



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT
CURSO DE LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO**

ERLANDSON DE SALES BEZERRA

ESTUDO DO *ARTOOLKIT* 5.3.2 PARA USO EDUCACIONAL

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

ERLANDSON DE SALES BEZERRA

ESTUDO DO *ARTOOLKIT* 5.3.2 PARA USO EDUCACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Computação da Universidade Estadual da Paraíba apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Computação.

Área de concentração: Realidade Aumentada.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Scherer.

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B574e Bezerra, Erlandson de Sales.
Estudo do *Artoolkit* 5.3.2 para uso educacional [manuscrito]
: / Erlandson de Sales Bezerra. - 2017.
42 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Daniel Scherer, Departamento de Computação - CCT."

1. Tecnologia educativa. 2. Artoolkit. 3. Realidade aumentada.


21. ed. CDD 005.3

ERLANDSON DE SALES BEZERRA

ESTUDO DO ARTOOLKIT 5.3.2 PARA USO EDUCACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura plena em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado em Computação.

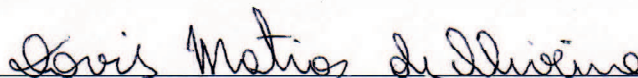
Aprovada em 14 de Dezembro de 2017.



Prof. Dr. Daniel Scherer (UEPB)
Orientador(a)



Prof. MSc. Edson Holanda Cavalcante Júnior (UEPB)
Examinador(a)



Prof. Dr. Davis Matias de Oliveira (UEPB)
Examinador(a)

Dedico este trabalho em especial a Deus, que me concedeu a capacidade de crescer, amadurecer e superar desafios.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pelo dom da vida, acompanhando meus passos durante todo o curso. À toda a minha família que sempre esteve torcendo pela minha vitória, e em especial a minha mãe Natalice de Salles, ao meu pai José Sales, e ao meu irmão Teles de Sales, que nos momentos de dificuldades sempre estiveram ao meu lado, realizando todo esforço em oferecer o melhor, contribuindo e acreditando em meu sucesso.

Agradeço a minha namorada Milena Maria, que viu de perto toda a minha caminhada e também sempre esteve ao meu lado, transmitindo paz, amor, confiança e conselhos durante o curso.

Agradeço ao meu amigo José do Patrocínio, que mesmo morando longe esteve sempre presente, oferecendo ajuda quando eu precisava.

Agradeço ao departamento de Computação, pela luta e esforço que fizeram ao nosso curso de Licenciatura, principalmente aos professores que mesmo sabendo das dificuldades, deram o seu sim, na luta por essa graduação.

Agradeço ao meu orientador Daniel Scherer, pela compreensão, paciência e responsabilidade, durante esse percurso, por meio das disciplinas que lecionou e pelo acompanhamento de todo desenvolvimento da pesquisa.

“O perigo de verdade não é que computadores passem a pensar como humanos, mas sim que humanos passem a pensar como computadores”.

(Sydney Harris)

RESUMO

A Realidade Aumentada (RA), ao longo dos últimos anos, demonstra ser uma tecnologia em expansão e com forte potencial de crescimento, pois as pesquisas e aplicações nesta área vem aumentando a cada dia. Nesse sentido aparece o uso do Artoolkit, como uma ferramenta que permite acessar materiais em Realidade Aumentada. A pesquisa para este trabalho apresenta os conceitos elementares da RA e descreve os passos de utilização da ferramenta Artoolkit na versão 5. Este trabalho propõe facilitar a utilização dessa aplicação aos profissionais da área ou professores, que irão utilizar essa ferramenta em seu ambiente de trabalho, e muitas vezes encontram dificuldades em manusear. A solução para o problema do presente trabalho foi apresentar uma sequência de instruções de forma simplificada, afim de conseguir realizar a visualização de objetos virtuais com o Artoolkit 5.

Palavras-Chave: Artoolkit, Realidade Aumentada, Informática Educativa.

ABSTRACT

The Augmented Reality (RA), over the last few years, demonstrates an expanding technology with strong growth potential, such as research and applications in this area, increasing every day. In that sense, click the Artoolkit button, as a tool that allows you to access materials in Augmented Reality. A research for the work presents elementary concepts of RA and describes the steps of using the Artoolkit tool in version 5. This work proposes an application of the application to professionals or teachers, who will use this tool in their work environment, and many sometimes difficult to handle. A solution to the problem of this work and an instruction version in a simplified way, to get an overview of the virtual objects with Artoolkit 5.

Keywords: Artoolkit, Augmented Reality, Educational Informatics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ambiente de Realidade Aumentada (DINAMISMO VIRTUAL, 2012)	5
Figura 2. Visualização de um objeto com Realidade Aumentada.	7
Figura 3. Maior Realidade Aumentada do Mundo.	8
Figura 4. Representação do cérebro humano com RA.	9
Figura 5. Exemplo de marcador quadrado clássico.	14
Figura 6. Marcador código de barra 2D (CW code web, 2016)	14
Figura 7. Rastreamento da face	14
Figura 8. Esquema de funcionamento da Realidade Aumentada	16
Figura 9. Etapas do funcionamento da Realidade Aumentada.	16
Figura 10. Imagem de tabuleiro para calibração da câmera.	19
Figura 11. Imagem que permite a captura.	20
Figura 12. Imagem que não permite a captura.	20
Figura 13. Imagem do Marcador HIRO (a), imagem do cubo associado (b).	21
Figura 14. mk_patt sendo executado.	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Versões do ARToolkit (ARTOOLKIT, 2016)	11
Quadro 2. Links da documentação	12
Quadro 3. Limite de reconhecimento do marcador (DUTRA, 2016).....	15
Quadro 4. Configuração do computador	17
Quadro 5. Versões do Visual Studio	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
2D	2ª Dimensão
3D	3ª Dimensão
CRT	Cathode-Ray Tube
ES	Espírito Santo
HITL	Human Interface Technology Laboratory
IDE	Integrated Development Environment
MIT	Massachusetts Institute of Technology
SDK	Software Development Kit
SIG	Silicon Graphics

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVOS GERAIS	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1. REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL.....	4
3.1.1 CONCEITO BÁSICO	4
3.1.2 ALGUNS ASPECTOS DA REALIDADE AUMENTADA.....	5
3.1.3 REALIDADE AUMENTADA E A EDUCAÇÃO	6
3.1.4 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA	6
3.2 TRABALHOS RELACIONADOS	9
4 O ARTOOLKIT.....	11
4.1 CONFIGURAÇÕES DE HARDWARE PARA O ARTOOLKIT	13
4.1.1 MARCADORES	13
4.2 FUNCIONAMENTO DA RA COM O ARTOOLKIT	15
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5.1 CONFIGURAÇÃO DO COMPUTADOR UTILIZADO	17
6 INSTALANDO E USANDO O ARTOOLKIT 5.....	18
6.1 INSTALAÇÃO.....	18
6.1.1 INSTALAÇÃO DO VISUAL STUDIO PARA DESENVOLVIMENTO	18
6.2 RASTREAMENTO E AJUSTE DA CÂMERA.....	19
6.3 TESTE DO ARTOOLKIT.....	21
6.4 EXTENSÃO DE ARQUIVO	21
6.5 COMO ASSOCIAR UMA OUTRA IMAGEM A UM MARCADOR	22
7 CONCLUSÃO.....	25
8 REFERÊNCIAS.....	26
9. APÊNDICE.....	30

1 INTRODUÇÃO

O ser humano ao longo do tempo, vem utilizando a tecnologia como um recurso de grande benefício para o conhecimento e agregando valor a forma de aprender. O computador digital trouxe um novo conceito de interação com as aplicações, exigindo conhecimento sólido e necessidade de treinamento, uma vez que o conhecimento do mundo real, já não seria suficiente (KIRNER e SISCOUTTO, 2007).

“A tecnologia deve ter a função de facilitar a ação pedagógica, de tal forma que venha tornar o processo educacional mais dinâmico e criativo” (DUCAS, 1998), essa facilidade veio com o uso do computador, que está inserido na escola, onde professores e alunos buscam explorar o uso desse recurso computacional. No meio desse cenário surge uma tecnologia ainda pouco usada, a Realidade Aumentada, que torna o ensino prático e interessante, gerando uma nova forma de ensinar e aprender, ela tem um papel importante, pois são interfaces computacionais avançadas, que ainda não foram implantadas de forma consistente na sociedade (KIRNER e SISCOUTTO, 2007).

A Realidade Aumentada é um paradigma de interação o qual implica a integração de recursos computacionais no ambiente físico (PRECEE *et al.*, 2005), “consiste em inserir elementos virtuais em cenas reais, de modo que eles possam coexistir. Além disso, o usuário poderá interagir em tempo real com os objetos reais e virtuais” (DA SILVA e ROBERTO, 2012).

Além do campo da educação a Realidade Aumentada, também vem se consolidando em aplicações potenciais em entretenimento, publicidade, pesquisa acadêmica e na indústria (ARTOOLKIT, 2016). Uma das grandes repercussões dessa aplicação foi o jogo *pokemon go*, que mostrou de forma atual, que essa tecnologia vem evoluindo muito.

Este trabalho tem como objetivo solucionar as dificuldades no uso da Realidade Aumentada em ambientes educacionais, para usuários com pouco conhecimento em programação, através do uso do Artoolkit em sua versão 5.3.2, provando ser uma ferramenta de excelente potencial, e que vem ajudar de forma significativa alunos e professores construir juntos o conhecimento. Também são abordados alguns aspectos da versão anterior 2.x, com alguns exemplos.

O trabalho foi organizado da seguinte forma: a Seção 1 aborda uma introdução sobre os conceitos iniciais da Realidade Aumentada; a Seção 2 apresenta os objetivos deste trabalho; a Seção 3 descreve em detalhes a Realidade Aumentada com suas características e exibe uma

apresentação da tecnologia do Artoolkit; a Seção 4 inclui a análise de trabalhos relacionados; a Seção 5 demonstra os periféricos e os métodos que foram utilizados para utilização do Artoolkit; a Seção 6 faz a demonstração dos passos necessários para a execução do software no computador e; pôr fim, a Seção 6 conclui com as considerações finais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

- Apresentar um esquema que facilite a utilização do Artoolkit 5, por profissionais ou docentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ampliar o conhecimento da ferramenta Artoolkit 5, conhecendo os benefícios dessa tecnologia para sala de aula;
- Desenvolver o aprendizado no uso de marcadores, fazendo associação entre eles;
- Criar instruções para que o usuário possa utilizar a Realidade Aumentada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são mostrados os itens fundamentais para o entendimento da Realidade Aumentada, especificando os conceitos e a apresentação da ferramenta Artoolkit. Para tanto, abordaremos os seguintes aspectos: conceito básico da tecnologia de Realidade Aumentada; sua evolução; processo histórico ao longo do tempo; como os objetos de aprendizagem podem facilitar o desenvolvimento dos profissionais de educação; características da Realidade Aumentada; estrutura e funcionamento do Artoolkit; utilização de marcadores; objetos virtuais e; por fim, uma síntese dos trabalhos relacionados.

3.1. REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL

A Realidade Aumentada é uma tecnologia com foco na interação, que tem ligação com a Realidade Misturada, fazendo uso do mundo virtual e real (BUCCIOLI, ZORZAL e KIRNER, 2006). A Realidade Aumentada traz elementos digitais para o nosso cotidiano. “Quando os objetos virtuais são trazidos para o mundo real, tem-se a Realidade Aumentada e quando objetos reais são colocados no mundo virtual, tem-se a Virtualidade Aumentada” (BUCCIOLI, ZORZAL e KIRNER, 2006).

A Realidade Virtual procura recriar sensações de um novo espaço tridimensional através do computador, usando níveis de imersão com o usuário, é possível ver objetos surgindo diante de seus olhos, a exemplo temos a tele presença cujo ambiente é compartilhado por vários usuários em diferentes ambientes (RIBEIRO, RIBEIRO e MONTEIRO, 2013).

3.1.1 CONCEITO BÁSICO

A RA está relacionada a uma interface com sobreposição de informações virtuais (imagens estáticas e dinâmicas, sons espaciais¹ e sensações hápticas²) com o ambiente real através de um dispositivo. Está incluído no campo da Ciência da Computação, e vem ganhando cada vez mais força, gerando um impacto na forma como as pessoas visualizam e interagem

¹ Sons proveniente do espaço causado por campos magnéticos.

² É uma interface tátil em que um sistema fornece respostas ao usuário em forma de realimentação física.

com a informação, estimulando seu uso e facilitando a aquisição do conhecimento, tendo o computador como ferramenta, e favorecendo o enriquecimento da Realidade Virtual por parte do praticante (CARDOSO, PEREIRA e ALMEIDA, 2014); (KIRNER e KIRNER, 2011).

“No ambiente de Realidade Aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto que, na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema” (KIRNER e TORI, 2004), “caracterizada pela possibilidade de representação do imaginário humano, a partir de elementos virtuais” (KIRNER e TORI, 2004); (KIRNER e SISCOOTTO, 2007).

O envolvimento dessa tecnologia com o usuário se faz de forma segura e agradável, eliminando a necessidade de treinamento, combinando técnicas de visão computacional, computação gráfica e realidade virtual (BRUM, PINHO e CAMARGO, 2015); (SCOTTA, HÜTTNER, *et al.*, 2014).

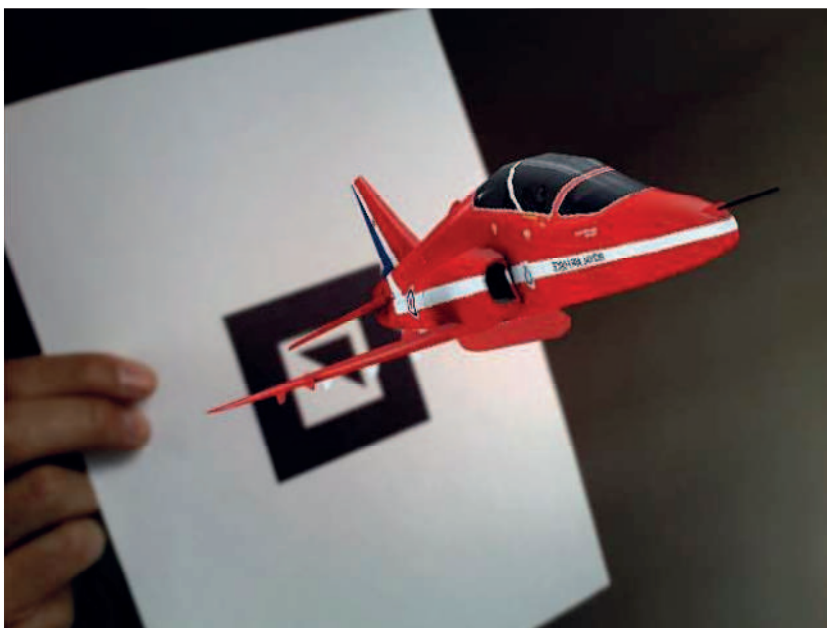


Figura 1. Ambiente de Realidade Aumentada (DINAMISMO VIRTUAL, 2012)

3.1.2 ALGUNS ASPECTOS DA REALIDADE AUMENTADA

O conceito de Realidade Aumentada possui uma concepção antiga, ainda que muitos pensem ser algo novo, essa tecnologia teve como seu principal precursor o pesquisador Dr. Ivan Edward Sutherland, na década de 1960 nos Estados Unidos, onde ele realizou contribuições muito importantes: publicou um artigo vislumbrando como seria a evolução da realidade virtual

e seus reflexos no mundo real e também desenvolveu uma aplicação chamada de *Sketchpad*³, criando um capacete com visão ótica para visualização de objetos em 3D para um ambiente real (KIRNER e KIRNER, 2011).

Na década de 1981, apareceu um dos primeiros projetos que se utilizou a Realidade Aumentada e que obteve um investimento de alto custo.

“O simulador *Super Cockpit* da Força Aérea Americana passou a operar com um capacete de visão ótica, que possibilitava ao piloto uma visão aumentada com informações do avião, como a indicação visual dos mísseis disponíveis para disparo instalados nas asas. Um visor acrílico permitia a visão direta da cena misturada com a projeção sobreposta das imagens geradas por um display CRT acoplado ao capacete” (KIRNER, 2008).

Um dos fatores que contribuiu para o aumento do número de pesquisas na área da Realidade Aumentada foi a disponibilização e criação de bibliotecas de desenvolvimento rápido de aplicações.

3.1.3 REALIDADE AUMENTADA E A EDUCAÇÃO

(FILATRO e PICONEZ, 2004) Afirma que essa sociedade em frequente transição, necessita de um modelo de educação com novas e variadas metodologias de ensino e aprendizagem e, que é preciso ensinar aos alunos como aprender. Por isso, a Realidade Aumentada vem agregar esse tipo de significado ao longo dos anos.

O tipo de educação que procuramos tratar hoje faz com que o professor e o aluno passem a estar em equilíbrio, fazendo com que o aprendizado aumente de forma considerável, principalmente para o aluno.

O processo de ensino e aprendizagem precisa ser estudado e desenvolvido para que seja um instrumento de melhoria na educação.

3.1.4 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA

As principais características dos sistemas de Realidade Aumentada são:

- Combinação do mundo real com os objetos virtuais dentro do ambiente real, ocorrendo associação entre eles;

³ Um editor gráfico criado no MIT

- Interatividade em tempo real, atribuindo ao usuário controle total dos movimentos do objeto;
- Alinhamento exato dos objetos virtuais, através da leitura de uma câmera (Figura 3), refletindo no ambiente real (SILVA, SILVA, *et al.*, 2016).

Podemos encontrar a aplicação dessa tecnologia em diversas áreas tais como: engenharia; arquitetura; jogos; publicidade e; está sendo empregada cada vez mais em nosso dia a dia em virtude de ser um assunto atual, que vem ganhando destaque conforme novas técnicas vêm surgindo (SILVA, SILVA, *et al.*, 2016).

Fonte: (CARDOSO, PEREIRA e ALMEIDA, 2014)

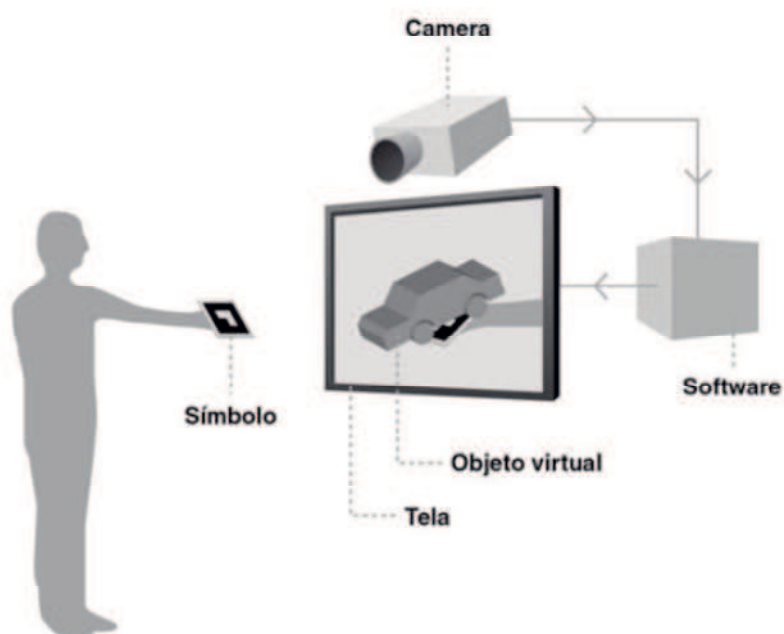


Figura 2. Visualização de um objeto com Realidade Aumentada.

Uma das aplicações que podemos citar é a de experimentos educacionais, onde o propósito é manter a visualização do ambiente real. Apesar de os laboratórios virtuais apresentarem diversos fatores positivos tais como: barateamento dos processos; maior segurança em experimentos com manipulação de objetos de risco e; escalabilidade para acesso concorrente de experimento a partir de qualquer local, aspectos negativos também podem ser identificados tais como: tempo para desenvolvimento da aplicação e apropriação da tecnologia por parte de alunos e professores (SCOTTA, HÜTTNER, *et al.*, 2014).

A Realidade Aumentada pode motivar as pessoas no aprendizado de um instrumento musical, como é o caso do violão, apresentando conceitos iniciais e servindo como apoio nas aulas, orientando o aluno como tocar determinadas músicas (MOLZ e PEDO, 2011). Também é usado na publicidade, a exemplo de uma versão virtual de um prédio desenvolvido pela construtora Rossi em Vitória (ES) que terá 106 metros de altura e 30 andares, considerada a “Maior Realidade Aumentada do Mundo⁴”, favorecendo a visualização do empreendimento, antes mesmo de ser construído (Figura 4).

Fonte: <http://blogs.estadao.com.br/link/a-maior-realidade-aumentada-do-mundo/>

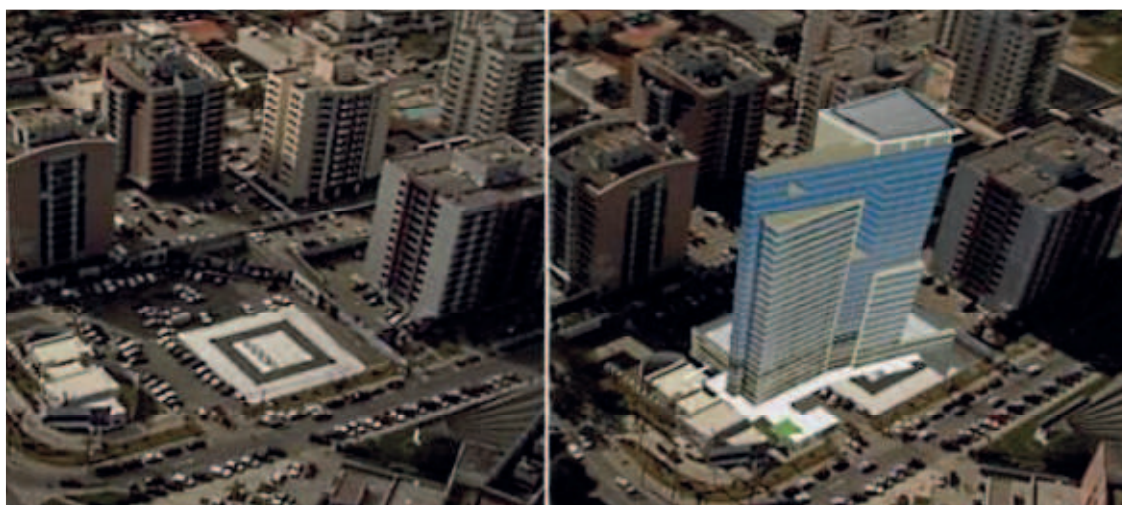


Figura 3. Maior Realidade Aumentada do Mundo.

Na indústria, essa tecnologia é utilizada no treinamento para Visualização de Simulação de Sistemas de Automação Industrial, onde todos os alunos podem ter contato com o funcionamento do maquinário de forma virtual, reduzindo custos, falta de espaço físico, entre outros (BUCCIOLI, ZORZAL e KIRNER, 2006).

Um médico poderia ministrar aulas para aprendizes mostrando representações do cérebro humano, onde os alunos conseguiriam ver e girar a imagem, tudo de forma dinâmica, trazendo facilidade no aprendizado (Figura 5) (PRADO, 2016).

⁴ Disponível em < <http://www.rossiresidencial.com.br/noticias/a-maior-realidade-aumentada-do-mundo/2100>>

Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/9f/55/4a/9f554a6abc6a6955711e4cfde9a25a54.jpg>

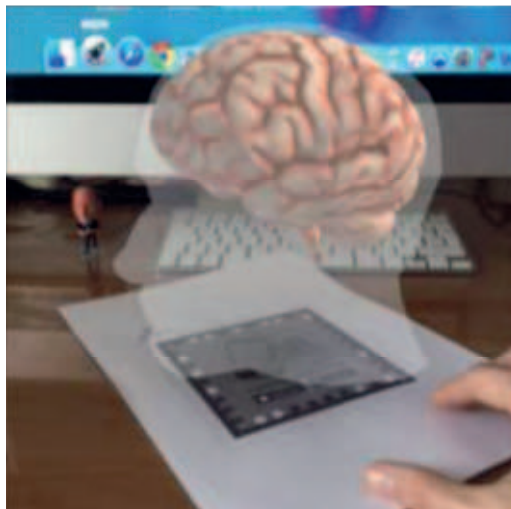


Figura 4. Representação do cérebro humano com RA.

3.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção tem como objetivo a discussão de trabalhos significativos já publicados, que trazem informações importantes para a discussão da relevância da pesquisa em Realidade Aumentada, buscando evidências e enfatizando todos os benefícios que a RA pode proporcionar. A busca por trabalhos relevantes e relacionados foi feita a partir de diversos artigos e revistas da área.

No trabalho de (NOGUEIRA, CARDOSO e LAMOUNIER, 2015), é apresentada uma prótese virtual usando Realidade Aumentada para um membro superior amputado. A prótese virtual é usada para treinar o usuário, enquanto a prótese definitiva fica pronta.

Pode ser usado em fisioterapias clínicas e na própria residência do paciente o qual reproduz o seu funcionamento. Uma vantagem é que através do uso da prótese virtual o paciente irá sentir apenas o peso do marcador, fazendo com que ele futuramente se adapte à prótese definitiva. Foi possível realizar a captura do marcador, e projetar um braço virtual ao corpo.

No trabalho de (SANTOS, OLIVEIRA e SANTOS JUNIOR, 2012), foi criado um software proprietário onde se desenvolveu um framework chamado *EclipseAR*, que implementa o reconhecimento de imagens ou marcadores coloridos, através de um conjunto de imagens carregado previamente em um servidor de internet.

O desenvolvimento desse software se deu pela necessidade de aplicações de reconhecimento de imagens e localização para dispositivos móveis.

Segundo (SANTOS, OLIVEIRA e SANTOS JUNIOR, 2012) o framework está em sua fase inicial, e mostrou ser simples e eficiente. Uma observação a ser feita sobre o trabalho de (SANTOS, OLIVEIRA e SANTOS JUNIOR, 2012) é que a obtenção dos resultados por ele citado fica ligado a necessidade de uso de um dispositivo móvel.

Já o trabalho de (CUNHA e GUIMARÃES, 2007), trata de uma ferramenta desenvolvida com interface gráfica para ensino de Realidade Aumentada em sala de aula.

Ela é destinada a professores que não possuem um conhecimento profundo em linguagem de programação, fazendo com que o usuário foque apenas no aplicativo em si, gerando suas próprias aplicações no ambiente educacional.

Os requisitos observados para o desenvolvimento do software se deram a partir da: facilidade de uso; confiabilidade; desempenho; legibilidade; robustez; compatibilidade; entre outros, porém, ainda seria necessário a criação de um tutorial com o passo a passo para sua execução.

No trabalho de (BERGAMASCHI, 2014) é apresentada uma proposta de criação de um minicurso para utilização do Artoolkit para leigos em informática. A ideia é facilitar o aprendizado para alunos que possuem conhecimento limitado sobre esta tecnologia.

O aluno será capaz de instalar e utilizar a aplicação ArtoolKit em seu computador, apenas com um conhecimento básico de informática.

Existe similaridade entre a pesquisa que proponho, com a pesquisa proposta neste trabalho, desde a utilização do Artoolkit como apoio ao ensino, com a implementação de melhorias, ou como os trabalhos de (BERGAMASCHI, 2014) e (CUNHA e GUIMARÃES, 2007) que focam na criação de materiais que mostrem os passos de execução de uma atividade. Este é o trabalho mais relacionado com a minha proposta de pesquisa, pois além de possuir metodologia similar, um dos objetivos é um incremento ao trabalho proposto por (BERGAMASCHI, 2014), não se limitando a apresentar uma comparação em relação ao meu.

4 O ARTOOKIT

O Artoolkit é uma ferramenta que tem código aberto e depende de conhecimentos em linguagem de programação C/C++. Possui uma documentação muito fraca, necessitando de várias pesquisas a seu respeito caso precise ser modificado (SILVA, SILVA, *et al.*, 2016) e, é considerado a base da Realidade Aumentada, possuindo um conjunto de bibliotecas que utiliza recursos de visão computacional para alinhar objetos virtuais com seus respectivos padrões de marcadores com o uso de uma câmera (*webcam*). Os desenvolvedores de software podem criar, de forma fácil, aplicativos de Realidade Aumentada com esse SDK (ARTOOLKIT, 2016).

Essa ferramenta veio sendo modificada e adquiriu novos recursos. Atualmente é possível encontrar em 3 versões, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1. Versões do ARToolkit (ARTOOLKIT, 2016)

Versão	Lançamento
Artoolkit v2.x	2004
Artoolkit v5.x	2010
Artoolkit v6.x	2017

As versões da Tabela 1 estão disponíveis para várias plataformas como Linux⁵, Windows⁶, MAC OS⁷, SGI IRIX⁸ (ARTOOLKIT, 2016) cujo usuário pode fazer o download gratuito no link abaixo:

- <https://artoolkit.org/download-artoolkit-sdk>

O download do pacote de instalação de acordo com o seu tipo de sistema operacional, contem: um arquivo chamado *README*, alguns objetos virtuais para testes, e tutoriais. O fórum da comunidade do Artoolkit, é uma das melhores formas para o usuário encontrar soluções de

⁵ Sistema operacional de software livre.

⁶ Sistema operacional da Microsoft.

⁷ Sistema operacional da Apple.

⁸ É um sistema operacional descontinuado, baseado no Unix com o BSD desenvolvido pela Silicon Graphics.

apoio, desde o nível básico ao avançado (ARTOOLKIT, 2016). Link disponível para consulta logo em seguida:

- <https://archive.artoolkit.org/community/forums/>

No site do Artoolkit encontra-se também disponível sua documentação, a qual possui uma descrição sobre como realizar a instalação, a configuração, como criar tipos de marcadores, definições gerais e avançadas do software (ARTOOLKIT, 2016). Links disponíveis para consulta no Quadro 2:

Quadro 2. Links da documentação⁹

Instalação	<i>https://www.artoolkit.org/documentation/doku.php?id=1_Getting_Started:about_installing</i>
Configuração	<i>https://www.artoolkit.org/documentation/doku.php?id=2_Configuration:config_video_capture</i>
Criar Marcadores	<i>https://www.artoolkit.org/documentation/doku.php?id=3_Marker_Training:marker_training</i>
Calibrar Câmera	<i>https://www.artoolkit.org/documentation/doku.php?id=2_Configuration:config_camera_calibration</i>

Esse software livre foi desenvolvido primeiramente pelo Dr. Hirokazu Kato da Universidade de Osaka no Japão e apoiada pelo Human Interface Technology Laboratory (HITL) da Universidade de Washington (FORTE, DAINESE e KIRNER, 2006), podendo ser modificado de acordo com as necessidades e intenções de cada programador. Um exemplo seria o RA_LITE¹⁰, que utiliza o Artoolkit 2.7 modificado e configurado para demonstração com 13 objetos virtuais.

Existem algumas limitações a se considerar de maneira geral ao Artoolkit 2.x e 5.x (BRUM, PINHO e CAMARGO, 2015):

⁹ Disponível em <https://www.dropbox.com/sh/rwg38srpdm4hbeo/AADIXedwu7iH_z_9FXc--J6Qa?dl=0>

¹⁰ Disponível em <<https://a360.autodesk.com/viewer/#share/590395630b050b0fa8d680c5>>

- A área de captura de vídeo em relação ao marcador fica limitado ao espaço de movimento do objeto virtual na tela;
- Apenas é possível cadastrar alguns tipos de objetos virtuais. Exemplo: .WRL e .OSG;
- Não é possível adicionar sons ou ações com o teclado sem efetuar alterações nas bibliotecas do ArtoolKit;
- Não possui uma interface gráfica que auxilie no manuseio da ferramenta.

4.1 CONFIGURAÇÕES DE HARDWARE PARA O ARTOOLKIT

Os requisitos básicos de *hardware* e *software* para executar e desenvolver aplicações no ArtoolKit são respectivamente: uma câmera com captura de vídeo e um software da interface com seu respectivo driver. Em um PC-Windows (XP/Vista/8/8.1/10) a captura de vídeo pode se dar por uma câmera USB, por um dispositivo de aquisição de vídeo ou por placas gráficas com alguma entrada de vídeo (CONSULADO, DAINESE, *et al.*, 2004).

4.1.1 MARCADORES

Os marcadores são usados junto ao Artoolkit, para que exista a Realidade Aumentada, eles consistem em figuras geométricas quadradas, também chamadas de *tags*¹¹, que contém no seu interior símbolos a fim de identificá-los, extraíndo a imagem pelo vídeo. A ferramenta Artoolkit permite o cadastro de um objeto virtual e realiza a associação com um marcador específico. Caso necessite visualizar vários objetos, vários marcadores precisam ser associados (SANTIN e KIRNER, 2007).

O Artookit atualmente possui suporte a marcador quadrado clássico (Figura 5), código de barra 2D (Figura 6), e rastreamento de características naturais (Figura 7), que permite rastrear regiões da face de uma pessoa de acordo com o seu interesse, podendo ser desenvolvidas aplicações para esta.

¹¹ Palavra inglesa que significa etiqueta.

Fonte: (REALIDAD AUMENTADA PERÚ)

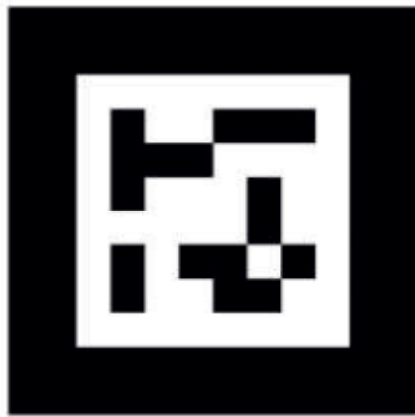


Figura 5. Exemplo de marcador quadrado clássico.



Figura 6. Marcador código de barra 2D (CW code web, 2016)

Fonte: Caribbean Digital



Figura 7. Rastreamento da face

Um marcador necessita estar posicionado a uma determinada distância para ser rastreado, porém quanto maior a distância do marcador em relação a câmera, maior será a dificuldade em rastrear. Na Tabela 2 é possível visualizar o limite máximo entre o marcador com diferentes tamanhos e suas distâncias máximas em relação a câmera, até que ele consiga não ser mais reconhecido (KATO e BILLINGHURST, 1999).

Quadro 3. Limite de reconhecimento do marcador (DUTRA, 2016).

Tamanho padrão (polegadas)	Faixa utilizável (polegadas)
2,75	16
3,50	25
4,25	34
7,37	50

Alguns exemplos de softwares para criação de marcadores:

- Blender (<https://www.blender.org>);
- 3DS Max (<https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>);
- Vivaty Studio (<http://www.web3d.org/projects/vivaty-studio>);
- Google Sketchup (<https://www.sketchup.com/pt-BR>);
- BuildAR (<http://www.buildar.co.nz>);
- Maya (<https://www.autodesk.com.br/products/maya/overview>).

4.2 FUNCIONAMENTO DA RA COM O ARTOOLKIT

O funcionamento da RA se baseia em um processo simples (Figura 8), os objetos virtuais estão ligados diretamente aos marcadores impressos em papel, dessa forma não necessita de *hardwares* específicos e o seu desenvolvimento torna-se mais rápido, fácil e econômico.

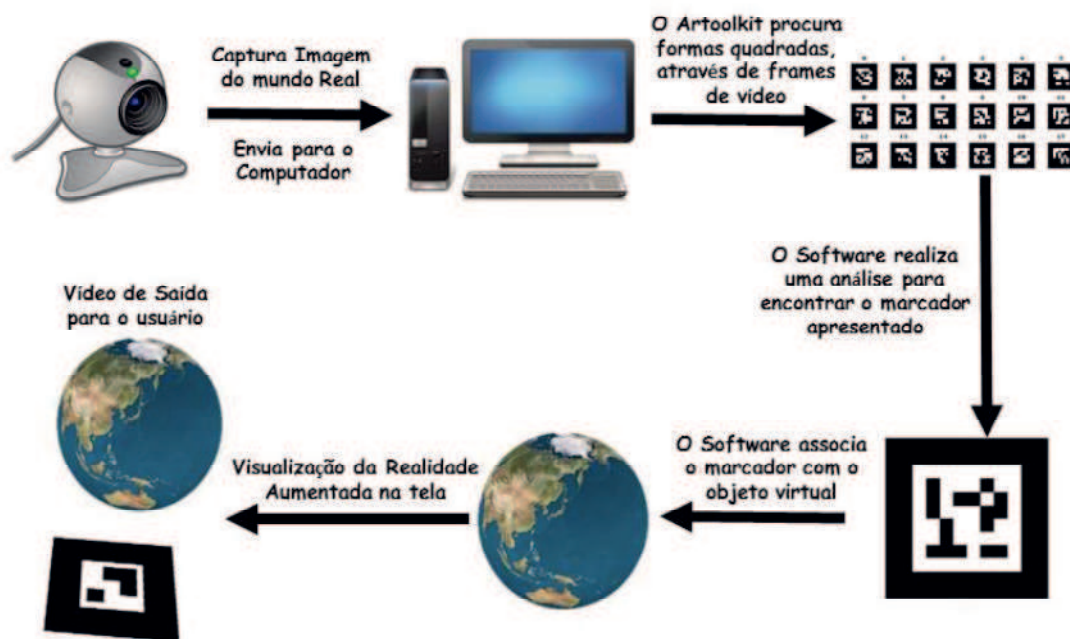


Figura 8. Esquema de funcionamento da Realidade Aumentada. Fonte: Autor

Logo em seguida os usuários visualizam a imagem na tela do computador com uma *webcam*, posicionando o marcador no ambiente real, sem a necessidade de utilizar dispositivos especiais de visualização (FORTE, ANDRADE, *et al.*, 2010).

O funcionamento do ArtoolKit se faz nas seguintes etapas ilustradas na figura 9 (BRUM, PINHO e CAMARGO, 2015):

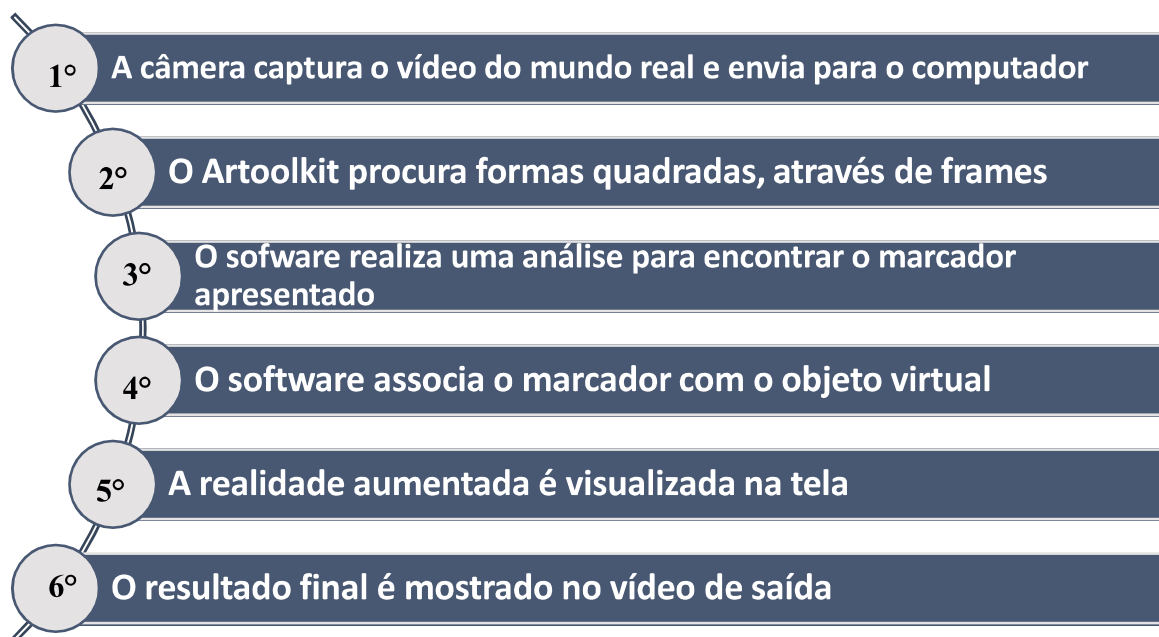


Figura 9. Etapas do funcionamento da Realidade Aumentada.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o desenvolvimento do trabalho com o uso do Artoolkit, foi melhor se utilizar um notebook, pois ele possui uma câmera integrada, e sua posição fica mais agradável, facilitando o manuseio com a ferramenta. O computador pessoal (PC), também poderia ser usado, porém, o usuário necessita comprar uma câmera à parte, que muitas vezes não vem junto.

5.1 CONFIGURAÇÃO DO COMPUTADOR UTILIZADO

Quadro 4. Configuração do computador

Configuração utilizada	
Processador	Intel Core i7 3517U 1.9 Ghz
Memória	4 GB DDR3
Placa de Vídeo	Nvidia Geforce GT 630M 1GB
Webcam	1.3 MP

O sistema operacional escolhido, foi o Windows 10 Professional, que é o sistema mais atual da Microsoft, e um dos mais usados no mundo¹², onde a instalação do Artoolkit mostrou-se mais simples.

¹² <<https://olhardigital.com.br/noticia/saiba-qual-e-o-sistema-operacional-mais-usado-no-mundo/57024>>

6 INSTALANDO E USANDO O ARTOOLKIT 5

6.1 INSTALAÇÃO

Após baixar o aplicativo no site oficial do Artoolkit, execute o arquivo Artoolkit v5.3.2r1.exe, com um duplo clique. Ao final da instalação ele irá ser direcionado para uma pasta chamada “ARToolkit5”, localizada dentro de “Arquivos de Programas (x86)”. Também é instalado automaticamente a variável de ambiente ARTOOLKIT5_ROOT, que aponta para o local de instalação.

6.1.1 INSTALAÇÃO DO VISUAL STUDIO PARA DESENVOLVIMENTO

Durante a configuração do Artoolkit, caso o usuário seja desenvolvedor de aplicação para Windows, é preciso incluir o pacote do Microsoft Visual Studio 2013 ou 2015, que é uma IDE necessário para a execução e desenvolvimento do código para o Artoolkit. Esse produto está disponível em 3 versões, como informa o Quadro 2:

Quadro 5. Versões do Visual Studio

Visual Studio Community	Indicado para estudantes da área, software livre e desenvolvedores individuais.
Visual Studio Professional	Para o desenvolvedor profissional, e pequenas equipes.
Visual Studio Enterprise	Aplicação completa para empresas

A versão *Community* é a mais comum para iniciantes, onde será baixada um arquivo de instalação *online*, que irá executar a instalação de todas as ferramentas necessárias. Essa está disponível no link:

- <https://www.visualstudio.com/pt-br/downloads/>

6.2 RASTREAMENTO E AJUSTE DA CÂMERA

A captura da imagem necessita ser realizada com o máximo de exatidão, por isso calibrar a câmera melhora a precisão do rastreamento. “O rastreamento no ArtoolKit é responsável pelo processamento da imagem, que extrai algumas informações com relação a detecção, e pela identificação de características dos marcadores, além de estimar sua posição e orientação” (SANTIN e KIRNER, 2007).

A calibragem é feita através da leitura de um arquivo de imagem em formato (.pdf), fornecido pelo SDK e, localizado em: (C:\Program Files (x86) \ARToolKit5\patterns).

“Calibration chessboard (A4).pdf”

A imagem desse arquivo (.pdf) deverá ser impressa em um papel duro, o qual deverá ser posicionado em frente a câmera. Em seguida precisará ser executado a aplicação *calib_camera*, localizada dentro do diretório (C:\Program Files (x86) \ARToolKit5\bin), a qual permite ser configurada com diferentes resoluções, de acordo com a eficácia de sua câmera. A imagem ilustrada na (Figura 10) consiste em um tabuleiro de xadrez com quadrados pretos e brancos cercado por uma borda branca, que mede o espaço entre os cantos e usa a informação para calcular a distorção da lente. “Quanto mais imagens capturadas, e quanto mais ângulos forem capturados, menor será o erro na medida de distorção” (ARTOOLKIT, 2016).

Fonte: <http://quasarghost.zip.net/images/xadrez03.gif>

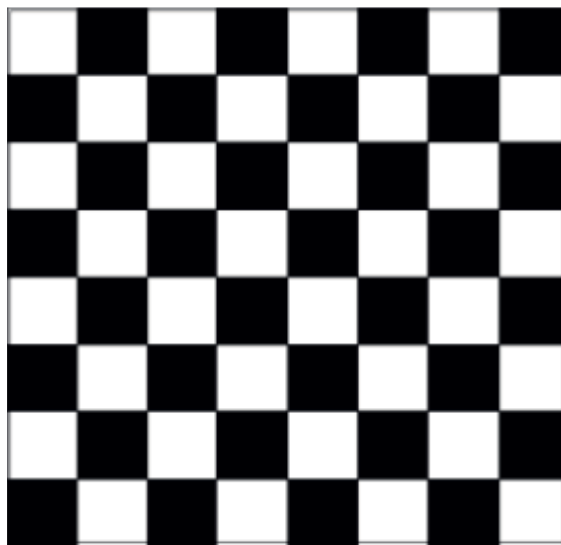


Figura 10. Imagem de tabuleiro para calibração da câmera.

No lado esquerdo de captura da tela (Figura 11), vemos dez imagens que podem ser capturadas. Por isso o usuário deve direcionar a imagem por todos os ângulos, inclusive de cabeça para baixo, afim de que possa ser feita a leitura a cada clique da tecla *Space*.

Os números que ficam em vermelho (Figura 11) são imagens que podem ser capturadas. Quando os números estiverem verdes (Figura 12), significa que nenhuma imagem pode ser configurada. Isso se deve à falta de iluminação ou porque a imagem não está totalmente focada na lente (ARTOOLKIT, 2016).

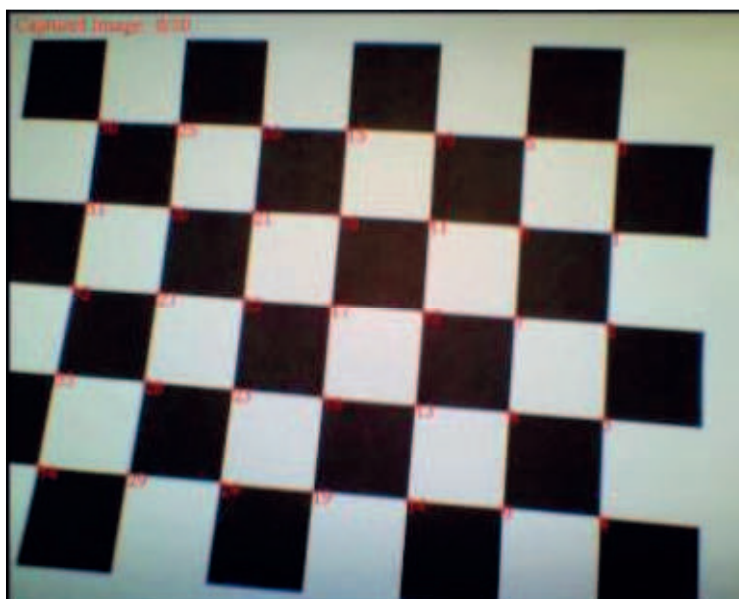


Figura 11. Imagem que permite a captura.

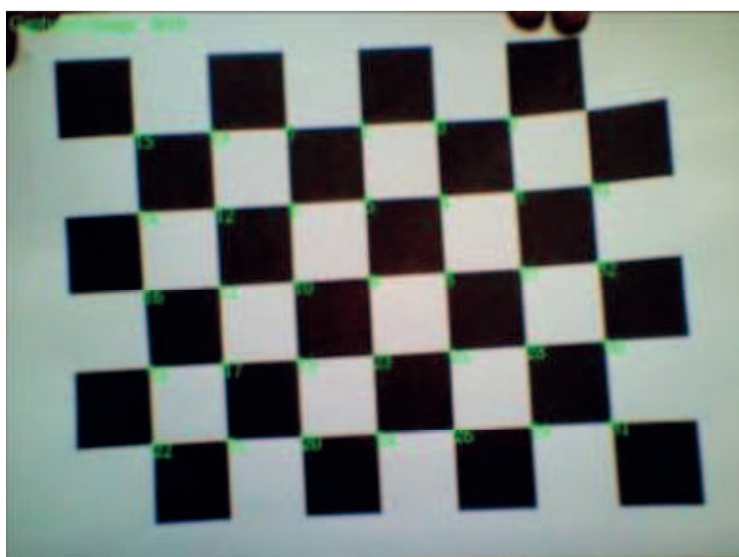


Figura 12. Imagem que não permite a captura.

6.3 TESTE DO ARTOOLKIT

O Artoolkit, possui alguns exemplos de arquivos testes para sua aplicação, encontrados no diretório (C:\Program Files (x86) \ARToolKit5\bin). Um dos mais conhecidos é o caso do *simpleLite.exe*, que exibe a imagem de um cubo (Figura13) através da impressão de um marcador chamado HIRO. Neste caso, é possível visualizar um cubo com a Realidade Aumentada posicionado em frente a câmera.

Fonte: <http://jeromeetienne.github.io/slides/artoolkit-aframe/images/hiro.png>



Figura 13. Imagem do marcador HIRO (a), imagem do cubo associado (b).

6.4 EXTENSÃO DE ARQUIVO

O ArtoolKit 5 possui suporte a vários formatos de objetos virtuais como o: .OSG; .OBJ; .DAE; .3DS; .WRL; entre outros. Segundo (BRAGA, 2016), muitas extensões não geram os arquivos da forma como esperado, mas a utilização de novas extensões faz com que esse tipo de problema não seja recorrente.

- Open Scene Graph (OSG) um toolkit de código aberto e multi-plataforma para aplicações gráficas de alto desempenho. Escrito em C++ padrão e OpenGL, o OSG pode ser executado em várias plataformas. O OSG é voltado para áreas como simulação visual, jogos, realidade virtual, modelagem e visualização científica, dentre outras (DA SILVEIRA JR e RAPOSO, 2008).

- OBJ – Desenvolvido inicialmente pela Wavefront, é um formato de arquivo em ACSII para transposição e armazenamento de informação dos modelos geométricos e características visuais, ele não apresenta uma estrutura de hierarquia de cenas. Suas informações de características visuais (materiais e texturas) são salvas em um arquivo separado de formato MTL referenciado internamente no seu código (MACHADO e HEIDRICH, 2016).
- DAE (COLLADA) – Desenvolvido pela Sony Computer Entertainment e atualmente propriedade da Khronos Group. Este formato de arquivo é baseado em códigos XML¹³ que permite a transposição de informação entre aplicações 3D com uma linguagem acessível para a codificação de cenas visuais incluindo, geometrias, shaders, efeitos, física, animações, e outras informações (MACHADO e HEIDRICH, 2016).
- 3DS é um dos principais formatos usados para a criação gráfica, animação tridimensional na área do entretenimento, como cinema, jogos, efeitos visuais 3D e renderização de imagens. 3D Max é um programa de modelação tridimensional que permite utilizar esse formato (FERNANDES BENTO e GONÇALVES, 2011).
- O VRML é um formato de arquivo para descrever objetos e mundos 3D, colabora substancialmente para a RV atuar na internet. Ela permite a criação de mundos virtuais a partir de arquivos “.wrl” escritos em código ASCII com a possibilidade de interface com outras linguagens tais como Java, Delphi, C++ (REDEL e HOUNSELL, 2004).

Exemplos de marcadores para o artookit:

- https://www.dropbox.com/sh/rwg38srpdm4hbeo/AADIXedwu7iH_z_9FXc--J6Oa?dl=0

6.5 COMO ASSOCIAR UMA OUTRA IMAGEM A UM MARCADOR

Uma das principais etapas que o usuário necessita para usar a Realidade Aumentada é configurar um marcador que irá ficar cadastrado e associado a um objeto virtual. O Objeto virtual geralmente vem acompanhado de um arquivo do tipo patt. que inclui dados da captura do marcador e um arquivo .DAT ou arquivo padrão, que possuirá as informações de translação, rotação e escala, necessárias para que os objetos virtuais se movimentem automaticamente, ou

¹³ Foi criado para transportar e armazenar informações acessíveis de leitura e escrita.

com comandos do usuário, como no exemplo do hiro.WRL, que possui coordenadas demonstradas logo abaixo:

```
0.0 0.0 25.0      # Translation
90.0 1.0 0.0 0.0  # Rotation
0.75 0.75 0.75   # Scale
```

Para realizar a associação, é preciso “ensinar” ao ArtoolKit, como reconhece-lo. Para isso é necessário realizar uma captura de imagem com o marcador, a partir do utilitário “*mk_patt*”, encontrado dentro do SDK ArtoolKit, através do caminho abaixo:

“C:\Program File (x86)\ARToolKit\bin\mk_patt”

Após um clique duplo sobre o *mk_patt*, selecione a resolução da tela, e confirme, para dar início a captura do marcador (Figura 14). Aponte o novo marcador para a câmera, e posicione a figura a fim de que esteja completamente visualizado.

A identificação do marcador irá realizar a leitura apresentando linhas vermelhas e verdes, posicione até que a marcação em vermelho do quadrado esteja no canto superior do seu marcador (Figura 14), e em seguida pressione o botão esquerdo do mouse, a fim de capturar a imagem.



Figura 14. *mk_patt* sendo executado.

Logo em seguida, na tela do terminal, é solicitado um nome de arquivo, para ser salvo:

Digite o nome do arquivo: *****

Esse nome do arquivo é preciso ser iniciado com “patt.”, exemplo: patt.Marcador1, em seguida pressione *Enter* para confirmar. Mova o arquivo criado para a pasta “**C:\\Program File (x86)\\ARToolKit\\bin\\Data**”, que irá armazenar todos os arquivos com formato .patt.

O objeto virtual necessita ser criado e modelado por um desenvolvedor de software em programas do tipo *3D Max*, *Blender* ou *Google Sketchup*.

O próximo passo é criar um arquivo .DAT que irá ficar no mesmo diretório do objeto virtual, a fim de criar a visualização 3D. Inicie o programa bloco de notas e copie os dados de translação, rotação e escala como visto no exemplo do arquivo .DAT do HIRO. Salve o arquivo com o mesmo nome do objeto virtual e sua extensão. Ex: pessoa.dat, moldura.dat.

Para testar a visualização da Realidade Aumentada, o procedimento é feito com o utilitário “simple”, encontrado na pasta “**C:\\Program File (x86)\\ARToolKit\\bin\\simple**”. Execute o “simple”. Logo em seguida posicione e mova a *tag* impressa no campo de visão da *webcam*, afim de identificar o movimento do objeto virtual. Pressione *Enter* e salve a sua aplicação.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi abordado o tema sobre Realidade Aumentada. Observou-se a partir dos estudos que é um campo amplo de trabalho, sendo aplicado nas áreas de educação, saúde, indústria, entre outros.

Observou-se também que a Realidade Aumentada é uma área de constante crescimento entre as tecnologias existentes, bem como a que pode trazer uma maior interação em diversos ambientes de aprendizagem.

Podemos observar que o uso do Artoolkit 5, pode contribuir no processo de educação e de técnicas de apresentação de Realidade Aumentada. Porém o usuário necessita sempre verificar através de sua documentação ou de um passo a passo, como associar marcadores a objetos virtuais e como executá-los.

O trabalho aborda de uma forma direta esses passos e como o usuário deve utilizar a ferramenta, assim como é possível observar quais são as dificuldades que ele pode encontrar.

Considerando limitações temporais e dificuldades em levantamento das informações sobre o uso efetivo do Artoolkit 5, propõe-se os seguintes passos de evolução:

- Aplicar a versão atual do manual de instalação e operação do Artoolkit 5 (exposto na seção 6), para fins de verificar sua compreensibilidade por parte do público alvo: professores entusiastas de tecnologia interessados em utilizar RA;
- Estudo baseado no Artoolkit 6, e descobrir suas melhorias em relação a versão 5 (tratada neste trabalho);
- Verificar possibilidade de desenvolvimento de interface gráfica para facilitar instalação e operação do Artoolkit;
- Verificar possibilidade de uso do Artoolkit a partir de dispositivos móveis.

8 REFERÊNCIAS

ARTOOLKIT. **ARToolkit**, 2016. Disponível em: <<https://artoolkit.org/>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

BERGAMASCHI, M. P. **Instalação e utilização da ferramenta ARToolKit para a produção de objetos básicos de aprendizagem**. Conferencias LACLO, v. 4, n. 1. [S.l.]: [s.n.]. 2014. p. 9.

BRAGA, R. F. **COMPATIVO DE SOFTWARES DE AUTORIA DE REALIDADE AUMENTADA ALMEJANDO SER USADO POR EDUCADORES**. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, p. 25. 2016.

BRUM, L. M. D. L.; PINHO, L. B. D.; CAMARGO, S. D. S. Metodologia de Aplicação da Realidade Aumentada no Ensino de Arquitetura de Computadores. **International Journal of Computer Architecture Education**, v. 4, n. 1, p. 17, Dezembro 2015.

BUCCIOLI, A. A. B.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial. **SVR2006-VIII Symposium on Virtual Reality**, 2006.

CARDOSO, R. G. S.; PEREIRA, S. T.; ALMEIDA, W. R. M. Uso da Realidade Aumentada em auxílio à educação. **Computer on the Beach 2014**, 20 Março 2014.

CONSULADO, L. A. et al. ARToolKit – Aspectos Técnicos e Aplicações. In: _____ **Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática**. São Paulo: SBC, v. 1, 2004. Cap. 6.

CUNHA, K. K. D. C.; GUIMARÃES, M. D. P. **DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA O ARTOOLKIT COM APLICAÇÃO NA ÁREA EDUCACIONAL**. WRVA. [S.l.]: [s.n.]. 2007. p. 4.

CW code web. **hachaweb**, 2016. Disponível em: <<http://hachaweb.com/articulos-de-interes/>>. Acesso em: 18 Agosto 2017.

DA SILVA, M. M. O.; ROBERTO, R. A. Um Estudo de Aplicações de Realidade Aumentada para Educação. **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**, 2012. 6.

DA SILVEIRA JR, L. ; RAPOSO, A. B. OpenSceneGraph: conceitos básicos e aplicações em realidade virtual e aumentada com ARToolkit. **Realidade Virtual e Aumentada na Prática**, Recife, 2008. 34-59.

DINAMISMO VIRTUAL. Realidade Aumentada. **Dinamismo Virtual**, 2012. Disponível em: <<http://dinamismovirtual.blogspot.com.br/2012/11/realidade-aumentada.html>>. Acesso em: 5 Junho 2017.

DUCAS, I. **Novas Tecnologias e Reambientação Pedagógica**. Unimep. Piracicaba. 1998.

DUTRA, P. V. M. ARTOOLKIT: UMA BIBLIOTECA PARA CONSTRUÇÃO DE APLICAÇÕES EM REALIDADE AUMENTADA. **FASM**, Muriaé, v. 15, n. 1, p. 10, 2016.

FERNANDES BENTO, J. J.; GONÇALVES, V. B. Ambientes 3D no processo de ensino e aprendizagem 3D environments in the process of teaching and learning. **EduSer-Revista de educação**, Bragança, v. 3, n. 1, p. 45-58, 2011. ISSN 1645-4774.

FILATRO, A.; PICONEZ, S. C. B. Design instrucional contextualizado, São Paulo: Senac, 2004. 9.

FORTE, C. E. *et al.* Usando a Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Software Educacional para Aprendizagem de Datilografia. **Anais do WRVA**, 2010. p. 162-165.

FORTE, C. E.; DAINESE, C. A.; KIRNER,. **UNIVERSALIZAÇÃO DA INTERFACE DE JOGO PEDAGÓGICO PARA DEFICIENTES AUDITIVOS, VISUAIS E NÃO DEFICIENTES ATRAVÉS DO USO DA REALIDADE AUMENTADA**. III Workshop de Realidade Aumentada. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2006. p. 55-58.

KATO, H.; BILLINGHURST, M. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System. **ACM International Workshop on Augmented Reality '99**, San Francisco, 20-21 Outubro 1999. 85-94.

KIRNER, C. **Evolução da Realidade Virtual no Brasil**. X Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. 2008. p. 1-11.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. **XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada**. Pré-Simpósio SVR 2011. Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Computação. 2011. p. 10-25.

KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. A. **Realidade virtual e aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis-RJ: [s.n.], 2007. Cap. 1, p. 2-21.

KIRNER, C.; TORI, R. Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade. In: KIRNER, C.; TORI, R. **Realidade Virtual Conceitos e Tendências**. 1. ed. São Paulo: [s.n.], v. 1, 2004. Cap. 1, p. 3-20.

MACHADO, R.; HEIDRICH, F. E. Adequação da Modelagem Digital de Espaços Arquitetônico para a Visualização com Tecnologia de Jogos Digitais. **SIGraDi 2016, XX Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital**, Buenos Aires, Novembro 2016. 5.

MOLZ, R. F.; PEDO, R. **REALIDADE AUMENTADA NA APRENDIZAGEM DE VIOLÃO**. Anais do Salão de Ensino e de Extensão. [S.l.]: [s.n.]. 2011. p. 69.

NOGUEIRA, K. L.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. UMA APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA NO AUXÍLIO DA ADAPTAÇÃO DE PROTESES EM MEMBROS SUPERIORES. **Workshop de Aplicações de Realidade Virtual. Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia - MG, p. 3, Junho 2015.

PRADO. As mil e uma utilidades da realidade virtual e aumentada. **Tecnoblog**, 2016. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/195283/realidade-virtual-aumentada-aplicacao-diferenca-futuro/>>. Acesso em: 21 Março 2017.

REALIDAD AUMENTADA PERÚ. Realidad Aumentada. **Realidad Aumentada Perú**. Disponível em: <http://realidadaugmentadaperu.blogspot.com.br/2014/06/realidad-aumentada_16.html>. Acesso em: 17 fev. 2017.

REDEL, R.; HOUNSELL, M. D. S. Implementação de Simuladores de Robôs com o Uso da Tecnologia de Realidade Virtual. **IV Congresso Brasileiro de Computação, Itajaí-SC. IV CBCOMP**, Itajaí-SC, v. 1, p. 398-401, Outubro 2004.

RIBEIRO, E.; RIBEIRO, E.; MONTEIRO, N. A. REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 1, n. 2, 2013.

SANTIN, R.; KIRNER, C. ARToolKit: Biblioteca para Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada. In: _____ **Tecnologia para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. [S.l.]: [s.n.], 2007. Cap. 5.

SANTOS, R. S.; OLIVEIRA, L. C. D.; SANTOS JUNIOR, G. D. P. **APLICAÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA PARA APRENDIZAGEM MÓVEL UTILIZANDO O FRAMEWORK ELIPSEAR**. X CEEL. Uberlândia: [s.n.]. 2012. p. 4.

SCOTTA, A. et al. **Uma aplicação da Realidade Aumentada em Laboratórios Mistos para Ensino de Química**. 3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014). [S.l.]: [s.n.]. 2014. p. 564.

SILVA, R. R. D. et al. **REALIDADE AUMENTADA NA ESCOLA: CARTILHA SOBRE BUG NO COMPUTADOR**. 14º CONEX. Paraná: [s.n.]. 2016. p. 1-5.

9. APÊNDICE

Exemplo Prático

1. Baixando o Artoolkit 5.3.2 e realizando sua instalação

Entre no site oficial do Artoolkit 5 em: <https://www.artoolkit.org/download-artoolkit-sdk>, e baixe o arquivo: `ARToolKit v5.3.2r1 Setup (bin-win32-vs120).exe` para Windows, com a versão para Windows (Visual Studio 2013). Execute a instalação com um clique duplo e avance até concluir a instalação.

2. Cadastrando e configurando novo objeto virtual

a) Baixe o arquivo `turbina.wrl` e `marcadorTurbina.pdf` em: <https://www.dropbox.com/sh/kwlj4p0zgh7xtot/AAB0UIGVc9WBY90jQugemiga?dl=0>, copie o arquivo `turbina.wrl` para o diretório: `C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin\Wrl` e realize a impressão do arquivo `marcadorTurbina.pdf`.

b) Em seguida entre no diretório `C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin` e execute o utilitário `mk_patt` em modo administrador, usando o botão direito do mouse e confirme com ok as duas próximas telas. Posicione a impressão do marcador sobre a *webcam*, surgirão bordas vermelhas e verdes na imagem, movimente para os lados afim de que o lado vermelho esteja na parte superior. Uma vez enquadrado, clique com o botão esquerdo do mouse, o qual será pedido um nome para o arquivo de imagem iniciado com `patt.`; exemplo: `patt.turbina`, logo em seguida confirme com *Enter*.

c) Copie esse novo arquivo criado do diretório `C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin` para `C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin\Data`.

d) Edite o arquivo `object_data_vrml` encontrado no diretório `C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin\Data` adicionando o `#pattern 3` com seu caminho de dados, e alterando o número 2 para 3 em `#the number of patterns to be recognized`, para que ele aceite mais um objeto ao artoolkit, como visualizado abaixo:

```
#the number of patterns to be recognized  
3
```

```
#pattern 1  
VRML Wrl/apple.dat  
Data/hiro.patt  
80.0  
0.0 0.0
```

```
#pattern 2  
VRML Wrl/snoman.dat  
Data/kanji.patt  
80.0  
0.0 0.0
```

```
#pattern 3  
VRML Wrl/turbina.dat  
Data/turbina.patt  
80.0  
0.0 0.0
```

- e) Criando o arquivo .dat na pasta C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin\Wrl que possuirá as informações de rotação, translação e escala da turbina.wrl. Abra o editor de texto Bloco de Notas, e copie a informação abaixo:

```
turbina.wrl  
  
0.0 0.0 50.0      # Translation  
90.0 1.0 0.0 0.0 # Rotation  
2 2 2           # Scale
```

- f) Salve o arquivo com o nome turbina.dat.
g) Verifique se o arquivo .dat criado encontra-se dentro da pasta Wrl.
h) Execute o simple.exe em C:\Program Files (x86)\ARToolKit5\bin, e visualize através da *webcam* a Realidade Aumentada com o marcador posicionado.