
Desenvolvimento de aplicações utilizando realidade aumentada

Leandro Tonin¹

Prof. MS. Klausner Vieira Gonçalves²

RESUMO

A Realidade Aumentada é uma tecnologia bastante promissora, que permite que o mundo virtual e o real se misturem, dando uma maior interatividade na maneira como nós executamos nossas tarefas do dia a dia. Atualmente a RA é utilizada em diversas áreas do conhecimento, entre elas, a Publicidade e Medicina. Os objetivos da pesquisa são, primeiro, demonstrar o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada utilizando uma biblioteca externa própria para o desenvolvimento em Realidade Aumentada integrada ao Adobe Flash CS4 com a programação em ActionScript 3.0, a linguagem de programação do Adobe Flash; e, segundo, demonstrar como essa tecnologia pode ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de Realidade Aumentada e, para a fixação e o entendimento desses conceitos, foi desenvolvida uma aplicação com essa tecnologia, utilizando o software Adobe Flash CS4 Professional, juntamente com sua linguagem de programação, o ActionScript 3.0, e, para tornar possível o desenvolvimento, foram utilizadas as bibliotecas Papervision 3D, para a criação dos objetos 3D, e a biblioteca FLARToolKit para a criação de aplicações de Realidade Aumentada utilizando a linguagem ActionScript 3.0.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, FLARToolKit, Action Script, Papervision, Adobe Flash.

1 Introdução

A Computação Gráfica é uma área da Ciência da Computação que permite a criação de imagens por meio de dados, modelos computacionais, e outras técnicas. Segundo Azevedo e Conci (2003), a ISO (International Organization for Standardization), define computação gráfica como “um conjunto de ferramentas e técnicas para converter dados para ou de um dispositivo gráfico através do computador”.

A Realidade Aumentada (RA) é uma área de estudo da computação gráfica que permite a integração do mundo real com elementos do mundo virtual criado através de um computador, e em tempo real. Segundo Kirner e Kirner (2008 apud KIRNER, 2011), “Realidade Aumentada é a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais”.

De acordo com Kirner (2010), a Realidade Aumentada “está sendo usada em: medicina, arquitetura e engenharia, educação e treinamento, entretenimento, marketing, comércio eletrônico, museus, etc.”. Em todos os casos, o usuário vê um cenário real e elementos complementares, consistindo de informações simbólicas e textuais, além de objetos virtuais, que podem ser animados e sonorizados, para amplificar sua capacidade de visualização e interação com o ambiente, no qual está inserido.

Isso posto, a Realidade Aumentada pode ser classificada em quatro tipos de sistemas, que serão apresentados ao longo desse trabalho, mostrando, assim, a diferença entre um sistema e outro.

Outra área da computação gráfica é a Realidade Virtual (RV), em que o usuário interage no mundo virtual, diferentemente da Realidade Aumentada, em que o usuário permanece no seu ambiente físico e os objetos virtuais são transportados para interagir com o mundo real.

A Realidade Virtual é bastante utilizada em simuladores para treinamentos de pessoas, que permite ao usuário interagir com determinada situação imaginária e, assim, testar suas habilidades.

¹ Aluno do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Claretiano Faculdade

² Mestre em computação, professor do Claretiano Faculdade

Dessa forma, tendo seus conceitos básicos apresentados, serão apresentadas, a seguir, a problemática e a hipótese central deste estudo.

De que forma a Realidade Aumentada pode ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento?

A Realidade Aumentada está ao alcance de todas as pessoas, ou somente grandes organizações com um considerável poder tecnológico podem usufruir dessa tecnologia?

A hipótese orientadora consiste em que diferentes áreas do conhecimento podem se utilizar da Realidade Aumentada, adaptando a tecnologia à necessidade de cada uma delas, seja para o auxílio na visualização de projetos, para o ensino, simulações, publicidades, entre muitas outras. A RA é uma tecnologia bastante promissora, e promete crescer muito nos próximos anos; além de tudo, ela está ao alcance de praticamente todas as pessoas, bastando ter apenas um computador com webcam e um software que gere os objetos 3D para testar a tecnologia e, para aqueles que gostam de se aventurar mais, basta ter algum conhecimento em linguagens de programação para criar a sua própria Realidade Aumentada.

2 Realidade Aumentada

Neste tópico, serão apresentados alguns conceitos sobre a Realidade Virtual e Aumentada – juntamente com alguns exemplos para melhor compreensão –, os tipos de sistemas de RA, definindo as diferenças entre cada um deles e o funcionamento do tipo de sistema utilizado na parte prática do trabalho.

2.1 Realidade Virtual

Antes de entrar no assunto de Realidade Aumentada, vamos entender alguns conceitos sobre a Realidade Virtual.

“A realidade virtual teve suas origens na década de 60, [...] mas só ganhou força na década de 90, quando o avanço tecnológico propiciou condições para a execução da computação gráfica interativa em tempo real.” (KIRNER e SISCOUTO, 2006, p. 4-5).

A Realidade Virtual é uma interface avançada criada para o usuário através de computador, com o objetivo de criar ao máximo a sensação de realidade para o usuário em tempo real, e com o uso de alguns equipamentos como: luvas, capacetes, displays, sensores, entre outros. Permite que o usuário consiga interagir com o ambiente virtual, tornando ainda maior sua sensação de realidade.

A Realidade Virtual pode ser classificada em duas categorias, de acordo com o senso de presença do usuário. São elas:

Imersiva: Quando o usuário é transportado inteiramente para o mundo virtual, onde seus movimentos são capturados através de dispositivos multissensoriais como luvas, capacetes, sensores etc., e a aplicação reage a esses movimentos. A Figura 1 mostra um exemplo de Realidade Virtual imersiva.



Figura 1 - Militar com óculos de RV para simulação de salto de paraquedas.
Fonte: Wikipedia (2013)

Não imersiva: Quando o usuário não é transportado inteiramente ao mundo virtual, através de um monitor ou projeção, tendo como dispositivos de entrada o teclado, mouse, entre outros, mas, ainda assim, mantém a sensação de predominância do virtual. A Figura 2 mostra um exemplo de Realidade Virtual não imersiva.



Figura 2 - Jogo Second Life.
Fonte: FOGAÇA (2010)

2.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma área de estudo da computação gráfica que permite a integração do mundo real com elementos do mundo virtual criado através de um computador, e em tempo real, possibilitando ao usuário aprimorar seu ambiente físico por meio da sobreposição de objetos virtuais em tempo real.

Diferentemente da Realidade Virtual, que transporta o usuário para o ambiente virtual, a Realidade Aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

De acordo com KIRNER (2010), a Realidade Aumentada “está sendo usada em: medicina, arquitetura e engenharia, educação e treinamento, entretenimento, marketing, comércio eletrônico, museus, etc.”.

Alguns exemplos de utilização dessas áreas: na Medicina, médicos brasileiros estão utilizando a Realidade Aumentada no tratamento de varizes.



Figura 3 - Realidade Aumentada no tratamento de varizes.
Fonte: adaptado de YOUTUBE (2009).

No entretenimento, um bom exemplo é o filme Piratas do Caribe, em que utilizaram a RA para criar os personagens de Davy Jones e sua tripulação.



Figura 4 - Filme Piratas do Caribe utilizando RA para criar os personagens
Fonte: LINARES (2012)

Outra área que está explorando muito a Realidade Aumentada é a Publicidade; muitas empresas já utilizaram dessa tecnologia para promover seus produtos.

A Realidade Aumentada está em constantes melhorias em seu desenvolvimento; apesar de ter suas origens na década de 60, ela se tornou mais conhecida apenas nos anos 90, com a evolução tecnológica possibilitando o seu uso, que exige certo processamento de dados dos computadores e que não eram suportados anos atrás.

Porém, todo o conceito de Realidade Aumentada está inserido num contexto ainda mais amplo, conhecido como Realidade Misturada. Ela trabalha com aplicações em que ambientes reais e virtuais são sobrepostos, e tem como meta criar ambientes tão realistas para o usuário de modo que ele não consiga perceber a diferença entre o real e o virtual, como se fosse uma coisa só.

A Realidade Misturada possui dois pilares principais: a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada, como mostrado na Figura 5.

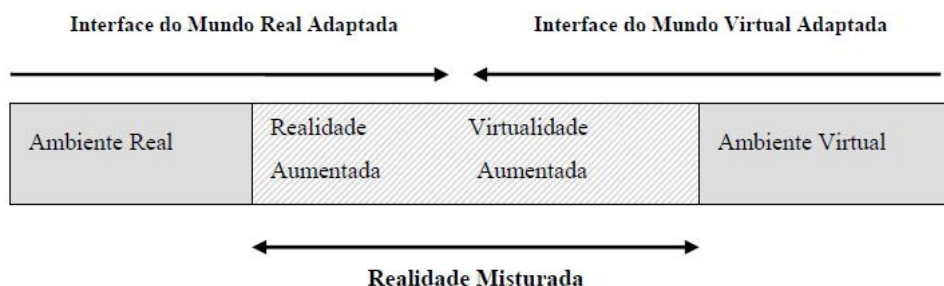


Figura 5 - Ambiente de Realidade Misturada.
Fonte: Tori, Kirner e Siscouto (2006).

Na Realidade Aumentada, como já explicado, os objetos virtuais são transportados para o mundo real, mantendo as interações que o usuário usa no mundo real com suas vantagens e limitações (uso das mãos com facilidades de manuseio e limites no alcance).

Na Virtualidade Aumentada, os objetos reais são transportados para o mundo virtual, mantendo as características da realidade virtual (as interações do usuário são aquelas que ele usa na realidade virtual, incluindo o uso de luvas, rastreadores etc.). Assim, se houver mistura do real com o virtual, a interface do usuário é quem definirá se o ambiente é de Virtualidade ou de Realidade Aumentada.

Indo um pouco mais além da capacidade da Realidade Virtual, a Realidade Misturada permite combinar objetos dos dois ambientes e, assim, fazendo uma mescla entre o ambiente real e o virtual através de técnicas computacionais.

2.3 Tipos de Sistemas de RA

Os sistemas de Realidade Aumentada podem ser classificados de acordo com o display utilizado, sendo por visão ótica ou direta, originando em quatro tipos de sistemas.

2.3.1 Sistema de Visão Ótica Direta

Esse sistema permite que o usuário veja o mundo real normalmente e, através de óculos ou capacetes equipados com lentes, ele recebe as imagens virtuais geradas por computador diretamente no olho e devidamente posicionadas com o mundo real. A figura 6 apresenta um diagrama deste tipo de sistema.

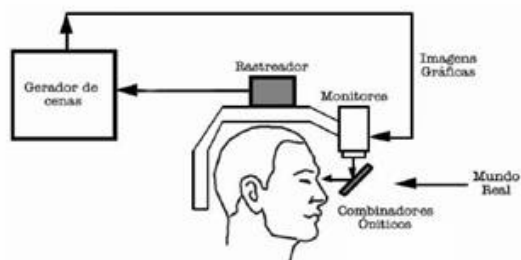


Figura 6 - Diagrama do Sistema de Visão Ótica Direta.
Fonte: CREATIVE SENSE (2011).

2.3.2 Sistema de Visão Direta por Vídeo

Esse tipo de sistema é bem parecido com o anterior, porém a diferença é que o usuário não visualiza o ambiente real diretamente; nesse caso, o usuário utiliza um capacete ou óculos com uma câmera acoplada, sendo a imagem do mundo real capturada por essa câmera e misturada com imagens virtuais geradas por computador e apresentada ao usuário diretamente nos olhos, através de pequenos displays acoplados no capacete ou óculos.

2.3.3 Sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor

Nesse sistema, o usuário utiliza uma webcam para capturar a imagem do mundo real e, logo após ser capturada, a imagem é misturada com a imagem do mundo virtual e apresentada ao usuário através do monitor, tendo seu ponto de vista fixo, dependendo da posição da webcam.

2.3.4 Sistema de Visão Ótica por Projeção

Esse sistema é interessante pelo fato de o usuário não necessitar de nenhum dispositivo auxiliar para visualizar a Realidade Aumentada; nesse caso, a imagem é projetada na própria superfície do ambiente real, porém fica muito limitado em seu uso, por depender de uma superfície plana do ambiente real para ser projetada.



Figura 7 - Sistema de Visão Ótica por Projeção.
Fonte: adaptado de Youtube (2008)

2.4 Marcador

Os marcadores são fundamentais na Realidade Aumentada, ou pelo menos por enquanto, pois é por eles que os softwares de RA calculam o posicionamento correto dos objetos 3D, porém devem-se tomar alguns cuidados ao criar um marcador personalizado. Algumas ferramentas para desenvolvimento de aplicações de RA possuem certa deficiência em reconhecer determinados marcadores; portanto, recomenda-se que se crie marcas simples e sem muitos detalhes ou cores. Um padrão muito comum utilizado para marcadores são os famosos quadrados preto e branco com alguma figura dentro, pois eles são identificados pelo software muito facilmente.

Para um bom marcador (Figura 8), a figura dentro dele deve diferenciar, pelo menos, um dos quatro cantos de dentro, pois, assim, o software saberá quando o marcador estiver tombado ou de cabeça para baixo.

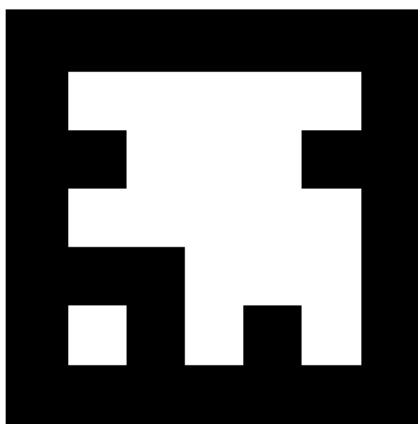


Figura 8 - Marcadores corretos para reconhecimento do software.
Fonte: HEIKKINEN (2012)

2.5 Funcionamento

A Realidade Aumentada possui varias configurações; dentre elas, está o uso de marcador, sendo essa a que vamos utilizar nesse trabalho.

Você precisa de alguns equipamentos básicos para possibilitar a Realidade Aumentada: um computador, uma webcam, um marcador, e o software de Realidade Aumentada. Para tudo isso funcionar, você executa o software e, com o marcador apontado para a câmera, o software irá reconhecê-lo e identificar seu posicionamento no ambiente, em seguida, o software disponibiliza um objeto virtual com base no posicionamento desse marcador.

A Figura 9 mostra um diagrama bem simples de como funciona.

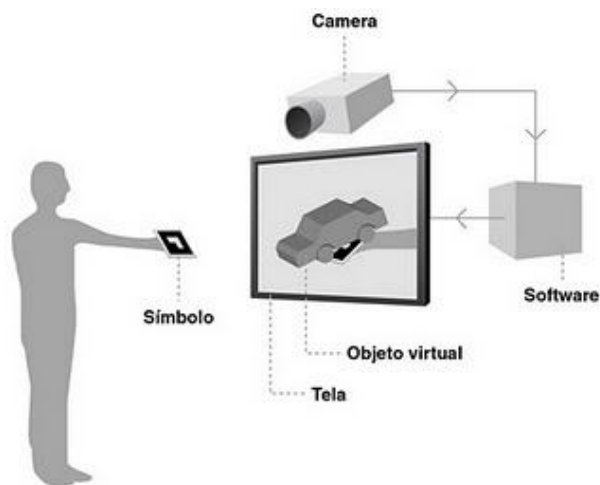


Figura 9 - Funcionamento da Realidade Aumentada.
Fonte: LIMA (2010).

3 Ferramentas para desenvolvimento de aplicações em RA

Neste tópico, veremos algumas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada. Entre elas, estão ferramentas para programadores e não programadores.

3.1 ARToolKit

Desenvolvido originalmente por Hirokazo Kato e Mark Billinghurst em 1999, no laboratório HITL da Universidade de Washington, o ARToolKit é uma biblioteca desenvolvida em linguagem C, que permite o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada de uma maneira mais fácil, utilizando técnicas de visão computacional para identificar marcadores capturados pela câmera, devidamente cadastrados no sistema, e, assim, conseguir ajustar a sua posição e orientação para criar objetos virtuais de forma que pareçam estar anexados a esses marcadores. O ARToolKit não permite desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada para web.

Desde o seu lançamento, o ARToolKit recebeu várias atualizações, sendo hoje multiplataforma e com um melhor algoritmo de rastreamento desde a sua primeira versão.

3.2 FLARToolKit

Desenvolvida pelo japonês Saqoosha em 2008, foi portada por meio da biblioteca NyARToolKit (Java) para a linguagem ActionScript 3.0 (Flash).

Essa biblioteca, diferentemente das outras, permite o desenvolvimento de aplicações de RA para web, e pode ser executada na maioria dos browsers com suporte ao Flash Player. Para seu desenvolvimento, é necessário ter objetos Collada ou Papervision 3D, uma biblioteca 3D para o Flash.

3.3 NyARToolKit

Originada da biblioteca ARToolKit, foi portada para a linguagem Java pelo japonês Nyatla em 2008. O nome um tanto estranho leva as duas primeiras letras do nome do desenvolvedor (Ny – Nyatla) e, em seguida, o nome da biblioteca escrita em C (ARToolKit), formando, assim, o nome NyARToolKit.

Essa biblioteca é bem interessante, pois, apesar de ser em Java, tem suporte para trabalhar com C#, Android, e algumas outras linguagens, além do ActionScript 3.0, que originou a biblioteca FLARToolKit, citada anteriormente.

3.4 EZFlar

Criado em 2009 por Eduardo Malpeli, com a ajuda de Daniel Roda e Alex Freitas, ambos infografistas do Jornal O Estado de São Paulo, o EZFlar é um gerador on-line automático de Realidade Aumentada.

O projeto surgiu a partir da ideia de utilizar a Realidade Aumentada no jornal; a partir dessa ideia, várias pesquisas foram feitas e, como primeiro projeto, foi desenvolvido uma aplicação para uma matéria do jornal sobre a Torre Eiffel com um marcador impresso no final da página dessa matéria e, quando o usuário colocasse o jornal com o marcador na frente da webcam, seria apresentado um modelo 3D da Torre Eiffel.

Para ter acesso ao gerador on-line de RA, basta acessar o site do projeto e criar sua própria Realidade Aumentada, lembrando que seu código-fonte é aberto.

3.5 SACRA

Desenvolvido em 2008 pelo aluno Rafael Santin, em seu mestrado, e orientado pelo prof. Claudio Kirner, o SACRA, Sistema de Autoria Colaborativa com Realidade Aumentada, surgiu da necessidade de

facilitar o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada por pessoas leigas em computação, necessitando apenas de configurações através de pastas e arquivos-texto.

3.6 SmartAR

Sistema de Realidade Aumentada criado pela Sony, o SmartAR, ou, em português, Realidade Aumentada Inteligente, não necessita da utilização de marcadores especiais, como foi visto nas outras ferramentas, pois ela utiliza a abordagem de markerless para o reconhecimento de objetos, podendo ser reconhecidos e acompanhados em alta velocidade; permite, ainda, que todo o ambiente seja mapeado e transformado em 3D, criando interações com o ambiente real em uma qualidade muito alta, sem perda ou atrasos em suas projeções.

Apesar de possuir complexos algoritmos para tudo isso funcionar, a Sony garantiu que o sistema é bem leve e não terá problemas para rodar em dispositivos móveis, porém por enquanto não se deve esperar essa tecnologia disponível nos aparelhos da Sony.

4 Desenvolvimento de uma aplicação usando Realidade Aumentada

A proposta para o desenvolvimento foi criar uma aplicação simples utilizando um objeto 3D do tipo Collada, a fim de estudar os conceitos básicos para desenvolvimento de uma aplicação em RA. Todo o conhecimento obtido em Flash (AS3), Papervision 3D e FLARToolKit foi obtido principalmente durante a realização do curso Flash Total do portal Luciano Augusto Treinamentos, e também de pesquisas na internet sobre o desenvolvimento de aplicações com RA em Flash.

O modelo 3D utilizado na aplicação é de um carro Dodge Charger (Figura 10). Esse modelo foi baixado da internet, já que a parte da modelagem 3D dos objetos não é o foco do projeto, apenas a parte do desenvolvimento da aplicação RA.

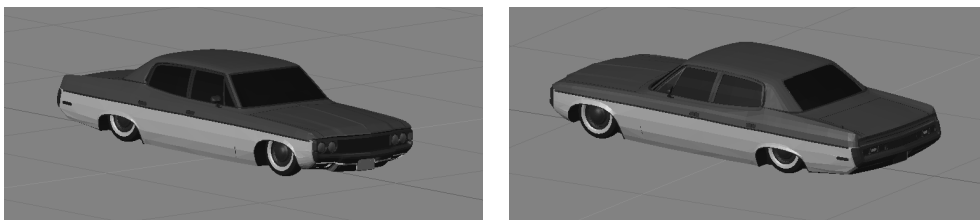


Figura 10 - Modelo 3D do carro visualizado dentro do Blender 3D.

4.1 Desenvolvimento

Primeiramente, foi desenvolvido um marcador personalizado para ser utilizado no projeto, utilizando um software de desenho para criar o modelo (Figura 11) com as mesmas dimensões dos marcadores originais que vem junto com as aplicações de exemplo e, com a ferramenta ARToolKit Marker Generator, foi gerado o arquivo Marker.pat para ser utilizado na aplicação (Figura 12).

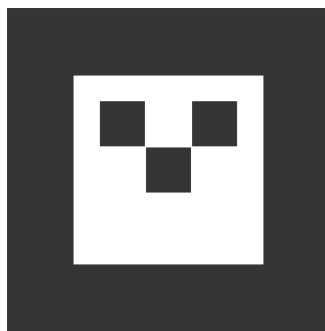


Figura 11 - Marcador utilizado na aplicação.

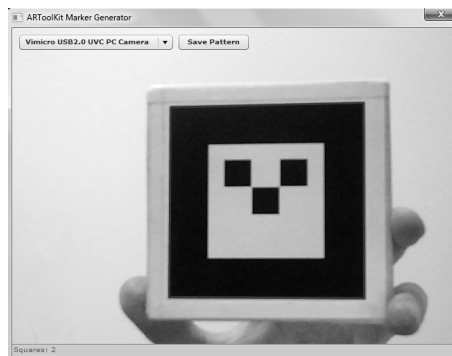


Figura 12 - ARToolKit Marker Generator identificando marcador.

A biblioteca FLARToolKit foi baixada no site do desenvolvedor, Saqoosha; a versão do FLARToolKit disponibilizada no site já vem embutida com a biblioteca Papervision 3D, tornando mais prático o seu uso. É necessário que a pasta do projeto tenha a seguinte estrutura (Figura 13), já com as bibliotecas e o marcador criado dentro da pasta.

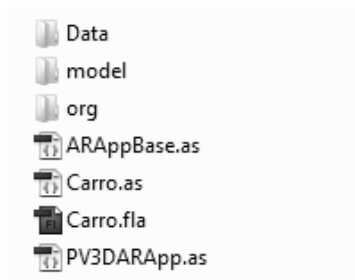


Figura 13 - Estrutura de pastas da aplicação.

A pasta "Data" contém o arquivo de calibração da câmera, fundamental para o projeto; esse arquivo faz toda a calibração necessária da câmera antes de a aplicação ser iniciada e o arquivo pat do marcador ser criado. A pasta "model" é usada para colocar os modelos 3D utilizados no projeto, com fim de organização. A pasta "org" é onde estão todas as classes do Papervision 3D e do FLARToolKit que serão utilizadas no projeto. Os arquivos PV3DARApp.as e ARAppBase.as são as classes escritas pelo japonês Saqoosha para instanciar o FLARToolKit junto com o Papervision3D. Também há um arquivo Flash, que será a tela para visualização, e um arquivo ActionScript, em que será feita toda a programação, com o nome Carro.fla e Carro.as, respectivamente.

No arquivo Flash (Carro fla), a única alteração feita foi mudar o plano de fundo para cor preta, e indicar o arquivo ActionScript (Carro.as) no campo Class, em suas propriedades (Imagem 17).

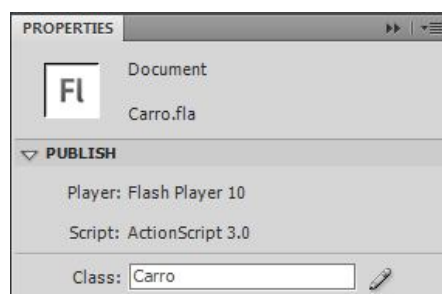


Figura 14 - Aba "Propriedades" do arquivo Carro fla.

É no arquivo ActionScript que toda a programação é feita. O script será apresentado em partes, com explicação do que está acontecendo em cada etapa.

Primeiramente, é necessário importar as bibliotecas que serão utilizadas (Figura 15); foram utilizadas a biblioteca Event do Flash e as bibliotecas DAE para carregar o modelo 3D, Plane para criar um plano em cima do marcador, e WireframeMaterial para o objeto plano ficar sem textura, apenas com o seu contorno, ambas do Papervision 3D.

```

1 package{
2
3     import flash.events.Event;
4
5     import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;
6     import org.papervision3d.objects.primitives.Plane;
7     import org.papervision3d.materials.WireframeMaterial;
8

```

Figura 15 - Bibliotecas importadas na aplicação.

Com todas as bibliotecas já importadas, foi criada a classe principal e estendida para a classe PV3DARApp (Figura 16); assim, a classe principal pode utilizar todas as suas propriedades; dentro da classe, foram passados os parâmetros necessários, no caso, duas variáveis: `_obj`, que vai receber o modelo 3D, e `_plane` que receberá o objeto do tipo plano que será criado.

```

9     public class Carro extends PV3DARApp{
10
11         private var _obj:DAE;
12         private var _plane:Plane;
13

```

Figura 16 - Classe principal da aplicação.

Após a classe principal criada e passados seus parâmetros, foi criado o método construtor (Figura 17), uma função, ainda dentro da classe criada anteriormente, criando um evento do tipo Init, chamando a função `_onInit`, e indicando o caminho dos arquivos de configuração da câmera, e o arquivo pat do marcador para a aplicação saber qual marcador deve ser identificado na execução.

```

9      public class Carro extends PV3DARApp{
10
11          private var _obj:DAE;
12          private var _plane:Plane;
13
14          public function Carro(){
15
16              addEventListener(Event.INIT, _onInit);
17              init('Data/camera_para.dat', 'Data/Marker.pat');
18          }
19      }

```

Figura 17 - Método construtor da aplicação.

E, por último, foi criada a função `_onInit`, que foi chamada no evento criado dentro do método construtor. É dentro dessa função que o objeto 3D será apontado e inserido na cena, juntamente com o plano, que também será criado dentro dessa função (Figura 21).

```

19      private function _onInit(e:Event):void{
20
21          _obj = new DAE();
22          _obj.scale = 100;
23          _obj.rotationX = 90;
24          _obj.load("model/carro.dae");
25          _markerNode.addChild(_obj);
26
27          var wmat:WireframeMaterial = new WireframeMaterial(0xff0000, 1, 2);
28          _plane = new Plane(wmat, 80, 80);
29          _plane.rotationX = 180;
30          _markerNode.addChild(_plane);
31      }
32  }
33
34 }

```

Figura 18 - Função `_onInit`.

Dessa forma, o script está pronto e, ao executar e apontar o marcador em frente à webcam, o objeto 3D será exibido, criando a Realidade Aumentada (Figura 19).

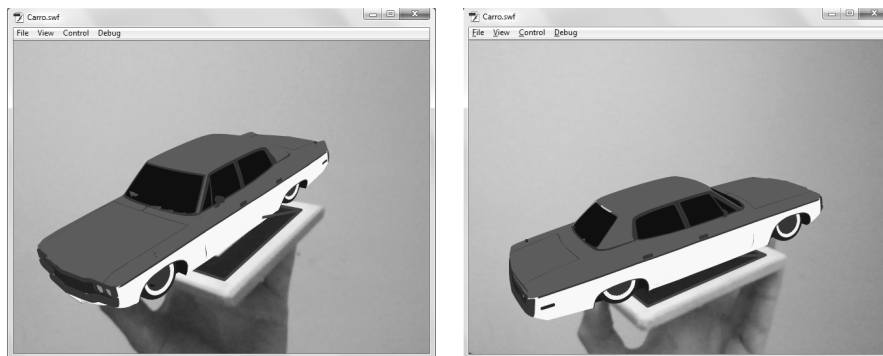


Figura 19 – Resultado da aplicação.

5 Conclusão

A realização desse trabalho teve como objetivo estudar os principais conceitos de Realidade Aumentada e seus princípios para o desenvolvimento de aplicações simples, fazendo uso da ferramenta FLARToolKit, e também as formas de aplicação da tecnologia em diferentes áreas do conhecimento.

A Realidade Aumentada, atualmente, é utilizada em diversas áreas, com uma tendência maior de popularização principalmente na publicidade, com a divulgação e comércio de produtos, e no entretenimento, com diversos jogos e video games utilizando a tecnologia. Enfim, a Realidade Aumentada possui uma característica muito interessante, que é a capacidade de ser integrada nas mais diversas áreas, atendendo suas necessidades e com resultados muito satisfatórios.

Durante os testes realizados, foi possível observar que a ferramenta possui algumas limitações que podem ser melhoradas: por exemplo, seu algoritmo de rastreamento é muito sensível às alterações de luminosidade, perdendo facilmente a referência para os objetos 3D, e dobras do marcador, que, em determinadas situações, precisa estar em uma superfície plana para ser reconhecido e ter um bom resultado.

Foram encontradas algumas dificuldades em relação a materiais disponíveis na língua portuguesa para estudo. Como comentado durante o trabalho, a ferramenta foi desenvolvida por um japonês; por isso, boa parte da documentação está em japonês ou inglês. Outra dificuldade durante o desenvolvimento diz respeito ao uso de objetos 3D externos, do tipo Collada, pois os plug-ins utilizados nos softwares de modelagem para exportação nesse formato de arquivo são um tanto sensíveis e muitas vezes perdem as referências de texturas utilizadas no objeto, dificultando, com isso, o uso de objetos mais complexos no projeto.

Mesmo com os problemas e dificuldades relatadas, o objetivo do trabalho foi cumprido e a ferramenta se mostrou muito eficiente, dentro de suas limitações, para o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada, abrindo portas para trabalhos futuros, como o aprimoramento de novas aplicações em Realidade Aumentada utilizando objetos mais complexos e até animações 3D.

6 Bibliografia consultada

ARTOOLKIT. Ferramenta para desenvolvimento de Realidade Aumentada em linguagem C. ARToolKit – Download. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/download>>. Acesso em: ago. 2011.

BLENDER. Home page. Disponível em: <<http://www.blender.org/>>. Acesso em: out. 2011.

EZFLAR. Gerador on-line automático de Realidade Aumentada. EZFlar. Disponível em: <<http://www.ezflar.com>>. Acesso em: out. 2011.

SAQOOSHA. FLARToolKit. Ferramenta para desenvolvimento de Realidade Aumentada em ActionScript 3.0. Disponível em: <<http://saqoo.sh/a>>. Acesso em: maio 2011.

NYARTOOLKIT. NyARToolKit. Ferramenta para desenvolvimento de Realidade Aumentada em linguagem Java.. Disponível em: <<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en>>. Acesso em: out. 2011.

7 Referências bibliográficas

AZEVEDO, E.; CONCI, A. *Computação Gráfica – Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

CREATIVE SENSE. *A realidade aumentada móvel como híbrido*. 2011. Disponível em: http://creativitysense.blogspot.com.br/2011_11_01_archive.html. Acesso em maio de 2011.

FOGAÇA, Andre. *O Second Life está morto?* MundoTecno. 2010. Disponível em: <http://www.mundotecno.info/noticias/o-second-life-esta-morto>. Acesso em: 30/07/2013.

HEIKKINEN, Ilmari. *Criação de aplicativos de realidade aumentada com JSARToolKit*. Disponível em: http://www.html5rocks.com/pt/tutorials/webgl/jsartoolkit_webrtc/. Acesso em: agosto 2012.

KIRNER, C. *Usando Realidade Aumentada em Publicidade*. Fev. 2010. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/download/artigos/RA-Publicidade.html>> Acesso em: maio 2011.

_____. *Realidade Virtual e Aumentada – Definições*. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/realidadevirtual/?DEFINI%C7%D5ES>>. Acesso em: abr. 2011.

OLIVEIRA JR., C. *Realidade Aumentada?* Disponível em: <<http://www.vamoss.com.br/blogfolio/?p=39>>. Acesso em: ago. 2011.

REALIDADE AUMENTADA. *Diagrama do Sistema de Visão Ótica Direta*. 2012. Disponível em: <<http://www.realidadeaumentada.com.br/images/sistema01.jpg>>.

LIMA, R. *Entrando no mundo virtual*. SENAC. Disponível em: http://senacmidiasdigitais2010.blogspot.com.br/2010/11/entrando-no-mundo-virtual_2645.html. Acesso em ago. 2011.

LINARES, G. *O que é CGI e computação gráfica?*. CanalTech. Disponível em: <http://canaltech.com.br/o-que-e/software/O-que-e-CGI-e-computacao-grafica/>. Acesso em: maio de 2012.

Wikipedia. *Realidade Virtual*. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Realidade_virtual. acesso em: 30/07/2013.

YOUTUBE. *Sistema de Visão Ótica por Projeção*. 2008. Retirada do vídeo disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=PJitnTsB0fk&feature=player_embedded. Acesso em: 30/07/2012

YOUTUBE. *Realidade Aumentada no tratamento de varizes*. Imagem retirada do vídeo disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=tBkw7qIvFig&feature=player_embedded. Acesso em: 30/07/2012

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. (Eds.) *Fundamentos e tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Belém: SBC, 2006. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf>. Acesso em: abr. 2011.