

Roberto Beraldo Chaiben

Implementação de uma Aplicação Baseada em Realidade Aumentada para Geolocalização em um Campus Universitário

Curitiba

2012

Roberto Beraldo Chaiben

**Implementação de uma Aplicação Baseada em Realidade
Aumentada para Geolocalização em um Campus
Universitário**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, do Departamento de Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná

Orientador: Marcos Didonet Del Fabro

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Curitiba

2012

"I don't believe that the ultimate theory will come by steady work along existing lines. We need something new. We can't predict what that will be or when we will find it because if we knew that, we would have found it already!."

Stephen Hawking

Resumo

A Realidade Aumentada, uma área derivada da Realidade Virtual e que vem ganhando espaço nos últimos 20 anos. A Realidade Aumentada permite criar objetos virtuais sobrepostos à realidade vista pelos usuários, com auxílio de técnicas de Visão Computacional. A Realidade Aumentada também permite a interação dos usuários com esses objetos virtuais, o que cria um ambiente interativo de aprendizado. Este trabalho tem como objetivo implementar um aplicativo para dispositivos móveis, baseado em Realidade Aumentada, para auxílio na geolocalização de usuários em um campus universitário.

Palavras-chaves: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, Geolocalização, Tracking, Registration.

Abstract

Augmented Reality is an area derived from Virtual Reality, which has been growing in the last 20 years. Augmented Reality allows us to create overlaid virtual objects on the reality seen by the user, using Computer Vision techniques. Augmented Reality allows the interaction of the users with the virtual objects, which creates an interactive learning environment. This paper aims to develop a university campus geolocation application, based on Augmented Reality.

Key-words: Augmented Reality, Virtual Reality, Geolocation, Tracking, Registration.

Lista de ilustrações

Figura 1	Exemplo de Equipamentos utilizados na Realidade Virtual	22
Figura 2	Exemplo de Realidade Aumentada para localização	23
Figura 3	Exemplo de Realidade Aumentada Móvel para localização	25
Figura 4	Exemplos de HDM (Head Mounted Display)	26
Figura 5	Códigos de barras, usados em muitas aplicações de Realidade Aumentada Móvel	26
Figura 6	Reconhecimento de marcadores no processo de rastreamento (<i>tracking</i>)	28
Figura 7	Exemplo de aplicação com rastreamento (<i>tracking</i>) usando marcadores	29
Figura 8	Os seis graus de liberdade (6DOF)	29
Figura 9	Imagen 3D de um feto dentro do útero (pesquisa da UNC Chapel Hill)	33
Figura 10	Visão externa do sistema de reparos de impressoras a laser	34
Figura 11	Visão do usuário no sistema de reparos de impressoras a laser	34
Figura 12	Exibição de locais na visualização de Mapas do Aplicativo Desenvolvido	38
Figura 13	Menu de ações relacionadas aos mapas no aplicativo desenvolvido . . .	39
Figura 14	Visualização em Realidade Aumentada do aplicativo proposto	40
Figura 15	Modelo de dados da aplicação proposta	41
Figura 16	Arquivo XML com os dados iniciais da base de dados da aplicação proposta	41

Lista de tabelas

Listas de Algoritmos

3.1	Trecho de código que carrega os dados do Arquivo XML para o SQLite	41
3.2	Método responsável pelo carregamento da <i>view</i> de Realidade Aumentada	43
3.3	Método para verificar se o dispositivo suporta o recurso de Realidade Aumentada	44
3.4	Método responsável pelo carregamento das localizações e criação dos marcas-dores na tela do dispositivo	45
3.5	Método responsável por instanciar a <i>view</i> de Realidade Aumentada e iniciar os recursos de câmera e GPS	46
3.6	Implementação do método <code>startListening</code>	48
3.7	Implementação do método <code>updateLocations</code>	49

Glossário

[Símbolos](#) | [E](#) | [G](#) | [H](#) | [J](#) | [S](#) | [W](#)

Símbolos

5R das Regras de Adaptação (*5R Adaption Rules*)

Conteúdo adequado, na hora certa, no lugar correto, no dispositivo adequado para as pessoas certas (*Right Contents on the Right Time at Right Place to Right Device for Right People*).

6 Graus de Liberdade (*Six Degrees of Freedom*)

O 6DoF se refere ao livre movimento de um corpo no espaço tridimensional. Ou seja, o corpo pode se mover para cima/baixo, direita/esquerda e para frente/trás. Além disso, ele pode se rotacionar pelos três eixos perpendiculares. Veja mais detalhes na Seção ??, página ?? e na Figura 8.

E

Extensible Markup Language (XML)

É uma recomendação da W3C para gerar linguagens de marcação para necessidades especiais. Seu propósito principal é a facilidade de compartilhamento de informações através da internet. Descrita no RFC 3023.

G

Global Positioning System

Sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição na Terra, a qualquer momento e em qualquer lugar, desde que este se encontre no campo de visão de, pelo menos, quatro satélites GPS.

H

Head Mounted Display

É um dispositivo semelhante um capacete, que possui uma tela pela qual o usuário visualiza imagens provenientes de um computador. Veja definição completa na Seção 2.2, página 25 e a imagem ilustrativa na Figura 4.

J

JavaScript Object Notation (JSON)

É uma notação aplicada em JavaScript para que se possa definir de forma clara objetos de estruturas complexas. O formato JSON é descrito no RFC 4627..

S

Software Development Kit

em português, Kit de Desenvolvimento de Software ou Kit de de Desenvolvimento de Aplicativos. É um conjunto de ferramentas que permite a criação de aplicações para determinado pacote de software, plataforma de hardware, sistema operacional etc..

W

Web Service

É uma solução utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes. Com esta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aquelas que já existem, e que sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis. Essa integração é possível devido ao envio e recebimento de dados em formato XML..

Siglas

[Símbolos](#) | [A](#) | [G](#) | [H](#) | [J](#) | [S](#) | [W](#) | [X](#)

Símbolos

6DoF

Six Degrees of Freedom.

A

API

Application Programming Interface.

G

GPS

Global Positioning System.

H

HMD

Head Mounted Display.

J

JSON

JavaScript Object Notation.

S

SDK

Software Development Kit.

SGBD

Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

W

WS

WEB Service.

X

XML

Extensible Markup Language.

Sumário

Lista de ilustrações	7
Lista de tabelas	9
Lista de Algoritmos	11
Glossário	13
Siglas	15
1 Introdução	19
2 Realidade Aumentada	21
2.1 Realidade Virtual e Realidade Aumentada	21
2.1.1 Realidade Virtual	21
2.1.2 Realidade Aumentada	22
2.1.3 Diferenças entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada	22
2.2 Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis	24
2.3 Técnicas da Realidade Aumentada	27
2.3.1 <i>Tracking</i>	27
2.3.1.1 Tracking Baseado em Sensores	27
2.3.1.2 Tracking Baseado em Visão Computacional	28
2.3.1.3 Tracking Híbrido	30
2.3.2 <i>Registration</i>	30
2.3.2.1 Baseada em Rastreamento (<i>Tracker-based Registration</i>) .	30
2.3.2.2 Baseado em Conhecimento (<i>Knowledge-based</i>)	31
2.3.2.3 Baseado em Visão Computacional (<i>Computer vision-based</i>)	31
2.4 Realidade Aumentada <i>Indoor X Outdoor</i>	32
2.5 Trabalhos Relacionados	32
2.5.1 Área Médica	33
2.5.2 Manufatura e Reparos	33
2.5.3 Anotação e Visualização	34
2.5.4 Robótica	35
2.5.5 Entretenimento	35
2.5.6 Aplicações Militares	35
3 Aplicação Proposta	37

3.1	Detalhes da Implementação	39
3.1.1	Base de dados	40
3.1.2	Integração com o iPhone-AR-Toolkit	43
4	Conclusão	53
4.1	Conclusões Acerca da Aplicação Desenvolvida	53
4.2	Outras Possíveis Aplicações	54
	Referências	55

1 Introdução

A Realidade Aumentada (*Augmented Reality*) é um ramo da Realidade Virtual que vem sendo estudado nos últimos anos. Essa tecnologia mescla os últimos avanços no Processamento de Imagens Digitais, Inteligência Artificial, sensores de GPS, reconhecimento e técnicas de interação humano-computador. Ela é largamente utilizada em entretenimento, pesquisas científicas e militares, Medicina, manufatura e manutenção de máquinas e muitas outras áreas (YANG, 2011; YI-BO et al., 2008).

A Realidade Aumentada consiste na sobreposição de objetos virtuais, gerados por computação, a imagens do mundo real, geralmente capturadas por câmeras digitais. Esse é um processo em tempo real, como a exibição do placar na televisão durante uma partida de futebol.

Com a ajuda de técnicas avançadas de Realidade Aumentada, como visão computacional, reconhecimento de objetos e geolocalização, as informações acerca da realidade que envolve o usuário tornam-se interativas e digitalmente manipuláveis. Esses dados podem ser sobrepostos às imagens que o usuário visualiza por meio de algum dispositivo de saída, como a tela de um *smartphone* ou *tablet* (MATCHA; RAMBLI, 2011).

A primeira interface usando Realidade Aumentada foi criada por Ivan Edward Sutherland, na década de 1960. Apesar disso, a primeira conferência especialmente dedicada a esse tema foi realizada apenas em 1998, o IWAR 98¹ (ZHOU; DUH; BIL-LINGHURST, 2008). Sutherland, com ajuda de seu estudante Bob Sproull, criou o que foi considerado o primeiro dispositivo de Realidade Aumentada e Realidade Virtual. Esse instrumento consistia no que é chamado de *Head Mounted Display (HMD)*, uma espécie de capacete, onde há uma tela acoplada, por meio da qual o usuário visualiza imagens geradas por um computador. Esse projeto foi chamado de *The Sword of Damocles* (SUTHELAND, 1965).

Dispositivos móveis vêm ganhando muito espaço nos últimos anos, como pode ser visto segundo a pesquisa da *Strategy Analytics*². A pesquisa revelou que, em outubro de 2012, já existiam mais de 1 bilhão de dispositivos móveis e que em até 3 anos será ultrapassada a marca de 2 bilhões.

Dispositivos como *smartphones* e *tablets* vêm ganhando cada vez mais funcionalidades, com melhorias de *hardwares*. Esses equipamentos podem ser utilizados para tarefas

¹International Workshop on Augmented Reality

²<http://www.strategyanalytics.com>

diversas e uma das principais é a geolocalização, uma vez que recursos de localização, como [Global Positioning System \(GPS\)](#) e bússola, equipam a maioria desses aparelhos.

As principais soluções de geolocalização atuais, como o Google Maps, utilizam mapas 2D. Esse tipo de disposição de dados pode ser muito bom para navegação em grandes territórios. Porém, para locais mais específicos, deveria haver uma aplicação mais próxima à realidade do usuário, por meio da qual fosse possível visualizar não apenas um mapa 2D da área onde ele está, mas, também, exibir as construções à sua volta, explicitando na tela do dispositivo a direção de cada ponto de interesse, bem como a distância até eles.

Este trabalho descreve uma solução para esse problema. O objetivo é implementar um aplicativo, baseado em Realidade Aumentada, para geolocalização em um campus universitário. A solução desenvolvida utiliza a Realidade Aumentada para orientar o usuário no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. A partir das coordenadas geográficas de alguns pontos de interesse, como blocos de salas de aula, departamentos e secretarias de cursos e Restaurante Universitário, a aplicação cria duas interfaces principais: um mapa 2D, onde cada ponto é identificado por um marcador, como na maioria dos aplicativos de geolocalização; a outra interface utiliza a Realidade Aumentada. Ela exibe as imagens capturadas pela câmera do dispositivo, sobrepostas com as identificações dos pontos de interesse do usuário. Conforme o usuário move o equipamento, esses marcadores se movem na tela, orientando o usuário para qual direção cada ponto está, além da distância até eles. A aplicação também permite cadastrar locais de interesse próprios do usuário, não restringindo o uso apenas com os pontos de interesse fornecidos pelo sistema.

2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada aprimora a percepção do mundo pelo usuário, além de lhe permitir interagir com essa realidade. Os objetos virtuais podem exibir informações que os usuários não detectariam diretamente sozinhos. Esses dados podem ajudar os usuários a realizar tarefas reais do dia-a-dia ([AZUMA, 1997](#)).

Um dos principais pesquisadores sobre Realidade Aumentada nos últimos 20 anos é o Ronald T. Azuma, Ph.D. Segundo ele, toda aplicação de Realidade Aumentada deve possuir as seguintes características ([AZUMA, 1997](#)):

1. Combinação dos mundos real e virtual
2. Interatividade em tempo real
3. Sobreposição de objetos virtuais em 3D

2.1 Realidade Virtual e Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada é uma área derivada da Realidade Virtual, com distinções, vantagens e desvantagens para determinados tipos de aplicações. Nas subseções seguintes serão abordadas essas características.

2.1.1 Realidade Virtual

Diversas aplicações, como tratamento de doenças e fobias, simulação de exames médicos e procedimentos cirúrgicos, além de técnicas de extração de petróleo podem ser beneficiadas com o uso da Realidade Virtual ([TAVARES, 2009](#)).

A Realidade Virtual é uma técnica que viabiliza a interação de elementos reais em ambientes virtuais, gerados por computação. Um bom exemplo de Realidade Virtual são os simuladores de voo, simuladores de corrida etc, usados por muitos pilotos durante treinamento e preparação. Dessa forma, a Realidade Virtual é a completa imersão do usuário em um ambiente totalmente gerado computacionalmente. A interação do usuário com esse ambiente é feita por meio de capacetes, luvas ou outros equipamentos que permitam a transmissão de informações de movimentos e ações do usuário ao computador ([TAVARES, 2009](#)).

A Figura 1 exibe alguns exemplos de equipamentos utilizados na Realidade Virtual, para permitir a interação do usuário com a realidade gerada pela aplicação.

Figura 1: Exemplo de Equipamentos utilizados na Realidade Virtual



2.1.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada consiste na sobreposição de informações (imagens, textos e outros dados) a imagens do mundo real, geralmente obtidas a partir de câmeras. Muitas aplicações estão usando a Realidade Aumentada para prover maior interação entre o usuário e as informações ao seu redor. Um exemplo de aplicação da Realidade Aumentada é a sobreposição do fluxo sanguíneo em uma imagem dos vasos sanguíneos de um paciente, obtida a partir de um exame médico (TAVARES, 2009).

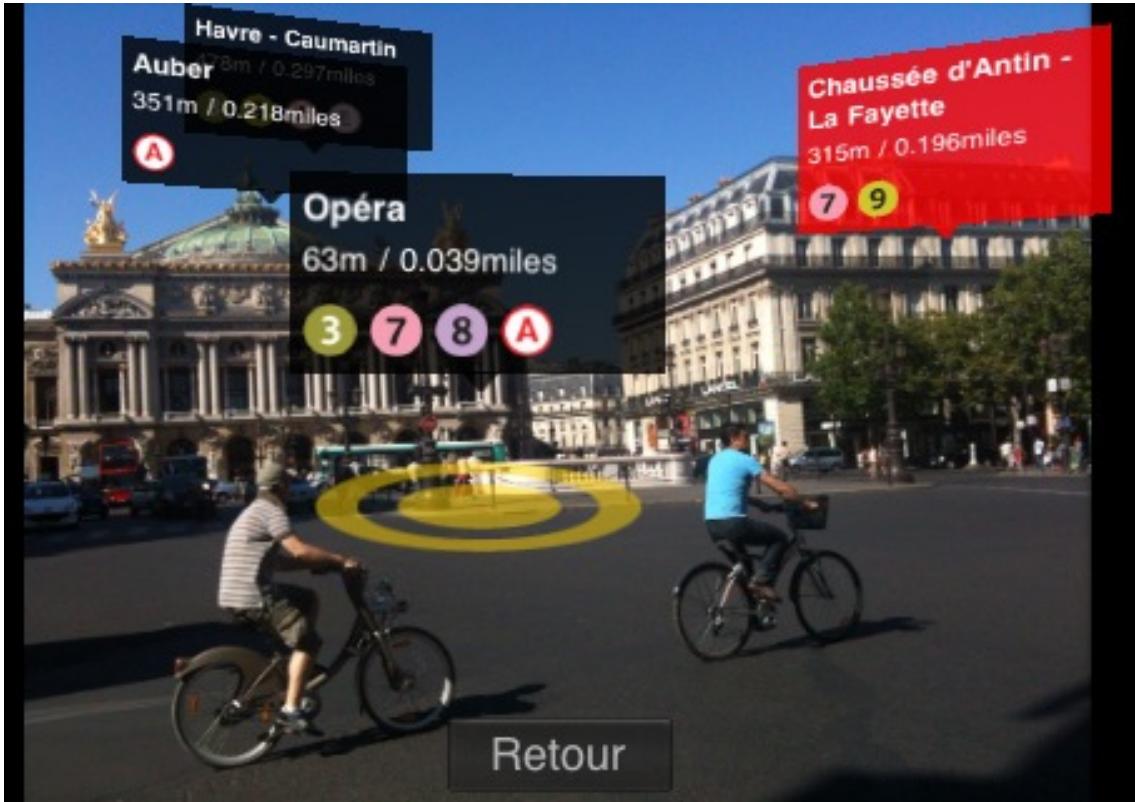
A Figura 2 mostra um exemplo de aplicação de Realidade Aumentada para geolocalização.

2.1.3 Diferenças entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada

A principal diferença entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada é que a primeira cria uma nova realidade ao usuário, com objetos próprios, todos criados pela computação. Já a Realidade Aumentada sobrepõe objetos virtuais a imagens da realidade humana, geralmente captadas por câmeras digitais (LYU et al., 2005; ZHOU; DUH; BILLINGHURST, 2008). Segundo (AZUMA, 1997; AZUMA et al., 2001), a Realidade Aumentada é um suplemento à realidade, não uma substituição dela, de forma que, para o usuário, a realidade e os objetos virtuais coexistem no mesmo espaço. A Realidade Aumentada exige muita precisão na detecção da localização e da posição do usuário, para que seja possível fornecer uma interface com o usuário poderosa, por exemplo, mostrando objetos virtuais baseados na posição e na direção para onde o usuário está voltado.

Em determinados tipo de aplicação, a Realidade Aumentada pode prover maiores vantagens em relação à Realidade Virtual, dentre elas (YANG, 2011):

Figura 2: Exemplo de Realidade Aumentada para localização



- **A Realidade Aumentada provê melhor senso de realidade**

A Realidade Virtual simula o mundo real por meio da computação, dando a sensação de imersão ao usuário. Por outro lado, a Realidade Aumentada é uma integração do mundo real com o ambiente virtual, o que dá mais senso de realidade aos usuários.

- **A Realidade Aumentada permite maior interatividade**

Como a Realidade Virtual enfatiza o mundo virtual como sendo seu principal recurso, o usuário permanece em situação passiva. Contudo, a Realidade Aumentada considera fundamental a integração entre mundo real e objetos virtuais. Assim, a Realidade Aumentada permite que os usuários participem e interajam com ela.

A Tabela 1 mostra as principais diferenças entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

Pesquisas anteriores por (PATTEN; SAÁNCHEZ; TANGNEY., 2006) e (MICHIE., 1998) concluíram que a combinação de detecção de localização do usuário e abordagem de aprendizado contextual pode facilitar a construção de conceitos mais precisos por usuários dessas tecnologias.

h!

Tabela 1: Principais Diferenças entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada

	Realidade Virtual	Realidade Aumentada
Ambiente Principal	Gerado por computador	Mundo real
Sentido da Presença	Controlado por computador	Natural do usuário
Impacto da transição do mundo real para o virtual	Alta	Baixa
Representação do usuário	Através de um avatar	Direta

O foco principal deste trabalho é a Realidade Aumentada, por ser mais adequada à aplicação proposta. Por se tratar de uma aplicação de geolocalização, o usuário não pode ter a sensação de imersão em uma realidade criada computacionalmente. É imprescindível que a realidade do usuário não seja alterada, apenas complementada com informações relevantes.

2.2 Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis

O uso de dispositivos móveis vem aumentando muito rapidamente nos últimos anos. Segundo a *Strategy Analytics*¹, em outubro de 2012, a quantidade de *smartphones* no mundo ultrapassou a faixa de 1 bilhão. Desse total, apenas no período entre setembro de 2011 a outubro de 2012, a soma foi de 330 milhões de novos dispositivos e 79 milhões no segundo quadrimestre de 2012. Segundo essa mesma pesquisa, nos próximos 3 anos será atingida a marca de 2 bilhões de *smartphones*.

Até recentemente, a Realidade Aumentada era utilizada predominantemente em *desktops* e em ambientes virtuais. Porém, (AZUMA, 1997) considerou que um sistema de Realidade Aumentada ideal deveria funcionar em qualquer ambiente natural, sem limitação de alcance e sem prévio conhecimento do local onde o sistema atuará.

A Realidade Aumentada Móvel (*Mobile Augmented Reality*) foi criada e estudada antes mesmo da criação dos dispositivos móveis atuais, como *smartphones* e *tablets* (SCHMALSTIEG; WAGNER, 2007; KEIL et al., 2011). Os pesquisadores acoplavam câmeras a telas de computadores reduzidos, que possuíam um dispositivo de saída (*display*), onde eram exibidas as imagens para o usuário, após serem processadas pelo programa. Todo esse processo deveria ocorrer em tempo real, de forma a permitir ao usuário a interação com o ambiente.

Os usuários de dispositivos móveis os utilizam para diversos objetivos, não só para fazer ligações, navegar na Internet ou verificar suas caixas de email. Uma das principais utilidades dos *smartphones* é para localização, via *GPS*. Há muitas aplicações de mapas, com imagens provenientes de satélites etc, que facilitam a vida dos usuários,

¹<http://www.strategyanalytics.com>

principalmente em viagens para locais não conhecidos. Seguindo a mesma ideia de localização, é possível criar aplicações específicas para esse fim, focadas em áreas menores e mais específicas, auxiliando o usuário a se localizar, por exemplo, dentro de um campus de uma Universidade, no interior de um museu (MIYASHITA et al., 2008) ou mesmo em uma visita a um local turístico ou histórico (KEIL et al., 2011). Como se tratam de áreas mais restritas, a visualização de mapa, nestes casos, torna-se menos adequada, por não exibir detalhes suficientes do local. Uma alternativa viável é utilizar as imagens captadas pelas próprias câmeras dos *smartphones*: em vez de mapas de satélites com marcadores para assinalar os locais conhecidos, é possível usar a Realidade Aumentada para exibir a localização dos locais conhecidos. Dessa forma, conforme o usuário se move no ambiente, os marcadores dos locais conhecidos são deslocados na tela, mostrando exatamente para onde o usuário deve seguir a fim de chegar ao seu destino (CHANG, 2010; CHANG; TAN, 2010).

Devido a todos esses avanços, o uso de aplicações de Realidade Aumentada, exigindo informações relacionadas aos objetos ao redor do usuário, vem crescendo muito (CHEN et al., 2011). As aplicações mais comuns utilizam imagens capturadas pelas câmeras dos dispositivos, localização via GPS e orientação do equipamento provenientes dos dados de bússola e giroscópio, presentes na maioria dos *smartphones* atuais, para criar camadas de dados relevantes para o usuário, conforme sua localização e sua orientação.

A Figura 3 mostra um exemplo de aplicações de Realidade Aumentada para localização de pontos de interesse.

Figura 3: Exemplo de Realidade Aumentada Móvel para localização



Muitas vezes, para exibição das informações, são usadas telas acopladas a capacetes, chamadas [HMD](#). O [HMD](#) consiste em um dispositivo acomodado na cabeça, de forma a cobrir os olhos. Esses capacetes possuem uma tela onde são exibidas as imagens após seus processamentos pelo computador responsável por criar a aplicação de Realidade Virtual ou de Realidade Aumentada. Também é possível fornecer fones de ouvido ao usuário, para aumentar a imersão dele no mundo virtual gerado pelo sistema. A Figura 4 mostra alguns tipos de [HMD](#),

Figura 4: Exemplos de HDM (Head Mounted Display)



Outra aplicação muito utilizada em Realidade Aumentada Móvel é o reconhecimento de códigos de barras e códigos QR (*QR Code*). Os códigos de barras comuns permitem detectar apenas dados numéricos, com o auxílio de um leitor adequado (*scanner*). Os Códigos QR (*QR Code*, do inglês *Quick Response*) podem representar dados alfanuméricos, permitindo descrever diversos outros tipos de dados, como número de telefone, endereços de e-mail e de *web sites*, além de pequenos textos ([QRCODE.COM, 2013](#)). A Figura 5 ilustra, do lado esquerdo, um código de barras comum e, do lado direito, um código QR.

([WAGNER, 2007](#)) escreveu uma dos mais completos trabalhos sobre Realidade Aumentada para dispositivos móveis. Além de vários detalhes técnicos, como rastreamento de objetos sem marcadores (*markerless tracking*) em dispositivos móveis, diversos casos de uso são descritos, demonstrando a aplicabilidade da Realidade Aumentada Móvel.

Figura 5: Códigos de barras, usados em muitas aplicações de Realidade Aumentada Móvel



2.3 Técnicas da Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada envolve sensores (como [GPS](#) e bússola), visão computacional, interação humano-computador, realidade virtual e muitas outras áreas do conhecimento. As principais tecnologias da Realidade Aumentada incluem visualização (*display*), *registration*, *tracking* e interatividade ([YANG, 2011](#)).

2.3.1 *Tracking*

O processo chamado de *Tracking*, ou **rastreamento**, consiste na detecção da posição e da direção do usuário.

Em geral, sistemas de Realidade Aumentada projetados para uso externo baseiam-se em localização utilizando [GPS](#), orientação magnética (bússola) e sensores de inércia para determinar a orientação do usuário no espaço tridimensional.

De 1998 até 2008, a técnica de *Tracking* foi o tema mais recorrente em pesquisas científicas ([ZHOU; DUH; BILLINGHURST, 2008](#)). Isso mostra como ela é essencial para o desenvolvimento e para o aprimoramento das aplicações utilizando Realidade Aumentada.

Há três categorias de *Tracking*: 1) *Tracking* Baseada em Sensores, 2) *Tracking* Baseada em Visão Computacional e 3) *Tracking* Híbrida.

Além disso, existem duas formas principais de fazer rastreamento (*tracking*): utilizando marcadores e não os utilizando (*markerless*). A primeira categoria é utilizada predominantemente em rastreamento por visão computacional, enquanto a segunda está mais ligada a rastreamento por sensores. Ambas essas técnicas serão discutidas com mais detalhes a seguir.

2.3.1.1 Tracking Baseado em Sensores

Esta técnica pode se basear em sensores magnéticos, acústicos, de inércia, óptico e mecânico. Todos eles possuem suas vantagens e desvantagens. Por exemplo, sensores magnéticos possuem alta frequência de atualização, mas são facilmente afetados por qualquer material metálico próximo que altere o campo magnético da região analisada.

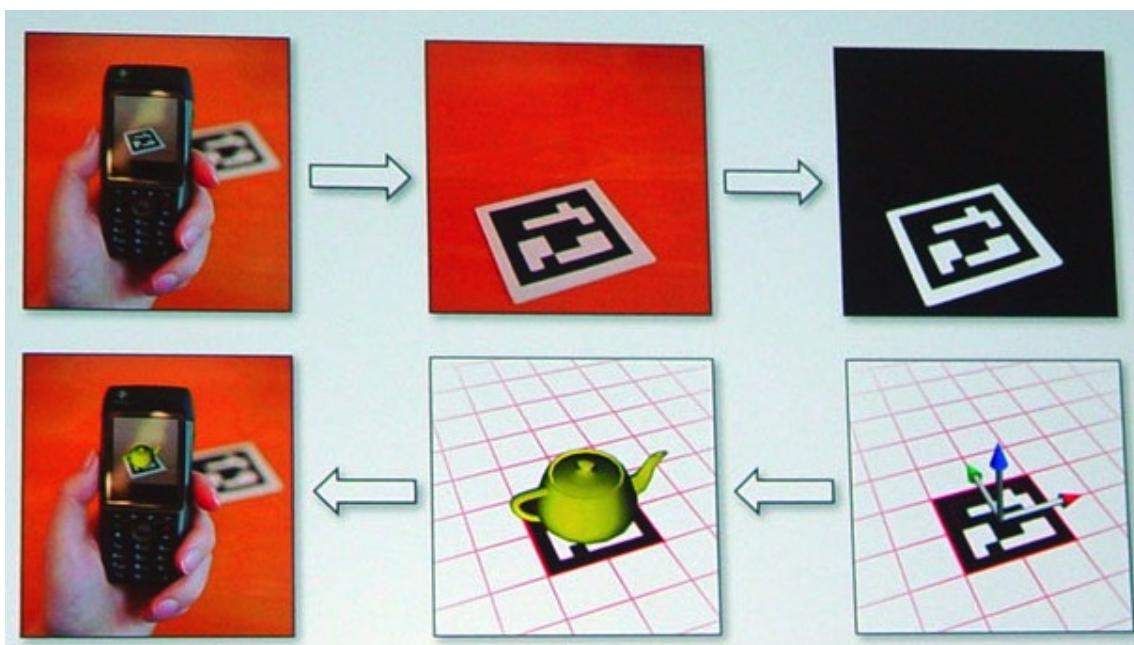
Essa categoria de *Tracking* foi desenvolvida no final da década de 1990, e apresentada no **IWAR**² de 1998. Desde então, pesquisadores estão estudando maneiras de combinar diversos sensores, a fim de obter resultados mais fiéis e confiáveis.

2.3.1.2 Tracking Baseado em Visão Computacional

Esta técnica utiliza processamento de imagens para calcular a posição do usuário no espaço. É a categoria de *tracking* com mais pesquisas no **ISMAR**³, de 1998 a 2008, com mais de 80% de presença em artigos científicos publicados nesse simpósio.

Esse método é um dos mais conhecidos e usados em Visão Computacional, em se tratando de *tracking* com marcadores. Ele consiste em colocar marcadores fixos no ambiente, reconhecê-los por meio de Visão Computacional, e, por fim, calcular a posição e a direção da câmera, a partir dos resultados da etapa anterior. A Figura 6 ilustra o processo de reconhecimento de marcadores nesta técnica de rastreamento. A Figura 7 apresenta um exemplo de aplicação usando rastreamento (*tracking*) baseado em marcadores.

Figura 6: Reconhecimento de marcadores no processo de rastreamento (*tracking*)



²International Workshop on Augmented Reality

³International Symposium on Mixed and Augmented Reality

Figura 7: Exemplo de aplicação com rastreamento (*tracking*) usando marcadores



Um dos conceitos explorados neste tipo de rastreamento é o [Six Degrees of Freedom \(6DoF\)](#), que consiste na obtenção, por meio de sensores como acelerômetro e giroscópio, dos seis valores de posicionamento e orientação do dispositivo no espaço tridimensional: três posições de rotação e três de translação. A Figura 8 mostra os seis dados relacionados com o [6DoF](#).

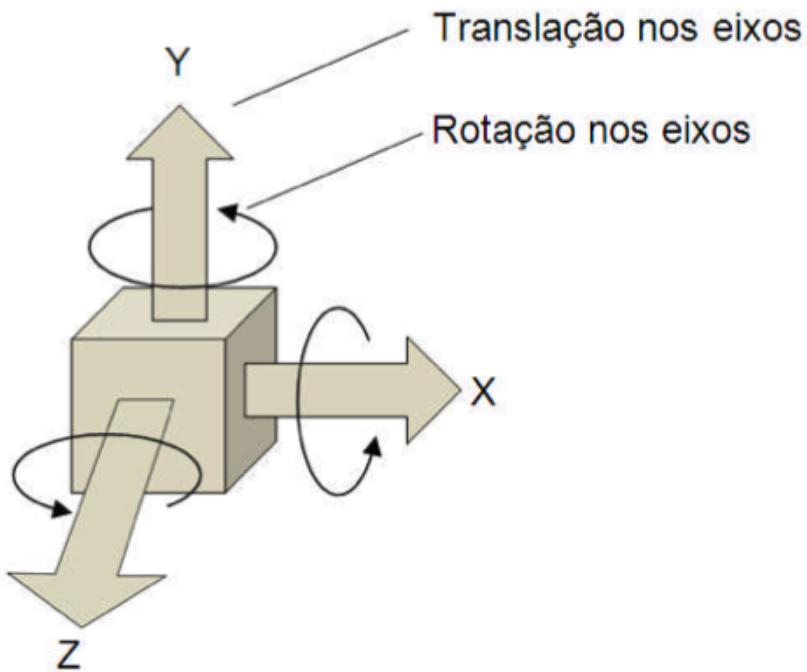
O *tracking* baseado em visão computacional busca associar traços de imagens digitais 2D em coordenadas no mundo real, em 3D. A posição da câmera pode ser obtida projetando-se as coordenadas 3D nas coordenadas da imagem 2D observada.

2.3.1.3 Tracking Híbrido

Considerando que cada técnica citada anteriormente possui vantagens e desvantagens, foi proposta a combinação entre algumas delas. Por exemplo, Azuma([AZUMA, 1997](#)) propôs um sistema de Realidade Aumentada para uso externo que utiliza [GPS](#), sensores de inércia e visão computacional.

Em ([JIANG; NEUMANN; YOU, 2004](#)), é abordado o desenvolvimento de um modelo de *tracking* híbrido, em que é utilizado um giroscópio (*tracking* baseado em sensores) e visão computacional.

Figura 8: Os seis graus de liberdade (6DOF)



O artigo ([MIN et al., 2007](#)) também descreve uma técnica de *tracking* híbrido, em que são utilizadas informações de [GPS](#) e de sensores de inércia para obter a localização, a posição e a orientação do usuário no espaço.

2.3.2 Registration

O processo chamado de *Registration* consiste na sobreposição de objetos virtuais às imagens da realidade. Esse método é fundamental para a garantia de desempenho do sistema de Realidade Aumentada. Esse também é um dos principais temas de pesquisa da Realidade Aumentada ([YI-BO et al., 2008](#)).

O *Registration* é um processo complexo, principalmente em aplicações de Realidade Aumentada para uso externo (*outdoor*). Ao se projetar um sistema de Realidade Aumentada para uso externo, requisitos especiais de equipamentos e de modelo de aplicação devem ser considerados. Em geral, eles têm características de mobilidade, multi-dimensão e tempo real ([YI-BO et al., 2008](#)).

O processo de *Registration* também é crucial em muitas aplicações para uso interno (*indoor*). Imagine uma aplicação de Realidade Aumentada para uso médico, para biópsias. Se o objeto virtual não estiver no local exato onde o verdadeiro tumor está, a agulha não atingirá o local adequado e a biópsia falhará. Sem um processo de *Registration* apurado e preciso, a Realidade Aumentada pode não ser aceitável em muitos tipos de aplicações,

como a citada acima ([AZUMA, 1997](#)).

Classifica-se o processo de *Registration* em três grupos: 1) baseada em rastreamento (*tracker-based registration*), 2) baseada em conhecimento (*knowledge-based registration*) e 3) baseada em visão computacional (*computer vision-based registration*) ([YI-BO et al., 2008](#)).

2.3.2.1 Baseada em Rastreamento (*Tracker-based Registration*)

O processo de *Registration* baseado em rastreamento inclui: mecânica, sensores magnéticos, GPS, ultrasonicos, inércia e óptica. A [Tabela 2](#) compara cada uma dessas técnicas.

Tabela 2: Comparação entre técnicas de *Registration*

Tecnologia de <i>Tracking</i>	Vantagens	Desvantagens
Mecânica	Exatidão, baixo atraso no processamento, sem influência visual ou magnética, fácil rastreamento de objetos pequenos	Uso limitado
Sensores Magnéticos	baixo preço, exatidão, sem interferências visuais, imune a sons, eficiente mesmo em áreas amplas	Facilmente influenciada por campos magnéticos e presença de metais no ambiente
GPS	ideal para áreas amplas	falta de precisão e atraso no processamento
Ultrasônico	baixo preço, sem influência de campos magnéticos, baixo uso de equipamentos	facilmente distorcida no ambiente, baixa precisão a grandes distâncias
Inércia	sem limitação de distâncias, alta velocidade, sem influência de visão ou campo magnético, tamanho pequeno e baixo custo	apenas 3 graus de liberdade ⁴ , espalhamento e baixa precisão em altas velocidades

2.3.2.2 Baseado em Conhecimento (*Knowledge-based*)

O processo de *Registration* Baseado em Conhecimento (*Knowledge-based*) foi proposto pelo Laboratório de Interface de Usuários, do Departamento de Ciência da Computação, da Universidade de Columbia, durante o desenvolvimento de um projeto de Realidade Aumentada. Os rastreadores são fixados em equipamentos de formato conhecido, de forma a garantir a posição e a orientação. O maior problema desse método é a necessidade de conhecer a estrutura dos equipamentos, além de haver atraso e erros entre os rastreadores.

2.3.2.3 Baseado em Visão Computacional (*Computer vision-based*)

Devido à fácil teorização e à conveniência na realização, o *registration* baseado em visão computacional vem sendo a técnica de maior potencial em aplicações de Realidade Aumentada. Em teoria, ele possui alta precisão, podendo chegar ao nível de *pixels*.

O *registration* baseado em visão computacional pode ser separado em duas categorias: 1) baseado em calibragem de câmera (*camera calibration*) e 2) baseado em transformação afim (*affine transformation*).

1. Baseado em Calibragem de Câmera

Esta é a categoria mais comum de *registration* baseada em visão computacional. Este método coloca marcadores no ambiente, reconhece-os por meio de visão computacional e, com essas informações, calcula a posição e a orientação onde os objetos virtuais devem ser posicionados.

2. Baseado em Transformação Afim

Segundo (JJ; DOORN, 1991), se ao menos quatro pontos não-coplanares em um espaço 3D são conhecidos, para toda transformação de projeção, o resultado da transformação de cada ponto pode ser representado por uma combinação linear de quatro pontos. Dessa forma, a Teoria da Transformação Afim é introduzida na Realidade Aumentada e o complexo processo de calibragem é traduzido para o processo de posicionamento de projeções 2D de pontos no plano.

2.4 Realidade Aumentada *Indoor X Outdoor*

Realidade Aumentada para ambientes internos (*Indoor Augmented Reality*) geralmente utiliza *tracking* baseada em marcadores, a fim de detectar a direção para onde a câmera está apontando, ou mesmo qual objeto ela está focalizando. Na Realidade Aumentada para ambientes externos (*Outdoor Augmented Reality*), é muito mais complexa a detecção da posição e da orientação do usuário. A utilização de marcadores torna-se muito mais complexa, devido ao tamanho da área abrangida pela aplicação. Por isso, nesse tipo de Realidade Aumentada costuma-se usar *tracking* baseado em sensores, como [GPS](#), giroscópio e bússola, os quais permitem obter, com alta exatidão, a posição e a orientação do usuário no espaço (MIN et al., 2007).

2.5 Trabalhos Relacionados

Há diversos trabalhos relacionados a aplicações baseadas em Realidade Aumentada ([CHANG; TAN, 2010](#)).

Em (JIANG; NEUMANN; YOU, 2004), é abordado o desenvolvimento de um modelo de *tracking* híbrido, em que é utilizado um giroscópio (*tracking* baseado em sensores) e visão computacional.

O artigo (MIN et al., 2007) também descreve uma técnica de *tracking* híbrido, em que são utilizadas informações de GPS e de sensores de inércia para obter a localização, a posição e a orientação do usuário no espaço.

Um dos exemplos mais conhecidos atualmente é o *Google Glass*⁵. O Google Glass é um projeto do Google, com o objetivo de criar um óculos que exibe informações para o usuário em *displays* embutidos nas próprias lentes.

Há, pelo menos, seis principais classes de aplicações de Realidade Aumentada exploradas até o momento: 1) médica, 2) manufatura e reparos, 3) anotações e visualização, 4) robótica, 5) entretenimento e 6) aplicações militares (AZUMA, 1997).

2.5.1 Área Médica

Médicos podem utilizar a Realidade Aumentada como uma ferramenta de auxílio no estudo e no treinamento para cirurgias e outros procedimentos. Várias aplicações estão explorando essa área. Na *UNC Chapel Hill*, um grupo de pesquisas coletou imagens do útero de mulheres grávidas usando ultrassonografia, gerando uma representação 3D do feto dentro do útero e a exibindo em um HMD, conforme a Figura 9. O objetivo é permitir ao médico analisar todos os movimentos do feto dentro do útero, de forma que isso um dia torne-se uma espécie de estetoscópio 3D (BAJURA et al., 1992).

Figura 9: Imagem 3D de um feto dentro do útero (pesquisa da UNC Chapel Hill)



⁵<http://www.google.com/glass>

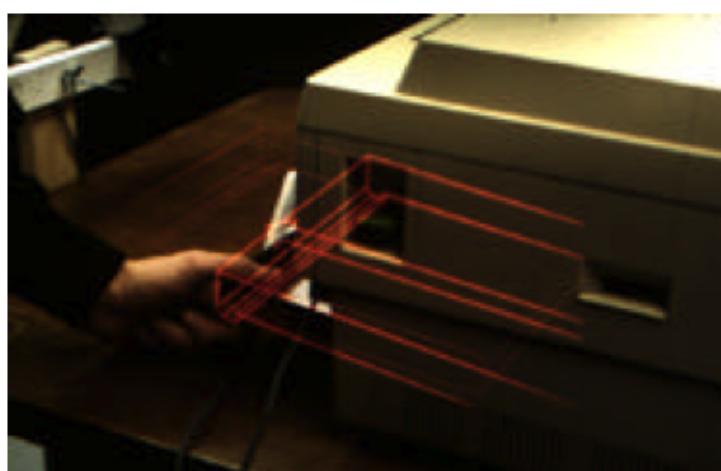
2.5.2 Manufatura e Reparos

Outra aplicação para a Realidade Aumentada é na montagem, manutenção e reparo de maquinários. Os procedimentos para essas atividades, em vez de estarem descritas em texto na forma de manuais, poderia ser visualizada em 3D, sobrepostas aos próprios equipamentos. É possível, inclusive, criar animações, mostrando exatamente como proceder para realizar a tarefa. O grupo de Steve Feiner, em Columbia, desenvolveu uma aplicação para manutenção de impressoras a *laser* (FEINER; MACINTYRE; SELIGMANN, 1993). A Figura ?? a visão externa a Figura ?? exibe a visão do usuário, onde uma imagem gerada por computador orienta o usuário a remover a bandeja de papel.

Figura 10: Visão externa do sistema de reparos de impressoras a laser



Figura 11: Visão do usuário no sistema de reparos de impressoras a laser



2.5.3 Anotação e Visualização

Chang, W. ([CHANG, 2010](#)) propôs o “*Multi-Object Oriented Augmented Reality*” (MOOAR), também estudado por Chang and Tan em ([CHANG; TAN, 2010](#)). O MOOAR foi proposto para ambientes de aprendizado baseado em localização. Sua implementação usa a Realidade Aumentada como principal ferramenta para prover conteúdo interativo de aprendizado através de objetos virtuais. O MOOAR visa a reduzir os desvios e aumentar a interação entre usuários, objetos e conteúdo, a fim de melhorar a eficácia da aprendizagem.

Em ([BOBRICH; OTTO, 2002](#)) é proposta outra forma de Realidade Aumentada baseada em mapas. Usando um mapa impresso como base, ao focar uma câmera sobre determinados pontos do mapa, informações digitais eram sobrepostas à imagem, fornecendo maiores detalhes ao usuário.

2.5.4 Robótica

Teleoperação de robôs é sempre uma tarefa complexa, especialmente quando o robô está distante, devido a falhas na comunicação. Nessas condições, é preferível controlar um robô virtual, em vez do real. O operador planeja a rota do robô, guiando um robô virtual. Após traçado o trajeto, o robô real recebe as mesmas coordenadas recebidas pelo virtual, o qual as segue, sem que haja erros ocasionados pela falha na comunicação entre o operador e o robô. Diversos autores criaram protótipos para essa finalidade ([MILGRAM et al., 1993](#); [DRASCIC, 1993](#); [KIM, 1993](#)).

2.5.5 Entretenimento

A aplicação *Archeoguide* ([VLAHAKIS; KARIGIANNIS; IOANNIDIS, 2003](#)) propôs uma viagem pelas ruínas de civilizações antigas usando a Realidade Aumentada. O usuário visita a antiga Olympia, na Grécia, utilizando uma tela acoplada a um capacete (HMD), ligada a um computador semi-portátil, dentro de uma mochila. O sistema identifica artefatos e áreas danificadas, reconstruindo-as digitalmente na tela, e exibindo informações sobre os antigos esportes olímpicos.

O projeto *ALIVE*, do *MIT Media Lab*, criou uma aplicação que adiciona ao ambiente criaturas inteligentes virtuais, que reagem às ações dos usuários ([MAES, 1995](#)).

2.5.6 Aplicações Militares

A *Boeing Computer Seattle* está desenvolvendo aplicações utilizando a Realidade Aumentada com o objetivo de mostrar aos pilotos das aeronaves o maior número de informações relevantes sobre uma rota, ou mesmo auxiliá-los durante um combate. Já existem helicópteros que possuem um capacete para o piloto que está interligado com a

mira de uma ou mais armas da aeronave. Dessa forma, para que o piloto mire o inimigo, basta olhar para ele (LYU et al., 2005).

3 Aplicação Proposta

As aplicações de geolocalização atualmente disponíveis na maioria dos dispositivos utilizam mapas ou imagens provenientes de satélites. Para o usuário, esse tipo de visualização pode não ser satisfatória, pois não revela informações e detalhes da realidade à sua volta.

Para o usuário de uma aplicação de geolocalização, o programa deveria não apenas exibir uma visão geral do terreno, por meio de mapas ou imagens de satélite, mas, também, permitir visualizar informações de pontos de interesse ao seu redor, bem como sua distância até eles, por meio de uma visualização do ambiente a partir de sua perspectiva. Ou seja, na tela de seu dispositivo, deveria ser exibida a imagem que ele vê com os próprios olhos, o que tornaria a aplicação muito mais interativa.

Como trabalho prático, de implementação, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis usando técnicas de Realidade Aumentada para criar uma ferramenta que facilite a localização de usuários nos campi da Universidade Federal do Paraná.

O aplicativo fornece uma visualização de mapa, onde estão listados pontos de interesse para alunos e funcionários da Universidade Federal do Paraná. Esse mapa será obtido por meio das [Application Programming Interfaces \(APIs\)](#) oficiais do sistema operacional do dispositivo em que o sistema é executado. As localizações de cada ponto de interesse são exibidas conforme suas coordenadas geográficas (latitude e longitude).

Há outro modo de visualização, o qual envolve a Realidade Aumentada. Nesse modo, a imagem da câmera é exibida na tela do dispositivo, com os pontos de interesse próximos demarcados nela, de forma que, ao mover o aparelho lateralmente, as referências aos pontos de interesse também se movem na tela, orientando o usuário a como chegar a eles e informando qual é a distância até eles. Conforme o usuário se move no espaço, atualizam-se os dados exibidos na tela. Isso inclui recalcular a distância até os pontos de interesses, além de atualizar a visualização com essas novas informações.

Foram mapeados alguns locais de interesse do campus Centro Politécnico, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, fixando pontos de referência, como, por exemplo:

- Secretarias de cursos
- Coordenações de cursos

h!

Figura 12: Exibição de locais na visualização de Mapas do Aplicativo Desenvolvido



- Departamentos
- Restaurantes Universitários
- Centros Acadêmicos
- Lanchonetes
- Caixas Eletrônicos
- Bibliotecas
- Blocos de salas de aula
- Pontos de ônibus próximos aos campi
- Pontos do ônibus InterCampi

Há, também, uma interface de configurações, onde cada usuário pode adicionar, editar e remover novos pontos de interesse que sejam úteis para ele.

A visualização em formato de mapas destaca os pontos de interesse por meio de alfinetes vermelhos, que, quanto tocados, exibem o nome da localização. A Figura 12 ilustra a visualização de alguns pontos do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, na visualização de mapas.

h!

Figura 13: Menu de ações relacionadas aos mapas no aplicativo desenvolvido



No canto superior esquerdo, há um botão que abre um menu de ações, ilustrado na Figura 13. Por meio desse menu, é possível salvar a atual localização do usuário, para criar um novo local de interesse; também é possível centralizar o mapa na localização atual do usuário; além disso, também é possível abrir uma lista dos locais salvos, para que o usuário selecione o ponto que deseja visualizar no mapa.

A Figura 14 exibe um exemplo da visualização em Realidade Aumentada do aplicativo.

3.1 Detalhes da Implementação

Como ferramenta base para o desenvolvimento, foi usado o **iPhone-AR-Toolkit**¹, que também foi utilizado por William Chang e Qing Tan em (CHANG; TAN, 2010).

¹<https://github.com/niehsw/iPhone-AR-Toolkit>

h!

Figura 14: Visualização em Realidade Aumentada do aplicativo proposto



Essa ferramenta utiliza o conceito de “*Multi-Object Oriented Augmented Reality*” (MO-OAR), o qual foi descrito com mais detalhes na Seção 2.5 deste texto.

A aplicação utiliza técnicas de *Tracking* e *Registration* para utilização em ambientes externos (*outdoor*). A detecção da posição e da orientação da câmera do dispositivo usado pelo usuário é feita utilizando-se **GPS**, acelerômetro e giroscópio. Ou seja, são utilizados *Tracking* baseado em sensores (*Sensor-Based Tracking*) e *Registration* baseado em rastreamento (*Tracking-based Registration*).

O dispositivo utilizado para testar a aplicação foi um Apple iPhone 4. A escolha foi feita devido à capacidade deste equipamento de obter dados de localização global (**GPS**), além de possuir acelerômetro e giroscópio, permitindo obter informações precisas da posição e da orientação do aparelho (**6DoF**).

Com base na localização do usuário, a aplicação busca locais próximos conhecidos, cadastrados em uma base de dados local do dispositivo, onde há, dentre outras informações, suas latitude e a longitude. Conforme a posição e a orientação do usuário no espaço tridimensional, são exibidas imagens na tela do dispositivo, mostrando ao usuário em qual direção cada local está e qual a distância até ele. A medida que o usuário se move, esses dados são atualizados, de forma a funcionar como um guia para quem não conhece a região ou procura por um local ainda desconhecido para ele.

A linguagem utilizada foi a Objective-C, linguagem padrão da **Software Development Kit (SDK)** do iOS, sistema operacional para dispositivos móveis da Apple.

3.1.1 Base de dados

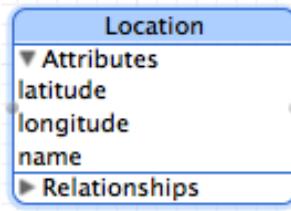
Para aplicações em dispositivos móveis de baixo consumo, costuma-se usar o SQLite² como **Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)**, por utilizar poucos recursos

²<http://www.sqlite.org>

de armazenamento e processamento. A aplicação proposta também utiliza o SQLite, por meio do *Core Data*, uma interface fornecida pela Apple para acesso a bases de dados.

A estrutura do banco de dados é formada por apenas uma tabela, a qual armazena as seguintes informações sobre os pontos de interesse: nome (uma *string*), latitude (um número no formato *float*) e longitude (um número no formato *float*). A Figura 15 mostra o modelo de dados da aplicação.

Figura 15: Modelo de dados da aplicação proposta



O aplicativo é iniciado com uma base de dados inicial, com os principais pontos de interesse do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Essas informações iniciais ficam salvas em um arquivo Extensible Markup Language (XML), formatado conforme o padrão PLIST³ (*Property List*), com os dados dos pontos de interesse, como nome, latitude e longitude. A Figura 16 mostra como é a estrutura desse arquivo. O Algoritmo 3.1 exibe o trecho de código que carrega os dados desse arquivo e os salva na base de dados.

Figura 16: Arquivo XML com os dados iniciais da base de dados da aplicação proposta

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE plist PUBLIC "-//Apple//DTD PLIST 1.0//EN" "http://www.apple.com/DTDs/PropertyList-1.0.dtd">
<plist version="1.0">
<array>
  <dict>
    <key>name</key>
    <string>Dep. Informática UFPR</string>
    <key>latitude</key>
    <real>-25.450811</real>
    <key>longitude</key>
    <real>-49.231912</real>
  </dict>
  <dict>
    <key>name</key>
    <string>RU UFPR Politécnico</string>
    <key>latitude</key>
    <real>-25.449446</real>
    <key>longitude</key>
    <real>-49.235042</real>
  </dict>
</array>
</plist>
```

Algoritmo 3.1: Trecho de código que carrega os dados do Arquivo XML para o SQLite

```
1 - (void) loadInitialCoreDataInfo
2 {
```

³<http://filext.com/file-extension/PLIST>

```
3 // array com os arquivos PLIST que devem ser carregados
4 // no Core Data
5 NSArray *plistFiles = @[@{@"basename" : @""
6                         @"places_politecnico", @"extension" : @"plist"}];
7
8 for ( NSDictionary *plistDict in plistFiles )
9 {
10    NSString *path = [[NSBundle mainBundle]
11                      pathForResource:plistDict[@"basename"] ofType:
12                      plistDict[@"extension"]];
13
14    if ( ! [fileManager fileExistsAtPath:path] )
15    {
16        NSLog(@"Arquivo '%@' não existe", path);
17        continue;
18    }
19
20    NSArray *locations = [NSArray arrayWithContentsOfFile
21                          :path];
22
23    for ( NSDictionary *locationDict in locations )
24    {
25        NSString *name = locationDict[@"name"];
26        NSNumber *latitude = locationDict[@"latitude"];
27        NSNumber *longitude = locationDict[@"longitude"];
28
29        [Location saveLocation:name latitude:[latitude
30                             floatValue] longitude:[longitude floatValue]]];
31    }
32 }
```

Algoritmo 3.1: Trecho de código que carrega os dados do Arquivo XML para o SQLite

3.1.2 Integração com o iPhone-AR-Toolkit

O *iPhone-AR-Toolkit* não é uma biblioteca, nem um *framework*. Ele é um projeto ainda em desenvolvimento, com alguns recursos não muito aprimorado até o momento. Ou seja, não basta apenas importar os arquivos e chamar um método específico. Porém, sua integração com outras aplicações não é muito complexa. Seguindo o padrão da aplicação de demonstração, disponibilizada também no *GitHub*, com algumas modificações e adaptações, é possível ter uma aplicação funcional.

A [SDK](#) do iOS utiliza o padrão de projeto *Delegation*. Esse é um padrão utilizado na Programação Orientada a Objetos onde um objeto A, em vez de executar uma determinada tarefa, delega-a para um objeto B. O *iPhone-AR-Toolkit* também utiliza esse padrão de projeto em diversas partes de seu código.

O Algoritmo 3.2 ilustra o método responsável por carregar a *view* da Realidade Aumentada. O objeto `arc` é uma instância da classe `AugmentedRealityController`, que é responsável pelas operações relacionadas à Realidade Aumentada. O objeto `arView` é uma instância da classe `UIView`, padrão da [SDK](#) do iOS. Durante a instanciação de `arc`, na linha 5, é definido o seu *delegate* para `self`, ou seja, o próprio objeto. Nesse ponto é usado o padrão *Delegation*, quando a classe atual é responsável por executar tarefas da `AugmentedRealityController`.

Algoritmo 3.2: Método responsável pelo carregamento da *view* de Realidade Aumentada

```

1 - (void) displayAR
2 {
3     if ([ARKit deviceSupportsAR])
4     {
5         arc = [[AugmentedRealityController alloc]
6                 initWithView:[self arView] parentViewController:
7                           self withDelegate:self];
8
9     }
10    else
11    {
12        [self notSupportView];
13    }
}

```

Algoritmo 3.2: Método responsável pelo carregamento da *view* de Realidade Aumentada

Antes de habilitar a funcionalidade de Realidade Aumentada, é necessário verificar

se o dispositivo suportará esse recurso. Para isso, o equipamento deve possuir câmera, além de sensor de [GPS](#), para detecção da localização do usuário. O Algoritmo 3.3 mostra o método responsável por essas verificações. Para detecção da presença de câmera, usam-se algumas classes e métodos do *framework AVFoundation*, nativo do iOS. Para verificação da presença de [GPS](#) e suporte a localização, usa-se o método `headingAvailable])`, da classe `CLLocationManager`, presente no *framework CoreLocation*, também nativo do iOS.

Algoritmo 3.3: Método para verificar se o dispositivo suporta o recurso de Realidade Aumentada

```
1 +(BOOL)deviceSupportsAR
2 {
3     // verifica o suporte a captura de video
4     NSArray *devices = [AVCaptureDevice devices];
5
6     BOOL supportsVideo = NO;
7
8     if (devices != nil && [devices count] > 0)
9     {
10         for (AVCaptureDevice *device in devices)
11         {
12             if ([device hasMediaType:AVMediaTypeVideo])
13             {
14                 supportsVideo = YES;
15                 break;
16             }
17         }
18     }
19
20     if (!supportsVideo)
21     {
22         return NO;
23     }
24
25     // verifica suporte a GPS
26     if ([CLLocationManager headingAvailable])
27     {
28         return NO;
29     }
```

```

31     return YES;
32 }
```

Algoritmo 3.3: Método para verificar se o dispositivo suporta o recurso de Realidade Aumentada

O método `populateGeoLocations` é responsável por buscar na base de dados as informações acerca dos pontos de interesse, como nome, latitude e longitude. Esse método também cria as *views* que servirão de marcadores, as quais serão sobrepostas às imagens da câmera, conforme a localização e a direção do dispositivo. O Algoritmo 3.4 exibe a implementação desse método.

Algoritmo 3.4: Método responsável pelo carregamento das localizações e criação dos marcadores na tela do dispositivo

```

1 - (void) populateGeoLocations
2 {
3     GEOLocations* locations = [[GEOLocations alloc]
4                                 initWithDelegate:self];
5
6     if ([[locations returnLocations] count] > 0)
7     {
8         for (ARGeoCoordinate *coordinate in [locations
9             returnLocations])
10    {
11        MarkerView *cv = [[MarkerView alloc]
12                           initForCoordinate:coordinate withDelegate:self]
13                           ;
14        [coordinate setDisplayView:cv];
15
16    }
17 }
```

Algoritmo 3.4: Método responsável pelo carregamento das localizações e criação dos marcadores na tela do dispositivo

O método `initWithView:parentViewController:withDelegate:`, utilizado na linha 5 do Algoritmo 3.2, é responsável por inicializar o objeto `AugmentedRealityController`, subclasse de `NSObject`, a qual é a classe base de todos os objetos no Objective-C. Além

de definir algumas propriedades internas do objeto, este método instancia os objetos responsáveis por carregar as imagens provenientes da câmera do dispositivo. Note que esse procedimento é realizado dentro de um `if`, na linha 22, o qual verifica se a aplicação não estará sendo executada no *iPhone Simulator*, simulador do iPhone disponibilizado pela Apple juntamente com a **SDK** do iOS. Como o simulador não possui câmera, essa verificação é necessária, para evitar erros durante a execução. O método também adiciona, na linha 61, um método responsável por redesenhar a *view* se a orientação do dispositivo mudar (vertical ou horizontal). Para isso, é usada a class `NSNotificationCenter`, do iOS, que registra notificações que ficam disponíveis durante todo o tempo de vida da aplicação.

Algoritmo 3.5: Método responsável por instanciar a *view* de Realidade Aumentada e iniciar os recursos de câmera e GPS

```

1 - (id)initWithView:(UIView*)arView parentViewController:(
2     UIViewController*)parentVC withDelegate:(id<ARDelegate>)
3     aDelegate
4 {
5     if (!(self = [super init]))
6         return nil;
7
8
9     latestHeading      = HEADING_NOT_SET;
10    prevHeading       = HEADING_NOT_SET;
11
12    [self setMaximumScaleDistance: 0.0];
13    [self setMinimumScaleFactor: SCALE_FACTOR];
14    [self setScaleViewsBasedOnDistance: NO];
15    [self setRotateViewsBasedOnPerspective: NO];
16    [self setMaximumRotationAngle: M_PI / 6.0];
17    [self setCoordinates:[NSMutableArray array]];
18    [self currentDeviceOrientation];
19
20    degreeRange = [arView frame].size.width / ADJUST_BY;
21
22 #if !TARGET_IPHONE_SIMULATOR
23
24     NSError *error = nil;
25     AVCaptureSession *avCaptureSession = [[AVCaptureSession

```

```
    alloc] init];
26    AVCaptureDevice *videoCaptureDevice = [AVCaptureDevice
27        defaultDeviceWithMediaType:AVMediaTypeVideo];
28    AVCaptureDeviceInput *videoInput = [AVCaptureDeviceInput
29        deviceInputWithDevice:videoCaptureDevice error:&error
30    ];
31
32    if (videoInput) {
33        [avCaptureSession addInput:videoInput];
34    }
35
36    AVCaptureVideoPreviewLayer *newCaptureVideoPreviewLayer =
37        [[AVCaptureVideoPreviewLayer alloc] initWithSession:
38            avCaptureSession];
39
40    [[[arView layer] setMasksToBounds:YES];
41    [newCaptureVideoPreviewLayer setFrame:[arView bounds]];
42    [newCaptureVideoPreviewLayer setVideoGravity:
43        AVLAYERVIDEOGRAVITYRESIZEASPECTFILL];
44
45    if ([[newCaptureVideoPreviewLayer connection]
46        isVideoOrientationSupported])
47        [[newCaptureVideoPreviewLayer connection]
48            setVideoOrientation:cameraOrientation];
49
50    [newCaptureVideoPreviewLayer setVideoGravity:
51        AVLAYERVIDEOGRAVITYRESIZEASPECTFILL];
52
53    [[[arView layer] insertSublayer:
54        newCaptureVideoPreviewLayer below:[[arView layer]
55            sublayers] objectAtIndex:0]];
56
57    [self setPreviewLayer:newCaptureVideoPreviewLayer];
58
59    [avCaptureSession setSessionPreset:
60        AVCAPTURESESSIONPRESETHIGH];
61    [avCaptureSession startRunning];
```

```

52
53     [self setCaptureSession:avCaptureSession];
54
55 #endif
56
57     CLLocation *newCenter = [[CLLocation alloc] init];
58
59     [self setCenterLocation: newCenter];
60
61     [[NSNotificationCenter defaultCenter]
62      addObserver:self
63      selector:@selector(deviceOrientationDidChange:)
64      name:UIDeviceOrientationDidChangeNotification
65      object:nil];
66
67     [self startListening];
68     [self setDisplayView:arView];
69
70     return self;
71 }
```

Algoritmo 3.5: Método responsável por instanciar a *view* de Realidade Aumentada e iniciar os recursos de câmera e GPS

O método `startListening`, na linha 66 do Algoritmo 3.5, é encarregado de iniciar a atualização da localização, conforme o usuário se move no espaço, além de habilitar o uso do acelerômetro, para detecção da orientação do dispositivo. O Algoritmo 3.6 mostra a implementação desse método.

Algoritmo 3.6: Implementação do método `startListening`

```

1 - (void)startListening
2 {
3     // start our heading readings and our accelerometer
4     // readings.
5     if (![self locationManager]) {
6         CLLocationManager *newLocationManager = [[
7             CLLocationManager alloc] init];
8
9         [newLocationManager setHeadingFilter: HEADING_FILTER
10        ];
11 }
```

```

8     [newLocationManager setDistanceFilter:DISTANCE_FILTER
9         ];
10    [newLocationManager setDesiredAccuracy:
11        kCLLocationAccuracyNearestTenMeters];
12    [newLocationManager startUpdatingHeading];
13    [newLocationManager startUpdatingLocation];
14    [newLocationManager setDelegate: self];
15 }
16
17 if (![self accelerometerManager]) {
18     [self setAccelerometerManager: [UIAccelerometer
19         sharedAccelerometer]];
20     [[self accelerometerManager] setUpdateInterval:
21         INTERVAL_UPDATE];
22     [[self accelerometerManager] setDelegate: self];
23 }
24
25 }
```

Algoritmo 3.6: Implementação do método `startListening`

O método `updateLocations`, cuja implementação está exibida no Algoritmo 3.7, é o responsável por alterar os marcadores de pontos de interesse exibidos na tela do dispositivo, conforme o usuário se move.

Algoritmo 3.7: Implementação do método `updateLocations`

```

1 - (void)updateLocations
2 {
3     for (ARGeoCoordinate *item in [self coordinates]) {
4
5         UIView *markerView = [item displayView];
6
7         if ([self shouldDisplayCoordinate:item]) {
```

```
9         CGPoint loc = [self pointForCoordinate:item];
10        CGFloat scaleFactor = SCALE_FACTOR;
11
12        if ([self scaleViewsBasedOnDistance])
13            scaleFactor = scaleFactor - [self minimumScaleFactor
14                                         ]*[([item radialDistance] / [self
15                                         maximumScaleDistance]);
16
17        float width = [markerView bounds].size.width *
18                      scaleFactor;
19        float height = [markerView bounds].size.height *
20                      scaleFactor;
21
22        [markerView setFrame:CGRectMake(loc.x - width / 2.0,
23                                       loc.y, width, height)];
24        [markerView setNeedsDisplay];
25
26        CATransform3D transform = CATransform3DIdentity;
27
28        // Set the scale if it needs it. Scale the perspective
29        // transform if we have one.
30        if ([self scaleViewsBasedOnDistance])
31            transform = CATransform3DScale(transform, scaleFactor
32                                         , scaleFactor, scaleFactor);
33
34        if ([self rotateViewsBasedOnPerspective]) {
35            transform.m34 = 1.0 / 300.0;
36        }
37        [[markerView layer] setTransform:transform];
38
39        //if marker is not already set then insert it
40        if (!([markerView superview])) {
41            [[self displayView] insertSubview:markerView atIndex
42                                         :1];
43        }
44    }
45
46    else
47        if ([markerView superview])
48            [markerView removeFromSuperview];
```

```
40
41     }
42 }
```

Algoritmo 3.7: Implementação do método updateLocations

4 Conclusão

Nota-se que a Realidade Aumentada é um tema que vem ganhando muito espaço nos últimos 20 anos, principalmente em pesquisa acerca de técnicas de *Tracking* e *Registration* (ZHOU; DUH; BILLINGHURST, 2008). Existem diversas aplicações para a Realidade Aumentada, principalmente para aprendizado e reconhecimento de ambientes. Embora ela venha crescendo lentamente, cada vez mais pesquisadores se interessam por sua evolução.

Com o avanço das tecnologias móveis, dos *smartphone* e *tablets*, a área de Realidade Aumentada Móvel deve crescer ainda mais, abrindo espaço para novas categorias de aplicações, que auxiliarão os usuários nas tarefas do dia-a-dia, como o *Google Glass*, citado na Seção 2.5.

Entre 1998 e 2007, de 100 artigos de Realidade Aumentada avaliados por (ZHOU; DUH; BILLINGHURST, 2008), um total de 63 estudavam as técnicas de *Tracking* e *Registration*. Essas áreas merecem atenção especial, por se tratarem de técnicas essenciais para o desenvolvimento da Realidade Aumentada.

4.1 Conclusões Acerca da Aplicação Desenvolvida

O *iPhone-AR-Toolkit* é uma ferramenta ainda em desenvolvimento e de integração não muito fácil com outras aplicações. Porém, vem recebendo diversas contribuições e, em um futuro próximo, deve se tornar uma biblioteca de fácil implementações em aplicações de Realidade Aumentada.

Um dos pontos fracos dessa ferramenta é a falta de integração com camadas de dados. Todas as informações de latitude e longitude estavam presentes dentro do código-fonte. Foi necessário criar uma camada de dados e modificar a ferramenta para integrar-se com ela.

Outra falha aparente é a detecção da posição exata do usuário. Essa falha está relacionada com a precisão do *GPS*. Não se pode afirmar ao certo se é um problema da ferramenta ou do dispositivo usado. São necessários mais testes, em diferentes plataformas e localizações, para chegar a essa conclusão.

De modo geral, o *iPhone-AR-Toolkit* mostrou-se estável e confiável para a aplicação proposta.

4.2 Outras Possíveis Aplicações

Esse tipo de aplicação permite explorar diversas outras áreas de interesse. É possível usar a mesma técnica descrita aqui para guiar usuários em ambientes turísticos, como museus, onde são exibidas na tela direções para pontos de interesse, além das informações relacionadas a eles.

Também é possível adaptar essa técnica em sistemas de **GPS** utilizados em veículos, permitindo, além da visão aérea do mapa, uma visão da mesma perspectiva do usuário, onde o dispositivo orienta o usuário para qual direção ele deve ir a fim de chegar em seu destino.

Uma possibilidade muito interessante é no ramo de aplicações assistivas. Em vez de exibir na tela locais conhecidos e suas direções até eles, o programa poderia orientar usuários cegos, por meio de áudio, a fim de guiá-los em direção de seus destinos.

Referências

- AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2001. 2001. Citado na página [22](#).
- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 1997. 1997. Citado 5 vezes nas páginas [21](#), [22](#), [24](#), [30](#) e [33](#).
- BAJURA et al. Merging virtual reality with the real world: Seeing ultrasound imagery within the patient. *Proceedings of SIGGRAPH*, 1992. 1992. Citado na página [33](#).
- BOBRICH, J.; OTTO, S. Augmented maps. *Symposium on Geospatial Theory, Processing, and Applications, in IAPRS*, 2002. 2002. Citado na página [34](#).
- CHANG, W. Multi-object oriented augmented reality for location-based adaptive mobile learning. *IEEE 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2010. 2010. Citado 2 vezes nas páginas [25](#) e [34](#).
- CHANG, W.; TAN, Q. Augmented reality system design and scenario study for location-based adaptive mobile learning. *13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering*, 2010. 2010. Citado 4 vezes nas páginas [25](#), [32](#), [34](#) e [39](#).
- CHEN, D. et al. Mobile augmented reality for books on a shelf. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 2011. 2011. Citado na página [25](#).
- DRASCIC, D. Stereoscopic vision and augmented reality. *Scientific Computing and Automation 9*, 1993. 1993. Citado na página [35](#).
- FEINER, S.; MACINTYRE, B.; SELIGMANN, D. Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM 36*, 1993. 1993. Citado na página [33](#).
- JIANG, B.; NEUMANN, U.; YOU, S. A robust hybrid tracking system for outdoor augmented reality. *EEE Virtual Reality*, 2004. 2004. Citado 2 vezes nas páginas [30](#) e [32](#).
- JJ, K.; DOORN, A. van. Affine structure from motion. *Journal of the Optical Society of America*, 1991. 1991. Citado na página [32](#).
- KEIL, J. et al. The house of olbrich - an augmented reality tour through architectural history. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2011. 2011. Citado 2 vezes nas páginas [24](#) e [25](#).
- KIM, W. S. Advanced teleoperation, graphics aids, and application to time delay environments. *Proceedings of the 1st Industrial Virtual Reality Show and Conference*, 1993. 1993. Citado na página [35](#).
- LYU, M. R. et al. Arcade: Augmented reality computing arena for digital entertainment. *Aerospace Conference, 2005 IEEE*, 2005. 2005. Citado 2 vezes nas páginas [22](#) e [35](#).

- MAES, P. Artificial life meets entertainment: Lifelike autonomous agents. *CACM* 38, 1995. 1995. Citado na página 35.
- MATCHA, W.; RAMBLI, D. R. A. Development and preliminary investigation of augmented reality experiment simulation (arex) interface. *National Postgraduate Conference (NPC)*, 2011. 2011. Citado na página 19.
- MICHIE., M. Factors influencing secondary science teachers to organise and conduct field trips. *Australian Science Teacher's Journal*, 1998. 1998. Citado na página 23.
- MILGRAM, P. et al. Applications of augmented reality for human-robot communication. *Proceedings of International Conference on Intelligent Robotics and Systems*, 1993. 1993. Citado na página 35.
- MIN, S. et al. Hybrid tracking for augmented reality gis registration. *Frontier of Computer Science and Technology*, 2007. 2007. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.
- MIYASHITA, T. et al. An augmented reality museum guide. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2008. 2008. Citado na página 24.
- PATTEN, B.; SAÁNCHEZ, I. A.; TANGNEY., B. Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices. *Computers and Education* 46, 2006. 2006. Citado na página 23.
- QR CODE.COM. *QRCode.com*. 2013. Disponível em: <<http://www.qrcode.com/en/>>. Citado na página 26.
- SCHMALSTIEG, D.; WAGNER, D. Experiences with handheld augmented reality. *6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2007. 2007. Citado na página 24.
- SUTHELAND, I. The ultimate display. *IFIP '65*, 1965. 1965. Citado na página 19.
- TAVARES, A. C. M. *APLICAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL COLABORATIVO UTILIZANDO REALIDADE AUMENTADA*. 72 p. Monografia (Graduação) — Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- VLAHAKIS, V.; KARIGIANNIS, J.; IOANNIDIS, N. *Augmented Reality Touring of Archaeological Sites With the Archeoguide System*. 2003. Citado na página 35.
- WAGNER, D. *Handheld Augmented Reality (Dissertation)*. Dissertação (Mestrado) — Graz University of Technology, Institute for Computer Graphics and Vision, Graz, Austria, 2007. Citado na página 27.
- YANG, R. The study and improvement of augmented reality based on feature matching. *IEEE 2nd International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, 2011. 2011. Citado 3 vezes nas páginas 19, 22 e 27.
- YI-BO, L. et al. Development actuality and application of registration technology in augmented reality. *International Symposium on Computational Intelligence and Design*, 2008. 2008. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 30.
- ZHOU, F.; DUH, H. B.-L.; BILLINGHURST, M. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ismar. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2008. 2008. Citado 4 vezes nas páginas 19, 22, 27 e 53.