



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL

PAULO VICTOR CARVALHO SOUSA

**APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL**

FORTALEZA

2012

PAULO VICTOR CARVALHO SOUSA

**APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Tereza Denyse Pereira de Araújo

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

S696a Sousa, Paulo Victor Carvalho.  
Aplicação da realidade aumentada na engenharia civil / Paulo Victor Carvalho Sousa – 2012.  
56 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Engenharia Civil, Fortaleza, 2012.

Área de Concentração: Visualização Gráfica para Engenharia Civil.

Orientação: Profa. Dra. Tereza Denyse Pereira de Araújo.

1. Realidade aumentada. 2. Objeto virtual. 3. Tecnologias computacionais. I. Título.

---

CDD 620

PAULO VICTOR CARVALHO SOUSA

APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof(a). Dr(a). Tereza Denyse Pereira de Araújo (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Antonio Macário Cartaxo de Melo  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Evandro Parente Junior  
Universidade Federal do Ceará - UFC

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, em quem sempre acreditei e confiei minha esperança para continuar em busca de meus objetivos.

À Professora Denyse, pela dedicação e compromisso como orientadora e motivação para realização deste trabalho de conclusão de curso.

Aos meus pais, Salomão e Flora, meus irmãos, Rafael e Gabriela, e meus avôs que sempre me ajudaram em todas as necessidades que tivera até hoje e presenciaram minhas conquistas.

À minha namorada, Marcela, que, de várias maneiras, soube ser além de namorada, uma grande amiga.

Aos meus amigos e primos que sempre estiveram comigo e me serviram de inspiração de várias formas.

## **RESUMO**

A aplicação da Realidade Aumentada, em várias áreas do conhecimento, tem por finalidade a representação gráfica de objetos virtuais em espaços reais, de forma interativa. Tendo em vista que o mercado de obras civis esteja cada vez mais integrado com as novas tecnologias computacionais, é de se esperar que as pesquisas nessas áreas sejam cada vez mais frequentes e específicas. O objetivo deste trabalho é levantar as aplicações da Realidade Aumentada na Engenharia Civil, a qual é conceituada e exemplificada de acordo com o seu uso na sociedade atual. Propõe-se o uso do software Google SketchUp 8, para a criação do objeto virtual, com a adição do plug-in da ARMedia, a fim de possibilitar a geração de objetos em RA. Essa proposta é demonstrada através da aplicação de um exemplo de projeto de forma, cujo funcionamento se mostrou satisfatório.

Palavras-chaves: Realidade aumentada, Objeto virtual, Tecnologias computacionais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Realidade / Virtualidade Contínua.....	9
Figura 2: QR Codes (Quick Response – Resposta rápida).....	10
Figura 3: Cirurgião usando HMD de Realidade Aumentada .....	10
Figura 4: (A) Usuário equipado para utilizar o CapCam; (B) detalhe da cabeça – o CapCam não interfere no HMD; (C) os cabos de conexão ficam posicionados por trás do usuário .....	11
Figura 5: Interface do software MivaTherm, que possui recursos de: (a) Imageamento térmico; (b) Detecção de componentes. ....	11
Figura 6: Empreendimento Fibrasa Connection, ES. (a) Ambiente Real; (b) Realidade Misturada.....	12
Figura 7: Aplicação da Realidade Aumentada para Marcar distância de uma Falta em um jogo de Futebol. ....	17
Figura 8: Cenário Virtual (Realidade Misturada). ....	18
Figura 9: Cenário em Ambiente Real. ....	18
Figura 10: Plano de Trabalho de Objetos a Distância, utilizando operações de manipulação tridimensional com cursores bidimensionais.....	19
Figura 11: Aplicação de software para construção de objetos tridimensionais à distância, coletados em tempo real. ....	19
Figura 12: Montagem Virtual de Sistema de Travamento das Portas. ....	20
Figura 13: Marcadores para Aplicação da RA em Sistema de Montagem de Fechaduras de Portas.....	20
Figura 14: Estrutura de diretórios do ARToolKit2.65 com VRML, após instalado.....	22
Figura 15; Exemplo de uma WebCam para captura de vídeo. ....	23
Figura 16: Exemplo de Monitor LCD para Interface Gráfica. ....	23
Figura 17: Exemplo HMD.....	24
Figura 18: Projeção anexada na cabeça. ....	24
Figura 19; Tablet.....	25
Figura 20: Iphone da APPLE. ....	25
Figura 21: Exemplo de GPS. ....	25
Figura 22: Processos de Captura de Imagens e Execução de Inserção de Objetos Virtuais: (a) Imagem capturada pelo webcam; (b) Imagem transformada em formato binária pela intensidade de luz; (c) Inserção do objeto após a interpretação da imagem. ....	26
Figura 23: Parâmetros Intrínsecos de uma Câmera: (a) Distância focal e as medidas espaciais da superfície fotosensorial; (b) São indicados os números de pixels em cada dimensão da altura e largura da superfície fotosensorial. ....	27
Figura 24: Geometria da Projeção de um objeto pontual sobre uma única superfície plana. ..	27
Figura 25: Geometria da Projeção de um Objeto Pontual sobre duas superfícies Planas. ....	28
Figura 26: Aplicação da Realidade Aumentada para Modelagem de Sistemas Estruturais. ....	29
Figura 27: Alunos Interagindo com o Programa. ....	30
Figura 28: Sistema de RA para construções.....	30
Figura 29: Exemplo de RA na etapa de Construção de Edifício. ....	31
Figura 30: Atividades a Serem Executadas em um Banheiro Demonstradas em RA. ....	31
Figura 31: Banheiro Concluído com a RA Identificando as Tubulações Internas. ....	32
Figura 32: (a) Usuário com seu aparelho de visualização; (b) Visualização da “Anatomia da Arquitetura”.....	32
Figura 33: Acompanhamento de Evolução de uma Construção com o conceito de 4D.....	33
Figura 34: SignPost, calcula o menor caminho entre a posição atual e o destino desejado dentro da planta de um prédio. ....	33

Figura 35: Apresentação do Relevo em RA. ....	35
Figura 36: Interface do Google SketchUp 8 com o Plugin ARMediaSKT. ....	35
Figura 37: Imagem do Objeto Final a Ser Apresentado.....	36
Figura 38: Planta do Projeto de Forma Utilizado na Disciplina de Concreto I da UFCE.....	36
Figura 39: Marcador Escolhido para o Trabalho. ....	36
Figura 40: Selecionando o Marcador para Apresentação do Projeto.....	37
Figura 41: Inclusão de Objeto no Marcador.....	37
Figura 42: Teste de Objeto em RA. ....	37
Figura 43: Local de compra das licenças. ....	42
Figura 44: Tipos de Licenças para SketchUp.....	43
Figura 45: Executável do ARMedia License Manager.....	43
Figura 46: Site da Inglobe Technologies, onde se pode fazer o download do ARPlayer. ....	44
Figura 47: ARMedia Configuration Utility.....	45
Figura 48: Interface do ARMedia com SketchUp. ....	45
Figura 49: About ARMedia.....	46
Figura 50: ARMedia Configuration Utility.....	46
Figura 51: ARMedia Marker Generator.....	47
Figura 52: Menu Setup.....	47
Figura 53: Funções Export e View. ....	48
Figura 54: ARMedia Vídeo Obejct Panel. ....	49
Figura 55: ARMedia Audio Object Panel. ....	49
Figura 56: ARMedia Soundtrack.....	50
Figura 57: Configuração da Câmera .....	51
Figura 58: Comandos de Flipagem. ....	52
Figura 59: Interação Entre Objeto e Cenário.....	53
Figura 60: Controle de Som. ....	53
Figura 61: Configuração das Layers .....	54
Figura 62: Comandos de Clivagem de Objetos. ....	54
Figura 63: Comandos para Captação de Luminosidade:.....	55
Figura 64: Comandos de Efeitos de Luz. ....	55
Figura 65: Teclas de Ajuda e Finalização: .....	56

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>6</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivos	12
1.2 Justificativa	13
1.3 Metodologia	15
1.4 Estrutura do Trabalho	16
<b>2 REALIDADE AUMENTADA</b>	<b>17</b>
2.1 Processo de Instalação das Bibliotecas ARToolKit	22
2.2 Alguns Hardwares Utilizados para Captura e Apresentação de Imagens em RA.	23
2.3 Funcionamento do ARToolKit	25
<b>3 REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL</b>	<b>29</b>
3.1 Software Google SketchUp e Plug-In ARMedia	34
3.2 Exemplo de Aplicação da RA	35
<b>4 CONCLUSÕES</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A - Instalação do ARMedia Profissional</b>	<b>42</b>

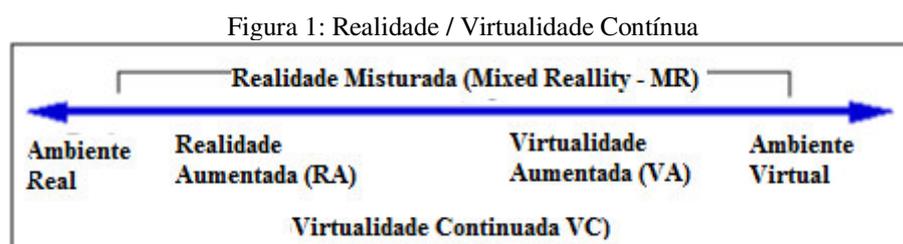
## 1 INTRODUÇÃO

Realidade Aumentada (RA) é usualmente conhecida como sendo a inserção de um objeto virtual em um ambiente real, através de uma imagem (foto ou filme) capturada em tempo real e processada por computador, ou seja, quando um local é filmado (fotografado), em tempo real, e nele são inseridos objetos virtuais que dão a impressão de pertencerem ao mundo real (COELHO & BÄHR, 2005). Essa inserção possibilita a interação entre dois universos, o real e virtual, abrindo uma nova dimensão na maneira de se executar algumas tarefas.

Essa ideia de RA tem sido desenvolvida há aproximadamente 40 anos, porém só recentemente, graças ao avanço das tecnologias de visualizações gráficas, tem sido possível desenvolver softwares capazes de criá-la e aplicá-la em situações cotidianas. Atualmente, a RA é considerada ainda desconhecida pela população em geral, porém sua aplicabilidade é bastante variada e suas pesquisas têm atendido a diferentes setores da humanidade (IZKARA, PÉREZ, BASOGAIN, & BORROD, 2007).

Para se entender o conceito de Realidade Aumentada é preciso conhecer as definições de outros tipos de realidades existentes. Pode-se citar a Realidade Virtual (RV), que possibilita ao ser humano a capacidade de vivenciar mundos existentes fisicamente, ou não, por meio de equipamentos, o que dá a impressão de estar em ambiente gerado por computador (FREITAS & RUSCHEL, 2010).

Realidade Virtual e Realidade Aumentada são partes de uma realidade mais ampla, entendida como virtualidade contínua chamada “Realidade Misturada” (RM), (MILGRAN & KISHINO, 1994), como mostrado na Figura 1, representa, em uma extremidade, o ambiente real, na outra, o ambiente virtual e, no intervalo, estão a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada. A RA é a inserção de elementos virtuais no ambiente real; a Virtualidade Aumentada é, por sua vez, a incorporação de elementos reais ao ambiente virtual.



Fonte: Adaptado (FREITAS & RUSCHEL, 2010).

O processo de como é inserido o objeto virtual no ambiente real surgiu, originalmente, a partir das etiquetas dos códigos de barras. Como os códigos de barras não estavam mais armazenando todas as informações necessárias em sua leitura, surgiram os códigos em 2D, chamados de *QR Codes* (*Quick Response* – Resposta Rápida), que armazenam muito mais informações. Essas informações são necessárias para que o dispositivo de filmagem, como a webcam, criptografe as mensagens contidas em seu código e, a partir destas mensagens, o computador responde de acordo com o que foi programado. Na Figura 2 pode-se ver um exemplo de *QR Codes*.

Figura 2: QR Codes (Quick Response – Resposta rápida)



Fonte: <http://www.tecmundo.com.br/imagem/1995-o-que-sao-os-qr-codes-.htm>

Atualmente, existem várias aplicações e pesquisas registradas sobre a RA em diferentes setores. Na Universidade de Tecnologia de Munique, por exemplo, são desenvolvidos estudos de Realidade Aumentada aplicada na medicina. Nesse caso, o médico acrescenta aos usuais instrumentos cirúrgicos (SIELHORST & TRAUB) o HMD (Figura 3) – *Head Mounted Display* (Display montado na cabeça) – para que possa operar com precisão seus pacientes.

Figura 3: Cirurgião usando HMD de Realidade Aumentada



Fonte: <http://www.informatik.umu.se/~jwworth/3ApplicationAreas>

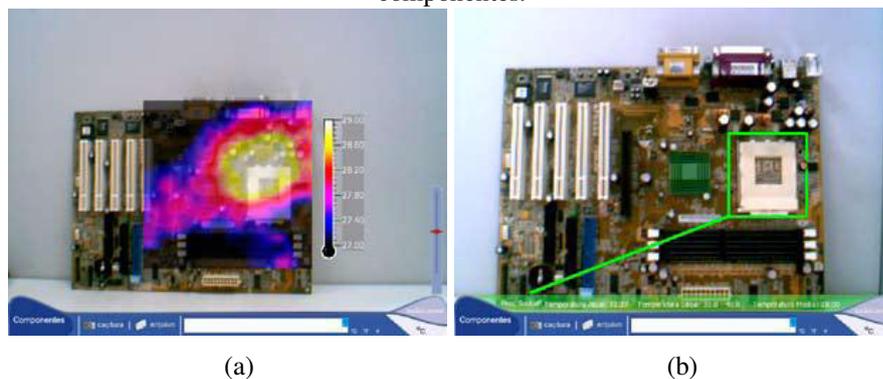
Na UFPE, alunos de um grupo de pesquisa em RA apresentaram a concepção de um dispositivo portátil e vestível para a inspeção termal de equipamentos (Figura 4) (CAVALCANTI, BREYER, TEIXEIRA, TEICHRIEB, & KELNER, 2008). Esse dispositivo portátil recebeu o nome de CapCam. Na Figura 5, mostra-se como o CapCam produz suas imagens sobre os equipamentos.

Figura 4: (A) Usuário equipado para utilizar o CapCam; (B) detalhe da cabeça – o CapCam não interfere no HMD; (C) os cabos de conexão ficam posicionados por trás do usuário



Fonte: (CAVALCANTI, BREYER, TEIXEIRA, TEICHRIEB, & KELNER, 2008).

Figura 5: Interface do software MivaTherm, que possui recursos de: (a) Imageamento térmico; (b) Detecção de componentes.



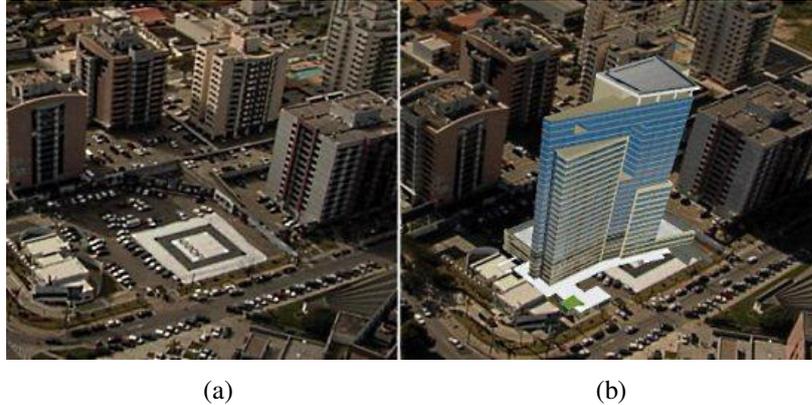
Fonte: (CAVALCANTI, BREYER, TEIXEIRA, TEICHRIEB, & KELNER, 2008).

Na Engenharia Civil é possível fazer uso dessa tecnologia em quase todas as etapas de um projeto e até mesmo como forma educativa nas universidades. Na etapa de elaboração de um projeto, pode-se verificar o projeto no ambiente real e verificar alguns aspectos de dimensões e compatibilidade.

Atualmente, já existem diversas pesquisas de RA na engenharia, porém sua aplicação ainda não é muito difundida. Algumas construtoras têm apresentado programas de

RA para a visualização de edifícios em maquetes virtuais. A Construtora Rossi conseguiu o recorde do Guinness Book como a maior imagem em RA do mundo. A Figura 6 apresenta o edifício que utilizou a RA para tal fim.

Figura 6: Empreendimento Fibrasa Connection, ES. (a) Ambiente Real; (b) Realidade Misturada.



Fonte: <http://www.rossi.com>

O que se espera para o futuro é que a RA seja uma ferramenta prática, utilizada usualmente tanto em obras de construção civil, quanto no ensino, seja fundamental, médio ou superior. Essa tecnologia é considerada uma evolução para a engenharia na forma de se observar a realidade.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar a aplicação da RA em problemas da Engenharia Civil.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, são necessários os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar as formas que se pode utilizar a RA na Engenharia Civil;
- b) Aplicar a RA para visualização de um projeto de forma;
- c) Verificar suas vantagens e desvantagens.

## 1.2 Justificativa

A escolha desse tema deve-se a uma preparação para um aperfeiçoamento da Engenharia Civil frente às novas tecnologias que estão por vir. A indústria da construção civil exige que as construtoras sejam cada vez mais inovadoras a fim de manterem a competitividade. Para isso, é fundamental a busca de novas tecnologias que facilitem os processos de execução de obras civis. Como a RA é uma tecnologia recente que agrega uma melhor interação entre o ambiente real com o virtual, é importante que esse tema seja estudado e analisado cada vez mais para desenvolvimento de novos produtos de Engenharia Civil.

### 1.2.1 Contexto Histórico da Engenharia Civil no Brasil

Diferentemente dos demais setores da indústria, a construção civil não teve um desenvolvimento constante ao longo dos anos, compreendendo a década de 40 até os dias de hoje. Seus picos de desenvolvimento se deram na sequência cronológica apresentada a seguir (FARIA, 2011).

As décadas de 40 e 50 foram marcadas pelo desenvolvimento de inovações. Nesta época, o Brasil foi considerado um dos detentores da tecnologia do concreto armado.

Na década de 70 houve, no setor da construção civil, grandes investimentos, o que possibilitou o surgimento de novas técnicas de produção e novos modelos de administração do canteiro que impulsionaram a produção em escala dentro das obras.

Mas, nos anos 80 houve uma grande redução nos investimentos no setor, e uma nova mentalidade passa a ser unânime dentre as construtoras e incorporadoras: que os custos estavam diretamente ligados aos preços de venda das unidades produzidas e a criação de novas técnicas e materiais, objetivando a redução dos custos e desperdícios, seriam imprescindíveis. Essas mudanças socioeconômicas serviram para questionar o atraso da construção civil em relação às suas tecnologias e modos de agir em relação ao mercado.

A partir daí surge no campo da construção civil a preocupação com a qualidade aliada à capacitação e motivação dos operários dentro das construtoras. A presença técnica do engenheiro começa a ser mais relevante e suas qualidades técnicas rigorosamente exigidas.

No contexto em que a humanidade se encontra, a tecnologia está cada vez mais avançada e mais acessível para a população em geral. Na indústria da construção civil, encontram-se disponíveis diversos software - AutoCad, SketchUp etc - que simulam mais

detalhadamente os projetos; as ferramentas – GPS, estações totais, dentre outras - utilizadas no canteiro de obra estão cada vez mais sofisticadas; a integração dos projetos com o acompanhamento da obra graças ao conceito de Sistema Integrado; todos esses fatores caracterizam, em parte, a evolução do setor da construção civil. A tendência a partir de então é o aprimoramento cada vez maior de alguns setores. Pode-se citar, como exemplo, o setor de qualidade do produto que, hoje, integra projetos, realiza a logística do canteiro de obra e tem o objetivo de tornar cada vez mais eficiente o sistema construtivo, bem como dá sustentabilidade ao empreendimento em geral.

### 1.2.2 Algumas Formas Utilizadas Para Visualização de Projetos

Atualmente, existem vários softwares no mercado da construção civil que são usualmente utilizados para a execução de projetos e acompanhamento de obras. Cada vez mais esses softwares se desenvolvem para proporcionar maiores detalhes e facilitar, o máximo possível, as fases de planejamento e execução de um projeto.

Um dos softwares mais utilizados, o AutoCAD, desenvolvido pela empresa Autodesk, Inc. Essa empresa, fundada em 1982 por John Walker e outros 12 fundadores, fornece vários produtos voltados especificamente para projetos. Os formatos DXF e DWG pertencem a esse produto e são os mais comuns para intercâmbio de arquivos no CAD. Desde o final da década de 1990, a empresa tem feito um esforço para proporcionar um produto que solucione todos os problemas da indústria, muitas vezes comprando empresas e tecnologias competidoras. Devido a esses motivos, a Autodesk não possui adversária de mesmo porte.

Um conceito muito falado atualmente, o BIM (*Building Information Model*), que significa Modelo da Informação da Construção, representa todo o conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um projeto. Frequentemente conhecido como um novo modelo de ferramentas CAD, o BIM procura abandonar a simples representação de elementos através de linhas, formas e texto, e passa a representar um modelo como uma associação de elementos individuais, através de uma modelação orientada por objetos (WIKIPÉDIA). Isso se tornou uma evolução, pois dessa forma o planejamento de um projeto se torna mais parecido com o processo construtivo do mesmo. A tendência é que, a partir do BIM, todos os projetos sejam integrados e que as compatibilidades de projetos sejam verificadas na fase de planejamento.

É importante salientar que os softwares citados acima necessitam de computadores instalados com os programas para se visualizar e interagir com o projeto. Outra

forma de integração dos projetos seria a plotagem dos mesmos. Apesar de ser uma forma suficiente para visualizações *in loco*, ela ainda gera grande quantidade de desperdício de papel e sua visualização tem se tornado cada vez menos assimilável com a quantidade de dados que necessitam ser agregados dos projetos.

### 1.2.3 A Utilização da RA Para Visualização de Projeto

A RA é uma ferramenta que consegue fazer a interação entre a RV (Realidade Virtual), produzida por softwares como SketchUp, com o ambiente real. Então, ela pode adicionar a esses softwares a capacidade de virtualidade continuada, conceito já dito anteriormente que permite a interação do ambiente real com o virtual, em tempo real.

Atualmente a forma mais utilizada para essa interação é por meio de projetos impressos e manuais de instrução. Com certeza, esses meios têm sido suficientes em alguns casos, porém algumas de suas desvantagens são: os projetos se tornam densos por sua apresentação em 2D; o manuseio de todos os projetos ao mesmo tempo, principalmente no campo, não é muito prático e não permite visualizar, em escala real, as modificações sofridas no ambiente real.

Todavia, quando todos os projetos e manuais são colocados em uma *QR code* e impressos, podem-se representar, mais detalhadamente *in loco*, os objetos de projeto e fazer suas respectivas identificações com maior facilidade. Ao mesmo tempo, facilita-se também a visualização destes projetos e torna o ambiente menos poluído visualmente. Tudo isso por uma tecnologia bem mais limpa, ambientalmente, e com custos bem menores.

Por isso algumas vantagens podem ser agregadas com a utilização da RA. Por exemplo: melhoramento na comunicação entre os interventores do projeto; simplificação de avaliações de projetos; avaliação e desenvolvimento de alternativas quando há uma quebra com o planejamento inicial; acompanhamento de projetos; dentre outras.

## 1.3 Metodologia

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, é necessário dividi-lo em duas partes. A primeira consiste em uma pesquisa bibliográfica para verificar como a RA tem se desenvolvido nas diversas áreas. A segunda, numa pesquisa bibliográfica para entender como a RA tem se desenvolvido especificamente na Engenharia Civil, culminando em uma proposta de aplicação da Realidade Aumentada na visualização de um projeto de forma.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, os quais estão apresentados abaixo:

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO: Nesse capítulo é abordado o contexto em que se insere o tema explorado, bem como o problema de pesquisa, a justificativa para o estudo, a metodologia, os objetivos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – REALIDADE AUMENTADA: Nesse capítulo é realizada a revisão bibliográfica sobre o tema.

Capítulo 3 – REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL: Nesse capítulo são apresentadas algumas áreas onde a RA tem atuado na Engenharia Civil, bem como um exemplo de aplicação com software específico.

Capítulo 4 – CONCLUSÕES: Nesse último capítulo são feitas algumas considerações, bem como sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada é apresentada atualmente como uma tecnologia nova para visualizações de objetos virtuais, apesar de estar sendo desenvolvido há pelo menos 40 anos. Essa tecnologia ganhou força graças ao desenvolvimento de computadores móveis que apareceram nesses últimos anos. Esse desenvolvimento foi importante na medida em que as pessoas passaram a ter o hábito de interagir com ambientes virtuais para solução de problemas cotidianos de ambientes reais (IZKARA, PÉREZ, BASOGAIN, & BORROD, 2007).

Existem inúmeras aplicações da RA no cotidiano das pessoas, sem que estas tomem conhecimento. Pode-se citar, por exemplo, a televisão, onde a linguagem cinematográfica é bastante utilizada com a RA, ou com a Realidade Misturada (RM). Segundo (CASETTI & CHIO, 1999), foi definido o cenário como: a disposição dos elementos arquitetônicos e cenográficos (fundo neutro, desenho, fotografia, logotipo, mobiliário, etc.); a escolha das cores (tons quentes e frios, harmonia e contraste, predominância de cores, etc.); a aplicação das luzes (disposição, direção, valores cromáticos, etc.); e as características das superfícies (materiais utilizados, relação com fontes luminosas, texturas, etc.) (NOGUEIRA, 2005).

Em uma partida de futebol, frequentemente observa-se o uso da RA na propaganda de produtos e no auxílio de visualização da distância, da trajetória de bola, da linha de impedimento, como se pode observar na Figura 7.

Figura 7: Aplicação da Realidade Aumentada para Marcar distância de uma Falta em um jogo de Futebol.



Fonte: (RODRIGUES, PINTO, & RODRIGUES, 2010).

As filmagens dos programas são gravadas nos estúdios (set) de filmagens que em vez das tradicionais construções cenográficas de madeiras, apresentam novos conceitos tridimensionais da cenografia de cenários sintéticos, como o uso da técnica de computação gráfica, com aplicações práticas em cenários tridimensionais para televisão utilizando-se das técnicas de Realidade virtual (RV) (NOGUEIRA, 2005). A Figura 8 e a Figura 9 apresentam exemplos destes sets de filmagens.

Figura 8: Cenário Virtual (Realidade Misturada).



Fonte: (PIEKARSKI & THOMAS, 2003).

Figura 9: Cenário em Ambiente Real.



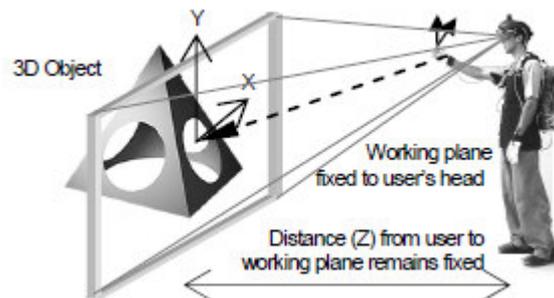
Fonte: <http://inmovimentofilmes.wordpress.com/2011/03/02/curso-de-producao-em-video/> (23/11/2012)

Na Universidade do Sul da Austrália foi desenvolvido um software que utiliza a interação entre a captação e a criação de estruturas 3D coletadas *in situ*. Esse software é capaz de criar objetos 3D através dos movimentos das mãos em concordância com a imagem capturada pelo HMD (Figura 10). Na Figura 11 mostra-se o software sendo utilizado. O maior problema encontrado pelos pesquisadores foi em relação à precisão do objeto criado, pois dependia muito dos parâmetros de localização utilizados nos equipamentos para identificar as distâncias dos objetos.

Dando continuidade às áreas de atuação da RA, pode-se também citar as áreas voltadas para as tarefas de montagens e manutenções de máquinas e equipamentos. Uma das primeiras manifestações nessa área foi para tarefa de manutenção de Fotocopiadoras (FEINER, MACINTYRE, & SELIGMANN, 1993), já nos anos 90. Isso foi feito através de

gráficos e de *wireframe* monocromático (ferramenta para a estrutura de layout de apresentação de uma página virtual) apresentados em HMD.

Figura 10: Plano de Trabalho de Objetos a Distância, utilizando operações de manipulação tridimensional com cursores bidimensionais.



Fonte: (PIEKARSKI & THOMAS, 2003).

Figura 11: Aplicação de software para construção de objetos tridimensionais à distância, coletados em tempo real.



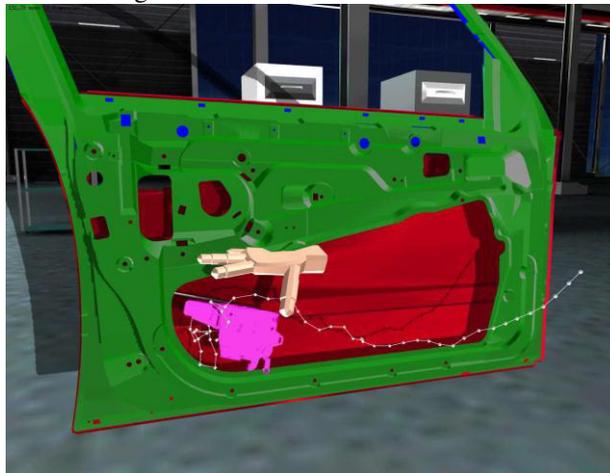
Fonte: (PIEKARSKI & THOMAS, 2003).

Ao longo dos anos, outras pesquisas para utilização de RA na área de montagens foram feitas. Uma grande parte delas buscava apresentar através da RA os procedimentos de montagens, voltando-se mais para a área de explicação do que de percepção de espaços.

Seguindo esse raciocínio, na Alemanha, foi desenvolvida uma pesquisa para a montagem da fechadura de uma porta de carro (REINERS, STRICKER, KLINKER, & MÜLLER). Esse sistema foi demonstrado para o público na Feira Industrial de Hawover em 1998, possibilitando assim testar o sistema. Além disso, foi desenvolvido um protótipo virtual

para a BMW pelo Departamento de Visualização e Realidade Virtual de Rundeturmstraße, com o objetivo de testar a compatibilização de peças, Figura 12 e a Figura 13.

Figura 12: Montagem Virtual de Sistema de Travamento das Portas.



Fonte: (REINERS, STRICKER, KLINKER, & MÜLLER).

Figura 13: Marcadores para Aplicação da RA em Sistema de Montagem de Fechaduras de Portas.



Fonte: (REINERS, STRICKER, KLINKER, & MÜLLER).

No processo de elaboração de um software para RA, existem vários passos que são importantes serem analisados. Essa sequência de passos é chamada de algoritmo. Apesar de cada software ter seu algoritmo diferente, existe uma base lógica de comandos que deve ser seguida por todos para o processo de execução de RA. Para melhor entender esse processo de execução é mostrado, superficialmente, o processo de instalação e execução das bibliotecas do ARToolKit.

O ARToolKit é uma biblioteca em linguagem C que permite desenvolver aplicações de Realidade Aumentada. Atualmente esse kit é executado nas plataformas SGI Irix, PC Linux, PC Windows 95/98/NT/2000/XP e o Mac OS X. Para cada uma dessas

plataformas, existe uma versão separada do kit. A funcionalidade de cada versão é a mesma, o que pode mudar é o desempenho que varia conforme as configurações.

A versão atual do ARToolKit oferece suporte para a RA com visão direta por vídeo ou visão direta óptica. A RA por vídeo é aquela cujas imagens virtuais são sobrepostas às imagens de vídeo ao vivo adquiridas no mundo real. A outra opção é a RA por visão direta óptica, na qual modelos de computação gráfica (objetos virtuais) são sobrepostos diretamente às imagens do mundo real percebida pelo sujeito. A RA por visão direta requer um dispositivo chamado HMD (*Head Mounted Display*), já citado anteriormente, e exige também um procedimento de calibração da câmera que adquire imagens do mundo real (CONSULARO, et al., 2004).

A maior dificuldade encontrada no desenvolvimento de uma aplicação de RA é calcular o ponto de vista do usuário em tempo real e alinhar as imagens virtuais com as imagens dos objetos do mundo real. Para isso, o ARToolKit utiliza técnicas da visão computacional para calcular a posição no espaço real da câmera e sua orientação em relação aos cartões marcadores, permitindo sobrepor objetos virtuais aos cartões. O pacote inclui bibliotecas de rastreamento e disponibiliza o código fonte completo, tornando possível o transporte do código para diversas plataformas ou adaptá-los para resolver problemas específicos.

Resumidamente, o ARToolKit é composto pelos principais pacotes listados a seguir:

- a) **libAR.lib**: Biblioteca responsável pelo rastreamento dos marcadores, calibração e entrada de parâmetros. Contém a função de suporte para a detecção de marcadores;
- b) **libARvideo.lib**: Biblioteca responsável por capturar quadros da entrada de vídeo, ou seja, faz a leitura do vídeo. Estas bibliotecas de vídeos variam a cada versão, dependendo do suporte.
- c) **libARgsub.lib**: Contém rotinas gráficas para mapeamento do vídeo como textura em ambiente 3D, bem como para o posicionamento do objeto virtual sobre o marcador.

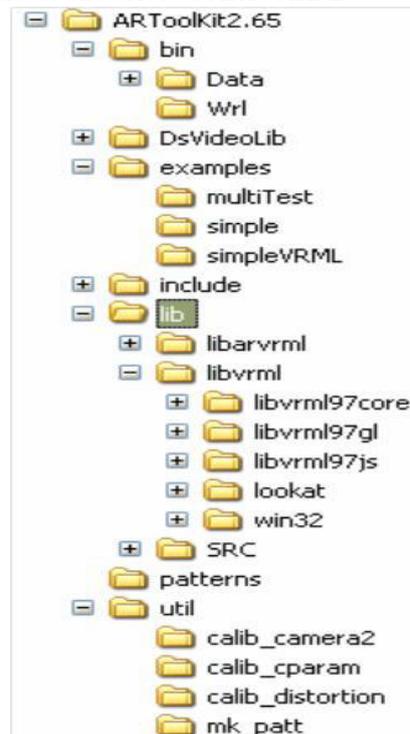
## 2.1 Processo de Instalação das Bibliotecas ARToolKit

O ARToolKit é uma biblioteca usada em RA para identificar a posição da mão, da cabeça, do corpo, ou de um objeto atrelado a ele, permitindo que haja a interação entre o objeto virtual e o ambiente real.

Atualmente existem diversas versões do ARToolKit para desenvolvimento de RA. Essas versões veem acompanhando os tratamentos que os sistemas operacionais dão aos dispositivos de vídeo. Por exemplo, atualmente, existem vários sistemas operacionais, que são: Windows, Linux, SGI, MacOS X, etc. Cada um destes sistemas, sofrem atualizações ao longo do tempo que favoreceram as compatibilizações e desempenho dos softwares desenvolvidos.

A instalação do ARToolKit para Windows provém de um único arquivo comprimido, podendo-se citar as versões ARToolKit2.65.zip, ARToolKitVRML2.65.zip, e assim por diante. Cada uma dessas versões difere de acordo com seu suporte – a ARToolKitVRML2.65.zip é uma versão da ARToolKit2.65.zip com suporte VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). Ao descomprimir uma das versões do ARToolKit, deve-se criar a estrutura de diretórios como mostrado na Figura 14.

Figura 14: Estrutura de diretórios do ARToolKit2.65 com VRML, após instalado



Fonte: (CONSULARO, et al., 2004).

Cada pasta criada nesse diretório tem uma finalidade específica. O diretório **bin** contém alguns programas que podem ser executados. Seus códigos fonte ficam no diretório **examples**. As bibliotecas do ARToolkit ficam no diretório **lib** e seus códigos fontes completos para as bibliotecas, no diretório **lib / SCR**.

## 2.2 Alguns Hardwares Utilizados para Captura e Apresentação de Imagens em RA.

Os hardwares básicos para desenvolver e executar aplicações do ARToolkit são: uma câmera de vídeo (Figura 15) e uma interface gráfica (por exemplo, monitor de LCD – Figura 16), ou um dispositivo de aquisição de vídeo com seus respectivos *drivers*.

Figura 15; Exemplo de uma WebCam para captura de vídeo.



Fonte: <http://pt.kioskea.net/faq/52-configurar-a-webcam-no-msn>

Figura 16: Exemplo de Monitor LCD para Interface Gráfica.



Fonte: <http://www.redadictos.com/2008/04/25/monitores-lcd-samsung-t190-y-t220/>

Atualmente, com o avanço da tecnologia, existem outros hardwares que vêm sendo utilizados para o aperfeiçoamento e portabilidade das aplicações em RA (AMIM, 2007). É o que se pode ver com os dispositivos de exibição (display). Alguns exemplos desses displays são: HMD (Vídeo capacete e óculos translúcidos) que utilizam monitores minúsculos em frente aos olhos, Figura 17; HMPs (*Head Mounted Projectors*), que utilizam projetores

minúsculos ou mini painéis de LCD (*Liquid Crystal Display*) com *backlight* e projetam imagens nas superfícies do ambiente real, Figura 18.

Figura 17: Exemplo HMD.



Fonte: (AMIM, 2007).

Figura 18: Projeção anexada na cabeça.



Fonte: <http://www.patentlyapple.com/patently-apple/2009/12/apple-mages-working-on-augmented-reality-magic.html>

Além desses dispositivos, existem outros hardwares portáteis que estão sendo bastante utilizados, tais como os tablets (Figura 19), alguns celulares (Figura 20), GPS (Figura 21), dentre outros.

Figura 19; Tablet.



Fonte: <http://macmagazine.com.br/2009/12/28/apple-encomenda-componentes-supostamente-destinados-a-tablets/> acesso 22/11/12.

Figura 20: Iphone da APPLE.



Fonte: <http://www.comprafacil.blog.br/qual-a-diferenca-entre-o-android-e-ios/> acesso 22/11/2012.

Figura 21: Exemplo de GPS.



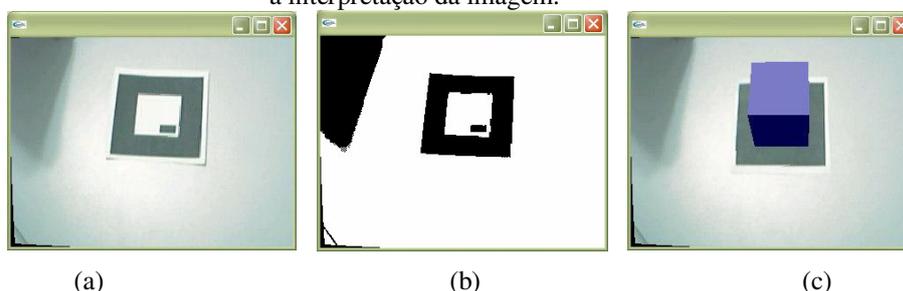
Fonte: <http://jhonesoares.blogspot.com.br/2011/08/7-dicas-para-melhor-uso-do-gps.html> acesso 22/11/2012

### 2.3 Funcionamento do ARToolKit

Segundo Consularo et al., o ARToolKit usa técnicas de visão computacional para calcular o ponto de vista real da câmera em relação a um marcador no mundo real. Esse

cálculo é descrito de acordo com os seguintes passos: o primeiro passo consiste em capturar a imagem de vídeo, Figura 22(a), que é transformada em uma imagem binária (em P&B) baseada no valor do limiar de intensidade, Figura 22(b); no segundo passo, a biblioteca do ARToolkit responsável pela captura das imagens, libARvideo.lib, rastreia todos os quadrados na imagem binária, muitos dos quais não correspondem a marcadores de referência. Para cada quadrado, o desenho padrão dentro dele é capturado e comparado com alguns gabaritos pré-estabelecidos. Se houver alguma similaridade, então o ARToolkit considera que encontrou um dos marcadores de referência. O ARToolkit usa então o tamanho conhecido do quadrado e a orientação do padrão encontrado para calcular a posição real da câmera em relação à posição real do marcador. Se as coordenadas virtuais e reais da câmera forem iguais, o modelo de computação gráfica pode ser desenhado precisamente sobre o marcador real (Figura 22(c)). A APIOpenGL.lib, biblioteca na linguagem C, é usada para calcular as coordenadas virtuais da câmera e desenhar as imagens virtuais.

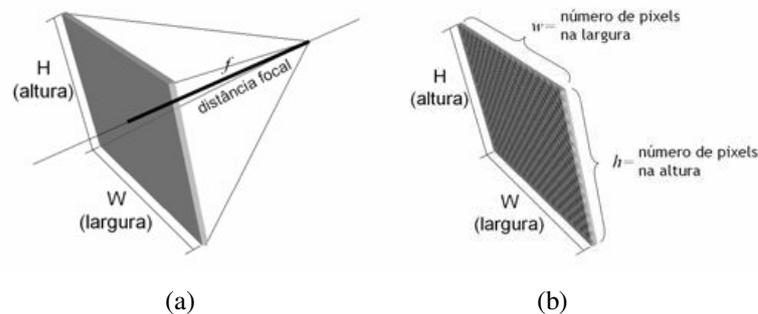
Figura 22: Processos de Captura de Imagens e Execução de Inserção de Objetos Virtuais: (a) Imagem capturada pelo webcam; (b) Imagem transformada em formato binária pela intensidade de luz; (c) Inserção do objeto após a interpretação da imagem.



Fonte: (CONSULARO, et al., 2004).

Para o cálculo da posição real da câmera em relação ao marcador devem ser consideradas algumas características intrínsecas da câmera, bem como todos os parâmetros intrínsecos às suas características (KIRNER & SISCOUTO, 2007), os quais podem ser vistos na Figura 23. Porém, somente conhecer tais parâmetros não basta. Por isso a câmera deve sair de um espaço 2D, captado pela câmera, para o 3D. Esse posicionamento da câmera no espaço 3D não depende mais do instrumento, mas sim de uma operação que altere sua posição e sua pose. Considerando então um espaço euclidiano, cujos eixos dimensionais chamaremos de  $x_w$ ,  $y_w$  e  $z_w$ , é possível estabelecer, pelo menos, dois sistemas de coordenadas: aquele que toma como referência a câmera e outro arbitrário.

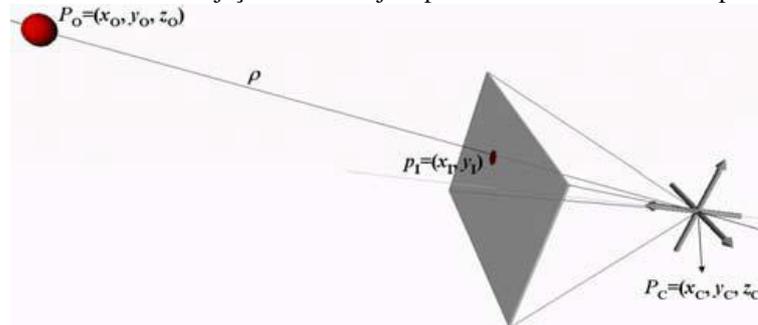
Figura 23: Parâmetros Intrínsecos de uma Câmera: (a) Distância focal e as medidas espaciais da superfície fotosensorial; (b) São indicados os números de pixels em cada dimensão da altura e largura da superfície fotosensorial.



Fonte: (KIRNER & SISCOUTO, 2007).

Com esses parâmetros definidos, deve-se então encontrar a posição do objeto. Primeiramente, define-se a posição pontual de um objeto, representado por um vetor de três dimensões  $PO=(xO, yO, zO)$ . A partir desse ponto, o que se tem é a projeção da imagem deste objeto na câmera, representada por  $pI=(xI, yI)$ . Da relação entre estes dois pontos ( $PO$  e  $pI$ ) só é possível obter a equação da reta  $\rho$  que passa pelos pontos  $PC$  (ponto central) e o ponto  $pI$  (Figura 24).

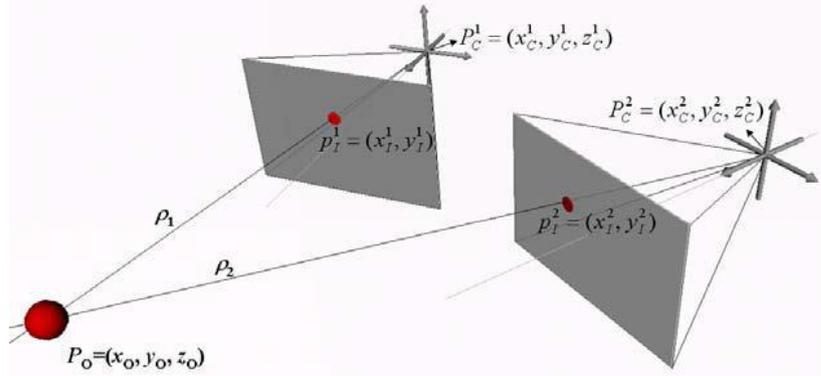
Figura 24: Geometria da Projeção de um objeto pontual sobre uma única superfície plana.



Fonte: (KIRNER & SISCOUTO, 2007).

No entanto, se duas câmeras,  $C_1$  e  $C_2$ , forem posicionadas de forma a capturar a projeção do objeto, tem-se então duas retas  $\rho_1$  e  $\rho_2$ , respectivamente (Figura 25). Encontrar o ponto em que estas duas retas se encontram é resolver o problema para transformar as coordenadas da câmera no espaço 2D para o 3D.

Figura 25: Geometria da Projeção de um Objeto Pontual sobre duas superfícies Planas.



Fonte: (KIRNER & SISCOUTO, 2007).

No ARToolKit, uma matriz  $3 \times 4$  conterá as coordenadas reais da câmera em relação ao marcador. Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual seguindo a linha de raciocínio demonstrado anteriormente.

Então, o desenvolvimento desse software pode ser resumido nos seguintes passos:

- a) Passo 1:
  - 1) Iniciar o caminho dos parâmetros de vídeo;
  - 2) Ler os arquivos de padrões de marcadores;
  - 3) Ler os parâmetros de câmera.
- b) Passo 2: Capturar um quadro da entrada de vídeo.
- c) Passo 3: Detectar os marcadores e reconhecer os padrões no quadro capturado da entrada de vídeo.
- d) Passo 4: Calcular a transformação da câmera em relação aos padrões detectados.
- e) Passo 5: Desenhar os objetos virtuais nos padrões detectados.
- f) Passo 6: Fechar a entrada de vídeo.

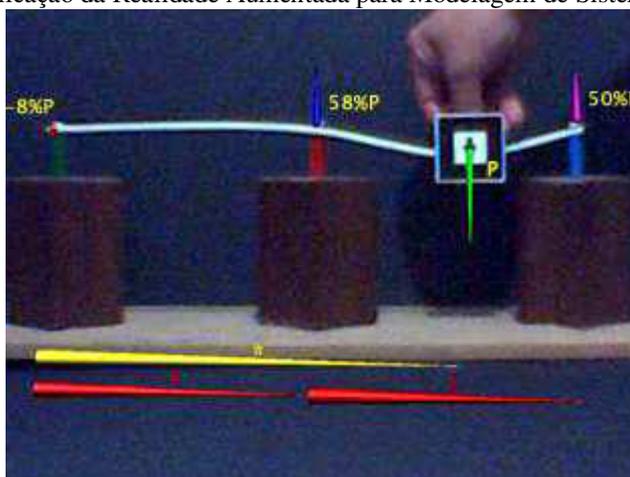
### 3 REALIDADE AUMENTADA NA ENGENHARIA CIVIL

Atualmente, existem várias pesquisas desenvolvidas que procuram aplicar a RA no mercado da Engenharia Civil.

Na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ existem pesquisas para a utilização da RV para modelagem de sistemas estruturais. O objetivo dessa aplicação está na metodologia de ensino da disciplina de “Modelagem dos Sistemas Estruturais” (RODRIGUES, PINTO, & RODRIGUES, 2010). Essa disciplina busca o desenvolvimento das habilidades manuais e intelectuais dos estudantes na confecção dos modelos físicos qualitativos que reflitam o comportamento estrutural dos elementos estudados. Com a alternativa da RA para fazer uma interação maior entre o ambiente real com o virtual, a FAU/UFRJ tem desenvolvido experimentos que busca comparar os dois métodos.

Outra aplicação utilizada naquela universidade é na área de ensino. A disciplina de “Modelagem dos Sistemas Estruturais” faz parte do primeiro semestre do quadro de disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo, sendo considerada bem difícil por parte dos estudantes. A fim de facilitar o entendimento dos elementos estruturais básicos, modelos simples de estruturas reticuladas (viga simplesmente apoiada, viga contínua com dois vãos de mesmo comprimento, e um pórtico plano com barras de mesmo tamanho) foram concebidos para a implementação do programa em RA empregando a biblioteca ARToolKit (Figura 26 e a Figura 27).

Figura 26: Aplicação da Realidade Aumentada para Modelagem de Sistemas Estruturais.



Fonte: (RODRIGUES, PINTO, & RODRIGUES, 2010).

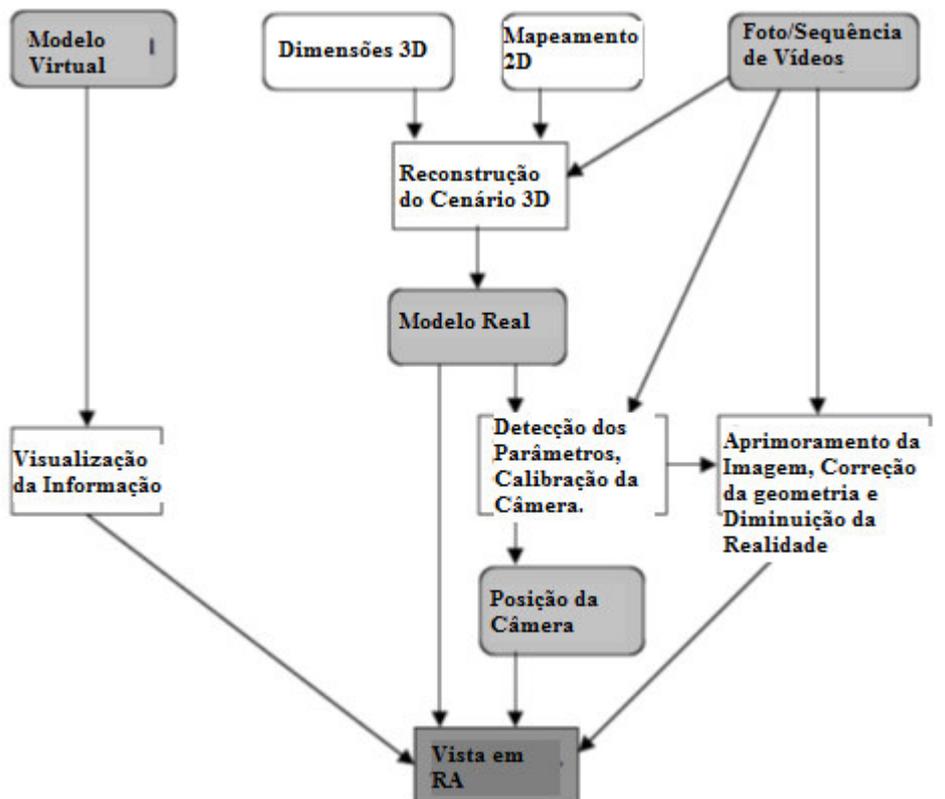
Figura 27: Alunos Interagindo com o Programa.



Fonte: (RODRIGUES, PINTO, & RODRIGUES, 2010).

A RA também tem sido aplicada nas áreas de construção e manutenção de edifícios. Klinker et al. propõem a aplicação da tecnologia RA em construções externas, tais como de torres de televisão e pontes. A proposta destes autores é pré-gravar sequências de vídeo de grandes cenários ao ar livre das construções e empregar estas sequências off-line ou ao vivo. Um sistema de RA para construções externas é mostrado na Figura 28.

Figura 28: Sistema de RA para construções.



Fonte: Adaptado (KLINKER, STRICKER, & REINERS, 1998).

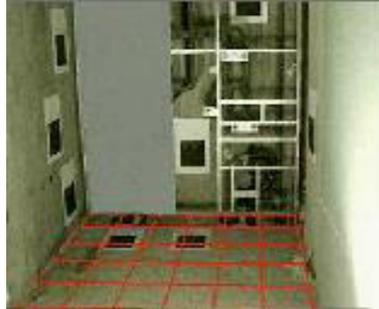
Uma aplicação mostrada por aqueles autores (KLINKER, STRICKER, & REINERS, 1998) é o acompanhamento da construção de um edifício (Figura 29), onde algumas etapas são mostradas *in loco* antes de serem executadas. Além da simples imagem, os trabalhadores foram orientados a trabalharem em sequências de execução. A Figura 30 mostra a sequência de execução na construção de um banheiro em RA, onde cada marcador apresenta um bloco de serviço a ser executado.

Figura 29: Exemplo de RA na etapa de Construção de Edifício.



Fonte: (KLINKER, STRICKER, & REINERS, 1998).

Figura 30: Atividades a Serem Executadas em um Banheiro Demonstradas em RA.



Fonte: (KLINKER, STRICKER, & REINERS, 1998).

Nessa mesma obra, uma vez concluída sua construção, a RA foi utilizada para identificação dos componentes na fase de manutenção. A Figura 31 mostra o banheiro concluído com os marcadores identificando as tubulações internas das paredes.

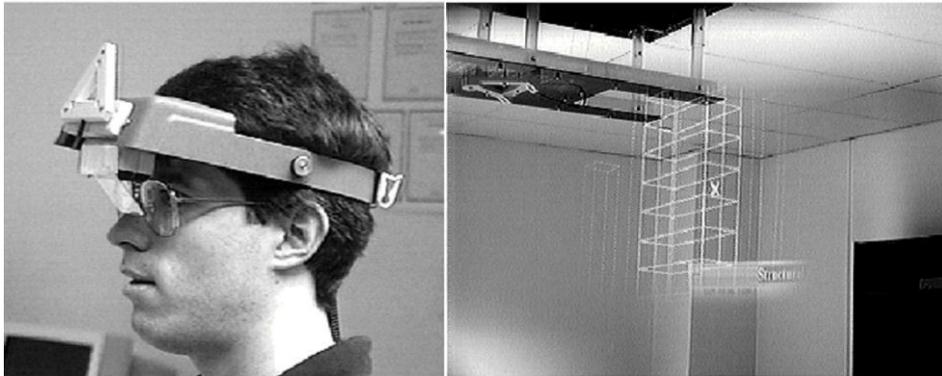
Figura 31: Banheiro Concluído com a RA Identificando as Tubulações Internas.



Fonte: (KLINKER, STRICKER, & REINERS, 1998).

Outro exemplo de aplicação da RA para visualização de elementos construtivos foi desenvolvido no Centro de Engenharia de Columbia. O programa é capaz de visualizar a “Anatomia da Arquitetura” de uma edificação, através de um HMD, com intuito de facilitar as localizações dos elementos estruturais e de instalações nas etapas de manutenção e reformas (WEBSTER, FEINER, MCINTYRE, MASSIE, & KRUEGER), Figura 32.

Figura 32: (a) Usuário com seu aparelho de visualização; (b) Visualização da “Anatomia da Arquitetura”.



(a)

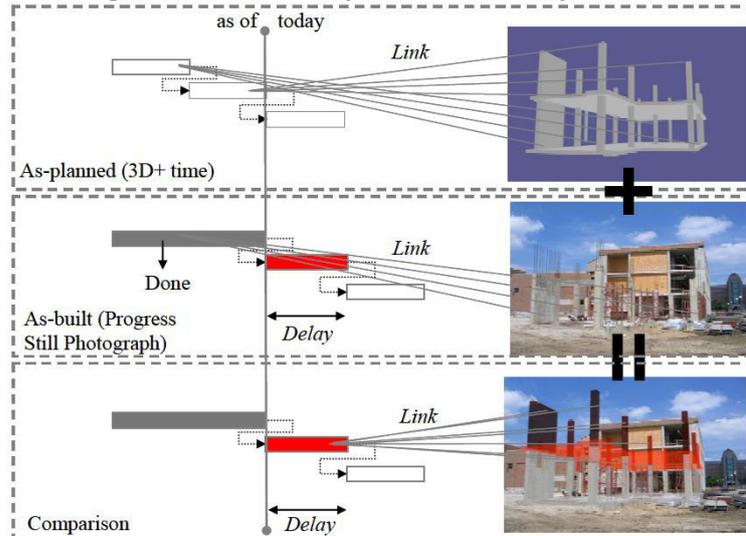
(b)

Fonte: (WEBSTER, FEINER, MCINTYRE, MASSIE, & KRUEGER).

Outras áreas utilizadas, dentro da Engenharia Civil, utilizam o conceito de 4D para acompanhar o planejamento de uma obra. Neste campo, os modelos 4D (3D adicionados com o fator tempo) surgem como um complemento à apresentação do projeto, promovendo a integração entre o modelo geométrico e o planejamento estruturado da construção (SANTOS, 2010).

Seguindo essa abordagem, na Figura 33 é apresentado um programa que acompanha a evolução de uma obra utilizando o conceito de 4D. Nela, uma imagem obtida como planejamento inicial é sobreposta sobre a uma fotografia do que foi construído. Com essa sobreposição, discrepâncias entre o planejado e o executado é facilmente percebido, facilitando assim a identificação da evolução da obra.

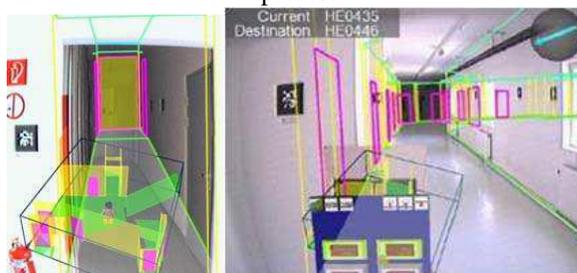
Figura 33: Acompanhamento de Evolução de uma Construção com o conceito de 4D.



Fonte: (LEE & PEÑA-MORA, 2006).

Saindo um pouco da área de planejamento, a RA também já mostrou utilidade em relação ao layout de uma edificação, em relação a seus percursos. Na Universidade de Tecnologia de Vienna, Áustria, foi desenvolvido o SignPost (CONSULARO, et al., 2004), sistema de navegação *indoor* que visa facilitar a navegação do usuário por um edifício desconhecido, onde este informa a posição atual e o destino (Figura 34).

Figura 34: SignPost, calcula o menor caminho entre a posição atual e o destino desejado dentro da planta de um prédio.



Fonte: (CONSULARO, et al., 2004).

Dentre as inúmeras alternativas de utilização da RA dentro da Engenharia Civil, propõe-se neste trabalho a utilização do Google Sketchup 8 aliado ao ARMedia como visualização de RA para projetos de obras civis. Os tópicos seguintes apresentam todo o procedimento necessário para chegar a tal objetivo.

### **3.1 Software Google SketchUp e Plug-In ARMedia**

A Realidade Aumentada, como já foi dito anteriormente, é uma tecnologia bastante atualizada em relação aos conceitos de apresentação de objetos virtuais. Suas ferramentas e utilidades estão ao encontro das inovações tecnológicas.

Atualmente, Engenheiros Civis e Arquitetos utilizam alguns softwares para o desenvolvimento de objetos virtuais, como é o caso do AutoCad; Google SketchUp, dentre outros. Então, uma boa forma destes profissionais aplicarem a RA em seus projetos, seria se esses softwares gerassem objetos em RA. Pensando dessa maneira, algumas empresas trabalham para desenvolver plug-ins que adapte tais softwares para gerarem seus objetos em RA.

No caso desse trabalho, o software utilizado para a elaboração do projeto virtual é o Google SketchUp 8, que é um programa computacional gratuito. Para que esse software gere objetos em RA, é necessário configurá-lo para isso. Esse aperfeiçoamento do software é conseguido graças ao plug-in elaborado pela empresa ARMedia.

Este software e o plug-in citado foram utilizados na Universidade Federal de Viçosa – UFV para modelar e visualizar um modelo de terreno em 3D (MECATE, GERHARDT, & ABREU, 2011), a fim de proporcionar uma melhor compreensão da região mapeada. Essa aplicação pode ser vista na Figura 35.

Então, é mostrado no Apêndice A o passo-a-passo de todo o procedimento até chegar ao final do exemplo desse trabalho.

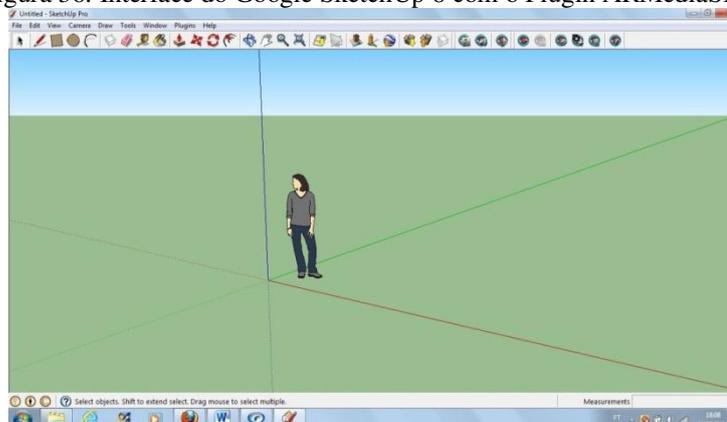
O SketchUp deve ser configurado, através do plug-in ARMedia, conforme mostra a Figura 36.

Figura 35: Apresentação do Relevo em RA.



Fonte: (MECATE, GERHARDT, & ABREU, 2011).

Figura 36: Interface do Google SketchUp 8 com o Plugin ARMediaSKT.



Fonte: O Autor.

### 3.2 Exemplo de Aplicação da RA

Esse tópico final consiste em elaborar um objeto virtual no SketchUp e gerá-lo em RA. Como não faz parte do objetivo desse trabalho os comentários sobre os comandos básicos do Google SketchUp, é apresentado apenas o produto final (Figura 37), desenvolvido pelo autor, a partir do projeto de forma utilizado na disciplina de Estruturas de Concreto I no período de 2011.1 (Figura 38).

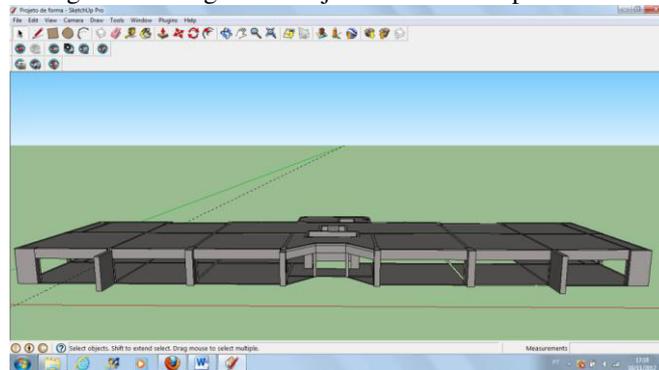
Após a definição do objeto, é definido o marcador utilizado (Figura 39). Algumas especificações sobre a escolha do marcador são apresentadas no Apêndice – A.

Para finalizar, é feita a configuração do objeto criado para que o SketchUp possa gera-lo em RA sobre o marcador escolhido, demonstrando passo a passo a utilização do plug-in da ARMedia. Para isso deve-se:

- a) No menu Setup incluir o marcador utilizado nesse projeto (Figura 40);
- b) Editar marcador usado para incluir objeto no marcador (Figura 41);

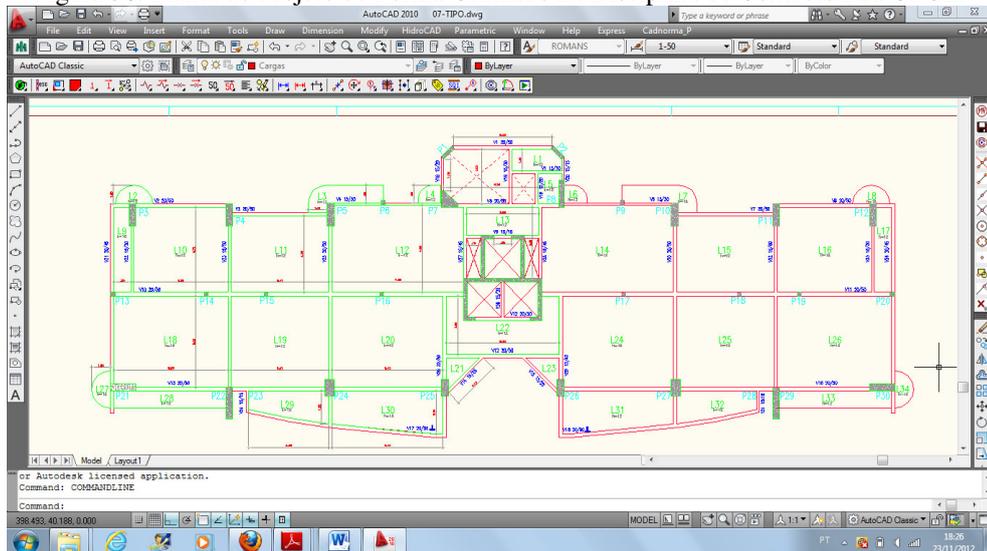
c) Testar item (b) (Figura 42).

Figura 37: Imagem do Objeto Final a Ser Apresentado.



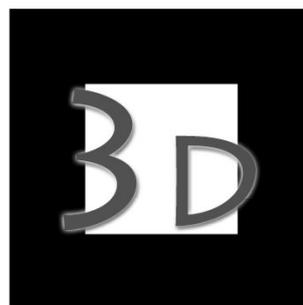
Fonte: O Autor.

Figura 38: Planta do Projeto de Forma Utilizado na Disciplina de Concreto I da UFCE.



Fonte: Autor.

Figura 39: Marcador Escolhido para o Trabalho.

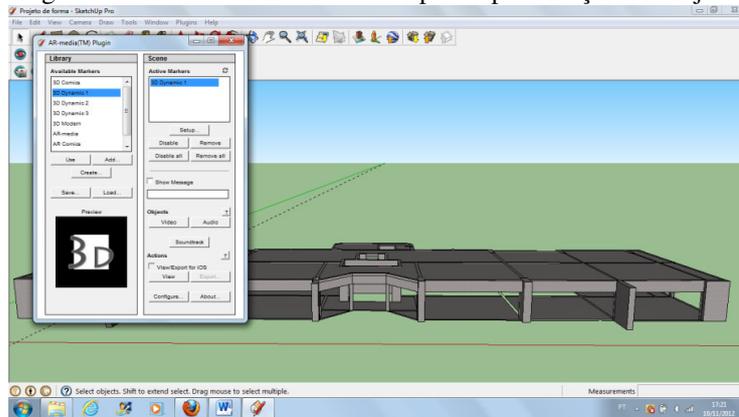


AR-media™  
INGLOBE TECHNOLOGIES

All Rights Reserved  
Inglobe Technologies © 2008/2011

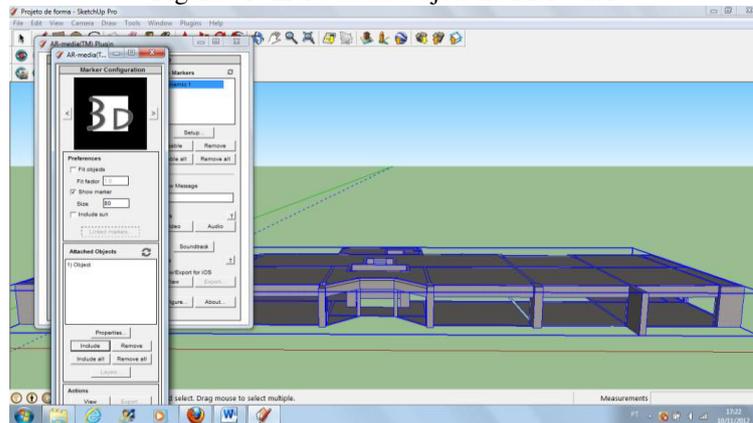
Fonte: ARMedia.

Figura 40: Selecionando o Marcador para Apresentação do Projeto



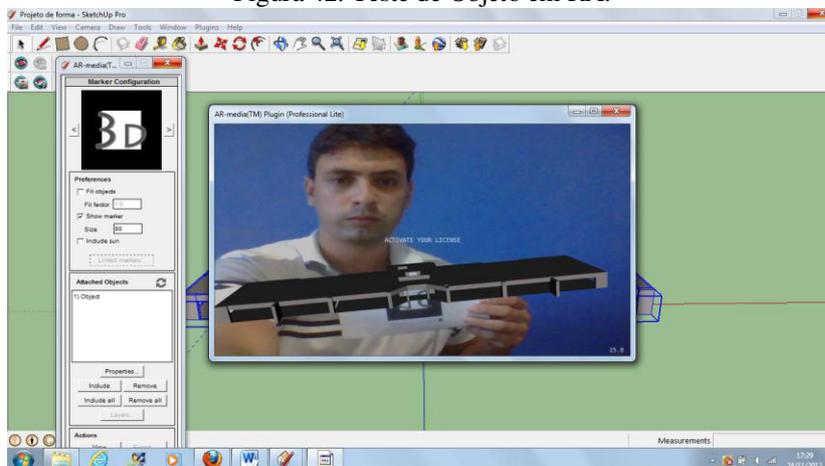
Fonte: O Autor.

Figura 41: Inclusão de Objeto no Marcador.



Fonte: O Autor.

Figura 42: Teste de Objeto em RA.



Fonte: O Autor.

## 4 CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho é elaborar uma pesquisa bibliográfica sobre a utilidade da RA na área de Engenharia Civil e demonstrar a aplicação da RA para visualização de projetos.

Como já comentado anteriormente, a RA mostrou o quanto pode agregar valor a um projeto de engenharia com relação à capacidade de percepção de projeto. Suas ferramentas e meios de visualização mostram-se bastante práticos e úteis tanto para projetistas como para engenheiros.

Além de sua utilidade para visualização de projetos ao longo desse trabalho, verificou-se que a RA pode atuar em diferentes áreas dentro de uma empresa e fora dela. Por isso, esta técnica se tornou uma ferramenta necessária para marketing e propagandas.

A quantidade de aparelhos de tecnologia móveis disponível no mercado se tornou um grande aliado para difundir a tecnologia de visualização em RA. Por isso, além de suas principais funções de visualização, a RA integrou-se aos avanços das tecnologias computacionais. Isso garante então uma segurança de evolução do produto e da empresa que integra essa tecnologia aos seus meios de comunicação.

Outro fator que se pode concluir é quanto a sua limpeza e simplicidade para visualização. Essas características tornam a RA um forte instrumento para sustentar a ideia de tecnologia limpa, pois para seu uso utiliza baixa energia elétrica e pouca quantidade de materiais. O que mostra ser bastante atualizada quando à cultura desse novo milênio.

O uso do software SketchUp, bem como do plug-in da ARMedia, mostraram-se eficientes para o modelo utilizado, contudo, não se sabe se para modelos maiores estes softwares serão tão eficientes, pois Mecate et al. encontraram dificuldades em realizar alguns comandos. Segundo estes autores, o ARMedia apresentou restrição quanto a edição ou inserção do símbolo de reconhecimento, bem como na edição do objeto simultaneamente utilizando a RA; já o SketchUp, apesar de ser considerado um ótimo programa de modelagem, pois é rápido e relativamente leve, deixou a desejar em trabalhos com escalas e posicionamento de coordenadas.

A tendência para o futuro é que novas pesquisas se desenvolvam com essa tecnologia e que as ideias de visualização de objetos virtuais comecem a seguir novos caminhos com a aproximação ainda maior do ambiente virtual do real.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

1. Aplicar o SketchUp com o plug-in da ARMedia em problemas reais;

2. O desenvolvimento de um software com o objetivo de aplicá-lo no mercado local;
3. Estudar a satisfação de clientes e avaliar o valor agregado com a aplicação da RA nos casos de engenharia;
4. Estudar outras possibilidades de uso da RA, que não foi citada no decorrer desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIM, R. R. (junho de 2007). Realidade Aumentada Aplicada a Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CASETTI, F., & CHIO, F. D. (1999). Analisis della Televisione Strumentis, Metodis e Pratiche di Ricerca. Barcelona.
- CAVALCANTI, A. S., BREYER, F. B., TEIXEIRA, J. M., TEICHRIEB, V., & KELNER, J. (2008). Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. *CapCam - Um Dispositivo Portátil e Vestível para Aplicações de RA para Suporte à Inspeção Termal de Equipamentos*. Bauru.
- COELHO, A. H., & BÄHR, H. (Abril de 2005). In XII Simpósio de Sensoriamento Remoto. *Visualização de Dados de CAD e LIDAR por meio de Realidade Aumentada*.
- CONSULARO, L. A., CALONEGO Jr, N., DAINESE, C. A., GARBIN, T. R., KIRNER, C., TRINDDE, J., & FIOLHAIS, C. (2004). Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática. Livro dos Minicursos do SVR2004, SBC. *ARToolKit: Aspectos Técnicos e Aplicações Educacionais*. São Paulo: CARDOSO, A; LAMOUNIER Jr, E. Editores.
- FARIA, D. D. (2011). Monografia para Obtenção do Grau de Engenheiro Civil. Universidade Federal do Ceará. *Capacitação da Mão-de-Obra e a Eficácia do Treinamento Visual*. Fortaleza.
- FEINER, S., MACINTYRE, B., & SELIGMANN, D. (1993). Communications of the ACM. *Knowledge-based Augmented Reality*.
- FREITAS, M. R., & RUSCHEL, R. C. (Junho/Dezembro de 2010). Revista Arquitetura - Vol. 6, nº 2:127-135. *Aplicação da Realidade Aumentada na Arquitetura*.
- INGLOBE TECHNOLOGIES. (s.d.). Acesso em Setembro de 2012, disponível em Inglobe Technologies is an IT Factory focused on Emerging Technologies.: <http://www.inglobetechnologies.com/en/>
- INGLOBE TECHNOLOGIES. (Julho de 2012). Ar-media Plugin v2.2 for Trimble SketechUp. *Installation & User Guide (Windows XP/Vista/7)*.
- IZKARA, J. L., PÉREZ, J., BASOGAIN, X., & BORROD, D. (2007). Bringing ICT Knowledge to Work: Proceeding of CIB 24th w78 Conference. *Mobile Augmented Reality an Advanced Tool for the Construction Setor*. pp 453-460. Haribor.
- KIRNER, C., & SISCOUTO, R. (Maio de 2007). Livro do Pré-Simpósio IX Symposium On Virtual and Augmented Reality. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações*. Petrópolis, Rio de Janeiro.
- KLINKER, G., STRICKER, D., & REINERS, D. (1998). In W. Barfield and T. Caudell (eds.). Augmented Reality and Wearable Computing. *Augmented Reality for Exterior Construction Applications*. Lawrence Erlbaum Press.
- LEE, S., & PEÑA-MORA, F. (2006). Proc. of Joint Int. Conf. on Computing and Decision Making in Civil & Building Engrg. *Visualization of Construction Progress Monitoring*.
- MECATE, E. V., GERHARDT, E. M., & ABREU, M. V. (Maio de 2011). Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR . *Realidade Aumentada Aplicada à Visualização Cartográfica Auxiliando o Mapeamento Participativo*. Curitiba.
- MILGRAN, P., & KISHINO, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information System*. E77 - D(12):1321-1329.
- NOGUEIRA, A. A. (2005). Tese para Obtenção do Grau de Doutor em Ciências em Engenharia Civil, UFRJ. *Uma Metodologia para Construção de Ambientes Sintéticos Subaquáticos*. Rio de Janeiro.

- PIEKARSKI, W., & THOMAS, B. H. (2003). Interactive Augmented Reality Techniques for Construction at Distance of 3D Geometry. School of Computer and Information Science. University of South Australia, Australia.
- REINERS, D., STRICKER, D., KLINKER, G., & MÜLLER, S. (s.d.). Augmented Reality for Construction Tasks: Doorlock Assembly. Departament Visualization and Virtual Reality, Fraunhofer IGD., Darmstadt, Germany.
- RODRIGUES, C. S., PINTO, R. A., & RODRIGUES, P. F. (Setembro de 2010). Revista Brasileira de Construção Aplicada, Passo Fundo, v.2, n.2, p. 81-95. . *Aplicação de Realidade Aumentada para o Ensino de Modelagem dos Sistemas Estruturais*.
- SANTOS, J. P. (Outubro de 2010). Dissertação para Obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa. *Planejamento da Construção Apoiada em Modelos 4D Virtuais*.
- SIELHORST, T., & TRAUB, J. (s.d.). *Augmented Reality in Medicine*. Acesso em Maio de 2005, disponível em <http://campar.in.tum.de/chair/teachingss04seminarar>
- WEBSTER, A., FEINER, S., MCINTYRE, B., MASSIE, W., & KRUEGER, T. (s.d.). *Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection and Renovation*. Acesso em março de 2012, disponível em <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/RESEARCH/PAPERS/ar-asce.html>
- WIKIPÉDIA. (s.d.). *BIM*. Acesso em novembro de 2012, disponível em WIKIPÉDIA a enciclopédia livre.: <http://pt.wikipedia.org/wiki/BIM>

## APÊNDICE A - Instalação do ARMedia Professional

A primeira etapa para a execução desse trabalho foi a compra da licença profissional do plug-in ARMedia 2.2 para Google SketchUp. Essa licença pode ser adquirida pelo site [http://www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplugin\\_su/info.php](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/info.php) (Figura 43)

O processo de instalação do plug-in é bem simples. Após a aquisição do produto profissional, deve-se gerar uma licença no arquivo executável *ARPlugin License Manager*. A partir desse executável gera-se uma chave que é chamada de *Request ID*. Através dessa chave, o site da Inglobe Technologies, proprietária do produto, fornece a chave *License ID*. É com esta chave que o plug-in pode ser executado no SketchUp.

Após ter sido feito todo esse processo, no ato da própria instalação, o plug-in reconhecerá automaticamente a versão de SketchUp instalada no computador. É importante lembrar que o plug-in é fornecido para dois diferentes de sistemas operacionais, o MS Windows e o MacOS.

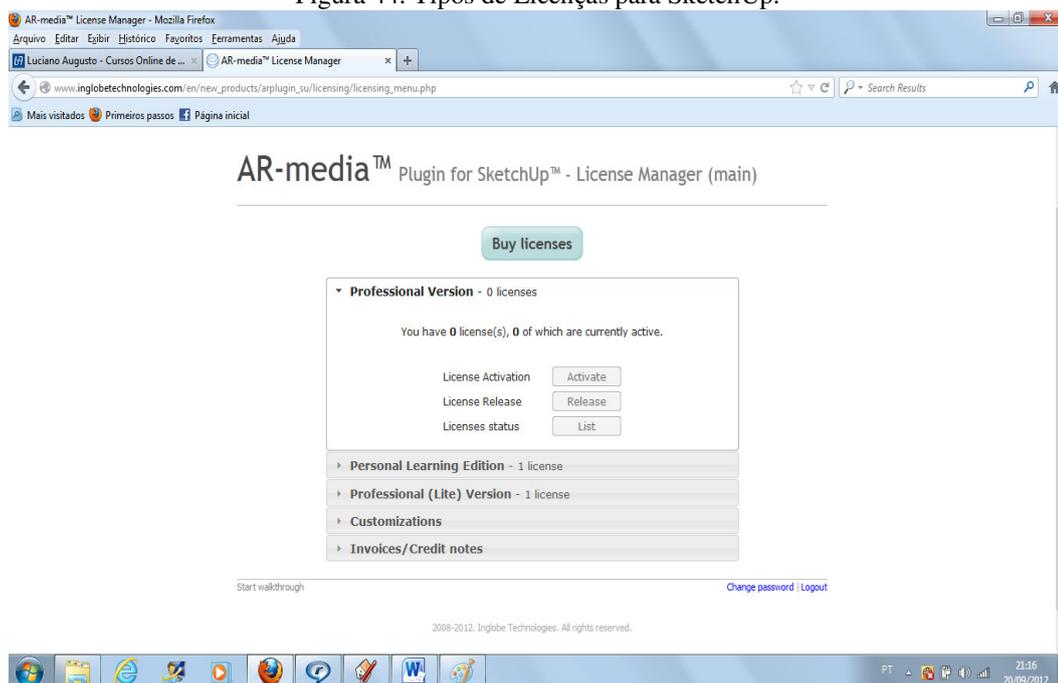
As figuras seguintes demonstram o passo a passo a ser executado na instalação do programa. A Figura 43 mostra o site onde é possível baixar o programa deste projeto. A Figura 44 mostra as possíveis licenças disponíveis para SketchUp, a utilizada neste trabalho foi a profissional. A Figura 45 mostra o *ARPlugin License Manager* com a licença utilizada para este projeto.

Figura 43: Local de compra das licenças.



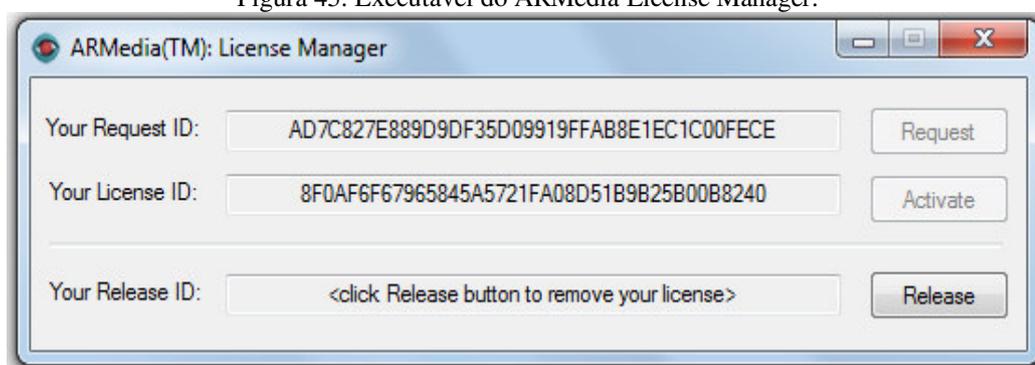
Fonte: [www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplugin\\_su/licensin](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/licensin)

Figura 44: Tipos de Licenças para SketchUp.



Fonte: [http://www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplugin\\_su/licensing/licensing\\_menu](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/licensing/licensing_menu)

Figura 45: Executável do ARMedia License Manager.



Fonte: O Autor.

#### a) Instalação do Player do ARMedia

A próxima etapa para a realização do projeto é a instalação do ARPlayer. Uma vez instalado o plug-in do ARMedia e configurado-o com o SketchUp, para que o programa funcione normalmente.

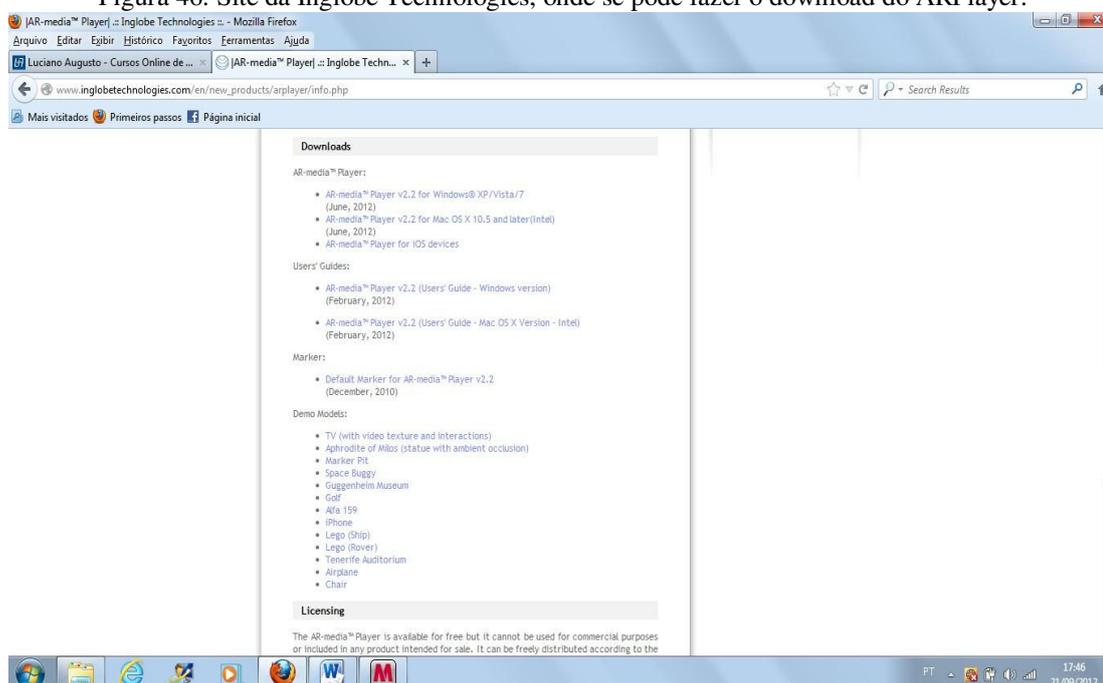
O player é o arquivo que gera a plataforma para que o programa seja executado, ou seja, que faz a compatibilidade do programa em RA com a plataforma do sistema operacional instalado no computador.

O ARPlayer é um arquivo gratuito, com disponibilidade a qualquer pessoa que tenha acesso à internet, podendo ser baixado no site: <http://www.inglobetechnologies.com/en/>

products.php e não precisa necessariamente estar cadastrado para baixá-lo. Nesse site pode-se encontrar a versão de player para Windows e para MacOS. É necessário apenas baixar o player que sirva especificamente para o sistema operacional do computador onde será gerado o objeto em RA. No caso desse projeto é o da versão para Windows.

Após o player ter sido instalado, este será reconhecido automaticamente quando for gerado um arquivo de RA através do plug-in do ARMedia. A Figura 46 mostra as versões diferentes de player que podem ser baixadas no site da Inglobe Technologies.

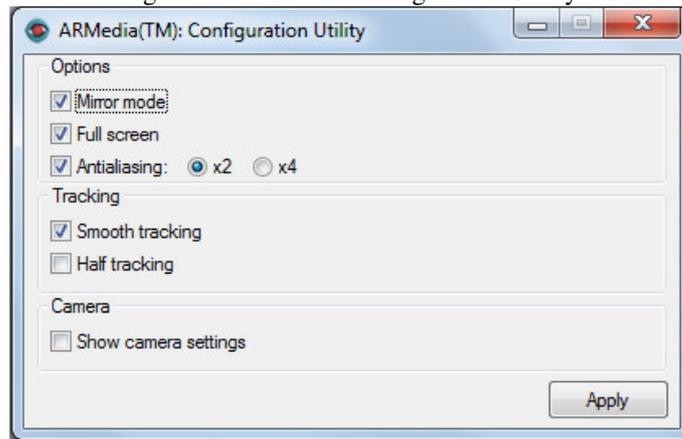
Figura 46: Site da Inglobe Technologies, onde se pode fazer o download do ARPlayer.



Fonte: [http://www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplayer/info.php](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplayer/info.php).

Após a instalação do player, é possível que se faça algumas configurações no player através do ARMedia Configuration Utility. Essas configurações permitem melhorar a qualidade das imagens geradas pelo RA e algumas funções opcionais do cliente, como *Mirror mode*, que permite transmitir a imagem como se estivesse vendo através de um espelho. Geralmente essas opções já vêm selecionadas de forma que não é necessário fazer grandes alterações em suas configurações. Na Figura 47 é mostrada a tela que aparece quando se executa o ARMedia Configuration Utility.

Figura 47: ARMedia Configuration Utility.

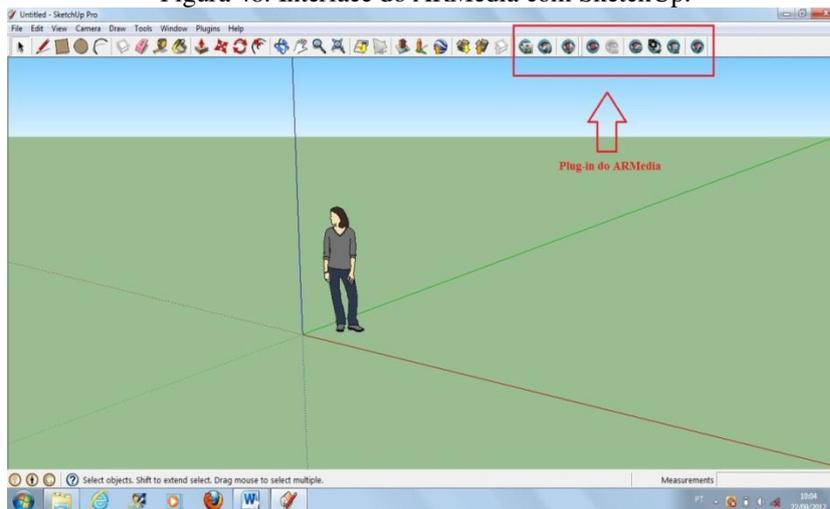


Fonte: Autor.

## b) Interface do ARMedia no Google SketchUp 8

Essa etapa do trabalho explica a interface entre o ARMedia e o Google SketchUp 8. É importante que, ao chegar nessa etapa, todas as etapas anteriores tenham sido executadas apropriadamente. Quando isso ocorrer, a tela principal do SketchUp abrirá como mostra a Figura 48. As funções que aparecem marcada nessa figura são as ferramentas adicionadas ao SketchUp com a instalação do ARMedia. Cada ícone dentro da seleção tem uma função diferente, que será especificada ao longo desse trabalho.

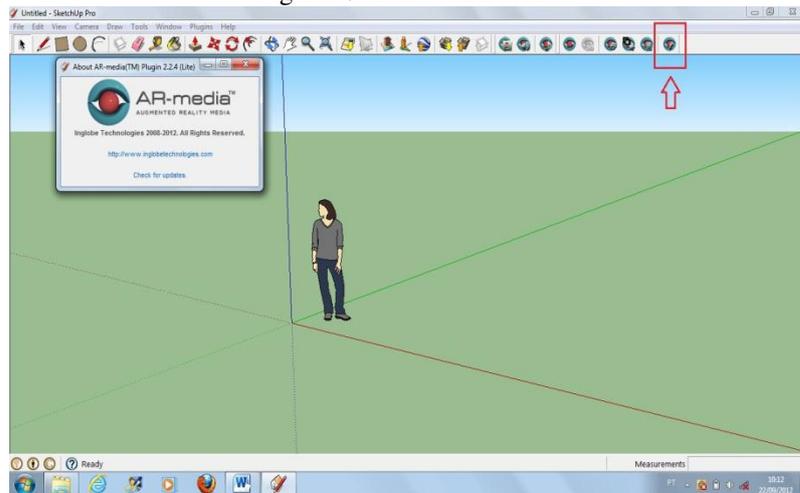
Figura 48: Interface do ARMedia com SketchUp.



Fonte: Autor

O primeiro ícone da direita para esquerda, na Figura 49, é o About ARMedia, onde contém algumas informações sobre a empresa que criou o plug-in.

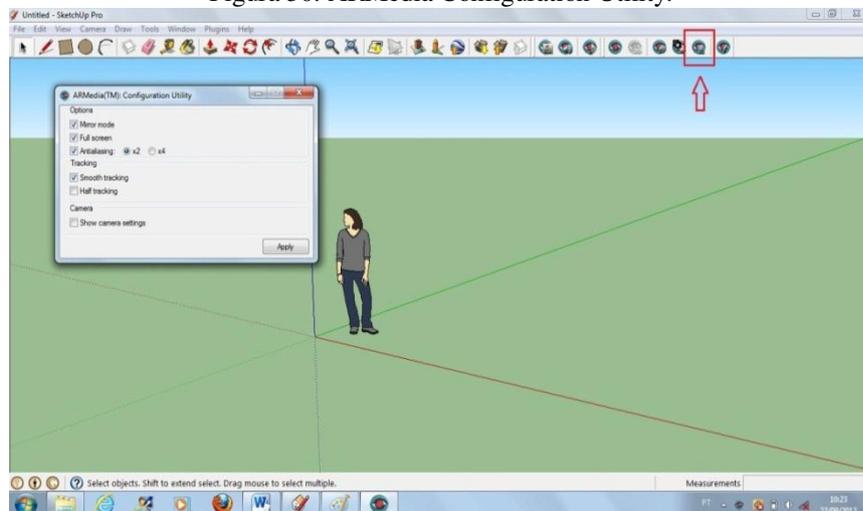
Figura 49: About ARMedia.



Fonte: Autor

Em sequência, o próximo ícone é o ARMedia Configuration Utility (Figura 50), que permite alterar algumas configurações da câmera e da imagem gerada, como já foi anteriormente explicado nesse trabalho. É importante notar que a configuração do ARMedia Player pode ser acessado pelo próprio SketchUp e não somente pelo seu próprio diretório.

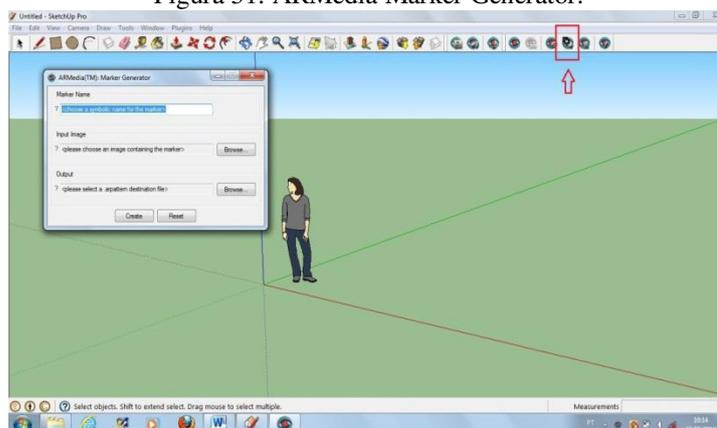
Figura 50: ARMedia Configuration Utility.



Fonte: Autor

O próximo ícone da sequência é o ARMedia Marker Generator (Figura 51). Esse ícone será especificado mais detalhadamente no próximo tópico, pois é responsável pela criação de marcadores QR Code, também podendo ser chamado de target.

Figura 51: ARMedia Marker Generator.



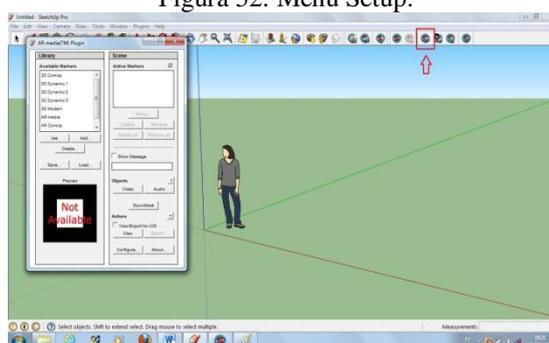
Fonte: Autor

É a partir desse ícone que novos marcadores podem ser criados, de acordo com a especificação do usuário. No caso desse programa, o passo a passo de seu marcador será posteriormente comentado.

O próximo item da sequência é o Setup (Figura 52), que é o responsável pela execução de quase todas as operações utilizada para gerar os objetos em RA. É a partir dele que se pode configurar os marcadores, adicionar novos marcadores, salvar alterações nos marcadores, criar arquivo executável do programa, dentre outros.

Esse ícone será explicado com mais detalhe no tópico do Projeto Final, onde todo o passo a passo de criação do projeto é explicitado.

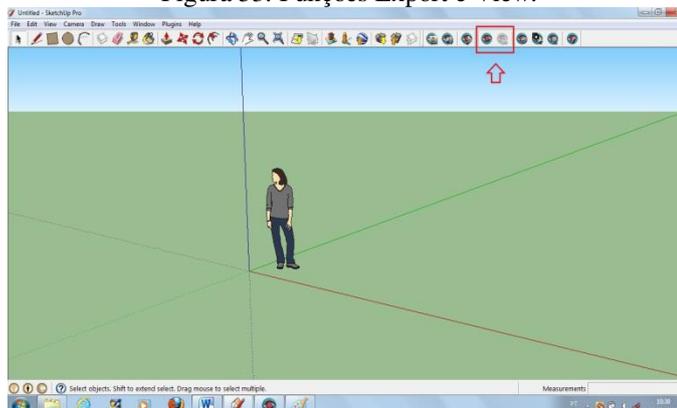
Figura 52: Menu Setup.



Fonte: Autor

Os dois próximos ícones são o Export e o View (Figura 53). Esses itens servem para execução do projeto. A função Export cria um arquivo executável que gera o projeto do SketchUp em RA, diretamente. É esse arquivo que será disponibilizado ao cliente. A função View gera o projeto do SketchUp em RA por meio do SketchUp. Ele avalia a imagem que é gerada sem necessariamente criar um arquivo executável.

Figura 53: Funções Export e View.



Fonte: Autor

Para finalizar, no plug-in ARMedia, também existe a opção de adicionar arquivos de vídeos e áudios no objeto. A função para adicionar arquivos de vídeos é a ARMedia Video Obejct Panel que permite gerar um marcador de vídeo e editá-lo com algumas funções. Para editar essas funções é necessário conhecer um pouco da programação do plug-in. Em geral a estrutura principal para executar um evento salvo é a que aparece logo abaixo:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<events name="Nome do evento">
<!--coloca-se um ou mais eventos aqui-->
</events>
```

Em breve é mostrado como deve fazer para adicionar um evento, mas antes é necessário ser definido que comando do usuário será utilizado para que o evento aconteça. No manual do plug-in (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012) é recomendado ao usuário a utilização do mouse para gerenciar as ações de vídeo, por exemplo: dois cliques com o botão esquerdo do mouse para iniciar uma animação em vídeo. Se for esse o comando para dar início ao evento, deve-se adicionar à linguagem do programa os seguintes comandos:

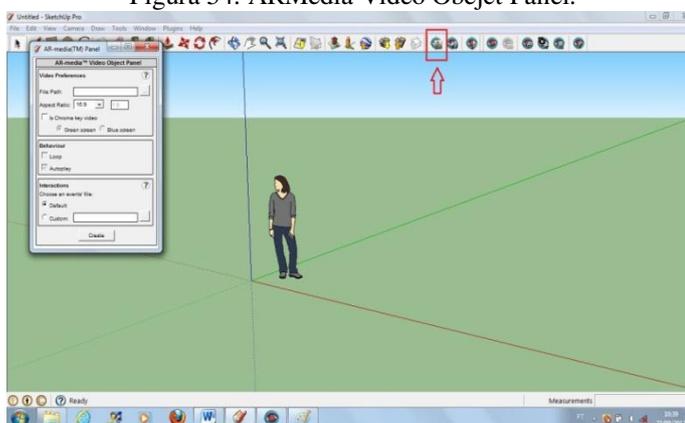
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<events name="Nome do evento">
<events name="on_left_mouse_double_click">
<actions>
<!-- add one or more actions here -->
</actions>
</event>
<!-- add one or more events here -->
```

</events>

A linguagem utilizada se desenvolve a partir dessa estrutura. Existem outras funções, que permitem aperfeiçoar ainda mais os eventos, mas seria necessário aprofundar um pouco mais sobre o assunto e acaba fugindo do objetivo desse trabalho.

Essas funções são incorporadas ao programa a partir da opção custom. “É importante salientar que os arquivos de vídeos que podem ser adicionados devem ser com extensão “.mov” A Figura 54 mostra como é a interface do ARMedia Video Obejct Panel e o SketcUp.

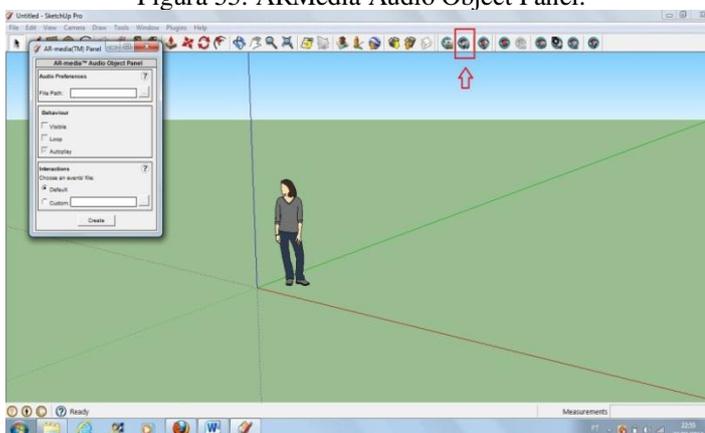
Figura 54: ARMedia Vídeo Obejct Panel.



Fonte: Autor

Para adicionar arquivos de áudio, é utilizado a ferramenta ARMedia Audio Object Panel. Sua interface e funções são similares às de vídeo, comentadas anteriormente. “A única observação importante a adicionar é que os arquivos de áudio devem ser com extensão “.wav””. A Figura 55 mostra a interface da ferramenta.

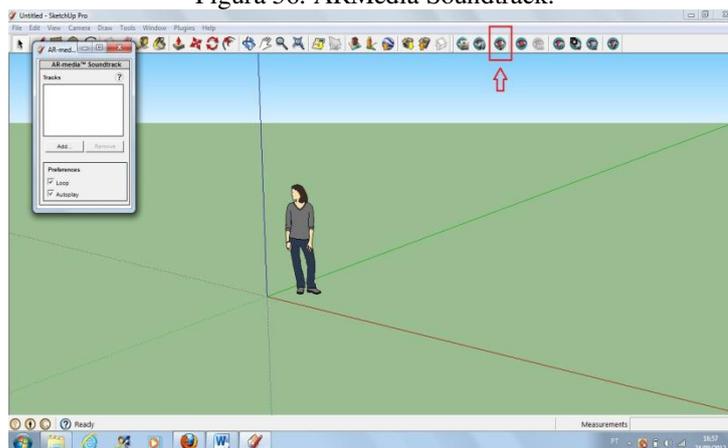
Figura 55: ARMedia Audio Object Panel.



Fonte: Autor

Para finalizar, o último ícone de ferramentas do plug-in ARMedia permite criar faixas de reprodução para arquivos de áudio. Essas faixas podem ser configuradas e ajustadas para obedecerem a certa ordem e responderem a alguns comandos do teclado. A função responsável por esta tarefa é o ARMedia Soundtrack, mostrado na Figura 56.

Figura 56: ARMedia Soundtrack.



Fonte: Autor

### c) Considerações sobre os Targets (QR Codes)

Esse tópico explica sobre o processo de criação de um novo target, o qual é utilizado para gerar o objeto em RA.

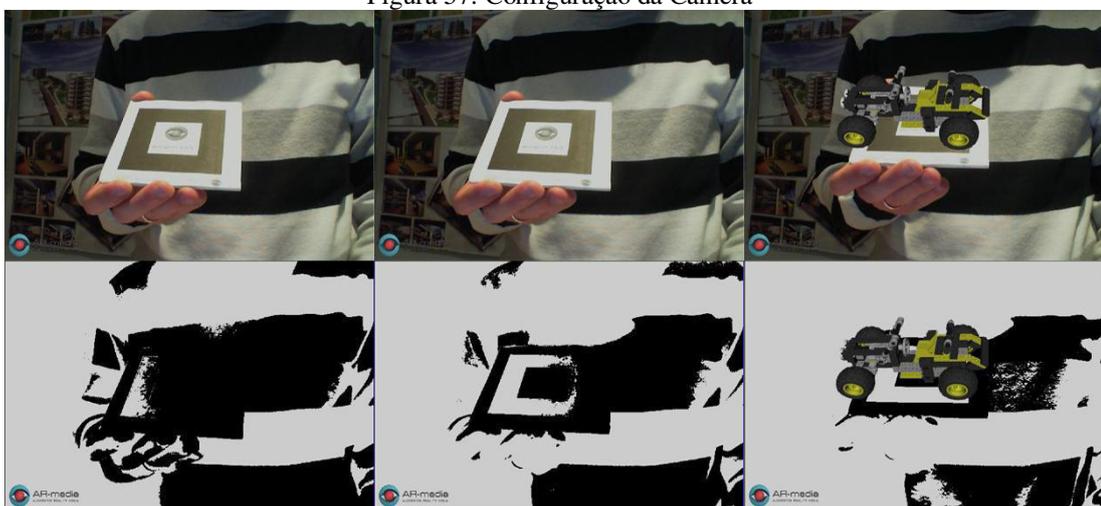
Primeiramente é preciso conhecer algumas necessidades do programa. A primeira delas é entender como a câmera capta a imagem e como o computador interpreta os dados. A Figura 39 mostra a imagem de um target, que foi definido como o utilizado para esse trabalho. A partir dessa figura, podem-se observar alguns detalhes que são essenciais para o bom funcionamento do projeto.

As camadas intercaladas em preto e branco servem para nortear a captação da imagem. O retângulo preto inscrito em uma camada de contorno na cor branca servirá de referência para as coordenadas do marcador, por isso é necessário essa camada branca ao redor do retângulo preto. O retângulo branco dentro do preto serve para destacar o símbolo do *target*. Caso o marcador seja muito claro, ou muito pequeno, a câmera terá uma dificuldade maior para identificá-lo. Outra situação importante que se deve ter certo cuidado é se o símbolo do marcador for simétrico, pois se assim ele for, a simetria confundirá o referencial das coordenadas de início e fim interpretadas pela câmera.

Pode-se observar que o marcador escolhido está bem destacado e centralizado para melhor interpretação da câmera.

Para entender melhor o que foi dito até agora, a Figura 57 mostra como a webcam interpreta as imagens captadas. Pode-se ver que a intensidade da luz pode interferir também na captação da imagem. Para isso, existem alguns comandos que controlam a captação da luz pela webcam. A tecla “F7” inicia os comandos de controle de luz. A partir de então, com as tecla direcionais do teclado para cima e para baixo é possível aumentar e diminuir a entrada de luz na webcam. Observa-se na Figura 57 a captação do mesmo marcador, com diferentes intensidades da luz.

Figura 57: Configuração da Câmera



Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

Depois de configurado e entendido como funciona a captação da imagem pela webcam, torna-se necessário adicionar o novo marcador criado para o plug-in do ARMedia. Para isso, o procedimento é simples: entrar no Google SketchUp 8; clicar no menu ARMedia Marker Generator; adicionar um nome ao marcador; selecionar onde a imagem do novo marcador se localiza: selecionar a pasta onde será criada a extensão desse marcador em “.ar.pattem”; clicar em criar.

Após esse processo, é necessário adicionar esse marcador na biblioteca do plug-in. Para isso, deve-se clicar no menu setup (Figura 52), selecionar a opção Add e selecionar o novo marcador criado. Após todo esse processo é possível configurar e adicionar os objetos virtuais nesse novo marcador criado.

#### d) Ferramentas Possíveis de Interação

No manual de instalação do ARMedia (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012) existem alguns comandos bastante úteis para melhorar a visualização e interação com o objeto em RA, cuja sequência de comandos será comentada a seguir.

A tecla F1 é representada pelo conjunto de comandos que permitem ajustar o posicionamento do objeto. Esse ajuste de posicionamento também pode ser chamado de “flipagem”. Suas especificações são representadas na Figura 58.

Figura 58: Comandos de Flipagem.

<i>Description</i>	<i>Key</i>
<b>Visualization Management</b>	<b>F1</b>
<i>flip the video horizontally</i>	← or →
<i>flip the video vertically</i>	↓ or ↑
<i>toggle fullscreen visualization ON and OFF</i>	<b>F</b>
<i>toggle wireframe visualization ON and OFF</i>	<b>W</b>

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F2 representa o conjunto de comandos (Figura 59) responsável pela interação do objeto com o cenário de RA. É nesse comando que se pode alterar a escala do objeto.

Figura 59: Interação Entre Objeto e Cenário.

Object/Scene Interaction	F2
<i>scale up the model</i>	S
<i>scale down the model</i>	↑ Shift + S
<i>Take back a full-screen video playback on the corresponding 'Video Object' (this behavior can be also achieved by clicking anywhere on the screen while the video playback is in full-screen). Hitting the key again will restore the full-screen playback, but only if a corresponding resign_fullscreen action on the same 'Video Object' had not been issued in the meanwhile.</i>	F or ↑ Shift + F
<i>toggle Occluder objects' highlighting</i>	O

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F4 representa o conjunto de comandos responsável pelo ajuste de áudios (Figura 60) inseridos nos objetos de RA. Nesse comando também podem ser controladas as faixas de áudio.

Figura 60: Controle de Som.

Sound Management	F4
<i>start the previous track</i>	← or →
<i>start the next track</i>	↓ or ↑
<i>rewind the soundtrack</i>	←
<i>toggle the soundtrack playback ON and OFF</i>	↵

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F5 representa o conjunto de comandos responsável pelo ajuste de *layers*. Ao se executar um projeto em SketchUp, é possível separar algumas partes desse projeto em blocos para se ter uma organização melhor. Esses blocos podem ser formados por *layers* específicas, onde cada uma representa um material diferente, por exemplo. Esta tecla pode então fazer essa separação e ainda fazer uma sequência que pode ocultar ou não algumas *layers* ou blocos. Por isso, esse comando é bastante útil para demonstrar as camadas do projeto. A Figura 61 mostra as teclas para esses comandos.

Figura 61: Configuração das Layers

Layers/Sequence Management	F5
<i>show the previous layer</i>	← or →
<i>show the next layer</i>	↓ or ↑
<i>switch between the layer/sequence mode</i>	↵
<i>pause the sequence visualization</i>	space
<i>show all layers</i>	↑ Shift + U
<i>hide all layers</i>	U
<i>toggle respective layer visibility</i>	0 ... 9

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F6 representa o conjunto de comandos para clivagem do objeto. Esses comandos são ótimos para vistas e planta baixas, pois a partir deles é possível fazer cortes em todo o projeto e em qualquer eixo da figura. A Figura 62 mostra as teclas para esses comandos.

Figura 62: Comandos de Clivagem de Objetos.

Clipping/Sectioning Management	F6
<i>move clipping plane away from the marker</i>	↓
<i>rotate clipping plane clockwise with respect to the marker</i>	←
<i>rotate clipping plane counter-clockwise with respect to the marker</i>	→
<i>move clipping plane towards the marker</i>	↑
<i>disable Clipping mode</i>	←
<i>show all clipping planes</i>	space
<i>enable Clipping mode</i>	↵
<i>activate respective clipping plane</i>	1 ... 6
<i>show respective clipping plane</i>	Alt + 1 ... 6
<i>select respective clipping plane</i>	Ctrl + 1 ... 6
<i>activate all clipping planes</i>	A
<i>deactivate all clipping planes</i>	N
<i>select clipping plane of a 3D object</i>	

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F7 representa o conjunto de comandos para o controle de luminosidade. Esses comandos já haviam sido comentados anteriormente e servem para controlar a captação de luz pela câmera. A Figura 63 mostra as teclas utilizadas para esses comandos.

Figura 63: Comandos para Captação de Luminosidade:

Tracking Management	F7
<i>increase lighting threshold</i>	→ or +
<i>decrease lighting threshold</i>	← or -
<i>increase smoothing parameter (increase objects' stickiness to the marker)</i>	↑ or ↑ Shift + A
<i>decrease smoothing parameter (decrease objects' stickiness to the marker)</i>	↓ or A
<i>toggle lighting debug mode</i>	D
<i>reset lighting threshold</i>	space or 0

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

A tecla F8 representa o conjunto de comandos para incluir o efeito de luz no objeto. Esse comando é bastante útil para verificar os efeitos das sombras em situações reais, utilizando o mesmo efeito que o SketchUp possui e aplicando esse efeito em situação real. A Figura 64 mostra as teclas para esses comandos.

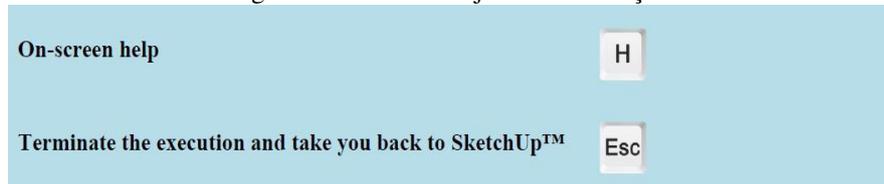
Figura 64: Comandos de Efeitos de Luz.

Lighting Management Mode	F8
<i>Toggle light source visibility</i>	space
<i>Rotate light source around its local X axis</i>	Q and A
<i>Rotate light source around its local Y axis</i>	W and S
<i>Rotate light source around its local Z axis</i>	E and D
<i>Set shadow mode to 'Simple'</i>	Ctrl + 1
<i>Set shadow mode to 'Soft'</i>	Ctrl + 2
<i>Set visual accuracy to 'Fastest'</i>	Alt + 1
<i>Set visual accuracy to 'Highest'</i>	Alt + 2
<i>Show only shadows (only for 'Highest' accuracy mode)</i>	Ctrl + 0
<i>Show shadows and textures (only for 'Highest' accuracy mode)</i>	Alt + 0

Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).

Para finalizar as teclas, existem os comandos de ajuda e para terminar a execução do projeto em RA. Suas teclas são mostradas na Figura 65.

Figura 65: Teclas de Ajuda e Finalização:



Fonte: (INGLOBE TECHNOLOGIES, 2012).