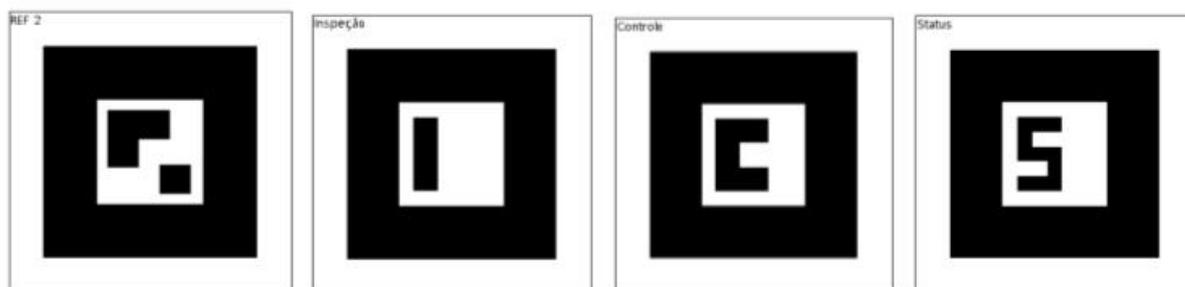
**Figura 8 - JSARToolKit com WebGL e HTML5 Vídeo (In: Mikhail, 2011)**

#### **2.4.4 Marcadores**

Para que seja possível criar aplicações que demandam saber a localização e orientação de elementos ou de ações, o *ARToolkit* utiliza marcadores que representam no mundo real a posição onde serão projetados elementos virtuais (SANTIN, 2008).

##### **2.4.4.1 Definição**

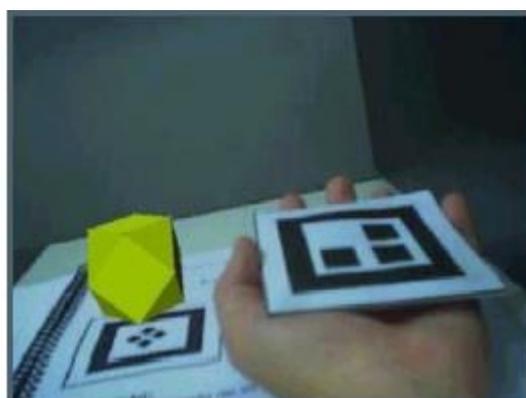
Os marcadores consistem em figuras geométricas quadradas, normalmente com bordas pretas e centro branco com símbolos, para que possam ser indentificadas. Normalmente utiliza-se uma moldura em branco em volta desse quadrado preto para criar um contraste no próprio marcador, tornando mais fácil o seu reconhecimento sobre superfícies escuras (SANTIN, 2008). A figura 9 ilustra exemplo de marcadores.



**Figura 9 - Exemplos de Marcadores (Kirner, 2011)**

#### 2.4.4.2 Exemplos de utilização

O reconhecimento de padrões visualiza os quatro vértices de regiões quadradas, incluído na imagem de vídeo, e faz uma comparação entre os símbolos do centro com os modelos de marcadores cadastrados no sistema pelo usuário. Se a figura capturada for parecida com algum dos marcadores cadastrados, o sistema começa a calcular a sua orientação e posição. Desta forma, o objeto virtual será projetado sobre o marcador, e acompanhará o movimento que ele fizer, mantendo sempre as mesmas proporções de tamanho e distância. (TORI, 2006). Demonstrado na Figura 10.



**Figura 10 – Objeto virtual projetado sobre um marcador (In: Kirner, 2011)**

#### 2.4.4.3 Desenvolvimento de marcadores customizados

Na maioria das aplicações se faz necessário o uso de mais de um marcador. Devido a esse fato, utilizar apenas os marcadores padrões oferecidos pelo *ARToolkit* não é suficiente para atender todas as necessidades da aplicação (ARTOOLWORKS, 2013).

Com uma ferramenta chamada *ARToolkit Marker Generator Online*, é possível criar marcadores personalizados, contendo imagens ou figuras determinadas pelo programador (REALIDADE AUMENTADA, 2016).

É possível criar um novo marcador, editando um modelo fornecido pela distribuição *ARToolkit* ou criar um marcador novo, de qualquer tamanho, mais seguindo alguns padrões.

### 3 – PLATAFORMA GOOGLE ANDROID

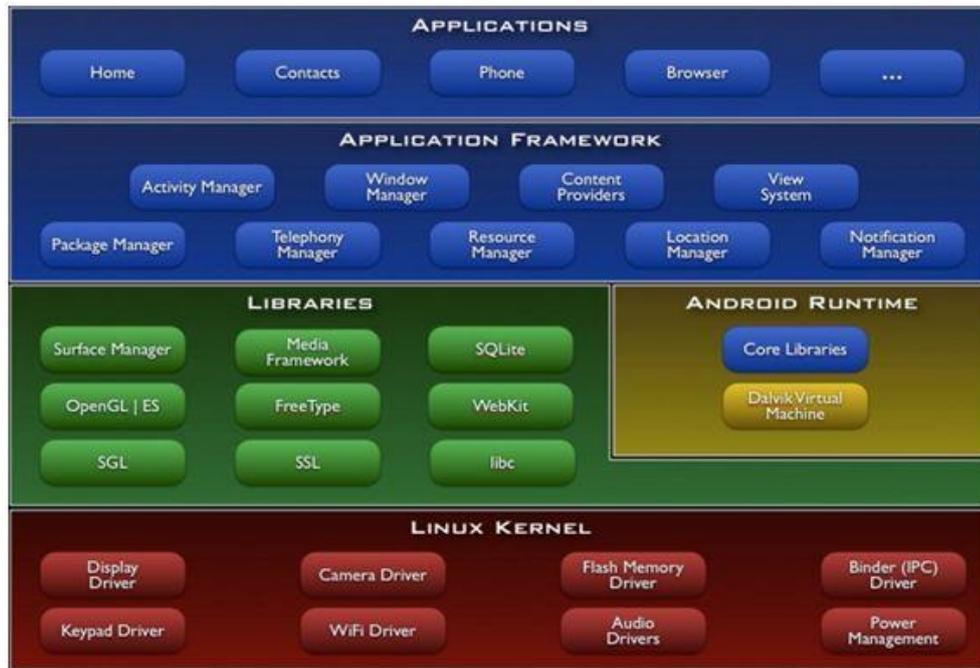
Esse capítulo apresenta uma descrição da plataforma *Google Android*, mostrando ferramentas necessárias para sua implementação, seu ambiente de desenvolvimento e exemplos.

O *Android* consiste em uma plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis, baseada em um sistema operacional *Linux*, com diversas aplicações já existentes e com um ambiente de desenvolvimento completo, ousado e flexível (LECHETA, 2009).

Ele foi construído com a intenção de permitir aos desenvolvedores criar aplicações móveis que possam tirar total proveito do que um aparelho portátil possa oferecer. Foi construído para ser verdadeiramente aberto. Por exemplo, uma aplicação pode apelar a qualquer uma das funcionalidades de núcleo do telefone, tais como efetuar chamadas, enviar mensagens de texto ou utilizar a câmera, que permite aos desenvolvedores adaptarem e evoluírem cada vez mais estas funcionalidades (PEREIRA; SILVA, 2009).

#### 3.1 CAMADAS DA PLATAFORMA

Na figura 11 é possível observar como é a estrutura da arquitetura do sistema Android.



**Figura 11 - Camadas da Plataforma Google Android (In: FARIA, 2008)**

Como pode ser notado na Figura 11, na camada chamada de *applications*, se encontram os aplicativos do *Android*, como agenda de contatos e navegador *web*, por exemplo. Esta camada interage diretamente com o usuário.

A camada *application framework* disponibiliza todas as APIs e meios vitais para os pacotes e aplicativos.

*Libraries* é a camada onde se encontra um conjunto de bibliotecas C e C++ utilizadas por muitos elementos do sistema *Android* (FARTO, 2010).

Outra camada da plataforma é a *Android Runtime*. Ela é composta de bibliotecas que permitem que seja possível utilizar a maioria das funcionalidades da linguagem de programação *Java*, e da *Dalvik Virtual Machine*, uma máquina virtual própria do *Android*. Com isso, todo processo *Android* roda em seu próprio processo e instância da máquina virtual. Esta executa classes compiladas pela linguagem *Java* que foram transformadas em arquivos *.dex* (LECHETA, 2009).

A camada de mais baixo nível é a *Linux kernel* que é responsável por gerenciar a memória, os processos, os threads e a segurança dos arquivos e pastas, além de redes e *drivers* (LECHETA, 2009).

## 3.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Existem no mercado algumas ferramentas que disponibilizam meios para que seja possível criar aplicações de realidade aumentada.

### 3.2.1 *Android SDK*

O *Android SDK (Software Development Kit)* é o software utilizado para desenvolver aplicações no *Android*, que tem um emulador para simular o celular, ferramentas utilitárias e uma API completa para a linguagem *Java*, com todas as classes necessárias para desenvolver as aplicações. (LECHETA, 2009).

### 3.2.2 *Android Studio*

O *Android Studio* é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado IDE (do inglês *Integrated Development Environment*). Ele permite a criação de programas para *smartphones*, *smartwatches*, carros e tudo mais o que tiver relação com o sistema operacional *Android*. (Android Developer, 2016).

Como é uma ferramenta voltada somente a desenvolvimento *Android*, ela, por ter esse foco, consegue perceber e atender melhor as necessidades desse grupo específico de desenvolvedores (SOARES et al, 2015)

As funções do software incluem a edição inteligente de códigos, recursos para *design* de interface de usuário e análise de performance, entre outras coisas. A *Google* recomendava que os desenvolvedores utilizassem o IDE *Eclipse* para fazer aplicativos para o *Android*, mas agora a Gigante das Buscas oferece instruções para que os usuários migrem para o *Android Studio* (ROCHA, 2014).

### 3.2.3 *Android Virtual Devices (AVDs)*

Quando uma aplicação é desenvolvida, é necessário testá-la periodicamente para constatar se está tudo funcionando, para isso é necessário executar a aplicação. Instalar essa aplicação no *smartphone* toda vez antes de testar seria trabalhoso. Para facilitar essa tarefa, é possível utilizar emuladores, denominados de AVD (do inglês, *Android Virtual Devices*) (Silva, 2011). A Figura 12 demonstra um AVD.



**Figura 12 - Exemplo da interface de um AVD (In: Jerome, 2014)**

Para cada AVD criado, é possível definir qual versão do Sistema Operacional *Android* será utilizada. Isto resolve outro problema que seria a necessidade de um celular de cada versão do sistema em que se está desenvolvendo, para realizar os testes.

Por tanto, um AVD é uma espécie de máquina virtual que simula um *hardware* e *software* de um Sistema Operacional *Android* (Silva, 2011).

### 3.3 ANDROID AUGMENTED REALITY (ANDAR)

*AndAR* é um projeto *Open Source* que permite Realidade Aumentada na plataforma Android.

Cada aplicativo *Android* consiste em uma ou mais atividades. Uma atividade é uma interface visual, direcionados para um único propósito. A fim de escrever uma aplicação de realidade aumentada, o *AndAR* oferece classes e ferramentas utilitárias que lida com tudo relacionado a realidade aumentada, como abrir a câmera, detectando os marcadores e exibir o fluxo de vídeo (ANDAR, 2010).

#### 3.3.1 PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES

*AndAR* é um *Framework* de realidade aumentada para *Android*. Além de oferecer uma API Java pura, também é orientado a objeto. Ele consegue fazer com que a câmera do dispositivo detecte os marcadores para poder obter o posicionamento que a imagem será projetada no vídeo através de funções já prontas, utilizando o *ARToolkit* (ANDAR, 2010).

Para cada marcador tem um arquivo. Este arquivo contém informações, sobre como o marcador é. Esta informação é usada pelo *ARToolkit* de modo a distinguir diferentes marcadores. Ele também oferece pequenas funções como desenhar figuras geométricas e tirar *screenshots* (ANDAR, 2010).

#### 3.3.2 INTEGRAÇÃO COM OPENGL

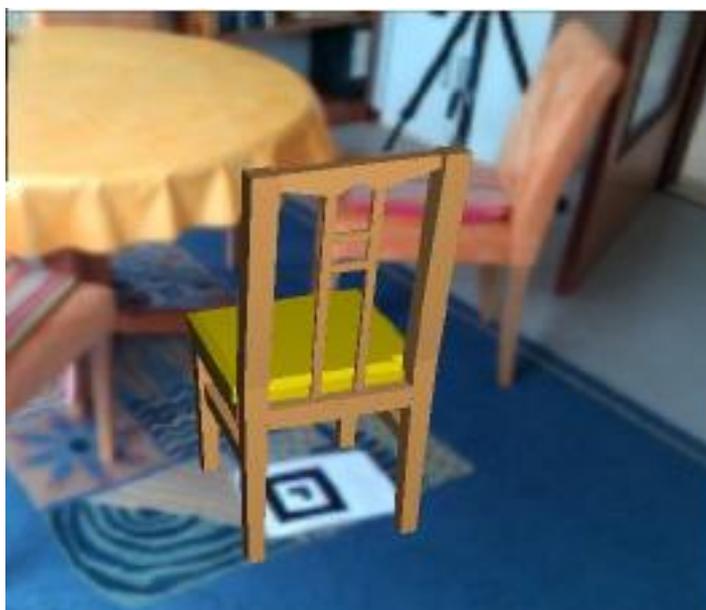
O *AndAR* possui uma classe que trata de tudo que é relacionado a *OpenGL*. Com essa classe é possível emitir comandos que manipulem todos os objetos, como inicializar a iluminação, por exemplo.

Com essa classe também é possível desenhar objetos 3D simples, como figuras geométricas. (ANDAR, 2010).

Existe no mercado Aplicações que utilizam da ferramenta AndAR, um exemplo é o *AndAR Model Viewer* que é um aplicativo *Android* capaz de exibir modelos 3D em marcadores de Realidade Aumentada.

Ao instalar esse aplicativo, estarão disponíveis marcadores para o usuário imprimir. Em seguida ele o posiciona em um ambiente qualquer, escolhe um dos objetos 3D disponíveis e aponta a câmera do celular para o marcador. Após o aplicativo reconhecer o marcador, o objeto escolhido será projetado em cima do papel, proporcionando a visualização da figura digital imersa no mundo real.

A figura 13 demonstra o funcionamento do *AndAR Model Viewer*.



**Figura 13 - Cadeira projetada em cima de um marcador (In: ANDAR, 2010)**

## 4 – PROPOSTA DE TRABALHO

A proposta deste trabalho é construir uma aplicação de realidade aumentada na plataforma *Android*, capaz de auxiliar no aprendizado de uma língua estrangeira básica. Esta aplicação trabalha em conjunto com uma apostila didática que contém figuras e elas serão marcadores de realidade aumentada.

Ao apontar a câmera do *Smartphone* para os marcadores, serão projetadas imagens relacionadas aos textos e exercícios. Portanto este projeto tem como propósito geral, melhorar a transferência de informações dos textos da apostila para o usuário do sistema, de uma forma interativa.

### 4.1 AMBIENTE EXPERIMENTAL

Em uma apostila, ao direcionar a câmera para os marcadores, serão exibidas imagens 3D relacionadas aos textos.

Para projetar uma imagem virtual no marcador presente na apostila, a figura dele será rastreada pela câmera do *smartphone*. Ao identificá-lo, a aplicação comparará o símbolo de dentro daquele com gabaritos armazenados em um banco. Caso encontre, serão calculadas as posições e orientações dos marcadores em relação à câmera, sendo possível, então, alinhá-los aos objetos virtuais 3D.

Após esse alinhamento, a aplicação renderiza os objetos virtuais no quadro de vídeo. Por fim a imagem do objeto é projetada na tela do celular sobrepondo o marcador. A Figura 14 apresenta um modelo exemplo de RA.



**Figura 14 - Modelo da arquitetura de RA.**

## 4.2 TECNOLOGIAS E RECURSOS ADOTADOS

Para a construção da aplicação foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado *Android Studio*. Esta escolha se deve ao fato de ser o IDE oficial da *Google Android*.

Foi adotada a biblioteca *ARToolkit* para manipular elementos da realidade aumentada, por ser popular, totalmente gratuita e de código aberto.

*AndAR* também foi utilizado por já conter funções predefinidas, que auxiliarão na implementação de alguns serviços, economizando tempo.

Para fabricar marcadores personalizados foi utilizado *ARToolkit Marker Generator Online*.

## 5 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste capítulo serão apresentados a especificação e a implementação do modelo proposto por este trabalho. O principal objetivo foi definir e desenvolver um protótipo de um aplicativo para dispositivos móveis na plataforma Google Android capaz de projetar imagens tridimensionais de acordo com os marcadores impressos em uma apostila contendo exercícios de língua estrangeira, no intuito de auxiliar o aprendizado.

### 5.1 ARQUITETURA IMPLEMENTADA

A aplicação foi desenvolvida com base no projeto *AndAR*, já mencionado anteriormente. A figura 15 demonstra a estrutura do projeto em seguida serão explicados os principais pontos da estrutura.

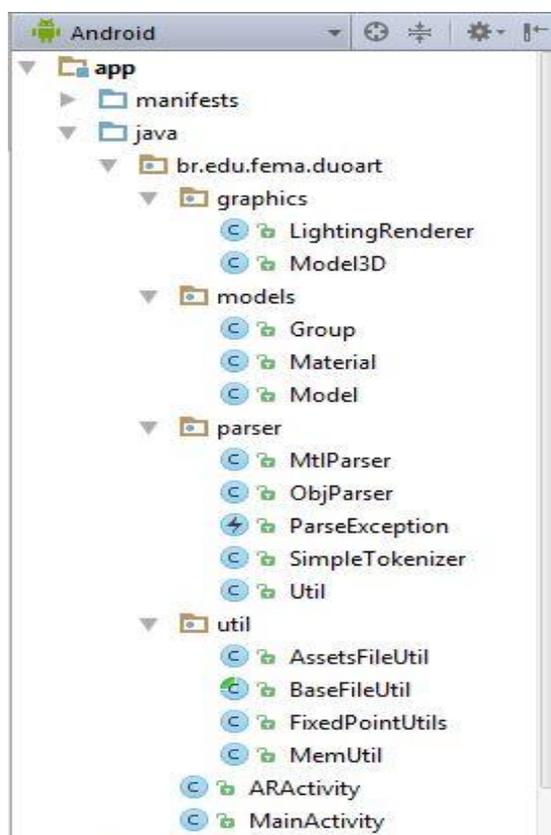


Figura 15- Estrutura do Projeto

Ao abrir o projeto, sua estrutura é demonstrada e seus pontos principais são:

- Pacote `graphics` – Este pacote contém duas classes: a `LightingRenderer`, que é responsável pela parte de renderização e iluminação dos objetos 3D, como iluminação do ambiente e posição da luz para projetar sombras, e a classe `Model3D`, que representa o modelo 3D, contém algumas informações sobre ele, carrega e desenha a forma do objeto.
- Pacote `models` – Este pacote contém três classes: `Group`, responsável por armazenar o grupo das faces do objeto 3D; `Material`, classe que cuida do material que será usado para o preenchimento do objeto 3D, ou seja, a textura ou apenas a cor do material usado e `Model`, classe que cuida do tamanho e da posição do objeto 3D, armazena o material (textura) utilizado e cada face do objeto.
- Pacote `parser` – contém quatro classes: `MtlParser`, classe que recupera as informações contidas no arquivo `.mtl` para anexar ao modelo 3D correspondente; `ParseException`, utilizada para gerar um exception, informando o arquivo, a linha com erro e a mensagem para ser exibida quando o erro ocorrer; `Util`, classe que contém pequenas funções utilizadas dentro das outras classes; `SimpleTokenizer`, classe responsável por ler cada linha recuperando o token, para que o `ObjParser` possa reconhecer os valores. No caso deste projeto, a separação se dá por um " " (espaço); `ObjParser`, parecida com o `MtlParser`, porém cuida do arquivo `.obj`, recupera cada ponto marcado para se criar o formato do objeto utilizando o método `parse`.

Este método trata cada linha do arquivo `.obj` em um loop, como demonstrado no pequeno trecho de código a seguir:

```

String line;
int lineNumber = 1;
for (line = is.readLine(); line != null; line = is.readLine(), lineNumber++) {
    if (line.length() > 0) {
        if (line.startsWith("#")) {
            // Este if irá ignorar comentarios
        } else if (line.startsWith("v ")) {
            //este if recupera do arquivo .obj as vertices que são pontos de
            //interseção entre linhas
            String endOfLine = line.substring(2).trim();
            StringTokenizer.setStr(endOfLine);
            vertices.add(new float[]{
                Float.parseFloat(spaceTokenizer.next()),
                Float.parseFloat(spaceTokenizer.next()),
                Float.parseFloat(spaceTokenizer.next())});
        } else if (line.startsWith("vt ")) {
            //este if recupera as coordenadas das texturas para que possam ser
            //aplicadas no modelo 3D
            String endOfLine = line.substring(3).trim();
            StringTokenizer.setStr(endOfLine);
            texcoords.add(new float[]{
                Float.parseFloat(spaceTokenizer.next()),
                Float.parseFloat(spaceTokenizer.next())});
        }
    }
}
//PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO O RESTANTE DO CÓDIGO ESTÁ OCULTO

```

- Pacote Util – Contém algumas classes com funções variadas, utilizadas por outras classes.

- Classe ARActivity – classe que exibe a projeção dos objetos na tela do dispositivo móvel.

O método demonstrado a seguir, esta dentro do ARActivity e serve para identificar a classe de renderização que o ARToolkit usará e também adiciona o call-back para identificar se houve mudanças na tela.

```

@Override
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    super.setNonARRenderer(new LightingRenderer());
    artoolkit = getArtoolkit();
    getSurfaceView().getHolder().addCallback(this);
}

```

O método `surfaceCreated` é utilizado para iniciar a câmera e apresentar uma mensagem na tela para que o usuário saiba que a câmera esta sendo inicializada, para não ter a impressão que a aplicação travou.

```
@Override
public void surfaceCreated(SurfaceHolder holder) {
    super.surfaceCreated(holder);
    // o ProgressDialog é uma pequena janela que informa o usuário que está
    // carregando o sistema.
    progressDialog = ProgressDialog.show(this, "",
    getResources().getText(R.string.loading), true);
    // Aqui ele vai exibir essa janela
    progressDialog.show();
    // Aqui ele vai iniciar a classe ModelLoader
    new ModelLoader().execute();
}
```

O método `addNovoModelo` é utilizado para criar um novo modelo, tratando de localizar o objeto 3D e seu marcador correspondente. Neste método é informado o nome que se deseja colocar na imagem que será projetada, o nome do arquivo `.obj` (no caso deste projeto, foi definido que esse arquivo estará localizado na pasta `models`), o nome do marcador em que esse objeto será projetado (por padrão esse arquivo fica na pasta `assets`) e por fim a escala da imagem (quanto maior o número, maior será a imagem projetada). O trecho de código a seguir ilustra o método `addNovoModelo`.

```

private void addNovoModelo(String nome, String nomeObj, String marcacao,
                           float scale) {
    // aqui é indicada a localização da pasta dos modelos .obj
    BaseFileUtil fileUtil = null;
    fileUtil = new AssetsFileUtil(getResources().getAssets());
    fileUtil.setBaseFolder("models/");
    // aqui é criado um objeto do ObjParser para que possa ser utilizado
    // posteriormente
    ObjParser parser = new ObjParser(fileUtil);
    try {
        if (fileUtil != null) {
            BufferedReader fileReader = fileUtil.getReaderFromName(nomeObj);
            if (fileReader != null) {
                // Aqui ele converte o arquivo do .obj para uma ArrayList, para que o
                // ARToolkit possa recuperar os valores e exibir na tela
                Model model = parser.parse(nome, fileReader);
                // Cria o modelo 3D passando o conteúdo necessário, como a
                // marcação
                Model3D model3d = new Model3D(model, nome, marcacao,
                                                scale);

                models.add(model3d);

                // Aqui o modelo é registrado no ARToolkit para que ele
                // possa identificar a marcação e exibir o modelo em cima,
                // tudo automaticamente.
                artoolkit.registerARObject(model3d);
            }
        }
    }
}

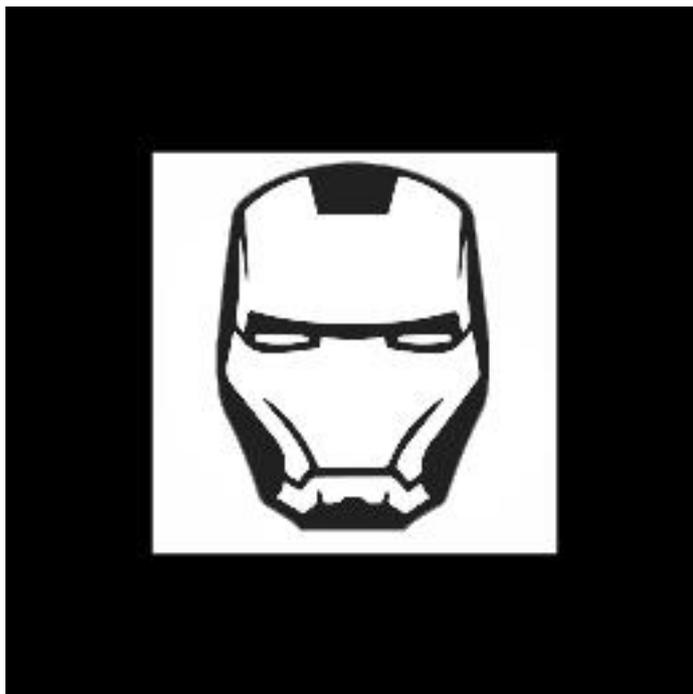
```

- Classe MainActivity – Classe principal, é a primeira a ser executada e faz a chamada da classe ARActivity.

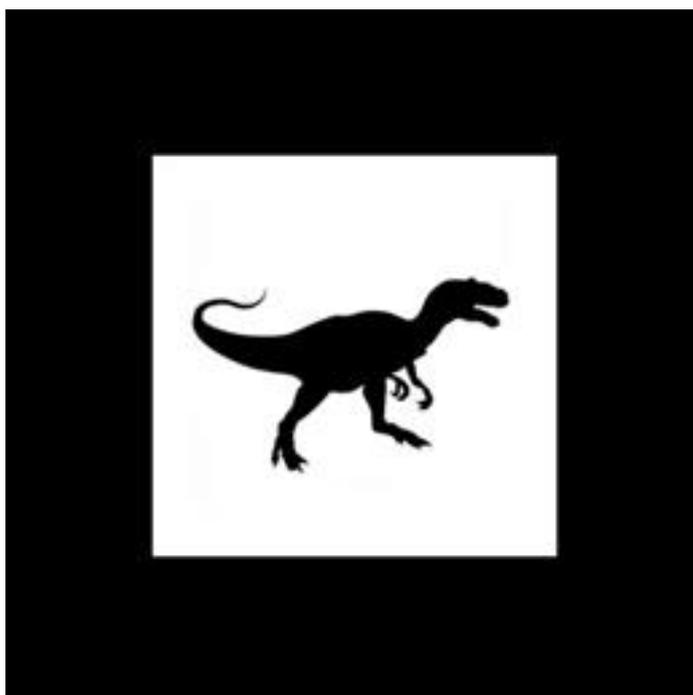
## 5.2 MARCADORES DESENVOLVIDOS

Utilizando o *ARToolkit Marker Generator Online*, foi possível desenvolver marcadores personalizados. Esses marcadores foram impressos em uma apostila simples que foi criada para demonstração da funcionalidade do sistema (será detalhada no próximo tópico). Sobre cada um dos marcadores desenvolvidos, é projetado um objeto 3D distinto.

As figuras 16, 17 e 18 mostram os marcadores desenvolvidos com a ferramenta citada anteriormente.



**Figura 16 – Marcador personalizado Marker\_IronMan**



**Figura 17- Marcador personalizado Marker\_Raptor**



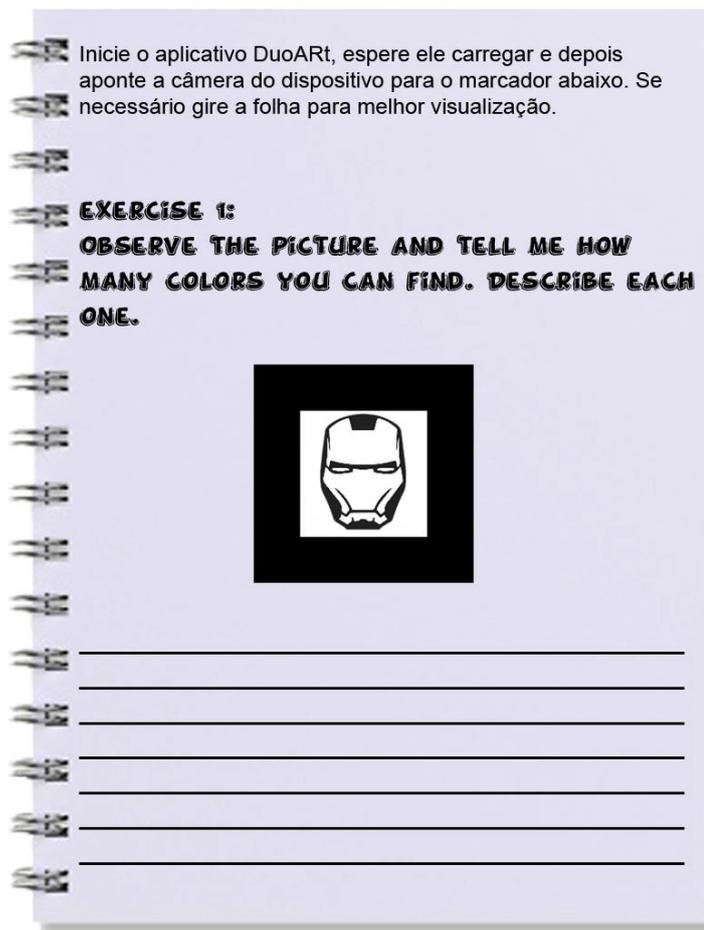
**Figura 18- Marcador personalizado Marker\_Planta**

### 5.3 EXPERIMENTOS E ADOÇÃO REAL DE ANDAR

Para demonstrar a funcionalidade da aplicação proposta neste trabalho, foi criada uma pequena apostila com três páginas, cada uma contendo um exercício de língua inglesa e um ou mais marcadores.

Os exercícios são perguntas simples, apenas para demonstração do aplicativo. A adoção desta técnica em um ambiente real (em uma escola de línguas, por exemplo) traria exercícios mais complexos.

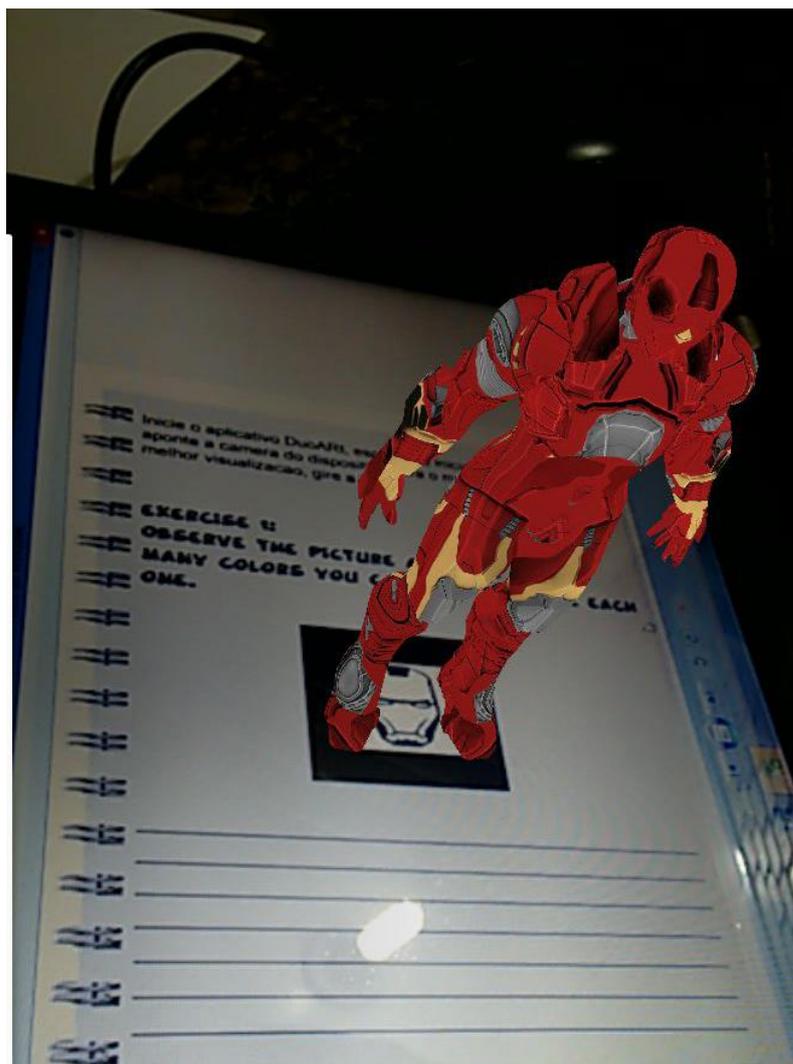
A figura 18 mostra o exemplo de uma folha de exercício.



**Figura 19– Exemplo de folha de exercício**

No primeiro exercício há uma pergunta e o marcador `Marker_IronMan`. Quando a aplicação se iniciou e câmera do dispositivo móvel foi apontada para o marcador, na tela do mesmo foi projetado um boneco colorido e tridimensional (pré-definido na programação). Observando a imagem projetada foi possível responder ao exercício.

A figura 20 demonstra uma captura de tela no momento em que a aplicação esta sendo executada.

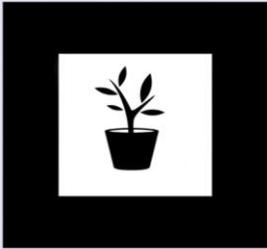


**Figura 20 – Captura de tela da aplicação em execução**

O segundo exercício é semelhante ao primeiro, mas contém um marcador diferente. Devido a isso, a imagem projetada foi distinta. A figura 21 demonstra o segundo exercício da apostila e a figura 22 mostra a captura da tela da aplicação executando.

Inicie o aplicativo DuoARt, espere ele carregar e depois aponte a camera do dispositivo para o marcador abaixo. Se necessário gire a folha para melhor visualização.

**EXERCISE 2:**  
**NOTE THE FIGURE AND ANSWER: WHAT IS IT?**  
**WHAT COLOR OF VASE? HOW MANY LEAVES**  
**ARE THERE?**



---

---

---

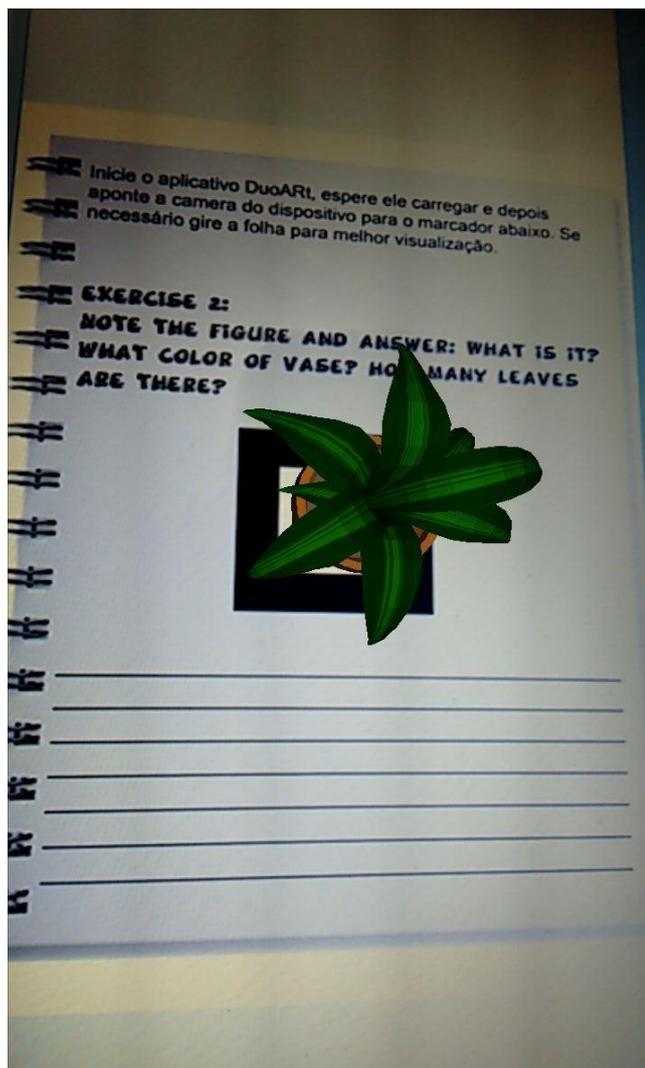
---

---

---

---

Figura 21- Folha de exercício número 2



**Figura 22** - Captura de tela da aplicação em execução no exercício 2

O terceiro exercício demonstra que a aplicação é capaz de reconhecer vários marcadores simultaneamente, projetando a imagem correspondente de cada um. Desta forma é possível montar exercícios com maiores variações. As figuras 23 e 24 ilustram o exercício 3 da apostila.

Inicie o aplicativo DuoARt, espere ele carregar e depois aponte a camera do dispositivo para o marcador abaixo. Se necessário gire a folha para melhor visualização.

**EXERCISE 3:**  
**OBSERVE THE THREE IMAGES AND ANSWER:**  
**WHAT IS THE BIGGEST? WHAT IS SMALLER?**



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Figura 23- Demonstração do exercício 3

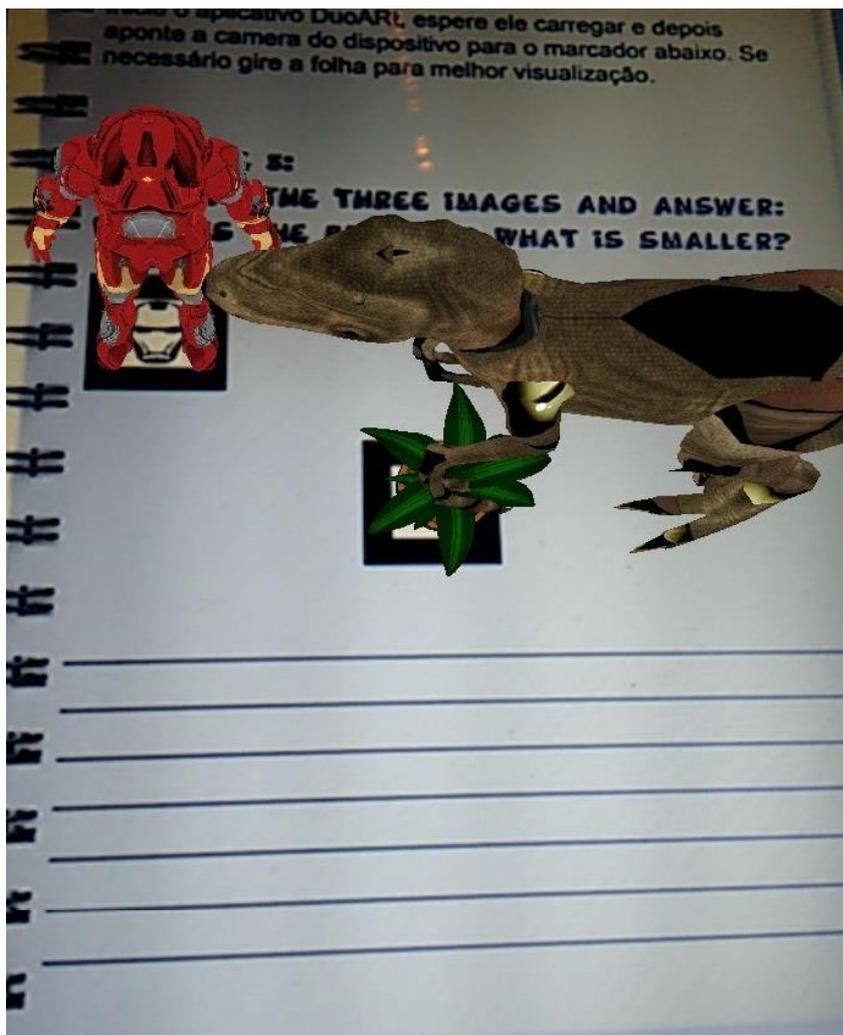


Figura 24 - Captura de tela da aplicação com o exercício 3

## 6 – CONCLUSÃO

Conclui-se que no âmbito acadêmico o uso de novas tecnologias já substituiu métodos tradicionais de ensino, devido à redução do custo de dispositivos tecnológicos, o que facilita a transmissão de informações entre professor e aluno.

Nota-se que apesar dos benefícios identificados, por ser uma tecnologia relativamente nova, o uso da realidade aumentada ainda não é explorada em instituições de ensino.

Observa-se que para o uso de RA são necessários equipamentos específicos para seu melhor aproveitamento, o acesso a esses recursos cresce com a popularização de *smartphones*.

Conclui-se que é possível criar uma aplicação de realidade aumentada para a plataforma *Google Android* utilizando ferramentas que são disponibilizadas gratuitamente, como por exemplo, o *ARToolkit* e *Android Studio*.

Constata-se que com a aplicação é possível desenvolver exercícios para aprendizado de língua estrangeira, auxiliando a transferência de informação da apostila para o usuário de uma forma atrativa, por ser diferente das formas convencionais.

### 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Os exercícios exemplificados neste trabalho são simples, porém é possível criar outros bem elaborados, com perguntas e imagens complexas. Pode-se também apresentar figuras para ilustrar traduções, projetar trechos de texto em português que corresponda ao trecho em inglês indicado, em fim, existe vários tipos de exercícios que podem ser criados para atender as necessidades do usuário do aplicativo.

A aplicação apresentada neste trabalho projeta imagens 3D pré-definidas na programação. Uma melhoria significativa do projeto seria a implementação de uma interface onde o próprio usuário possa definir as imagens e os marcadores

correspondentes podendo, assim, criar seus próprios exercícios sem necessidade de conhecimento em programação. Outra melhoria seria criar métodos que torne possível apresentar não só figuras tridimensionais, mas também animações. Desta forma, a complexidade dos exercícios poderia ser ampliada.

## REFERÊNCIAS

AMIM, Rodrigo Rosa. **Realidade aumentada aplicada à arquitetura e urbanismo**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ANDAR. **HowToBuildApplicationsBasedOnAndAR.wiki**. Disponível em:

<<https://code.google.com/archive/p/andar/wikis/HowToBuildApplicationsBasedOnAndAR.wiki>>. Acesso em: 06 mar. 2016

ARTOOLWORKS. **Criação e formação de novos marcadores ARToolKit**. Disponível em:

<[https://www.artoolworks.com/support/library/Creating\\_and\\_training\\_new\\_ARToolKit\\_markers](https://www.artoolworks.com/support/library/Creating_and_training_new_ARToolKit_markers)>. Acesso em: 16 mar. 2016.

CARVALHO, Elizabeth et al; **VRINMOTION: Utilização de Realidade Aumentada no sector mobiliário**. CCG – Centro de Computação Grafica, Campus de Azurém – Portugal. Disponível em <[http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&=S1646-98952011000100002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&=S1646-98952011000100002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 03 out. 2015.

DE ALMEIDA SOARES, Cecília; ZALUAR, Pedro Lamy; DA SILVA, Geiza Maria Hamazaki. **Uma abordagem baseada em projetos para o ensino de programação: investigações sobre a tecnologia android**. Disponível em:<<http://bsi.uniriotec.br/tcc/201512LamyAlmeida.pdf>> . Acesso em: 27 fev. 2016.

DUARTE, Márcio Antônio. **O uso de realidade aumentada para medição de movimentos**.

Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

FARIA, Alessandro de Oliveira. **Móveis e Artigos de decoração utilizando Realidade Aumentada**. Disponível em: <<http://assuntonerd.com.br/2014/12/22/moveis-e-artigos-de-decoracao-utilizando-realidade-aumentada/>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

FARTO, Guilherme de Cleva. **Abordagem Orientada a Serviços para implementação de um aplicativo Google Android**. Trabalho de Conclusão de Curso Assis: Fundação Educacional do Município de Assis - Fema, 2010. 62 p

GLOBO, Editora. **Experiência de realidade virtual sem equipamentos**. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2015/12/startup-cria-experiencia-de-realidade-virtual-sem-equipamentos.html>> Acesso em: 16 mar. 2016.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality Petrópolis – RJ, 28 de Maio de 2007. Disponível em <[http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2007\\_svrps.pdf](http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2015.

LECHETA, Ricardo R. **Google Android: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com Android SDK**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2009.

MARTINS, Valéria Farinazzo; GUIMARÃES, M. P. **Desafios para o uso de Realidade Virtual e Aumentada de maneira efetiva no ensino**. In: Anais do Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação. 2012. p. 100-109.

PEREIRA, Lúcio Camilo Oliva; SILVA, Michel Lourenço da Silva. **Android para Desenvolvedores**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda., 2009.

PEREIRA, Ricardo Mendes Carvalho et al; **Tecnologia Da Realidade Aumentada Na Propaganda: Avaliação Da Eficácia Com Base Em Entendimento, Risco E Resposta Afetiva**. Revista de Administração e Inovação – Universidade de São Paulo - USP. Disponível em < <http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79328>>. Acesso em: 03 out. 2015.

REALIDADEAUMENTADA. **Gerador de marcadores online**. Disponível em:

<[http://hiperrealidade.com.br/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=38&Itemid=54](http://hiperrealidade.com.br/home/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=54)>. Acesso em: 16 mar. 2016.

RIBEIRO, Marcos Wagner de Souza; ZORZAL, Ezequiel Roberto. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia-MG-Brasil, 2011.

RODRIGUES, Claudia Susie Camargo; PINTO, Ricardo Alexandre Marquezin; RODRIGUES, Paulo Fernando Neves. **Uma aplicação da realidade aumentada no ensino de modelagem dos sistemas estruturais**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 2, n. 2, p. 81-95, 2010.

SACASHIMA, Rosemary Emika. **A realidade aumentada: desafios técnicos e algumas aplicações em jogos e nas Artes Visuais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTIN, Rafael; KIRNER, Claudio; GARBIN, Tânia R.; DAINESE, Carlos A. **Ações Interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit**. Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Disponível em < <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/svr/2004/aumentada5.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2015.

SANTIN, Rafael; KIRNER, Claudio. **Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica**, ARToolKit: conceitos e ferramenta de autoria colaborativa. SBC, Porto Alegre, p. 178-276, 2008.

SAVI, Rafael. **Utilização de Projeção Multimídia em Salas de Aula: observação do uso em três escolas públicas**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2009.

SISCOUTTO, Robson Augusto; DA SILVA FILHO, Levrageles. **Desenvolvendo um Ambiente Virtual em Realidade Aumentada para Web com FLARToolKit**. Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada. Disponível em: <<http://comissoes.sbc.org.br/ce-rv/livro2011.pdf#page=55>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOUTTO, Robson Augusto. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Editora SBC, 2006. 30 p.

VEIGA, Ruben Alexander Pires Gonçalves da. **InteriorAR Desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada para Decoração de Interiores**. 2012. 112p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto - FEUP, Porto, 2012.

ZORZAL, Ezequiel R.; BUCCIOLI, Arthur Augusto Bastos; KIRNER, Claudio. **Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Quebra-cabeças Educacionais**. In: SVR2006-VIII Symposium on Virtual Reality. 2006. p. 221-232.