



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Escola Superior de Desenho Industrial

Sergio Boiteux de Figueiredo Rodrigues

**Utilização de modelos virtuais tridimensionais na interação  
com a informação georreferenciada**

Rio de Janeiro

2014

Sergio Boiteux de Figueiredo Rodrigues

**Utilização de modelos virtuais tridimensionais na interação com  
a informação georreferenciada**

Dissertação apresentada, como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre, ao Programa  
de Pós-graduação em Design, da Universidade do  
Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Reiszal Pereira

Rio de Janeiro

2014

R696 Rodrigues, Sergio Boiteux de Figueiredo.

Utilização de modelos virtuais tridimensionais na interação com a informação georreferenciada / Sergio Boiteux de Figueiredo Rodrigues. - 2014.

117f. : il.

Orientador: Fernando Reizzel Pereira.

Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Escola Superior de Desenho Industrial.

1. Computação ubíqua - Teses. 2. Interfaces (Computador) - Teses. 3. Interfaces de usuário (Sistemas de computador)- Teses. 4. Georreferenciamento - Teses. 5. Interação homem-máquina - Teses. I. Pereira, Fernando Reizzel. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Escola Superior de Desenho Industrial. III. Título.

CDU 004.41

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/G

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Sergio Boiteux de Figueiredo Rodrigues

**Utilização de modelos virtuais tridimensionais na interação com  
a informação georreferenciada**

Dissertação apresentada, como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre, ao Programa  
de Pós-graduação em Design, da Universidade do  
Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2014.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Fernando Reiszal Pereira (Orientador)  
Escola Superior de Desenho Industrial da UERJ

---

Prof. Dr. Marcos André Franco Martins  
Escola Superior de Desenho Industrial da UERJ

---

Prof. Dr. Hugo Fuks  
Pontifícia Universidade Católica PUC-Rio

Rio de Janeiro

2014

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa pesquisa à Camila, a meus pais e irmãs, por compartilharem comigo o gosto por desbravar novos territórios e áreas de conhecimento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Camila por ser, ao mesmo tempo, minha grande incentivadora e grande companheira nos momentos de procrastinação.

Aos meus pais, Sergio e Lucia, e minhas irmãs Luciana e Marcela, por serem uma família tão unida. Cada um a seu jeito foi responsável por criar um ambiente tão inspirador. Uma mistura de caos controlado, placidez inquieta e atenção difusa moldaram minha curiosidade e interesse pelo que me cerca.

Agradeço ao professor Fernando Reizel pelas aulas, pelo exemplo de dedicação e prazer pela pesquisa e pela experimentação, e por respeitar as idiossincrasias e assincronias da minha produção acadêmica.

Aos professores Hugo Fuks e Marcos Martins por gentilmente cederem seu tempo para compor minha banca e, acima de tudo, por contribuírem com críticas, ideias e valorosas referências.

À professora Denise Filippo por me ajudar nessa jornada acadêmica. Mesmo com suas atribuições na graduação, sempre se mostrou disponível para conversas, indispensáveis na formatação do projeto.

Agradeço aos professores de graduação da Esdi, especialmente à Noni Geiger e Rodolfo Capeto, que, desde o primeiro ano, se provaram educadores comprometidos e apaixonados pelo que fazem. Generosamente me incentivaram e influenciaram minha vida acadêmica através da orientação na bolsa de iniciação científica e da oportunidade do primeiro estágio, respectivamente.

Agradeço aos professores, à coordenação e aos colegas de mestrado que, formalmente nas salas de aula e informalmente na vila, trocaram experiências, referências e ansiedades.

Aos profissionais da Plano B Design por darem continuidade aos projetos do escritório, mesmo com minha atenção dividida entre a vida profissional e acadêmica. Agradeço especialmente ao Pedro Herzog, amigo, sócio e colega de mestrado, que compartilhou durante esse período, angústias, conquistas e a inspiração pelo crescimento intelectual e profissional.

Agradeço a todos os amigos que contribuíram direta ou indiretamente com a pesquisa e sua realização, que ajudaram a equilibrar momentos de atenção e descontração do atribulado dia-a-dia de um profissional que buscou na pesquisa acadêmica um terreno para cultivar novas ideias. Concluo essa etapa intelectualmente renovado, com mais conhecimento, mais amigos e com grandes planos para meu futuro profissional e acadêmico.

## RESUMO

RODRIGUES, Sergio B F. **Utilização de modelos virtuais tridimensionais na interação com a informação georreferenciada.** 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Esta pesquisa tem como finalidade explorar os recursos de interação do usuário com a informação georreferenciada, utilizando o próprio ambiente físico e seus elementos como interface.

A indexação geográfica de arquivos digitais e os recursos disponíveis pela computação móvel estabeleceram um novo modelo de interação com a informação. Cabe ao designer criar sistemas e interfaces que levem em consideração a localização do usuário no acesso da informação atribuída ao entorno. Foi identificado que as soluções desenvolvidas para esse propósito utilizam telas e outros aparatos tecnológicos que constroem a relação do usuário com o ambiente e interferem na experiência interativa. Como desdobramento da pesquisa foi desenvolvido um aplicativo que dispensa a tela na visualização e interação com a camada informacional do ambiente físico. O sistema utiliza os sensores de localização e orientação presentes nos *smartphones* para interagir com o entorno mapeado e georreferenciado. Dessa forma, o usuário, ao apontar o aparelho e selecionar diretamente o objeto de interesse, recebe os dados atribuídos a ele.

Sem a interferência de telas ou dispositivos imersivos, o próprio ambiente se apresenta como interface de interação, dispensando novos ícones ou símbolos e tornando a tecnologia mais sutil em seu uso cotidiano.

Palavras-chave: Computação pervasiva. Interface. Georreferenciamento. Percepção espacial e geométrica.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Sergio B F. **Virtual 3D models applied to georeferenced information interaction**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

This research aims to explore the features of user interaction with georeferenced information by using the physical environment and its elements as interface.

The use of geotags in digital files and the popularization of mobile computing established a new model of information-based interaction. It is up to the designer to create systems and interfaces that take into account the user location when accessing the surrounding information. It was identified that the screen-based solutions and other technological devices that constrain the relation between the user and the environment, interfere with the interactive experience.

As an outcome of the research, a mobile application was developed that spares the use of displays at the act of selecting points of interest in the physical environment interaction.

The system is based on smartphones' location and orientation sensors data to establish the interaction with the georeferenced and modeled surrounding elements. Thus, the user points the device and directly select the object of interest, in order to receive the data assigned to it.

Without the interference of screens or immersive devices, the environment itself is presented as an interaction interface, avoiding the overlapping of new icons or symbols and making technology more subtle in its daily use.

Keywords: Pervasive Computing. Interface. Geotagging. Geometry and Spatial Awareness.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Cartões perfurados Série 600 IBM / IBM .....	20
Figura 2 –	Relação entre a informação digital e o papel do designer .....	25
Figura 3 –	Interface do aplicativo Wikitude.....	27
Figura 4 –	Google Glass .....	28
Figura 5 –	Touch (2006-2010) / Immaterials: Light painting Wifi (2011) Timo Arnall ...	31
Figura 6 –	Watch at Kunsthaus Graz (2003) / David Rokerby .....	31
Figura 7 –	Mapa de Paris. Sebastian Munster (1550) .....	33
Figura 8 –	Mapa de Paris (Turgot). Louis Bretez, 1734-1736 .....	33
Figura 9 –	Mapa estatístico das eleições parisienses, 1869. / Metrô de Paris, 2013 .....	35
Figura 10 –	Google Maps .....	35
Figura 11 –	Google Maps com imagens de satélite .....	36
Figura 12 –	Ambientes internos no Google Maps e OSM .....	38
Figura 13 –	Volumetria nos mapas Google / Bing / Here .....	39
Figura 14 –	Denise Agassi - Vista On Vista Off I (Série Monumentos, Cristo Redentor) ..	40
Figura 15 –	Continuum da Virtualidade.....	41
Figura 16 –	Inter-relação entre o ambiente físico e virtual .....	42
Figura 17 –	QRCode nas Calçadas de Lisboa .....	47
Figura 18 –	Pavilhão Russo – Bienal de Arquitetura de Veneza (2012) .....	47
Figura 19 –	Anotação urbana: pôster da Samsung com a tecnologia NFC .....	47
Figura 20 –	Geotags: Foursquare / Instagram / Twitter .....	48
Figura 21 –	Mapeamento e Monitoramento: Nike Run / Map My Ride / Google tracks ...	49
Figura 22 –	Location Enabled System: Waze / Tinder / Ribbon .....	50
Figura 23 –	Realidade Aumentada Móvel: Layar / Wikitude / Junaio .....	51
Figura 24 –	Internet das coisas: Locktron / Nest / Lifix .....	53
Figura 25 –	Internet das coisas: Karotz e Ambient .....	53
Figura 26 –	Sensores de ambiente: Air Quality Egg e Safecast.....	54
Figura 27 –	Kit Littlebits .....	55
Figura 28 –	Sensores .....	58
Figura 29 –	Atuadores .....	59
Figura 30 –	Leitura do acelerômetro .....	59
Figura 31 –	Princípio da triangulação .....	60
Figura 32 –	Princípio da lateração .....	60

Figura 33 –	Ângulos referentes a latitude e longitude .....	61
Figura 34 –	Dados de orientação Gravimétrica.....	62
Figura 35 –	Multilateração dos satélites para avaliação da localização .....	63
Figura 36 –	Graus de liberdade (DOF) .....	66
Figura 37 –	Raio de apontamento .....	66
Figura 38 –	Identificadores .....	68
Figura 39 –	Áreas definidas pela incidência de tags nas fotos do Flickr .....	69
Figura 40 –	LiDAR - Rastreamento aéreo/visualização do registro de um centro urbano ..	72
Figura 41 –	Interface do SketchUP .....	73
Figura 42 –	Comparação entre os recursos de modelagem .....	74
Figura 43 –	Exemplo de um arquivo XML/OSM .....	75
Figura 44 –	Atributos volumétricos do OSM-3D .....	75
Figura 45 –	Exemplos de construções no OSM3D .....	76
Figura 46 –	Teste do sistema inercial .....	81
Figura 47 –	Cálculo de interseção entre o vetor e uma face.....	82
Figura 48 –	Mapeamento da declinação magnética .....	83
Figura 49 –	Identificação da localização nos registros gerados pelo aplicativo .....	84
Figura 50 –	Estrutura do sistema Punctum.....	86
Figura 51 –	Descrição da Modelagem e construção da base, utilizando SketchUp, Processing e MySQL .....	87
Figura 52 –	Modelagem dos volumes no SketchUp.....	88
Figura 53 –	Modelagem e atribuição de endereços aos modelos virtuais .....	90
Figura 54 –	Ambiente para avaliação da requisição.....	91
Figura 55 –	Diagrama de fluxo.....	92
Figura 56 –	Telas 1 e 2 do aplicativo .....	93
Figura 57 –	Tela 3 do aplicativo (versão outdoor e indoor) .....	94
Figura 58 –	Tela de seleção (variação de direção e acurácia) .....	95
Figura 59 –	Telas de resposta .....	96
Figura 60 –	Modelagem no OpenStreetMap - Editor iD.....	97
Figura 61 –	Interface do Vespucci OSM Editor .....	97
Figura 62 –	Nova estrutura do sistema utilizando o OpenStreetMap.....	98
Figura 63 –	Teste da requisição utilizando o OpenStreetMap .....	100
Figura 64 –	Telas de resultado / arquivo tabulado .....	101
Figura 65 –	Identificação visual do objeto de interesse .....	102

Figura 66 –	Inicialização do aplicativo .....	102
Figura 67 –	Tela inicial confirmando os requisitos de uso.....	103
Figura 68 –	Tela de seleção .....	103
Figura 69 –	Apontamento e seleção do objeto físico .....	103
Figura 70 –	Tela de resultado .....	104
Figura 71 –	Exemplo de “Sticky-ray” no deslocamento do cursor de seleção .....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Comparação dos recursos de mídia locativa.....	106
------------	--	-----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR –	Realidade aumentada (augmented reality)
AV –	Virtualidade aumentada (augmented virtuality)
GPS –	Global Positioning System
GUI –	Interface gráfica (graphic user interface)
HCI –	Interação humano-máquina ( <i>computer-human interaction</i> )
HMD –	Head mounted display
ICO –	Internet-connected object
IPS –	Indoor positioning system
ICT –	Information and Communications Technology
IoT –	Internet das Coisas ( <i>Internet of Things</i> )
LBS –	Location based services
LPS –	Local Positioning System
MR –	Realidade mista (mixed reality)
OSM –	OpenStreetMap
POI –	Point of interest
RFID –	Radio-frequency identification
RTLS –	Real Time Location System
SAR –	Realidade aumentada espacial (spatial augmented reality)
TUI –	Interface tangível (tangible user interface)
VGI –	Volunteered geographic information
VR –	Realidade virtual (virtual reality)
WPS –	Wi-Fi-based positioning system

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.	<b>INFORMAÇÃO, TECNOLOGIA E INTERAÇÃO</b> .....	19
1.1	<b>Origem</b> .....	19
1.1.2	<u>Era da informação</u> .....	21
1.1.3	<u>Era digital</u> .....	22
1.1.4	<u>Era pós-digital</u> .....	23
1.2	<b>O papel do designer</b> .....	23
1.2.1	<u>Design e interação</u> .....	26
1.2.2	<u>Interação e o ambiente</u> .....	26
2.	<b>OBJETOS, ESPAÇOS E REPRESENTAÇÃO</b> .....	29
2.1	<b>Espaços, objetos e fluxos</b> .....	29
2.2	<b>Mapas e representações</b> .....	32
2.3	<b>Mapas digitais</b> .....	34
2.3.1	<u>Novos espaços e dimensões</u> .....	37
2.4	<b>Realidade Virtual</b> .....	39
2.4.1	<u>Virtualidade e interação</u> .....	40
2.5	<b>Espaços híbridos</b> .....	42
2.5.1	<u>Mediações com o espaço híbrido</u> .....	45
2.5.2	<u>Internet das coisas</u> .....	51
3.	<b>INTEGRANDO ESTADOS</b> .....	57
3.1	<b>Sensores e atuadores</b> .....	57
3.1.1	<u>Sistemas Inerciais</u> .....	59
3.1.2	<u>Sistemas de Posicionamento</u> .....	59
3.1.3	<u>Sistemas de Rastreamento / Raio de apontamento</u> .....	65
3.1.4	<u>Sistemas de Identificação</u> .....	67
3.2	<b>Estruturando dados</b> .....	69
3.2.1	<u>Protocolos</u> .....	69
3.2.2	<u>Modelos tridimensionais e Mapeamento Geoespacial</u> .....	71
4.	<b>PUNCTUM</b> .....	77
4.1	<b>Apresentação</b> .....	77
4.1.1	<u>Sobre o nome</u> .....	79
4.2	<b>Testes preliminares</b> .....	79

4.2.1	<u>Utilização do Giroscópio/acelerômetro</u> .....	80
4.2.2	<u>Cálculo de interseção de faces</u> .....	81
4.2.3	<u>Utilização dos sensores de localização</u> .....	83
4.2.4	<u>Conexões</u> .....	85
4.3	<b>Desenvolvimento do protótipo (1ª fase da pesquisa)</b> .....	86
4.3.1	<u>Construção da base de modelos virtuais</u> .....	86
4.3.2	<u>Processamento da requisição</u> .....	90
4.3.3	<u>Recebimento e comparação da requisição com os dados cadastrados</u> .....	91
4.4	<b>Adaptação da base colaborativa (2ª fase da pesquisa)</b> .....	96
4.4.1	<u>Tratamento da requisição utilizando o OpenStreetMap</u> .....	98
4.5	<b>Testes e Resultados</b> .....	101
	<b>CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS</b> .....	107

## INTRODUÇÃO

As últimas décadas foram marcadas por importantes mudanças científicas e tecnológicas que influenciaram diretamente o relacionamento entre indivíduos, informação, objetos e ambientes. A tecnologia digital passou a permear diferentes aspectos da atividade humana – individual, social, cultural, profissional – e vem redefinindo a maneira com que lidamos com a informação. Os computadores, ou processos computacionais, hoje moldam nossas tarefas diárias. Novos paradigmas na relação homem-máquina-informação se estabeleceram com o acesso amplo e imediato à informação, através da propagação das redes de computadores. Outros fatores determinantes para essa mudança são a integração de diferentes bases de dados na construção de conteúdo colaborativo, a difusão dos dispositivos móveis e a incorporação de microprocessadores em objetos cotidianos, tornando-os “inteligentes”.

A interação se estabelece na relação do usuário com os processos de um sistema, que o levam à informação ou à execução de uma tarefa específica. A era dos computadores pessoais (*desktops*) se destacou por recursos que atraíram usuários cada vez menos especializados, como a utilização de periféricos como o mouse, a disposição da informação em janelas, a representação de arquivos na forma de ícones e a analogia entre a tela de computador com a área de trabalho física. Tais soluções de interface permitiram que usuários interagissem com a complexidade dos ambientes digitais, dispensando profundos conhecimentos técnicos. Seja facilitando a navegação ou tornando mais clara a visualização, a interface é determinante para qualquer sistema. Quanto mais simples e objetiva, mais eficiente ela se provará. Ao projetarmos dispositivos ou sistemas computacionais, estamos projetando não só sua aparência, mas como eles se comportam, projetamos a qualidade de como interagimos com esses sistemas <sup>1</sup>. No projeto interativo a qualidade da interação transcende aspectos visuais para dar ênfase à experiência do usuário.

Nos Sistemas Baseados em Localização (LBS) as informações deixaram de ser tratadas como um conjunto de dados puramente virtuais e passaram a se relacionar com objetos e ambientes através de suas coordenadas geográficas e outros identificadores. Esse ecossistema composto pelo ambiente físico e seus dados relacionados, aliado à popularização dos

---

<sup>1</sup> SMITH, 2007. p.XVI.

dispositivos móveis, figuram como um campo rico e desafiador na interação com a informação.

A localização do usuário é utilizada nos sistemas georreferenciados como uma variável de interação. Este usuário atua como um cursor sobre o espaço físico, em que são definidas rotas e atribuídas ações de acordo com sua proximidade dos pontos de interesse. Hoje não só a localização do usuário, mas a maioria da indexação geográfica dos elementos físicos se dá por uma única coordenada geográfica, por isso a interação se restringe a estabelecer distâncias e direções relativas entre o usuário e o ponto de interesse. A realidade aumentada móvel é frequentemente utilizada na visualização e interação com o entorno tridimensional. Nela, a camada informacional é sobreposta ao mundo real utilizando *headsets* e dispositivos móveis. Os aparelhos detectam a localização e a orientação do usuário para processar as informações disponíveis ao redor, resultando na visualização do espaço povoado por ícones, menus e outras representações visuais.

Seja por demandar um novo repertório de signos sobrepostos ao ambiente ou por ser mediado por telas, o processo de interação através da realidade aumentada móvel não se estabelece de forma direta ou simplificada. Nesses aplicativos não interagimos diretamente com o ambiente, mas com uma imagem planificada. Nos aparatos tecnológicos da realidade virtual e aumentada a experiência interativa é prejudicada e restringe seu uso cotidiano. Como defendido por Mark Weiser, “as mais profundas tecnologias são aquelas que desaparecem. Elas se misturam ao tecido da vida cotidiana até o momento em que não se pode mais distingui-las”<sup>2</sup>. Para criar interfaces cada vez mais utilizáveis é preciso reduzir a carga cognitiva, tornando a tecnologia mais intuitiva e menos intrusiva<sup>3</sup>.

## **Proposta**

A presente pesquisa propõe um sistema georreferenciado para uso em ambientes externos e internos no qual o usuário atue diretamente sobre os elementos físicos, sem o uso de telas para identificação e seleção dos objetos. Esta interação se dá através do ato de apontar o dispositivo móvel na direção de um elemento físico – uma edificação ou um objeto “inteligente” – selecionando-o como ponto de interesse. Como resultado dessa seleção, é possível obter informações sobre o objeto na tela do dispositivo ou acionar eventos físicos a ele atribuídos.

---

<sup>2</sup> WEISER, 1991, pp. 94-100

<sup>3</sup> McCULLOUGH, 2013. p.13.

## **Metodologia**

Para avaliar os conceitos propostos neste trabalho foi desenvolvido um aplicativo para *smartphone*, capaz de mediar interações entre o usuário e as informações relacionadas aos elementos físicos. A identificação do ponto de interesse é feita sem que seja necessário o *display* para selecionar o ponto de interesse, de forma análoga aos ambientes de realidade virtual, utilizando exclusivamente os sensores do aparelho. Conhecida como *raio de apontamento*, a técnica de identificar objetos utilizando a metáfora de apontar em sua direção é estabelecida por variáveis que podem ser manipulados simultaneamente durante o processo interativo. São utilizados os sensores contidos nos *smartphones* para relacionar a posição e direção física do aparelho e transportá-las para o ambiente virtual dos modelos tridimensionais georreferenciados. Se o vetor definido pelo aparelho intercepta alguma face, o evento predefinido para este modelo é acionado. Os modelos georreferenciados atribuídos a objetos físicos os tornam “volumes de interação” passíveis de acionamento, sem a necessidade de interposição de telas.

Como aplicação para o sistema proposto, será desenvolvido um guia digital da cidade do Rio de Janeiro, onde qualquer usuário com o aplicativo instalado poderá identificar pontos de interesse no entorno, simplesmente apontando para ele seu dispositivo móvel.

## **Estrutura da Dissertação**

Para a construção do quadro teórico será feito um levantamento histórico da informação digital. No capítulo I serão descritas brevemente a origem e a evolução da tecnologia digital aplicada à informação através da contextualização de suas principais descobertas e influências. Acompanhando essa evolução, será traçado um paralelo com a atuação do designer nessas diferentes épocas: como a profissão se desenvolveu desde a revolução industrial até os dias de hoje, influenciado pela tecnologia e pelas mudanças sociais impostas por ela.

No capítulo II será investigada a relação entre objetos, espaços e suas representações. A relação entre território e mapa ganha nova dimensão com a virtualidade eletrônica. Há muito tempo presente em representações pictóricas, a virtualidade ganha um caráter interativo com a computação gráfica e os ambientes imersivos. Com a implantação das redes móveis e a utilização de dispositivos “inteligentes”, a computação pervasiva redefine a relação entre o

espaço físico e a virtualidade. A informação digital e o usuário passam a coexistir entre esses dois espaços.

No capítulo III serão abordados aspectos técnicos presentes nos aplicativos de realidade aumentada móvel. Os elementos da computação física - sensores e atuadores - serão descritos, assim como a utilização de identificadores, protocolos web e formatos de arquivo, em especial, os modelos tridimensionais.

Será apresentado no capítulo IV o protótipo desenvolvido para a pesquisa. Com base na contextualização teórica levantada nos capítulos anteriores foi criado o aplicativo Punctum para *smartphones*, capaz de identificar o objeto físico apontado pelo dispositivo e retornar ao usuário informações atribuídas a ele. Neste mesmo capítulo serão apresentados e analisados os resultados dos testes feitos.

Nos aplicativos georreferenciais existentes, edificações e outros elementos físicos são representados pontualmente por uma única coordenada (latitude e longitude) e, com isso, demandam telas para a visualização dos pontos de interesse. Na presente pesquisa, o modelo virtual associado aos elementos físicos é descrito tridimensionalmente e sua volumetria – faces e vértices – é estabelecida por coordenadas georreferenciadas. Os objetos físicos, através de suas representações virtuais, passam a se comportar como um *hiperlink* no ato de apontar em sua direção.

# 1 INFORMAÇÃO, TECNOLOGIA E INTERAÇÃO

"We live in cities.  
Our fields are asphalt.  
Our stars are electric street lights.  
Our forests are high tension wires."

Hans Windisch, fotógrafo alemão especializado em panoramas urbanos, 1929.

A tecnologia impõe constantes transformações em nossa sociedade. Hoje somos testemunhas das rápidas e exponenciais mudanças que ocorrem em nossa cultura, um ritmo ditado pelos onipresentes - e ubíquos - computadores e pelas novas formas de interação e difusão da informação. A cultura digital, que permeia nossos hábitos e interfere na maneira que nos relacionamos, tem sua origem muito anterior ao desenvolvimento da microinformática e das telecomunicações. Antes dos computadores pessoais e da internet, na virada do século XIX para o XX, nossa sociedade passou a ser impulsionada por uma indústria em plena expansão e um mercado ávido por novos produtos.

## 1.1 Origem

A segunda Revolução Industrial é marcada pela melhoria das técnicas de produção. A evolução do setor químico, a substituição do vapor pela energia elétrica e a utilização de motores de combustão interna são exemplos dos avanços tecnológicos durante o período. Além do salto no volume de produção, esse período também pode ser caracterizado pelo aumento expressivo na quantidade de bens de consumo disponíveis, pela velocidade das redes de distribuição e, especialmente, pelo crescimento do mercado consumidor.

Nessa época surgiram nos Estados Unidos grandes indústrias, como a General Electric e a Singer, e corporações comerciais, como a Sears, Roebuck & Company, que já nos anos de 1890 enviavam seus catálogos de produtos a centenas de milhares de potenciais compradores. A expansão do consumo estabeleceu novos desafios, não só aos processos de produção, mas à logística de distribuição e armazenamento.

Os governos dos países industrializados seguiram a tendência das estruturas industriais e comerciais. Era importante classificar sua população e obter informações como filiação, ocupação e até mesmo suas opiniões sobre seus governantes. Eles funcionavam como empresas gigantes, gerindo seus fornecedores e clientes através de perfis e demandas.

Mais e mais dados eram gerados, organizados em formulários, tabelas, inventários e listas, armazenados em gavetas, estantes e arquivos. Uma solução para lidar com a massiva quantidade de dados foi desenvolvida por Hermann Hollerith, quando trabalhava para o censo americano de 1890. As informações de cartões perfurados, usados anteriormente na indústria têxtil e em instrumentos musicais, passaram a ser lidas e interpretadas por uma leitora elétrica (*electric tabulating machine*), dando início à era do processamento digital. Mais tarde, a empresa de Hollerith daria origem à International Business Machines, a IBM.

**Figura 1 - Cartões perfurados Série 600 IBM**



Fonte: IBM, 2013. <<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/punchcard/breakthroughs/>>

A computação digital resulta de diferentes áreas de conhecimento e fatores históricos acumulados nas décadas, e até mesmo séculos, que a antecederam. A mecanização computacional remonta às máquinas de somar do século XVII projetadas pelos cientistas Wilheimer Schickhardt e Blaise Pascal. A lógica matemática vem de pensadores como Gottfried Wilhelm Leibniz, que ainda no século XVII explorou a aritmética binária; George Boole, fundador da lógica da matemática moderna; e Claude Shannon, considerado o fundador da era digital, responsável por relacionar operações booleanas com comutação de circuitos. Posteriormente, o desenvolvimento das válvulas elétricas deu mais velocidade aos circuitos comutáveis.

Durante a Segunda Guerra Mundial as pesquisas na área foram intensificadas. O potencial bélico dos computadores era evidente, suas aplicações demandavam velocidade e grandes volumes de cálculo. Nessa época, Alan Turing, responsável pelo desenvolvimento da ciência da computação, formalizou o conceito de algoritmo - instruções em sequência para realização de uma tarefa. Em 1945 foi apresentado o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*), o primeiro computador eletrônico digital e reprogramável, que ocupava uma sala inteira com suas 17.468 válvulas.

Durante a Guerra Fria, os computadores desempenharam um importante papel nos sistemas de defesa. Pesquisas militares deram origem à primeira rede de computadores: o sistema SAGE (*Semi-Automated Ground Environment System*), utilizado para coordenar sistemas de radar contra os ataques soviéticos. Nessa mesma época também foram desenvolvidas tecnologias de componentes como memória, monitores e conversores analógico-digital. A informação binária deu origem aos computadores digitais, e através da digitalização de dados se tornou possível seu registro, processamento e armazenamento.

### 1.1.1 A era da informação

A sociedade baseada na informação emergiu definitivamente com os meios de comunicação em massa. No começo do século XX, o aprimoramento da imprensa, a criação do telefone e, posteriormente, do rádio foram fundamentais para reorganizar a sociedade industrial em torno da informação. As mídias de massa inundaram o cotidiano de mensagens. Imagens que cumpriam um papel meramente estético e ilustrativo se tornaram um elemento informativo autônomo e indispensável<sup>4</sup>. As informações, através das ondas de rádio e sinais elétricos, passaram a alcançar receptores e consumidores em diferentes lugares do mundo. Não mais restrita aos grandes centros urbanos, a difusão tecnológica chegou à população rural e estabeleceu-se como um dos fenômenos culturais mais importantes de nossa civilização. “As tecnologias de informação e comunicação (...) romperam com a contiguidade territorial para a construção de redes urbanas globais”<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> CASASÚS, 1979.

<sup>5</sup> DUARTE, 2010. pp.51-64.

Marshall McLuhan, teórico dos meios de comunicação, identificou na rede de comunicação emergente a capacidade de expansão dos sentidos humanos<sup>6</sup>. As “próteses técnicas” como o rádio e a televisão, atuam como extensões de nossas bocas, olhos e ouvidos, e o armazenamento da informação em fitas magnéticas representariam extensões de nossa memória. Nessa mesma época se popularizavam a produção de imagens e o registro de áudio e vídeo.

Embora abrangente, a comunicação se dava de forma unilateral. Poucos transmissores eram responsáveis pela divulgação da informação para muitos receptores, incapazes de interagir ou responder. A informação era passível de manipulação, distorções e censura.

### 1.1.2 A era digital

O lançamento dos primeiros computadores pessoais na década de 1970 foi um marco para a cultura digital. Grandes e caros, se popularizaram gradativamente nas décadas seguintes, especialmente por suas aplicações profissionais. Foi por volta dos anos 2000 que seu uso se consolidou e, com o crescente acesso à internet, os computadores passaram a figurar em grande parte dos lares, sendo utilizados por usuários de diferentes classes sociais e faixas etárias.

Integrando um número cada vez maior de usuários e dados, a internet estabeleceu um novo padrão para a comunicação de massa: um meio de comunicação em nível global, que interliga e estreita as relações econômicas, políticas e sociais. Em oposição à era da informação, direcionada ao consumo anônimo, a era digital privilegia as preferências individuais<sup>7</sup>. Cada usuário passa a atuar como um potencial gerador e propagador de conteúdo, estabelecendo uma interação multilateral, em tempo-real, sem interlocutores ou mediadores. Migramos da informação massiva e controlada para canais de comunicação horizontais e multipolares como blogs, podcasts e redes P2P. Desde então o conhecimento vem sendo digitalizado, ou virtualizado. Livros, documentos, imagens, músicas, mapas e bases biométricas são traduzidos em sequências binárias para que se tornem acessíveis, negociadas e copiadas remotamente.

---

<sup>6</sup> MCLUHAN, 1969.

<sup>7</sup> NEGROPONTE, 1995.

### 1.1.3 Era pós-digital<sup>8</sup>

Já nos meados da década de 2000 a tecnologia de informação e comunicação (ICT) passa por uma nova transformação. Alavancada pela miniaturização dos componentes eletrônicos e pela popularização das redes sem fio, a computação móvel ganhou os espaços físicos. Ainda que as redes de computadores promovam a virtualização de serviços e relacionamentos remotos, aspectos físicos como fluxos de deslocamento de pessoas e produtos são cada vez mais influenciados pelos processos virtuais. É no espaço urbano, utilizando computadores, telefones celulares e GPS, que é estabelecida a relação entre a realidade física e virtual.

A interação com o entorno não se estabelece exclusivamente através dos dispositivos móveis. Os chamados “objetos inteligentes” atuam como interfaces tangíveis (*TUI - tangible user interface*), disponibilizando informações para o usuário e coletando dados do ambiente para o sistema. São objetos de uso cotidiano como eletrodomésticos, carros e roupas, que, providos de microprocessadores e conectados a redes sem fio, compõem a “internet das coisas”.

## 1.2 O papel do designer

A evolução tecnológica é fruto de pesquisa em diversas áreas de conhecimento. Engenheiros se empenham no desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, programadores desenvolvem códigos e processos mais concisos e designers buscam o aprimoramento e adequação da interface entre máquinas, processos e usuários.

A tecnologia impacta e é impactada pela maneira que a usamos. Através dela, o antigo pensamento do design como “criação de coisas” deu lugar ao design como atividade projetual relacionada à sociedade. Klaus Krippendorf<sup>9</sup> traça o papel do designer na evolução tecnológica e social e identifica mudanças de paradigmas em sua atuação. No entanto, mudanças no pensamento e na atividade do designer não significam uma ruptura com o

---

<sup>8</sup> O termo pós-digital foi empregado para destacar uma fase pertencente à era digital, onde a estética e os processos se apresentam mais amadurecidos. O deslumbramento pelo meio digital virtualizado diminui, enquanto a tecnologia ganha contornos mais humanos e sociais.

<sup>9</sup> KRIPPENDORF, 2008, pp. 87-96.

modelo anterior, pelo contrário, os novos paradigmas assimilam os antigos em uma estrutura mais complexa, capaz de lidar com as questões projetuais emergentes.

Segundo o autor, o papel do designer até a era industrial era fundamentado nos aspectos tecnológicos do *produto* e sua reprodutibilidade. O design centrado no produto atuava sob critérios objetivos como funcionalidade, durabilidade, esforço, entre outros, sem levar em conta variedade cultural e social. O produto representa o primeiro paradigma do design.

Com a explosão das mídias de massa nos anos 1950, o enfoque passou a ser o consumidor. O paradigma mudava para os *bens, informações e identidades*, onde os produtos ganharam uma nova dimensão imaterial. Deixam de ser puramente objetos para se tornarem práticas sociais e símbolos culturais. O discurso visual ganha um papel determinante com os bens de consumo e as identidades corporativas.

As revoluções políticas, sociais e tecnológicas dos anos 1960 foram fundamentais para reavaliação das teorias do design. A partir dos anos 1970 e 80 a tecnologia digital foi novamente responsável por mudanças significativas, quando o aparecimento do computador pessoal apontou para o próximo paradigma. As *interfaces* introduziram novos questionamentos à prática projetual, demandando algo além do funcionalismo da era industrial, dos aspectos psicológicos e semióticos da comunicação em massa. Até então presentes em objetos como relógios, aparelhos de rádio e painéis de veículos, as interfaces passam a incorporar sequências interativas do objeto e a reprojabilidade dos sistemas, tornando-se conhecidas como interface gráfica (GUI – Graphic User Interface) ou interação homem-computador (HCI – Human-Computer Interaction). A reprojabilidade atribui também aos usuários a responsabilidade projetual e confere ao objeto a capacidade de ser co-constituível, o que reduz a distância entre o designer e seu beneficiário. Mais do que nunca, o usuário é o elemento central do projeto, seus interesses e sua possibilidade de interação são determinantes para a concepção do produto.

Nos anos 1990 foram somadas a todas essas condições projetuais, as redes de multi-usuários, o quarto paradigma identificado por Krippendorff. Elas conferem a livre colaboração entre indivíduos, sem que com isso sejam obrigados a compartilhar metas ou pontos de vista. A internet popularizou sistemas colaborativos e foi responsável pela popularização dos computadores. Os novos sistemas deveriam contemplar a participação de usuários distintos, com diferentes graus de conhecimento, por meio de uma interface comum.

O designer passa a lidar com questões inerentes ao próprio design. Migrou da cultura científica para a cultura projetual, com características mais humanas e sociais. Não se

restringe ao desenho de formas esteticamente agradáveis e funcionais, é necessário pensar na interação do objeto em suas diferentes aplicações.

Com a computação pervasiva, os designers incorporam processos informacionais aos objetos. Não mais restrita às questões meramente funcionais, a atuação do designer engloba cada vez mais a conceituação, adequação, comunicação e os aspectos sensíveis da relação do produto com o usuário e seu ambiente.

A interação ambiental, que tem como princípio a ubiquidade e a incorporação tecnológica, representa um novo e importante paradigma de projeto. Assim como a popularização das telas foi um desafio para os designers nas primeiras interfaces gráficas, a popularização da interação digital sem tela configura um novo desafio. Passamos a projetar não só produtos ou interface, mas experiências<sup>10</sup>. Na era pós-digital, vislumbrada por Nicholas Negroponte ainda em 1984, “ser digital será notado apenas por sua ausência, não a sua presença”<sup>11</sup>. Nela a tecnologia é assimilada a tal ponto que a percepção se volta para seus aspectos menos funcionais. A ubiquidade, prevista por Mark Weiser, e o crescimento da computação física revelam que entramos - ou estamos muito próximos de entrar - nesse novo período, onde os processos computacionais, embora cada vez mais prementes em nossas vidas, deixam de ser o foco das atenções projetuais. A tecnologia calma, ou sutil, passa integrar nosso entorno e atribuir a ele novos significados.

**Figura 2 – Relação entre a informação digital e o design**



Fonte: O autor, 2014.

<sup>10</sup> KUANG, 2013.

<sup>11</sup> NEGROPONTE, 1998.

### 1.2.1 Design e interação

O desenvolvimento de interfaces de interação se tornou uma das áreas mais importantes e ativas do design contemporâneo, da tecnologia e das ciências cognitivas, cabendo a seus profissionais pensar na adequação dessa tecnologia aplicada ao uso cotidiano. Gillian Crampton Smith identifica a relevância do design de interação e seu impacto em nosso dia-a-dia, assim como acontece com o design de produto:

“Da mesma forma que designers de produto definiram nosso estilo de vida através do projeto dos produtos presentes em nossas casas e escritórios, o design de interação está definindo nossa vida com a tecnologia de interação - computadores, telecomunicação, telefonia móvel, entre outros.”<sup>12</sup>

No entanto, a associação da forma dos objetos e suas funções não se mostra tão relevante no design de interação, como é característico no design de produto. Computadores com dimensões, cores e acabamentos similares passaram a executar funções distintas, onde forma não é necessariamente um indicativo de sua função. Nesse cenário, coube às interfaces reestabelecer a relação semântica entre a máquina e o usuário. O formalismo da forma e função foi deixado de lado pelas interfaces, valorizando a relação entre função e o significado<sup>13</sup>.

Projetar é tomar uma série de decisões que moldam a experiência do usuário, que não limitam à estética. Muitas delas estão relacionadas à forma de funcionamento do produto, “o design não só cria coisas bonitas, mas as faz funcionar”.<sup>14</sup> O design hoje projeta experiências não obrigatoriamente centradas em objetos físicos, mas na informação que nos cerca.

### 1.2.2 Interações com o ambiente

Em uma era marcada pela informação mediada, a vida cotidiana é dominada por um constante consumo e produção de imagens, gráficos e informações. Passamos por uma revolução cognitiva na qual, para lidar com o excesso de informação, podemos simplesmente

---

<sup>12</sup> SMITH, 2002. Op. cit.

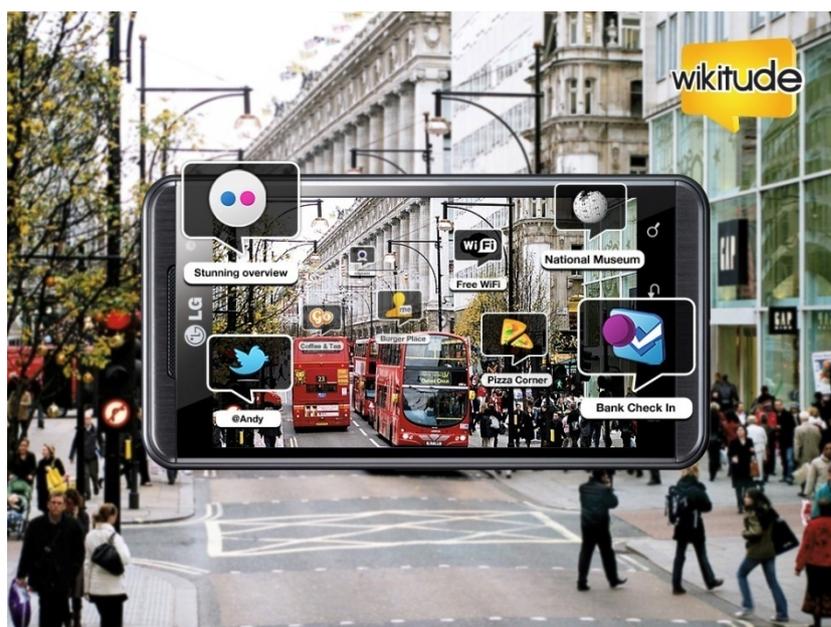
<sup>13</sup> ANTONELLI, 2012. p.9

<sup>14</sup> DADISH, 2013. p.124

ignorá-la ou utilizar mais informação para indexá-la, catalogá-la e torná-la gerenciável e acessível<sup>15</sup>, através de novos meios digitais. O entorno, em si já repleto de informação, se satura ainda mais de informação virtualizada, indexada e atribuída a seus elementos físicos. São estímulos de diversas naturezas, que se apresentam em diferentes formatos e escalas. Subjetiva e transitória, a percepção do espaço está intimamente relacionada à vivência e à presença física do observador e se dá por aspectos térmicos, táteis, sonoros e, sobretudo, visuais<sup>16</sup>.

O processo de interação destina-se à redução das tarefas cognitivas e interpretativas, tornando-as parte do nosso dia-a-dia. Projetar interfaces intuitivas significa minimizar os esforços conscientes do usuário para executar uma determinada tarefa. Ao internalizá-las não é preciso mais “pensar” nelas. Ao dirigir um carro, por exemplo, a incorporação e a redução das tarefas conscientes tornam a experiência mais prazerosa.

Figura 3 – Interface do aplicativo Wikitude



Fonte: Wikitude, 2012. <<http://www.wikitude.com/>>

A interação com a informação digital atribuída ao espaço físico, no entanto, ainda se interpõe à nossa percepção do entorno. Nos aplicativos de realidade aumentada móvel a tecnologia interfere na nossa percepção, seja por utilizar telas ou demandar um novo repertório de signos sobrepostos ao ambiente. Deixamos de nos relacionar diretamente com o entorno para nos relacionarmos com uma imagem planejada em uma tela. Em aplicativos de

<sup>15</sup> McCULLOUGH, 2013. p.29

<sup>16</sup> HALL, E. 2005. p.79

realidade aumentada como o Wikitude (figura 3) a experiência interativa é esvaziada ao restringir o campo de visão à dimensão do dispositivo e ao reduzir recursos óticos, como a paralaxe, a escala dos objetos e a profundidade de campo<sup>17</sup>. Nos óculos e capacetes utilizados na realidade virtual e aumentada (*head-mounted displays*), assim como o Google Glass (figura 4), o aparato tecnológico é inconveniente para utilização cotidiana.

Figura 4 – Google Glass



Fonte: DPA/AFP/Getty Images, 2013.

Diante desse cenário, a necessidade de explorar e propor novas formas de interação e interface é evidente. A informação deve ser imperceptível por sua adequação ao entorno, e não pela sua saturação ou onipresença. Para criar soluções cada vez mais utilizáveis no dia-a-dia é preciso reduzir sua carga cognitiva, tornando a tecnologia mais intuitiva e menos intrusiva<sup>18</sup>. Dessa forma, nossa percepção deve se basear mais em solicitações pontuais e objetivas do que na difusão incessante e generalizada<sup>19</sup>.

A presente pesquisa tem como proposta o desenvolvimento de uma interface capaz de interagir com os elementos do espaço físico, sem que a tecnologia, útil e necessária, se sobreponha à experiência do usuário com o entorno.

---

<sup>17</sup> BOLAS, 2012.

<sup>18</sup> McCULLOUGH, 2013, Op. cit.

<sup>19</sup> McCULLOUGH, 2006. "(...) *the experience of 'media and the city' is less one of the broadcast push, and more diversely one of pull: messaging, searching, meeting and tagging*"

## 2 AMBIENTE E REPRESENTAÇÃO

### 2.1 Espaços, objetos e fluxos

Ambiente é o espaço que nos envolve: aberto ou saturado, natural ou construído, deserto ou densamente povoado. A apropriação de um espaço pelo indivíduo ou um grupo deles o caracteriza como um território. Essa demarcação se estabelece na relação dos indivíduos com o espaço e no espaço, através da caracterização de sua ocupação, de seus eventos e organizações políticas e sociais.

O espaço urbano é a mais complexa expressão de território. Delimitadas não só por fronteiras geopolíticas, mas por sua arquitetura, as cidades são palco de acontecimentos e eventos coletivos, direta ou indiretamente associados. Esses eventos criam redes de relações que se apresentam como novos espaços sobrepostos, sem fronteiras ou dimensões definidas. O território físico essencialmente homogêneo, mensurável e contínuo passa a ser redefinido por fluxos de informação e reconfigurado pela virtualização das relações sociais. No entanto, contrariando as previsões que defendiam que a virtualização criaria um espaço autônomo e distinto, o ambiente físico continua oferecendo referências ao espaço virtual. Os novos territórios virtuais estão inevitavelmente ancorados a eventos e práticas de nosso cotidiano.

Na construção do nosso entorno não só delimitamos o espaço, mas criamos “coisas”. Vivemos cercados por objetos de diferentes naturezas com características físicas e propriedades como peso, dimensões, cor, acabamento e composição, que os descrevem e os distinguem entre tantos outros. Eles ocupam um espaço físico e assim são identificáveis por sua localização e posicionamento no espaço. Podem ser blocos maciços ou compostos por partes ou peças, que, relacionadas a seu conjunto, se configuram como novos objetos, com características e funcionalidades próprias. Objetos podem ser produtos seriados - expostos em uma prateleira de mercado - ou únicos, como uma pintura renascentista ou mesmo uma falsificação dela. Por mais fiel que seja a cópia de uma pintura ou por mais preciso que seja o processo de produção de um produto, cada objeto leva consigo traços próprios que o diferencia dos demais.

Além de seus aspectos físicos, as “coisas” possuem informações invisíveis e intangíveis, complementares às suas características materiais, que contribuem na expressão de sua

individualidade. Os objetos têm histórias, informações atribuídas a ele desde o momento de sua criação, ou valores, associados a eles no decorrer de sua existência. Os prédios, por exemplo, não se definem exclusivamente pelo desenho de suas paredes, mas pelas atividades sociais que comportam.

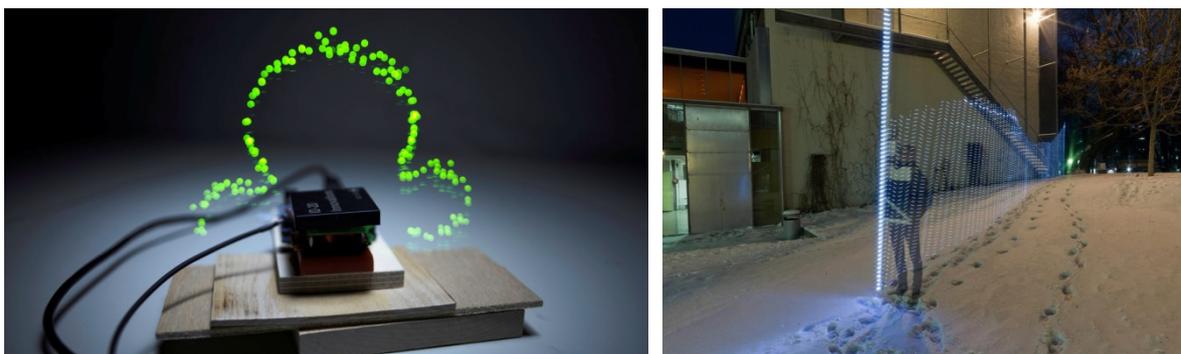
A constituição dos territórios informacionais não se dá exclusivamente pelo espaço físico e objetos, mas, especialmente, por pessoas e seus hábitos. O “*Big data*”, fenômeno marcante dos últimos anos da tecnologia, se traduz na capacidade de extrair, armazenar e processar grandes volumes de informações cotidianas de pessoas, máquinas, fluxos e processos. Tema que suscita grandes preocupações no que diz respeito à privacidade e segurança. Inerente às tecnologias digitais, o potencial monitoramento, vigilância e controle sobre os indivíduos e seus movimentos no espaço urbano se configura como o revés da computação pervasiva.

O telefone celular, um dos principais meios de coleta de informações individuais, é o objeto mais emblemático dessa era. Inicialmente restrito às operações de um telefone, aos poucos foi integrando funções de outros objetos até então indispensáveis como o relógio, a máquina fotográfica, a agenda eletrônica e, mais recentemente, o computador pessoal e sua capacidade de processamento e conectividade. O aparelho, provido de sensores e capaz de se conectar a redes, é responsável pela popularização da computação pervasiva.

No uso cotidiano da tecnologia, a relevância dos objetos tangíveis vem sendo deslocada para aspectos intangíveis, como redes sem fio, campos magnéticos e a própria informação. Mesmo os mais avançados *smartphones* dependem da qualidade de sinal e conexão em redes de informação para funcionar. São novas dimensões do espaço físico que evidenciam a complexidade de estruturas que compõem nosso ambiente.

Assim como campos magnéticos podem ser mapeados e contextualizados com o ambiente, eventos históricos são situados e associados a lugares. Se a informação é um registro pontual de um acontecimento ou um evento elementar, o fluxo é a sucessão de eventos voláteis e efêmeros que ocorrem no tempo. A capacidade de registrar tais acontecimentos torna possível identificar e traçar rotas, compreender fluxos de informação e, por comparação, distinguir as estruturas estáticas dos elementos dinâmicos e pontuais.

**Figura 5 - Touch (2006-2010) e Immaterials: Light painting Wi-fi (2011) - Timo Arnall**



Fonte: Elastic Space, 2013. <<http://www.elasticspace.com/>>

Essas complexas estruturas que se sobrepõem e se relacionam continuamente no espaço e no tempo<sup>20</sup> são matéria prima de artistas como David Rokerby<sup>21</sup> e Timo Arnall<sup>22</sup>. Na obra “Touch” (figura 5) Timo Arnall utiliza sensores e LED para tornar visíveis campos de radiofrequência e revelar a intensidade de sinais de redes sem fio. David Rokerby em sua série “Watch” (figura 6) explora registros de câmeras de segurança para destacar as estruturas estáticas, como ruas, prédios e mobiliários urbanos, das estruturas em movimento, como pessoas e veículos.

**Figura 6 - Watch at Kunsthaus Graz (2003) - David Rokerby**



Fonte: David Rokerby, 2012. <<http://www.davidrokeby.com/watch.html>>

Utilizando diferentes mídias eletrônicas, os dois artistas desenvolvem um trabalho de cartografia, isolando, delineando e representando graficamente diferentes aspectos que compõem nosso ambiente e ecossistema.

<sup>20</sup> O termo “contínuo” foi utilizado como alternativa para a palavra *seamless*, um termo recorrente na bibliografia sobre computação ubíqua, que na tradução literal significa “sem emendas”.

<sup>21</sup> <http://www.davidrokeby.com/watch.html>

<sup>22</sup> <http://www.elasticspace.com>

## 2.2 Mapas e representações

“O mundo é complexo, dinâmico e multidimensional; o papel é estático e plano. Como representar o rico mundo visual da experiência e da medição em um mero plano?”<sup>23</sup>

Desde o início das civilizações os mapas representam os limites do mundo, estabelecendo rotas e marcos da nossa sociedade. Eles impulsionaram a exploração de novos territórios, registraram conquistas, novas fronteiras de conhecimento e nos tornaram mais conscientes de nosso ambiente. Seus primeiros registros, que antecedem e muito a história escrita, indicavam rios, montanhas, povoados e até astros celestes.

Não restritos à mera descrição do espaço, os mapas também agem e impõem estruturas para o mundo<sup>24</sup>. Cidades planejadas, que utilizam estruturas de grade (*grid*) na ocupação urbana, foram idealizadas e herdaram suas formas de desenhos técnicos em sua etapa projetual.

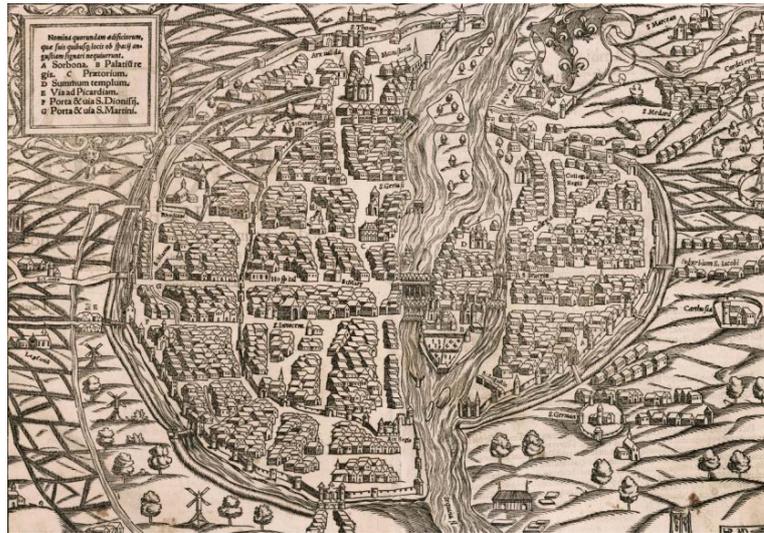
O espaço físico é descrito por características quantitativas (medição) e qualitativas (experiência). Através delas, tendendo mais para um lado ou para outro, os mapas são capazes de retratar o espaço, impondo visões específicas do mundo para propósitos específicos. Até o período renascentista, os mapas tinham como finalidade representar as cidades através da relação entre seus principais marcos e monumentos. Abrindo mão da precisão geométrica, as características reconhecíveis da paisagem eram retratadas de forma hierárquica, sem necessariamente levar em consideração suas escalas (figura 7).

---

<sup>23</sup> TUFTE, 1990.

<sup>24</sup> TREIB, 1980, pp. 3-32

**Figura 7 - Mapa de Paris. Sebastian Munster, 1550**



Fonte: Wikipedia, 2013. <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plan\\_de\\_Paris\\_vers\\_1550-2.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plan_de_Paris_vers_1550-2.jpg)>

Foi partir do século XVII e XVIII, com o aprimoramento das técnicas gráficas, que o traçado e as relações espaciais foram valorizados. O entendimento da malha urbana e suas proporções era estratégico para o planejamento e uma ferramenta importante para sua gestão (figura 8).

**Figura 8 - Mapa de Paris (Turgot). Louis Bretez, 1734-1736.**

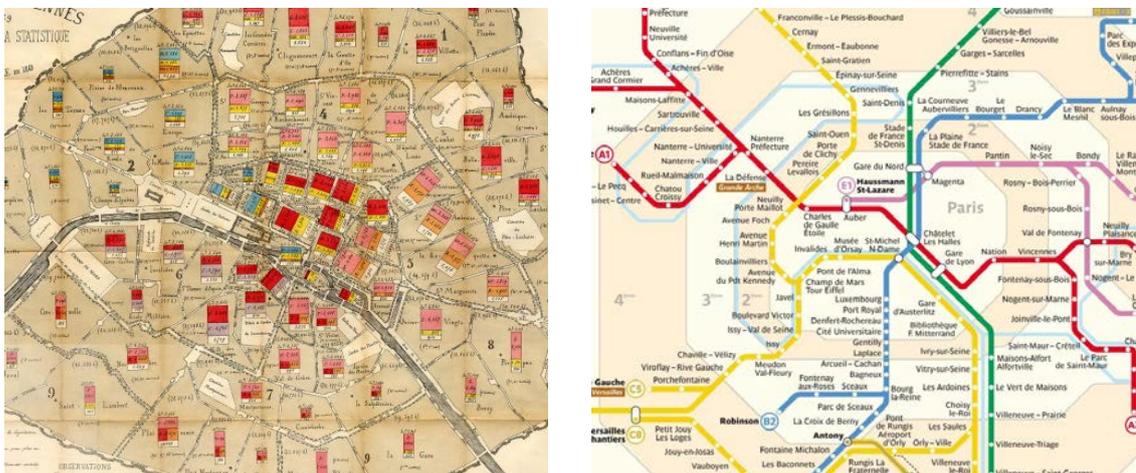


Fonte: Wikipedia, 2013. <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turgot\\_map\\_Paris\\_KU\\_11.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turgot_map_Paris_KU_11.jpg)>

Com os sistemas urbanos se tornando extremamente detalhados e intrincados, os mapas não conseguiam contemplar toda a sua complexidade. Foi a partir do século XIX que eles

passaram a traduzir as cidades a partir de aspectos específicos, de caráter natural e social<sup>25</sup>. No sentido inverso da tendência da representação realística, os mapas se liberaram das restritivas relações de distância e escala e ganharam novos elementos gráficos (figura 9). Essa forma de cartografia indica uma nova maneira de ver e perceber a cidade. “O mapa não é capaz de revelar de uma vez todas as informações sobre o território, do contrário não seria um mapa, mas o próprio território”<sup>26</sup>, por isso utiliza-se o recurso de exagerar ou atenuar aspectos para revelar a informação desejada. Se os territórios se estabelecem na relação entre o espaço físico e os eventos, o mapa representa registro, mesmo que seletivo, desses inúmeros eventos que definem o território.

Figuras 9 - Mapa estatístico das eleições parisienses, 1869. / Mapa metrô de Paris, 2013.



Fonte: Wikipedia, 2013 / RAPT, 2013. <<http://www.ratp.fr/>>

As cidades, assim como os mapas, são resultado da coexistência de eventos e experiências individuais, uma sobreposição de cenários distintos para diferentes pessoas e realidades. Hoje as interfaces e os sistemas digitais permitem evidenciar informações específicas, adequando seu uso às necessidades de cada indivíduo.

### 2.3 Mapas digitais

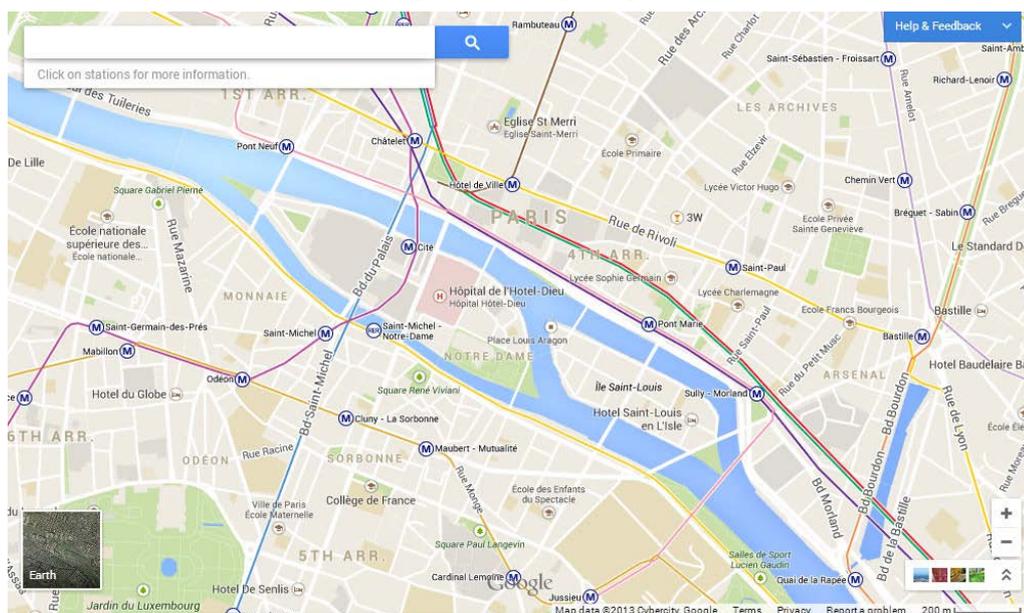
<sup>25</sup> PICON, 2003. pp. 135-149.

<sup>26</sup> HALL, P. 2011.

O escritor argentino Jorge Luis Borges, em seu conto “O rigor da ciência”, apresenta a relação extrema entre mapa e território ao descrever os esforços de cartógrafos em produzir um mapa tão fiel a ponto de contemplar os mínimos detalhes de um reino. É então criado um mapa em escala natural, onde cada metro da cidade é cuidadosamente representado pela mesma escala no mapa, ocupando as mesmas dimensões físicas da área representada. Apesar dos esforços, o mapa acaba se tornando obsoleto e é abandonado.

O conto ilustra a dificuldade do registro e manutenção da informação, dado um cenário tão complexo e dinâmico. No entanto, a digitalização dos mapas, ou ainda, a capacidade de manutenção colaborativa da informação geolocativa, tornou possível a ampla representação dos dados atribuídos ao espaço físico. O mapa ganhou diferentes escalas, bases de informação, formas de referenciamento e representação (figura 10).

Figura 10 – Google Maps



Fonte: O autor, baseado no Google Maps, 2013. < <https://www.google.com/maps/>>

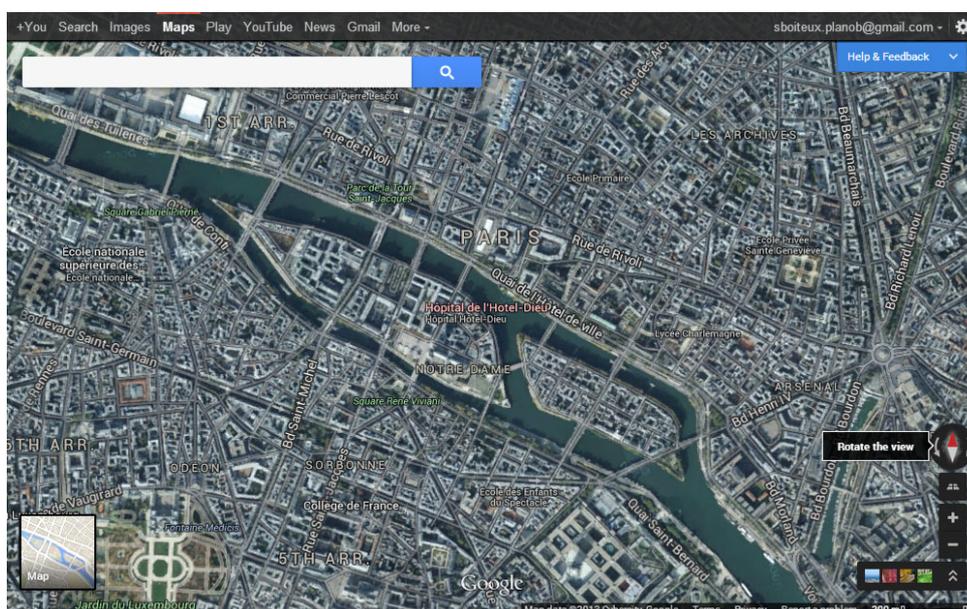
Destacar uma informação pressupõe que as demais sejam atenuadas. Comum a todos os mapas, o caráter seletivo no processo digital deixou de existir em sua construção para atuar somente na etapa da visualização. Ao utilizar diferentes camadas, as informações podem ser filtradas por interesses individuais ou coletivos, compartilhadas e utilizadas por outros sistemas locativos.

Os mapas digitais se baseiam em um grupo de imagens de satélite (*imagery*) carregadas de acordo com a posição e a escala do mapa. O Google Maps, por exemplo, disponibiliza mais de 20 petabytes em arquivos de imagem (figura 11). Ainda mais importante que a

representação gráfica, os dados georreferenciados ou metadados que povoam os mapas, são constituídos por diferentes fontes de informação, desde bases de dados governamentais à utilização de redes sociais.

Hoje, diferentes conteúdos georreferenciados são relacionados e disponibilizados em sites como o Google Maps<sup>27</sup>, Apple Maps<sup>28</sup>, Bing Maps<sup>29</sup> (Microsoft), Here<sup>30</sup> (Nokia) e o OpenStreetMap. São empresas que competem entre si por informações mais completas, por interfaces mais amigáveis e, sobretudo, por usuários mais fiéis.

Figura 11 – Google Maps com imagens de satélite



Fonte: O autor, baseado no Google Maps, 2013. < <https://www.google.com/maps/>>

Com o crescente número de aparelhos de GPS e *smartphones*, a informação georreferenciada se tornou um serviço lucrativo e cobiçado. Estima-se que o Google gaste anualmente um bilhão de dólares na manutenção de seus mapas, sem levar em conta os valores gastos em aquisições de outras empresas, que desenvolvem projetos paralelos no mesmo ramo. A tendência de incorporação de serviços de geolocalização é seguida por empresas concorrentes, como a Nokia e a Apple, na corrida para se tornarem “fontes absolutas” das informações referentes ao espaço físico. A preocupação com a centralização desse tipo de dados por algumas empresas é que estas podem filtrar e disponibilizar a informação de acordo com regras internas, nem sempre transparentes ao usuário. Também

<sup>27</sup> <http://maps.google.com>

<sup>28</sup> <http://www.apple.com/ios/maps>

<sup>29</sup> <http://www.bing.com/maps>

<sup>30</sup> <http://here.com>

inerente ao meio digital, qualquer busca ou simples utilização de seus serviços gera históricos e perfis de uso para as empresas provedoras.

Como alternativa para a informação e serviços fornecidos por empresas com fins lucrativos, foi criado por Steve Coast em 2004 o OpenStreetMap. O projeto consiste em uma base *opendata* similar ao Wikipedia<sup>31</sup>, onde a informação é livremente acessada e seus usuários podem contribuir com a base adicionando e editando diretamente seus dados.

É identificada a crescente participação voluntária de indivíduos na criação, associação e disseminação de dados geográficos, tendência conhecida como VGI (*voluntary geographic information*). O processo se dá não somente de forma passiva através de arquivos publicados em redes sociais, mas também através de sites como o Wikimapia e o próprio OpenStreetMap. Mesmo sem a precisão de ferramentas profissionais e a questionável credibilidade das informações disponíveis, o trabalho voluntário e colaborativo se mostra extremamente relevante por sua dinâmica e abrangência. Assim como em outras bases abertas e colaborativas, o fenômeno do mapeamento voluntário individual ganha proporções globais e indiscutível relevância.

### 2.3.1 Novos espaços e dimensões

Através das interfaces é possível ampliar ou reduzir a comunicação para a escala humana e assim mediar a relação entre indivíduos, sistemas e infraestruturas como cidades, serviços públicos e territoriais, redes metafísicas e mundos virtuais<sup>32</sup>. Não mais limitada a uma escala fixa ou à distinção entre espaços externos e internos, a diferença entre o mapa de uma cidade ou a planta de um prédio deixa de existir. Hoje, com a tecnologia digital, é possível alterar escala dos mapas através de uma simples interação. Pode-se passar rapidamente da visualização de países para a sessão de eletrodomésticos em uma loja de departamentos. Aspectos globais e individuais se nivelam e passam a ser apresentados de forma contínua e ininterrupta. Elementos como fronteiras, rios e estradas são descritos da mesma maneira que paredes, portas, janelas e escadas em um mesmo mapa. A alternância entre a imagem de satélite e a visão esquemática de construções é feita sem esforço. Assim

---

<sup>31</sup> <http://en.wikipedia.org>

<sup>32</sup> ANTONELLI, 2011. p.9

como um fractal, a informação se repete como um padrão, independente da escala do seu correspondente físico.

A partir dessa premissa, os mapas passaram a contemplar não só vias públicas, mas o interior de prédios como centros comerciais, aeroportos, museus e galerias (figura 12). O mapeamento do espaço interno é utilizado para fins de navegação e também em cálculos que definem rotas de segurança e dimensionam saídas de emergência.

**Figura 12 – Google Maps<sup>33</sup> / OpenStreetMap<sup>34</sup> para aplicação indoor**



Fonte: Google Maps, 2013. < <https://www.google.com/maps/>> IndoorOSM, 2013. <<http://indoorosm.uni-hd.de/>>

Não limitados à segunda dimensão, os mapas se apropriam da capacidade de representação do espaço tridimensional. Informações relativas à altitude de terrenos, altura de prédios e modelos complexos são visualizados e disponibilizados em interfaces capazes de representar a tridimensionalidade (figura 13). Os recursos digitais de representação constroem uma versão virtual do nosso mundo físico, na qual é possível identificar aspectos visuais e utilizá-los como base para visualização de geodados. Todos os elementos que compõem nosso mundo físico, sejam lagos, árvores, construções ou eventos, uma vez representados e situados geograficamente, se tornam relacionáveis através de uma mesma interface.

<sup>33</sup> <http://maps.google.com/help/maps/indoormaps>

<sup>34</sup> <http://indoorosm.uni-hd.de>

**Figura 13 – Volumetria nos mapas Google / Bing / Here**



Fonte: Google, 2014. < <https://www.google.com/maps/>>  
 Microsoft Bing, 2014. < <http://www.bing.com/maps/>> Here, 2014. < <http://here.com/>>

Além da visualização tridimensional, interfaces como o Google Earth também possibilitam a navegação temporal dos mapas, atribuindo uma quarta dimensão à informação retratada. O recurso ajuda a identificar nas imagens capturadas em diferentes épocas o impacto das variações climáticas e a intervenção do homem, além de permitir a criação de animações para representar a mobilidade da informação<sup>35</sup>.

## 2.4 Realidade Virtual

*“Virtual reality can be a map but not a territory” Mark Weiser (1991)*

Seja projetado para fins métricos ou cognitivos, desenhado em papel ou utilizando complexas interfaces gráficas, o mapa é responsável por comunicar as relações espaciais, seja de um espaço existente ou virtual. Os mapas estabelecem a relação entre o objeto e sua representação, traduzindo os aspectos físicos e geográficos deste objeto e preservando equivalência em sua representação.

Presente na relação entre o mapa e o território, o conceito de virtualidade antecede, e muito, qualquer sistema computacional. Ele está presente em reflexos de espelhos, em *trompe-l'oeils* nas igrejas barrocas e nas imagens da televisão. Entre outras definições, virtualidade é a simulação ou abstração através da representação ou extensão de uma realidade<sup>36</sup>. Para Pierre Lévy "o virtual não se opõe ao real, mas sim ao atual."<sup>37</sup>.

<sup>35</sup> <https://developers.google.com/kml/documentation/time>

<sup>36</sup> JOLI, 1996.

<sup>37</sup> LÉVY, 1996.

Para Baudrillard, virtual é algo que “não existe como realidade, mas sim como potência”<sup>38</sup>, o que relaciona o ato de projetar à virtualidade. Arquitetos e designers utilizam desenhos bidimensionais e modelos virtuais para antecipar o projeto a ser construído. Através dessas representações, estabelecem uma relação entre o ato projetual e a materialização daquela ideia. No sentido contrário, a desmaterialização do processo de virtualização é apresentada na obra de Denise Agassi (figura 14). No entanto, a dualidade entre o virtual e o real ressaltada na obra evidencia a estrita relação entre esses dois mundos.

**Figura 14 - Denise Agassi<sup>39</sup> - Vista On Vista Off I (Série Monumentos – Cristo Redentor)**



Fonte: Denise Agassi, 2012. <<http://deniseagassi.wordpress.com> >

#### 2.4.1 Virtualidade e interação

A virtualidade ganhou novos contornos com a computação gráfica. A mídia eletrônica acrescentou uma nova potencialidade para a imagem virtual: a interação. A capacidade de atuar nesse ambiente digital aumentou seu caráter imersivo: “a realidade aumentada combina o mundo virtual e o real, é uma experiência interativa e em tempo real, e é representada espacialmente.”<sup>40</sup>

Em 1994, Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi e Fumio Kishino estabeleceram uma escala para classificar a experiência de realidade virtual. O Continuum Realidade-Virtualidade foi o modelo empregado para descrever a escala de variações entre os ambientes puramente reais até os ambientes puramente virtuais (figura 15). Sua gradação foi estabelecida de acordo com a fidelidade de reprodução, com a qualidade da experiência de

<sup>38</sup> PARENTE, 1996.

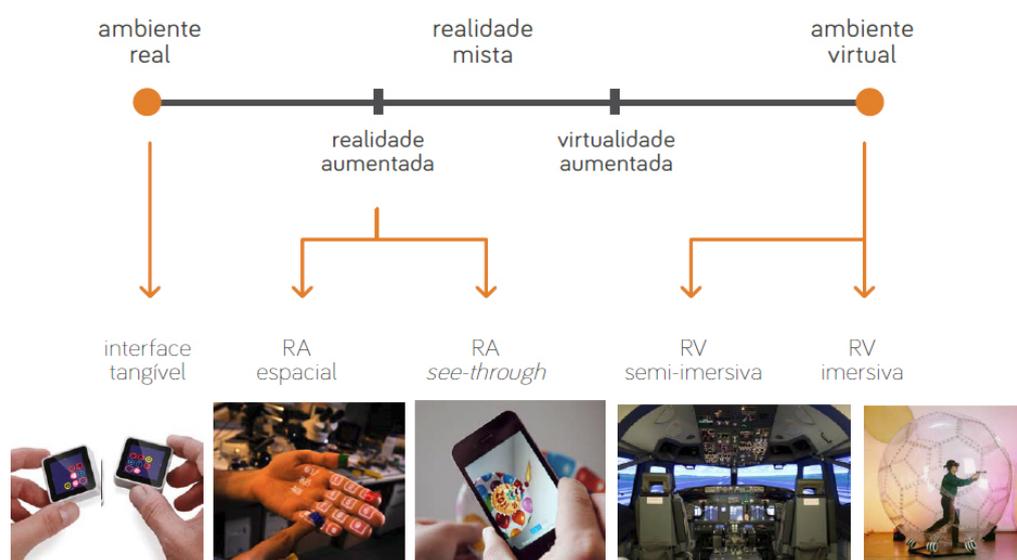
<sup>39</sup> <http://deniseagassi.wordpress.com>

<sup>40</sup> AZUMA, 1997.

imersão e, especialmente, com a relação entre a utilização de elementos reais e virtuais na cena. Esses três eixos qualificam e estabelecem parâmetros para avaliação dos ambientes de interação.

Entre os dois extremos do continuum se encontram a Realidade Aumentada (*Augmented reality*), mais próxima ao ambiente real; e a Virtualidade Aumentada (*Augmented Virtuality*), mais próxima ao ambiente virtual. O termo Realidade Mista foi estabelecido para definir esses ambientes que, em diferentes proporções, mesclam elementos do ambiente físico e virtual.

**Figura 15 - Continuum Realidade-Virtualidade**

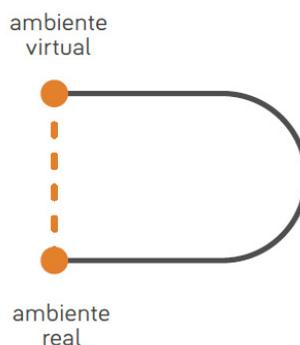


Fonte: O autor, 2013.

Promovida pelos avanços técnicos de representação e interação, o enfoque na realidade virtual como ambiente inteiramente sintético gerado por computador foi sendo direcionado para o ambiente físico. O paradigma da realidade mista, especialmente a realidade aumentada, busca a integração e a coexistência desses dois espaços, o real e o virtual.

A pesquisa com a realidade mista ganhou novo fôlego com o avanço dos dispositivos móveis e das redes de computação ubíqua, estabelecendo uma nova relação com a informação. O georreferenciamento permitiu que sistemas se tornassem mais inteligentes e mais precisos. Os dados passaram a “pertencer” a lugares e a relação entre mapa e território ganhou novos termos com a computação pervasiva.

**Figura 16 – Inter-relação entre o ambiente físico e virtual**



Fonte: O autor, 2013.

O ambiente físico e o virtual deixaram de figurar pontos extremos no continuum de virtualidade para se relacionarem diretamente e se influenciar mutuamente (figura 16). Na escala urbana, a realidade aumentada representa o “aumento” do espaço físico por intermédio do conteúdo digital. O ciberespaço migrou para a computação pervasiva, onde os usuários deixaram de se colocar diante do computador ou imersos em ambientes controlados de realidade virtual para se relacionarem com o mundo real. São mundos análogos e correspondentes, que se influenciam mutuamente, estabelecendo uma realidade híbrida.

## 2.5 Espaços híbridos

Há pouco mais de 15 anos, o impacto das tecnologias digitais começou a fazer parte das especulações sobre o futuro das cidades. O espaço urbano permeado por pessoas, redes, eventos, fluxos e traduzido por informações digitais é identificado e descrito por autores como William J. Mitchell (*Recombinant Architecture*), Lev Manovich (*Cellspaces*), Manuel Castells (Espaço de fluxos) e os brasileiros Rodrigo Firmino e Fábio Duarte (Cidade infiltrada), Lucia Santaella (Espaço intersticial) e André Lemos (Territórios informacionais). Firmino e Duarte utilizam o conceito de *Cidade Infiltrada* para descrever essa relação comum aos autores listados:

“São as relações intangíveis entre o espaço concreto e o espaço informacional que constituem a realidade ampliada. Esta ampliação está sempre pautada pelo fenômeno de incorporação crescente e imperceptível das tecnologias da informação e comunicação (ICTs) em vários sistemas e estruturas da vida urbana. É uma realidade

híbrida, infiltrada por tecnologias que ampliam nossas capacidades comunicativas e interativas, sem darmos conta das proporções dessa infiltração.”<sup>41</sup>

Para Lemos o *Território Informacional* indica áreas de controle do fluxo informacional digital entre o ciberespaço e o espaço urbano: “não é o ciberespaço, mas o espaço movente, híbrido, formado pela relação entre o espaço eletrônico e o espaço físico”<sup>42</sup>, são lugares definidos pela “complexidade de dimensões físicas, simbólicas, econômicas, políticas, aliados a bancos de dados eletrônicos (...), ativados a partir da localização e da movimentação do usuário”<sup>43</sup>.

O espaço urbano sofreu o impacto da cultura digital, as cidades foram redefinidas e novas estruturas sociais, mais amplas e abrangentes, se constituíram, ao contrário das previsões de que a virtualização dos serviços e de redes sociais esvaziariam as relações físicas. Ainda em 1995, William J. Mitchel em seu livro “City of Bits: Space, Place, and the Infobahn” sugere que vida nos centros urbanos se favoreceria das transações digitais e se tornaria mais cadenciada e pacífica. No entanto, como sabemos, a circulação física cresceu na mesma intensidade da troca de dados nas redes de computador. Mesmo com a virtualização de serviços, a demanda pela adequação das estruturas físicas se fez necessária para acompanhar essa tendência. A descentralização da população para áreas além dos centros urbanos também foi associada ao crescimento da cultura digital. Embora o atual estágio tecnológico viabilize estruturas políticas e econômicas à distância, através de vídeo conferências e serviços remotos, vemos na prática o agrupamento de pessoas e a criação de novos centros urbanos em função de novas tecnologias, iconicamente representado pelo Vale do Silício (Estados Unidos) e presente em diversas outras cidades do mundo, como Munique, Seul, Tel Aviv, entre outras.

### **“Atoms are bits” / “Data has weight”**

Nicholas Negroponte<sup>44</sup>, um dos fundadores do Media Lab no MIT, afirma em seu livro “Vida digital” de 1995 que “átomos são bits”. No processo de digitalização, ou virtualização, a natureza física constituída de átomos é “transformada” em outra natureza: a natureza digital. As folhas de um livro e até mesmo as pinturas penduradas nas paredes perdem sua existência

---

<sup>41</sup> FIRMINO, 2008.

<sup>42</sup> LEMOS, 2008. pp. 207-30

<sup>43</sup> LEMOS, 2010. p.162

<sup>44</sup> NEGROPONTE, 1995.

absoluta, para se transformarem em referências, através da mídia digital. A informação como um todo se torna acessível, manipulável e multidirecional.

Jer Thorp<sup>45</sup>, diretor de infográficos do New York Times, em sua palestra “*The Weight of Data*” em 2010 afirmou que “dados têm ‘peso’”. Segundo o designer, o frio e mecânico registro de dados está atrelado a acontecimentos e histórias. A marcação (*log*) feita por um dispositivo que associa um usuário a um lugar, hora e data específica está repleta de significado. São dados que descrevem histórias individuais e, conseqüentemente, de uma sociedade.

Os dois pontos de vista, situados em diferentes momentos da evolução dos meios digitais, podem soar contraditórios, mas a dicotomia ilustra a atual relação entre o espaço físico e a informação nos dias de hoje. Os dois discursos reforçam a ideia de que o real e o virtual estão se tangenciando e criando um ambiente híbrido. As pessoas e as coisas passam a ter seus correspondentes no ambiente digital, e através deles se tornam acessíveis ao mundo por meio da rede de informações<sup>46</sup>.

O espaço informacional pode ser acessado através dos Sistemas Baseados em Localização (LBS). Utilizando aplicativos de realidade aumentada, as informações deixam de ser tratadas como um conjunto de dados puramente virtuais para se associarem a objetos e ambientes. Esse ecossistema figura como um campo rico e desafiador para a pesquisa de novas interfaces.

Segundo Antoine Picon, co-diretor do programa de doutorado na Harvard Graduate School of Design, as atuais cidades digitais partem de três premissas que as distinguem de antigas especulações baseadas na imaterialidade e a perda de referências locativas<sup>47</sup>. Em primeiro lugar, as cidades digitais, em suas operações diárias, assim como seus planos de desenvolvimento, se tornaram gradualmente dependentes de comportamento e preferências individuais, medidos e identificados através de dispositivos digitais como leitores biométricos, de radiofrequência e *smartphones*. A tecnologia traz para a escala do usuário complexos sistemas de organização social e permite que suas preferências e opiniões sejam consideradas por esses sistemas. A individualização conseqüente dos meios digitais permitiu interpor as trajetórias e dados de cada indivíduo à complexidade urbana. A capacidade de identificar indivíduos através da localização, reconhecimento de imagem ou dados biométricos resulta em sistemas mais adequados e resultados mais precisos, mas desperta

---

<sup>45</sup> THORP, 2011.

<sup>46</sup> ITO, 2013.

<sup>47</sup> PICON, Op. cit.

preocupações com a segurança da informação. A cidade de indivíduos por consequência pode se caracterizar pela vigilância eletrônica - física e virtual.

Em segundo, o desenvolvimento de ambientes virtuais como redes sociais e até lojas *online*, não afastaram as pessoas da experiência física. Eles se caracterizam cada vez mais como interfaces que contemplam e integram o mundo físico. Seja utilizando um sistema automatizado de aluguel de bicicletas ou complexas integrações de transporte urbano, o futuro das cidades parece depender mais e mais da integração desse espaço híbrido.

O último aspecto apontado pelo autor parte da ideia de que o espaço urbano é definido por seus eventos e acontecimentos cotidianos. A cidade, constituída por informações sobre o trânsito, clima, e eventos como festivais de música, competições esportivas e mobilizações políticas, se utiliza dos recursos tecnológicos e colaborativos para planejar, divulgar e registrar tais acontecimentos.

É no cenário urbano que a estrutura física e a informação digital se mostram mais integradas e suas aplicações mais evidentes. A expansão dos processos digitais procura coletar, compartilhar, integrar e interpretar dados da infraestrutura e do ambiente urbano, tornando-se extremamente relevante para seus aspectos culturais e sociais. A evolução da interface impacta e reflete as mudanças de nossa percepção do entorno. Aplicada ao ambiente urbano, a interface se tornou uma questão arquitetônica.

### 2.5.1 Mediações com o espaço híbrido

A partir do momento que os sistemas utilizam gestos e a presença do usuário, pode-se dizer que a interface está embarcada ou incorporada ao ambiente. A Interface Tangível (*tangible user interface*) se dá através de ambientes ou objetos físicos que podem servir como meio de interação com um dado sistema. O termo foi criado por Hiroshi Ishii (1995), no projeto Tangible Bits do MIT<sup>48</sup>. Essa interface permite que os usuários “alcancem e manipulem” (“*grasp and manipulate*”) as informações acopladas a objetos físicos do dia-a-dia e superfícies arquitetônicas. Ela estimula os usuários a interagir com informações computacionais na periferia da percepção humana, usando recursos como luz, som, vento e água dentro do ambiente aumentado. O objetivo do projeto é reduzir a distância entre o

---

<sup>48</sup> <http://tangible.media.mit.edu>

ciberespaço e o ambiente físico. A computação vestível, ou *wearable computing*, é outro exemplo de interface que incorpora processos computacionais no ambiente físico, nesse caso especificamente fundidos em roupas e acessórios.

A popularização do georreferenciamento em dispositivos móveis alavancou o desenvolvimento de novas ferramentas e serviços que utilizam a localização como componente estratégico. O reconhecimento da posição física do usuário de dispositivos móveis é determinante para aplicativos georreferenciados. Seja para fornecer a previsão do tempo ou sugerir o posto de gasolina mais próximo, é necessário que o aplicativo forneça as coordenadas do usuário para tornar a resposta mais adequada e a informação mais relevante.

O termo “mídias locativas” foi proposto em 2003 por Karlis Kalnins, visando distinguir as funções criativas e info-comunicacionais do uso corporativo dos serviços baseados em localização. Segundo André Lemos<sup>49</sup>:

“Mídias locativas dispositivos informacionais digitais cujo conteúdo da informação está diretamente ligado a uma localidade.(...) Utilizadas para agregar conteúdo digital a uma localidade, servindo para funções de monitoramento, vigilância, mapeamento, geoprocessamento (GIS), localização, anotações ou jogos.”.

Ao classificar as mídias locativas de acordo com sua função, são identificados os seguintes grupos:

### **Anotações Urbanas**

A maneira mais simples de atribuir conteúdo (SMS, vídeo, foto) a lugares e objetos é associando a eles etiquetas de radiofrequência ou marcadores visuais. Nessa forma de mídia locativa não é utilizada necessariamente a localização absoluta do objeto ou do usuário como variável. Um cartaz contendo um emissor RFID ou um QR Code pode oferecer informações digitais complementares a seu conteúdo. Mesmo que sua localização absoluta não seja levada em conta no sistema, é inevitável que a presença naquele local ou diante daquele objeto faça parte do processo interativo (figuras 17 a 19).

---

<sup>49</sup> LEMOS, 2008.

**Figura 17 - QRCode nas Calçadas de Lisboa**



Fonte: MSTF Partners, 2012. <<http://www.partners.pt/>>

**Figura 18 - Pavilhão Russo – Bienal de Arquitetura de Veneza 2012**



Fonte: SPEECH Tchoban & Kuznetsov, 2012. <<http://www.speech.su/>>

**Figura 19 – Anotação urbana: pôster da Samsung com a tecnologia NFC**



Fonte: Aaron Cacali, 2014. <<http://www.aaroncacali.com/>>

## Geotag

*Geotag* é o processo de adicionar metadados para descrever a posição geográfica em conteúdos digitais como fotografia, vídeo, mensagens e notícias. Ao informar dados como latitude e longitude, o conteúdo pode ser filtrado e relacionado a outros da mesma localidade.

O uso dos *smartphones* viabilizou a visualização e o registro dos *geotags*, uma vez que esses dispositivos conseguem associar automaticamente coordenadas físicas ao conteúdo produzido por eles.

**Figura 20 – Geotags: Foursquare / Instagram / Twitter**



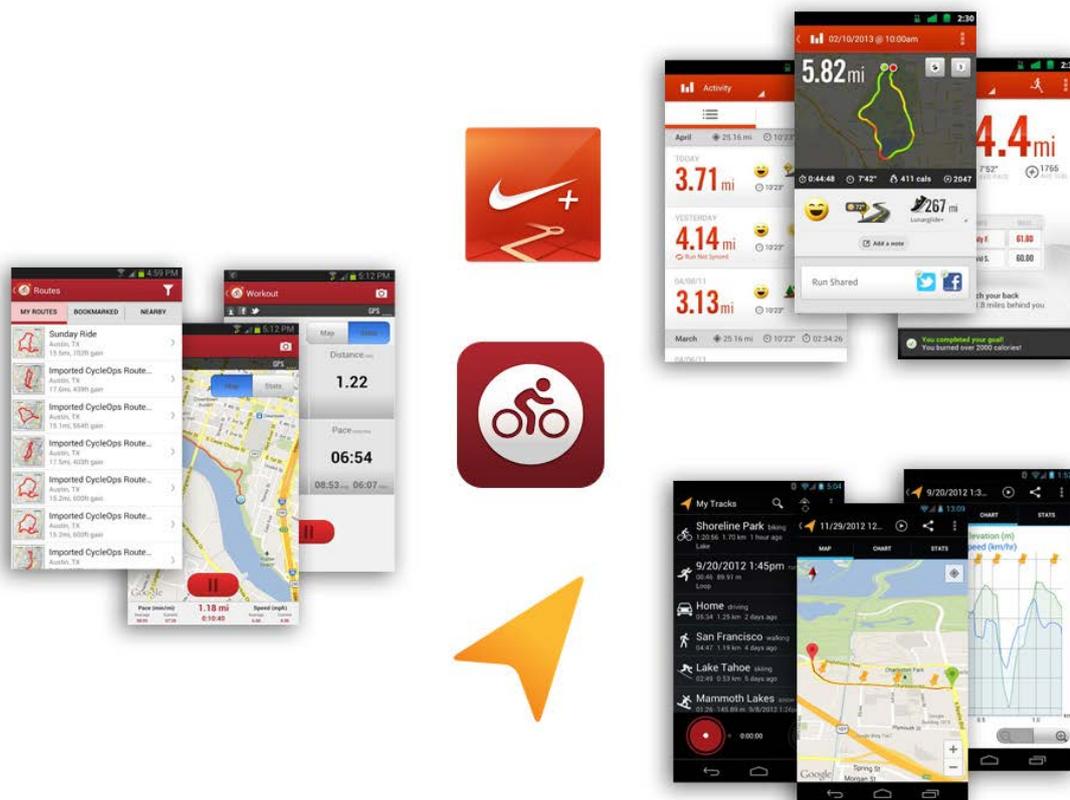
Fonte: Google Play, 2013. < <https://play.google.com/store/apps/>>

Os aplicativos de redes sociais como o Facebook utilizam a localização do usuário como metadados para contextualizar e relacionar o conteúdo produzido (figura 20). Também muito populares, os aplicativos de recomendação indicam os estabelecimentos mais próximos, disponibilizando *ranking* e opiniões de outros usuários.

### **Mapeamento (mapping) e Monitoramento de Movimento (tracking)**

Outros aplicativos exploram não a localização estática que referencia o conteúdo, mas o percurso feito pelo usuário. Principalmente relacionado com saúde e condicionamento físico, esses aplicativos registram a progressão da posição do usuário para posteriormente criar estatísticas sobre seu rendimento (figura 21).

Figura 21 – Mapeamento e Monitoramento: Nike Run / Map My Ride / Google Tracks



Fonte: Google Play, 2013. < <https://play.google.com/store/apps/>>

### LES - Location-enabled Services

Essa subcategoria de mapeamento e monitoramento se baseia na visualização coletiva dos usuários dos sistemas. Misturando rede social e localização, aplicativos como o Waze<sup>50</sup>, Ribbon<sup>51</sup> e Tinder<sup>52</sup> são classificados como *location-enabled services (LES)*. Neles, usuários disponibilizam sua localização dinâmica para que outros possam identificá-los na proximidade. Este recurso é usado em diferentes aplicações, indicando condições de trânsito, reunindo amigos que estão nas proximidades ou iniciando novos relacionamentos, por exemplo (figura 22).

<sup>50</sup> <https://www.waze.com>

<sup>51</sup> <https://ribbon.me>

<sup>52</sup> <http://www.gotinder.com>

Figura 22 - Location-enabled services: Waze / Tinder / Ribbon



Fonte: Google Play, 2013. < <https://play.google.com/store/apps/>>

## Realidade aumentada móvel

Hoje estão disponíveis diversos aplicativos que utilizam a realidade aumentada para visualizar a camada informacional do ambiente. Eles utilizam os visores dos aparelhos para mostrar a imagem capturada pela câmera, sobrepondo indicações vindas de diferentes bases de dados como Google Places, Foursquare, OpenStreetMap e Flickr. Essas referências podem ser filtradas de acordo com o tipo de conteúdo ou pela distância linear até o observador. Entre os aplicativos mais conhecidos estão o Wikitude<sup>53</sup>, Layar<sup>54</sup>, Junaio<sup>55</sup> (figura 23). A maioria dos aplicativos de realidade móvel, além de utilizar a geolocalização, também recorre à identificação de imagens (marcadores fiduciais) para sobrepor elementos virtuais, adaptando a escala e perspectiva do objeto virtual ao ambiente físico.

<sup>53</sup> <http://www.wikitude.com>

<sup>54</sup> <http://www.layar.com>

<sup>55</sup> <http://www.junaio.com>

Figura 23 - Realidade aumentada móvel: Layar / Wikitude / Junaio



Fonte: Google Play, 2013. < <https://play.google.com/store/apps/>>

Esses aplicativos funcionam como janelas pelas quais é possível enxergar dados georreferenciados de diferentes naturezas, ocupando o ambiente com ícones perfilados, fotos e formas tridimensionais. A interação com esses elementos resulta em uma página com informações tabuladas como nome, endereço, distância e classificação atribuída por outros usuários em *sites* especializados.

### 2.5.2 Internet das coisas

O conceito de *prótese tecnológica* apresentado por Marshall McLuhan nos anos 1960 se ampliou com a computação física. Através das redes ubíquas, microprocessadores e sensores de baixo custo, a internet se tornou sensível a estímulos como: temperatura, pressão, vibração, luz, umidade e força. Após os sentidos de visão, audição e fala terem sido estendidos pela comunicação em massa, hoje os computadores atuam como nervos e músculos, capazes de sentir e atuar remotamente através de ambientes e objetos.

A *Internet das Coisas (IoT - Internet of Things)* abrange as diferentes camadas de comunicação em rede, especialmente, a capacidade técnica de medir e manipular o ambiente

físico. Também conhecida como “internet de todas as coisas” (*internet of everything*) ou ainda “internet industrial”<sup>56</sup>, ela promove a interação entre serviços e objetos, sem a interferência ou mediação de usuários.

A ideia de identificar objetos e acessar informações atribuídas a eles tem origem nos laboratórios do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Em 1999, o grupo Auto-ID Center iniciou uma pesquisa com identificadores de radiofrequência (RFID) e a então recente tecnologia baseada em sensores conectados a redes de computadores. Segundo Kevin Ashton<sup>57</sup>, cofundador e diretor executivo do Auto-ID Center<sup>58</sup>:

“Today computers—and, therefore, the Internet—are almost wholly dependent on human beings for information. Nearly all of the roughly 50 petabytes (a petabyte is 1,024 terabytes) of data available on the Internet were first captured and created by human beings—by typing, pressing a record button, taking a digital picture or scanning a bar code. (...) RFID and sensor technology enable computers to observe, identify and understand the world—without the limitations of human-entered data.”

Desde então, não só pessoas, mas objetos estão conectados através da internet. Em 2003 eram 6.3 bilhões de habitantes no planeta e 500 milhões de aparelhos conectados na internet, um número relativamente pequeno levando em consideração que os *smartphones* tinham sido recém-lançados e que o iPhone só seria comercializado em 2007. A popularização dos *smartphones* e *tablets* aumentou para 12.5 bilhões de aparelhos conectados em 2010, enquanto a população mundial subiu para 6.8 bilhões<sup>59</sup>.

A integração de sensores e objetos conectados passou a ser sinônimo de segurança, redução de custos e comodidade para seus usuários (figura 24). No uso doméstico, sensores gerenciam abertura de portas e janelas (Lockitron<sup>60</sup>), consumo de energia (Nest<sup>61</sup>), iluminação (Lifx<sup>62</sup>), monitoram presença e as condições do jardim (Botanicalls<sup>63</sup> / Bitponics<sup>64</sup> / Growgard<sup>65</sup>).

---

<sup>56</sup> WASIK, 2013.

<sup>57</sup> ASHTON, 2009.

<sup>58</sup> <http://autoidlabs.mit.edu>

<sup>59</sup> EVANS, 2011.

<sup>60</sup> <https://lockitron.com>

<sup>61</sup> <https://nest.com>

<sup>62</sup> <http://lifx.co>

<sup>63</sup> <http://www.botanicalls.com>

<sup>64</sup> <http://www.bitponics.com>

<sup>65</sup> <http://growguard.net>

**Figura 24 – Internet das coisas: Locktron / Nest / Lifx**



Fonte: Locktron, 2013.<<https://lockitron.com>> Nest, 2013. <<https://nest.com>> Lifx, 2013. <<http://lifx.co>>

Hoje os eletrodomésticos já vêm prontos para serem conectados à internet e utilizam cada vez menos padrões proprietários. Com isso, televisores inteligentes, babás eletrônicas, refrigeradores e máquinas de lavar se tornam acessíveis de qualquer *smartphone* e passam a integrar sistemas inteligentes de funcionamento remoto. Não só eletrodomésticos, mas objetos cotidianos conectados passam a mediar informações. Sem demandar constante atenção, brinquedos e *gadgets* como o Karotz (evolução do Nabaztag<sup>66</sup>) e Ambient<sup>67</sup> utilizam dados disponíveis na rede, como previsão do tempo e movimentação dos amigos nas redes sociais, para interferir fisicamente no ambiente por meio de luzes e movimentos (figura 25).

**Figura 25 - Internet das coisas: Karotz e Ambient**



Fonte: Karotz, 2014.<<http://karotz.com>> Ambient Devices, 2013. <<http://www.ambientdevices.com>>

Objetos inteligentes também estão presentes na área de saúde e medicina. São sondas em forma de pílulas, que percorrem o organismo, capturando e transmitindo sinais vitais, objetos que monitoram e informam qualquer variação no quadro de saúde do paciente, ou

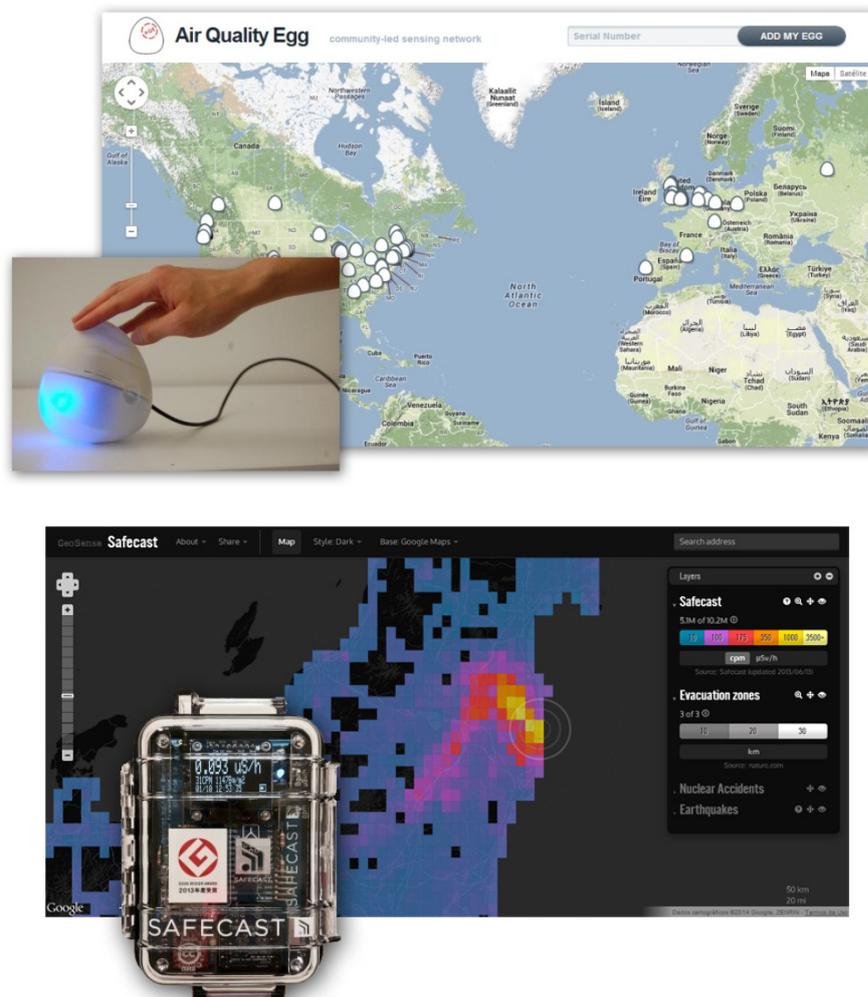
<sup>66</sup> [http://store.karotz.com/en\\_US](http://store.karotz.com/en_US)

<sup>67</sup> <http://www.ambientdevices.com>

pulseiras utilizadas por atletas para monitorar seu condicionamento físico e compartilhar sua rotina de treinos nas redes sociais.

Na escala urbana encontramos autoestradas inteligentes e monitores de qualidade do ar, por exemplo. O Air Quality Egg<sup>68</sup> é um conjunto de sensores que avalia as condições do ar e mantém uma base de dados global acessível em seu website. Projetado para ajudar no desastre atômico de Fukushima em 2012 foi desenvolvido o projeto *opensource* Safecast<sup>69</sup>. É uma rede de sensores global que recolhe e compartilha medições de radiação (figura 26). O sensor é disponibilizado em kits para serem montados pelos usuários e as informações obtidas são enviadas e compartilhadas no página do projeto.

Figura 26 - Sensores de ambiente: Air Quality Egg e Safecast



Fonte: O autor, baseado em . Air Quality Egg <<http://airqualityegg.com/>> e Safecast, 2014. <<http://blog.safecast.org/>>

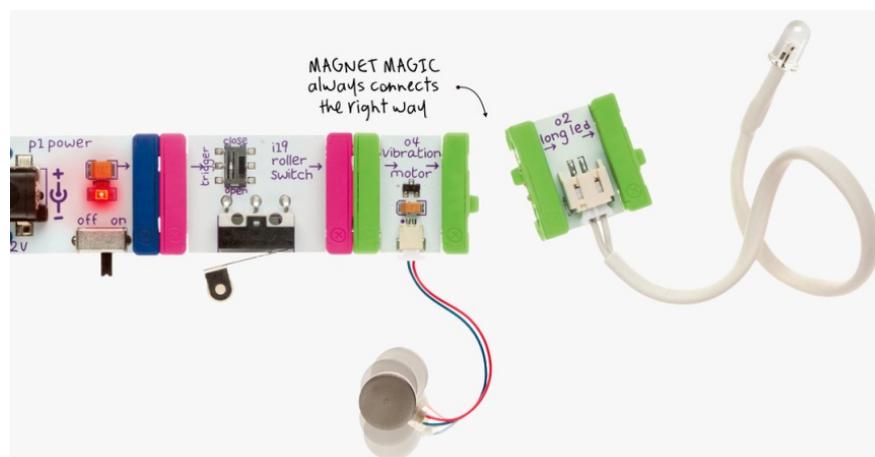
<sup>68</sup> <http://airqualityegg.com>

<sup>69</sup> <http://blog.safecast.org>

Uma característica comum a grande parte dos objetos inteligentes é o uso de diferentes plataformas para visualização e gerenciamento, complementares aos próprios dispositivos. São páginas *web* e aplicativos para dispositivos móveis que permitem acompanhar e configurar suas funcionalidades. A internet das coisas não se restringe aos objetos e sensores, ela é composta também por diferentes plataformas e protocolos que disputam o mercado de conectividade e tem o grande desafio de integrar e gerenciar milhões de aplicativos e processos entre máquinas, ou *machine-to-machine* (M2M).

Assim como as interfaces gráficas simplificaram o uso dos computadores desktop, muitas iniciativas estão popularizando a integração de sensores e a programação por usuários não especializados. Serviços como o IFTTT<sup>70</sup> permitem que usuários utilizem diferentes aplicações web (Facebook, Instagram, Dropbox) para criar condições que disparam e-mails ou ativam objetos inteligentes. A utilização de placas como o Arduino<sup>71</sup> e kits como LittleBits<sup>72</sup> (figura 27) criam ferramentas acessíveis e intuitivas para a construção de objetos inteligentes.

Figura 27 – Kit Littlebits



Fonte: Littlebits, 2014. <<https://littlebits.cc/>>

Um número crescente de pessoas têm se envolvido em iniciativas que promovem o *software* livre, componentes tecnológicos de baixo custo e colaboração. A maior acessibilidade da tecnologia e difusão processos computacionais estimularam o surgimento de projetos independentes, que se popularizam e são viabilizados através de *crowdfunding*. Esse cenário evidencia outra característica dos objetos inteligentes e da computação física: são projetos experimentais, com aplicações personalizadas e desenvolvidas para contextos

<sup>70</sup> <https://ifttt.com>

<sup>71</sup> <http://www.arduino.cc>

<sup>72</sup> <http://littlebits.cc>

específicos, seguindo a filosofia do *hacking* e do “faça você mesmo” (*do it yourself - DIY*). A internet das coisas não se restringe a produção em grande escala ou a sucessos comerciais, é também feita de incontáveis iniciativas pessoais, projetadas para propósitos específicos, de acordo com demandas locais, e disponibilizadas livremente para reprodução.

Objetos estão conectados à internet e são capazes de sentir, coletar, transmitir, analisar e distribuir dados em larga escala. Estima-se que no futuro próximo cidades inteiras estejam conectadas aos cidadãos através de um sistema cada vez mais complexo, abrangente e, acima de tudo, participativo.

### 3 INTEGRANDO ESTADOS

Seja em ambientes fechados e controlados ou no espaço urbano, estamos cercados por grandezas físicas mensuráveis como temperatura, pressão, proximidade (ou presença), intensidade de luz, entre outros. Ambientes sofrem ação da umidade, temperatura, elementos químicos, campos magnéticos e todas essas grandezas podem ser interpretadas por sensores. Quando sistemas digitais são capazes de medir esses valores e responder ao ambiente de acordo com regras estabelecidas, o sistema torna-se sensível (*senseable*) àquele ambiente. Os programas, também conhecidos como *agentes*, utilizam as informações vindas dos sensores como variáveis de entrada (*input*). Elas são processadas de acordo com condições predefinidas e, como resultado de saída (*output*), interferem no ambiente através dos atuadores, capazes de “agir” sobre o ambiente.

#### 3.1 Sensores e Atuadores

Sensores são transdutores, ou seja, componentes que convertem grandezas físicas em sinais elétricos correspondentes, a fim de serem interpretados por um observador ou, com maior frequência, por meio elétrico e digital.

Os sensores podem se apresentar de forma simples como a de um interruptor ou botão, que quando ativados, enviam ao sistema um sinal binário de seu novo status: ativo (1) ou inativo (0). Outros respondem de forma incremental como os *encoders* utilizados para medir posição linear ou angular. Presentes nos *mouses*, eles avaliam o deslocamento e enviam o valor a ser acrescido ou subtraído da posição do cursor na tela. A grande maioria utiliza escalas de grandeza para expressar o valor dentro de uma gradação, como é o caso dos sensores de luminosidade, distância e pressão, entre outros (figura 28). Eles interpretam variações da resistência elétrica para estabelecer os valores de leitura em uma escala estabelecida pelas características físicas do sensor e pelo tipo de demanda do sistema.

Figura 28 - Sensores



Fonte: Adafruit, 2013. <<https://www.adafruit.com/>>

Cada sensor tem como função avaliar grandezas específicas como contato, pressão ou flexão (Bumpers, switches, interruptores), posição ou velocidade angular (*Encoders* e Odômetros) e distância através da reflexão de raios infravermelho (IR), ultrassom (SONAR) ou laser (LiDAR- *laser detection and ranging*). No ambiente, são capazes de quantificar grandezas como temperatura, umidade, luminosidade, nível de ruído e avaliar a presença de radiação (contador Geiger), componentes químicos e campos magnéticos, entre outros. Podem ganhar complexidade como nos CCDs presentes nas câmeras digitais, que convertem energia luminosa em matrizes de valores referentes à imagem recebida. Quando vários sensores trabalham em conjunto para medições mais complexas, estes passam a fazer parte de um sistema, como é o caso dos sistemas inerciais, de localização e de identificação que serão apresentados mais detalhadamente, dada a relevância para o desenvolvimento do protótipo da pesquisa. As características de cada sistema e conceitos relevantes ao desenvolvimento do projeto também serão descritos a seguir.

Os atuadores desempenham um papel inverso aos sensores. São responsáveis por traduzir sinais elétricos em luz, frequências sonoras, movimento entre outros. Resultado da avaliação das informações obtidas pelos sensores interpretadas pelos sistemas, os atuadores interferem e reagem ao meio físico, de acordo com parâmetros estabelecidos na programação (figura 29).

Figura 29 - Atuadores



motor

autofalante

led

display

display

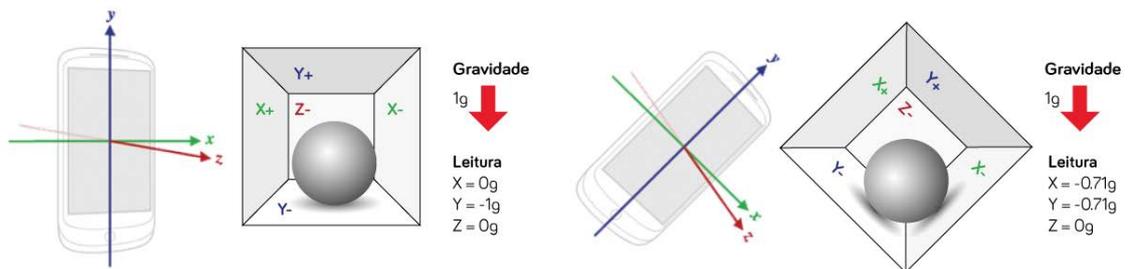
Fonte: Adafruit, 2013. <<https://www.adafruit.com/>>

### 3.1.1 Sistemas Inerciais

O **Sistema Inercial** é um conjunto de sensores composto por magnetômetro (bússola), giroscópio (ângulo de inclinação) e acelerômetro (gravidade) que oferecem informações sobre a orientação absoluta do aparelho em relação à gravidade e o campo magnético da terra.

A bússola avalia a angulação relativa ao norte magnético, conhecida também como leitura do azimute. O valor, expresso em graus a partir do norte ( $0^\circ$ ), representa a rotação de um objeto sobre o eixo vertical ao solo. Para a leitura dos ângulos de inclinação e rolamento, são utilizados em conjunto os dados do giroscópio e do acelerômetro. O conjunto utiliza a leitura da gravidade (aceleração) nos três eixos para calcular os ângulos de rotação (figura 30).

Figura 30 – leitura do acelerômetro



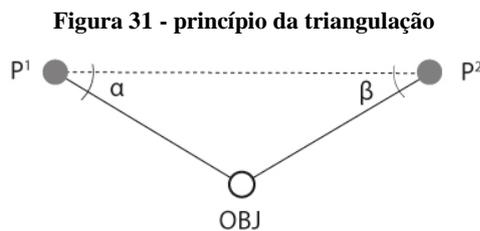
Fonte: O autor, 2014.

### 3.1.2 Sistemas de Posicionamento

A localização dinâmica ganhou importância nas últimas décadas com os experimentos em realidade aumentada e se tornou popular através na nova geração de *videogames* e dos dispositivos móveis. A identificação da posição relativa de um objeto depende de variáveis como força e direção do sinal e da definição da localização do emissor desse sinal. A partir dessas informações podem ser aplicados diferentes modelos matemáticos para o cálculo de posição, entre eles:

- **Triangulação**

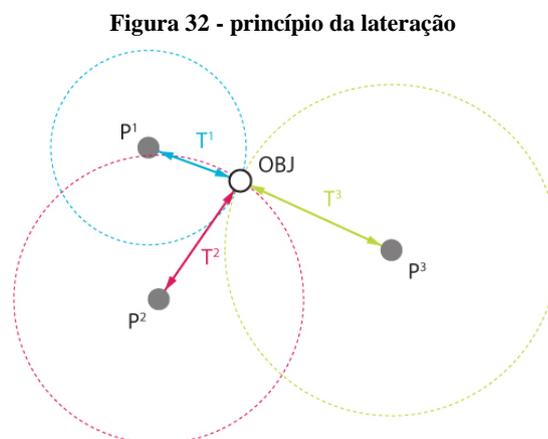
A localização é feita utilizando dois pontos com distâncias definidas como referência. São medidos os ângulos até os dois pontos fixos e, com as informações obtidas, calcula-se a posição da localização desejada (figura 31)



Fonte: O autor, 2014.

- **Lateralção**

É utilizada nessa medição a força do sinal (*RSS - Received signal strength*) ou do atraso desde o ponto de emissão (*TOA - Time of arrival*). A posição é avaliada conhecendo a localização dos pontos de emissão e a incidência dos sinais recebidos (figura 32).



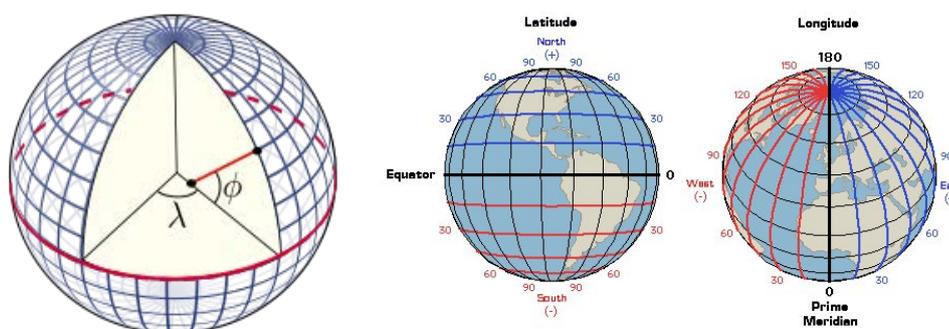
Fonte: O autor, 2014.

## Posicionamento Global

A capacidade de identificar com precisão a localização global sempre foi importante e estratégica para navegadores. Os corpos celestes aparentemente esféricos possuem imperfeições que se tornam relevantes quando relacionadas à escala humana. O formato do globo terrestre pode ser generalizado por um elipsoide, um sólido resultante da revolução de uma elipse mais achatada em sua altura. Além da irregularidade em suas dimensões, sua superfície acidentada é composta por planícies, cânions, montanhas e depressões. Por não ser uma superfície de revolução regular, a medição de suas principais dimensões, como posição dos eixos e comprimento dos raios, se torna difícil e depende de uma normatização. O sistema de medidas estabelecido como padrão é o WGS84 (World Geodetic System of 1984)<sup>73</sup>, que estipula uma referência comum para a cartografia, geodésia e sistemas de georreferenciamento.

Da mesma maneira que um ponto é definido em um espaço tridimensional por suas coordenadas cartesianas em três eixos x, y e z, para definir um ponto sobre a superfície terrestre são utilizadas três coordenadas esféricas: latitude, longitude e elevação (figura 33).

Figura 33 - Ângulos referentes a latitude ( $\phi$ ) e longitude ( $\lambda$ )



Fonte: Wikipedia, 2013.

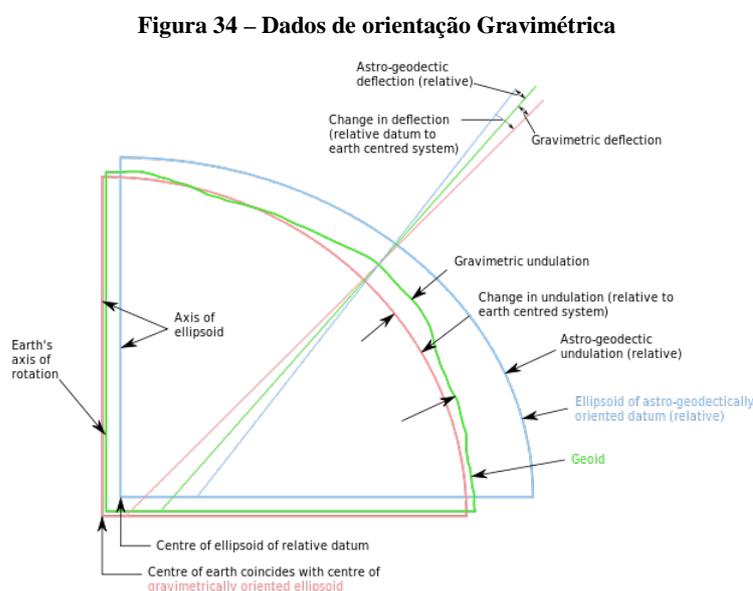
A latitude, ou a distância de um ponto na superfície terrestre até a linha do equador, é estabelecida pelo ângulo que varia de  $0^\circ$  sobre o equador e  $90^\circ$  para Norte (N) ou para Sul (S). A longitude, ou a distância de um ponto até o meridiano de Greenwich, é também determinada pelo ângulo que varia de  $0^\circ$  e  $180^\circ$  para Leste (E) ou para Oeste (W).

É importante destacar que a longitude - distância entre os meridianos - varia de acordo com a latitude. Em uma conversão de graus para metros, o valor ou distância máxima

<sup>73</sup> Department of defense world geodetic system 1984

alcançada se situa sobre a linha do equador, onde a latitude marca  $0^\circ$ . Quanto mais próximo dos polos, ou seja, da latitude  $90^\circ$  norte ou sul, menor será seu valor, tendendo a zero (Anexo 1.3).

A altitude (utilizada para medições aéreas, resultado de uma medição barométrica) ou elevação (para medições em terrenos, resultado de uma medição geométrica) de uma coordenada na superfície terrestre é uma medição aproximada desse ponto até o nível do mar. Como esse valor não é constante, foi estabelecido como referência um elipsoide com um raio de 6.378 km (equatorial) e 6.357 km (polar), equivalente ao nível médio dos oceanos. A altitude ou elevação de um ponto na calota terrestre é determinada então pela distância vertical em relação à superfície deste elipsoide (figura 34). Sendo assim, o valor da leitura obtido pelos sistemas de geolocalização, embora absoluto, não é suficiente para indicar a distância exata até solo ou até o nível do mar. Mas, conhecendo previamente a elevação do terreno, é possível calcular a altura relativa do usuário, subtraindo da leitura do GPS a altitude do terreno. O valor referente à elevação do terreno pode obtido através de consultas a bases especializadas como a Google Elevation API<sup>74</sup> ou GeoNames Web Services<sup>75</sup>.



Fonte: Wikipedia, 2013.

Desenvolvido para fins militares, os sistemas de posicionamento global são compostos de satélites orbitando a Terra em velocidade constante, emitindo sinais com marcadores de

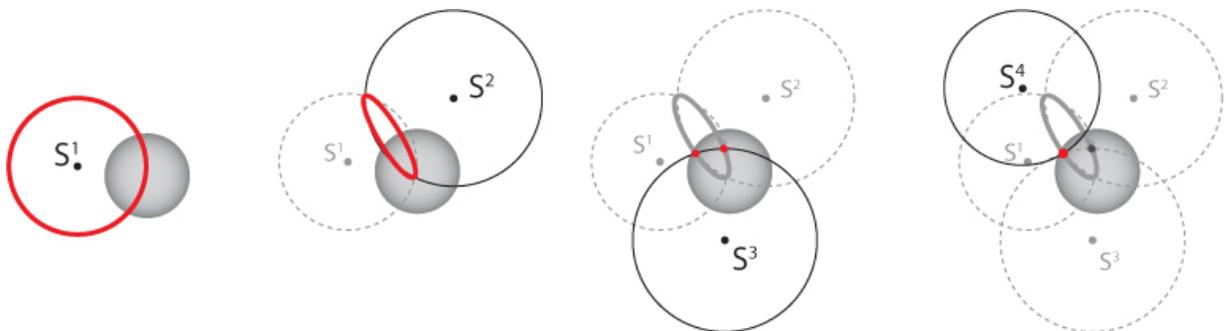
<sup>74</sup> <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation>

<sup>75</sup> <http://www.geonames.org/export/web-services.html#gtopo30>

tempo. O GPS (*Global Positioning System*)<sup>76</sup> é o principal recurso de georreferenciamento hoje, amplamente utilizado em aplicações industriais, comerciais e pessoais. Outros sistemas de localização como o europeu Galileo<sup>77</sup> (GNSS – *Global Navigation Satellite System*), o russo GLONASS<sup>78</sup> (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) e o chinês Beidou<sup>79</sup> utilizam uma rede de satélites própria, que é inter-operante com o padrão americano.

Os sistemas de geoposicionamento se baseiam em um conjunto de pelo menos 24 satélites em toda a órbita da Terra, uma configuração que garante que oito satélites estejam sempre “visíveis” em qualquer ponto do planeta, a qualquer hora do dia<sup>80</sup>. Cada satélite emite sincronizadamente sinais com marcadores de tempo. Quando recebidos pelo aparelho de GPS, é calculada a distância entre os emissores através da defasagem dos sinais, permitindo assim avaliar a posição geográfica do aparelho receptor com a precisão de alguns metros. São necessários pelo menos quatro satélites para a definição de um ponto no espaço tridimensional: a interseção do sinal de dois satélites descreve um círculo no espaço, o terceiro limita a localização a dois pontos, enquanto o quarto sinal reduz o resultado a um único ponto<sup>81</sup> (figura 35).

Figura 35 - Multilateração dos satélites para avaliação da localização



Fonte: O autor, 2014.

A precisão do GPS para uso doméstico, em smartphones, por exemplo, varia entre 15 e 5 metros (entre 4 a 2 metros nos modelos profissionais) e está sujeita às condições geográficas e climáticas. Mesmo com a redundância de satélites disponíveis, a precisão do sistema está condicionada à qualidade do sinal recebido. Estes estão sujeitos a variações na órbita do satélite, nas condições atmosféricas - que reduzem as ondas de rádio - e, especialmente, em

<sup>76</sup> <http://www.gps.gov/systems/gps>

<sup>77</sup> [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_-\\_Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo)

<sup>78</sup> <http://www.glonass-iacn.rsa.ru/en>

<sup>79</sup> <http://en.beidou.gov.cn>

<sup>80</sup> GREWAL, 2007.

<sup>81</sup> <http://giscommons.org>

lugares fechados – como densas florestas e cânions - ou densamente construídos, que obstruem ou refletem os sinais, comprometendo a leitura do GPS.

### **Alternativas e otimizações para o GPS**

Telefones celulares, *tablets* e computadores de bordo não dependem exclusivamente dos sinais de GPS para avaliar sua posição. Muitas vezes combinam diferentes recursos para aperfeiçoar sua leitura, como sinais de *wi-fi* e de torres de celular<sup>82</sup>.

Os sinais das torres de celular e emissões de redes sem fio disponíveis nos centros urbanos são aproveitados na localização do usuário. Empresas como o Skyhook<sup>83</sup> e Fraunhofer<sup>84</sup> utilizam comercialmente a leitura de sinais de redes *wi-fi* abertas para estabelecer uma rica e eficiente malha de pontos referenciais para multilateração. No entanto, é necessária uma varredura prévia do terreno para medir a disponibilidade e a intensidade desses sinais.

Telefones celulares utilizam simultaneamente os três recursos para aperfeiçoar a tarefa, buscando equalizar os pontos positivos e negativos de cada um. Para diminuir o erro na leitura dos sinais emitidos pelos satélites, foi desenvolvida a técnica chamada DGPS (*Diferencial GPS*) que consiste em usar sinais de transmissões locais para complementar e corrigir o sinal enviado pelos satélites. Já usado em aplicações comerciais e industriais, o recurso ainda não é compatível com os *smartphones*, por demandar investimentos e por seu elevado consumo de bateria.

Os recursos de GPS disponíveis para aplicações civis não garantem a exatidão e a constância necessária para aplicativos mais precisos. Já em desenvolvimento, a terceira geração do GPS prevê o aumento da precisão de seus resultados para 50 centímetros, estabelecendo uma nova escala para os aplicativos desenvolvidos para dispositivos móveis.

### **Posicionamento em ambientes fechados**

A capacidade de mapear e identificar a localização do usuário está sendo explorada também em ambientes fechados. A tecnologia de localização dinâmica vem sendo aplicada em aeroportos, *shopping-centers* e instalações industriais.

---

<sup>82</sup> WILLAREDT, 2011.

<sup>83</sup> <http://www.skyhookwireless.com>

<sup>84</sup> <http://www.iis.fraunhofer.de/en/>

Empresas como a IndoorAtlas<sup>85</sup>, Qubulus<sup>86</sup> e Sailstech<sup>87</sup> vêm desenvolvendo um sistema de navegação para ambientes fechados (*IPS - Indoor Positioning Sistem*) que utiliza as flutuações magnéticas do ambiente. Os desenvolvedores avaliam que, sem depender de outros recursos como pontos de rádio ou roteadores, a precisão do sistema pode atingir de 1 a 200 centímetros. Outras iniciativas como o Ekahau<sup>88</sup> e Aeroscout<sup>89</sup> utilizam os sinais de rede sem fio aliados a identificadores de radiofrequência para monitoramento interno. Mesmo em fase de amadurecimento, esses recursos de localização se destacam pelo uso de coordenadas globais absolutas, viabilizando a integração desses ambientes ao espaço externo e a sua base de informações.

### 3.1.3 Sistemas de Rastreamento / Raio de apontamento

Os sistemas de rastreamento espacial (*spacial tracking system*) identificam não só a posição do usuário ou objeto no espaço, mas juntamente com sensores inerciais, detectam sua orientação, velocidade e aceleração.

No processo interativo, cada escala ou gradação que pode ser manipulada e mensurada simultaneamente é conhecida como **grau de liberdade**<sup>90</sup> (*degrees of freedom* ou DOF). Tradicionalmente, as interfaces 3D baseiam-se em seis graus de liberdade: três referentes às coordenadas espaciais XYZ, que definem a posição absoluta no espaço tridimensional, e três referentes aos ângulos de azimute (*heading* ou *yaw*), inclinação (*pitch*) e rotação (*roll*) para descrever a orientação do objeto (figura 36).

---

<sup>85</sup> <https://www.indooratlas.com>

<sup>86</sup> <http://www.qubulus.com>

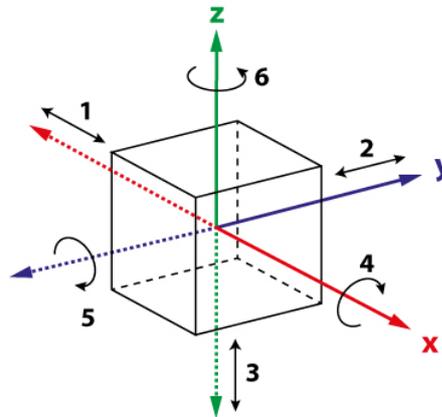
<sup>87</sup> <http://sailstech.com>

<sup>88</sup> <http://www.ekahau.com>

<sup>89</sup> <http://aeroscout.com>

<sup>90</sup> MOUNTAIN et al, 2005; PINHO, 2000.

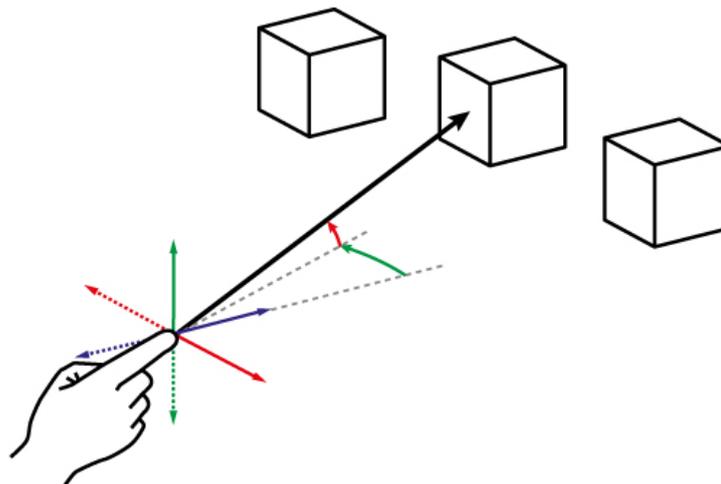
Figura 36 - Graus de liberdade (DOF)



Fonte: O autor, 2014.

Na visualização de ambientes virtuais, os seis valores são aplicados à posição da cabeça do usuário para que a cena 3D seja apresentada em registro com seu campo de visão. Para seleção de objetos na cena, os valores são atribuídos à mão do usuário, processo conhecido como seleção por raio de apontamento (*raycasting selection*) ou varinha mágica (*magic wand*), onde o vetor de orientação tem comportamento análogo ao de um raio que parte da mão do usuário até o objeto selecionado (figura 37).

Figura 37 – Raio de apontamento



Fonte: O autor, 2014.

Sistemas de rastreamento baseados nos 6-DOF estão presentes em diferentes tecnologias de realidade virtual e são usados cotidianamente em aparelhos de *videogame* como o PlayStation da Sony e o X-Box da Microsoft (utilizando a tecnologia Kinect). O primeiro utiliza sensores inerciais no controle para avaliar a direção e um sistema de câmera

para identificar a posição do jogador através de uma esfera iluminada no topo dos controles. O Kinect usa a visão computacional para rastrear pontos como cabeça, tronco e articulações para então calcular movimentos de translação e rotação do jogador, calculando a posição relativa desses pontos. No entanto ambas as tecnologias utilizam a posição relativa do usuário em relação ao monitor e demandam um ambiente controlado, pela iluminação ou pelo alcance das câmeras, o que limita seu uso, especialmente em ambientes externos.

A popularização dos *smartphones*, providos de GPS e sensores inerciais, ampliou as possibilidades dos sistemas de rastreamento aplicados a ambientes não-imersivos. A utilização do posicionamento global absoluto, integrado à capacidade de identificar a orientação do aparelho, permite que aplicativos de realidade aumentada móvel apresentem informações georreferenciadas sobrepostas às imagens do entorno capturadas, processadas e reproduzidas através dos dispositivos.

#### 3.1.4 Sistemas de Identificação

Para que elementos físicos sejam reconhecidos por sistemas digitais, é necessária sua identificação. Em aplicações simples como na consulta do preço, na utilização de cartões em transportes públicos ou em aplicações mais complexas como nos leitores biométricos, a interação é iniciada por um identificador, um nome ou código que caracteriza um objeto, ou uma classe de objetos, e o distingue dos demais (figura 38). Esse código em si não contém outras informações ou comandos atribuídos ao objeto, mas quando utilizado como variável de entrada (*input*) no processamento da informação obtêm-se inúmeros registros e instruções para atuadores. O código de barra na embalagem de um produto, por exemplo, é uma simples codificação visual que, quando interpretada, fornece informações como preço, origem, prazo de validade e dados do fornecedor. Essencial aos sistemas de segurança, a identificação de um usuário concede sua entrada através do destravamento automático de portas, mas somente para áreas autorizadas previamente, pelo seu perfil de acesso.

Figura 38 –Identificadores



Fonte: O autor, 2014.

Os sistemas de identificação são capazes de traduzir em sequências alfanuméricas ou em uma matriz de dados o acionamento de teclas (digitação direta), interpretar campos magnéticos de radiofrequência (RFID / *radio-frequency identification*) e processar padrões visuais (Códigos de barra, QR Codes, marcadores fiduciais e leitores biométricos). Aplicada a diferentes sistemas de identificação e rastreamento, a visão computacional é capaz de analisar e relacionar imagens capturadas por câmeras com outras em sua base de dados. Dessa forma, consegue reconhecer com precisão rostos, impressões digitais, textos e objetos. O Google, diante de um extenso acervo de imagens, lançou o Google Goggles<sup>91</sup>, ferramenta que compara e identifica visualmente imagens de pontos turísticos, obras de arte, logomarcas, produtos, capas de livros e de DVDs. A partir do reconhecimento do elemento, o usuário é direcionado automaticamente para a página de internet correspondente.

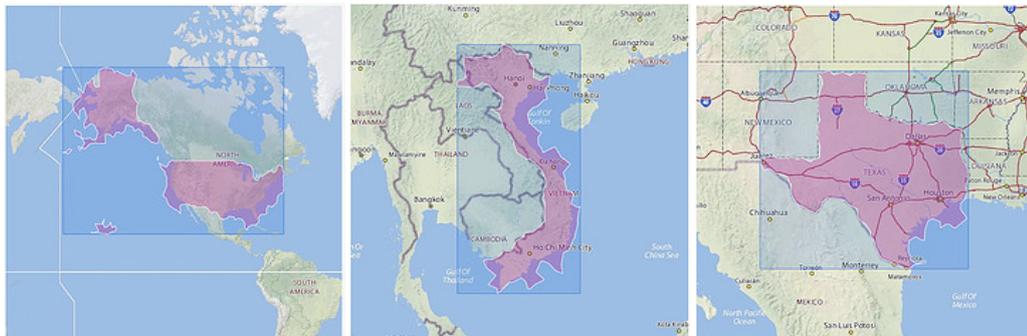
Todas as transações feitas por meio digital pressupõem algum tipo de identificação, seja na requisição da página de internet (URI / *uniform resource identifier*) ou na utilização dos aparelhos de telefonia celular. Cada *chip* possui uma numeração única conhecida como IMEI (*international mobile equipment identity*) pela qual o aparelho é identificado nas redes de telefonia móvel. No protótipo desenvolvido na pesquisa foram usados diferentes

<sup>91</sup> <http://www.google.com/mobile/goggles>

identificadores, para reconhecer o usuário e o objeto a ser selecionado pelo aplicativo, entre outros utilizados nas requisições e programação do sistema.

A identificação de uma localidade, ou o posicionamento espacial, pode se dar por uma ou mais coordenadas geográficas, pelo seu endereço (descrito pelo logradouro, número, cidade e CEP) ou mesmo por *tags* livres associadas a locais físicos. Aplicativos como Foursquare, Instagram e Twitter utilizam termos livres para denotar estabelecimentos comerciais, espaço público e outros pontos de interesse (*point of interest - POI*) como pontos de ônibus, marcos históricos e acidentes geográficos, entre outros. Essa base de dados se constrói e se refina de acordo com a incidência de *tags* associadas a arquivos digitais, providos de coordenadas geográficas, permitindo identificar não só coordenadas isoladas, mas delimitar regiões inteiras (figura 39). A cidade de Nova Iorque, por exemplo, pode descrita virtualmente pela área referenciada espontaneamente pelos usuários através de termos como: “#newyork”, “#ny”, “#newyorkcity” e “#nyc”<sup>92</sup>. A conversão entre identificadores para um mesmo local pode ser feita através de ferramentas como o Google Geocoding<sup>93</sup> e o World Geocoding<sup>94</sup>.

Figura 39 - Áreas definidas pela incidência de *tags* nas fotos do Flickr



Fonte: Flickr, 2008. <<http://code.flickr.net/2008/10/30/the-shape-of-alpha/>>

## 3.2 Estruturando dados

### 3.2.1 Protocolos

<sup>92</sup> <http://code.flickr.net/2008/10/30/the-shape-of-alpha>

<sup>93</sup> <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding>

<sup>94</sup> <http://services.gisgraphy.com>

A internet é a camada física ou rede composta por roteadores, distribuidores e outros equipamentos. Sua principal função é transportar a informação de um ponto ao outro de forma rápida, confiável e segura. A World Wide Web, ou Rede Mundial, é a camada de aplicação, ou sistema, que opera sobre a Internet através de *hiperlinks* e protocolos de comunicação, tornando a informação acessível e gerenciável.

Assim como em qualquer forma de comunicação, para se estabelecer uma rede capaz de integrar diferentes dispositivos, funções e conteúdos, é necessário que todos eles sigam padrões previamente estabelecidos. Esses padrões são chamados protocolos e estão presentes em diferentes camadas que compõem a rede, desde sua disposição física, passando pelo endereçamento nas conexões, e até nos padrões de transmissão de dados.

O conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede que prevalece é o TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). Com ele é possível estabelecer a transferência dados entre dois computadores em ambas as direções. É considerado um protocolo de conexão confiável, uma vez que é averiguada a integridade de cada transmissão entre os servidores.

Uma vez estabelecida a conexão entre computadores, é utilizado um protocolo responsável pela camada de comunicação de dados entre eles. O HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) é o mais difundido, por ser o padrão utilizado entre cliente e servidor na World Wide Web (www). O protocolo HTTP descreve como um computador interage com o servidor, ao enviar uma requisição e receber uma resposta. Essa comunicação se dá a partir de um endereço, ou URI (*Uniform Resource Identifier*), onde é informado o servidor, a rota do recurso e, eventualmente, um conjunto de variáveis. Mesmo os mais complexos sistemas *web* se baseiam nesse princípio de troca de requisição e resposta para execução de qualquer tarefa.

Como resposta à requisição, o servidor retorna um ou mais recursos, na forma de arquivos HTML (formato suportado pelos navegadores *web*), de imagens, XML ou JSON (arquivo de dados estruturado), entre outros. Ao estabelecer um padrão comum à comunicação de sistemas, a informação é melhor pesquisada e interpretada.

Extremamente útil aos programadores, as APIs (*application programming interface*) são interfaces interna aos sistemas, que se relacionam com outros sistemas. São compostas por um conjunto de rotinas e estruturas de dados, que permitem a comunicação entre os aplicativos. A vantagem na utilização de APIs é a obtenção de informações e serviços, sem que para isso seja necessária a reprodução de bases ou códigos.

### 3.2.2 Modelos tridimensionais e Mapeamento Geoespacial

A modelagem de um objeto se dá quando este é descrito matematicamente de acordo com suas grandezas físicas. Formas bidimensionais são traduzidas por conjuntos de linhas e vértices contidos em um plano, e limitadas a duas coordenadas ou eixos (X e Y). Outras características como cor de preenchimento e contorno são associadas às formas geométricas, definindo novos atributos, espaços ou escalas aos modelos. No ambiente tridimensional é usada uma terceira coordenada (Z) com a qual é possível descrever o volume dos objetos. Outros espaços como opacidade, brilho e imagens de mapeamento são constantemente associados aos modelos tridimensionais para suas representações realísticas (*renderings*).

Para a presente pesquisa serão relevantes somente os dados volumétricos dos objetos. Além disso, é preciso que esteja prevista na descrição dos modelos sua posição relativa ao espaço físico em que eles estão situados.

#### **Tipos de modelagem**

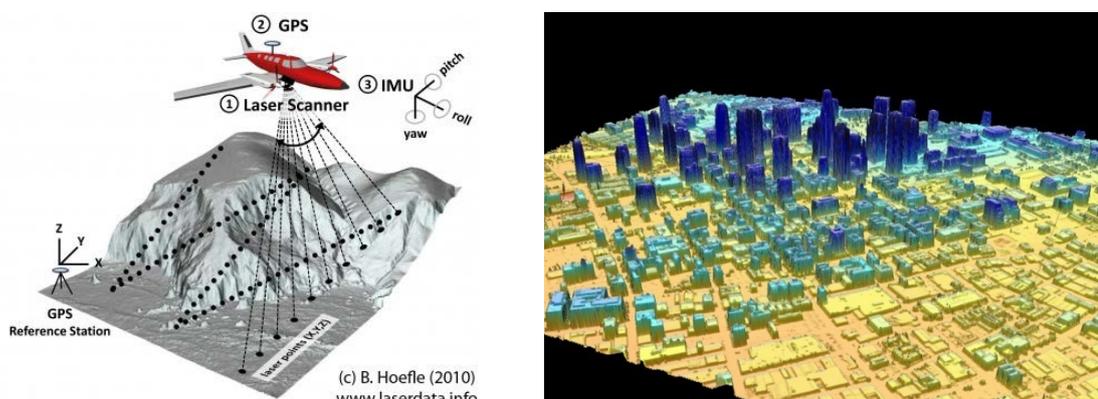
Desde o início da computação gráfica, a modelagem por **polígonos** é o formato mais utilizado, devido a sua simplicidade e facilidade de processamento. Os pontos, ou vértices, são conectados por linhas retas no espaço tridimensional, criando triângulos ou faces. São utilizadas primitivas como esferas, paralelepípedos, prismas e pirâmides para compor e representar volumetricamente os objetos. A modelagem e aplicação dessa técnica são simples, embora, para a descrição de superfícies curvas e formas mais complexas, requeira um número maior de faces.

Na técnica conhecida como *point cloud*, ou nuvem de pontos, os objetos são descritos por inúmeras coordenadas distribuídas no espaço tridimensional. A forma final dos objetos é definida pela densidade desses elementos no espaço. Ela se assemelha à modelagem por polígonos, uma vez que sua representação é feita conectando os pontos, o que resulta em uma malha de triângulos, mas se distingue na forma de gerar seus modelos. A técnica foi desenvolvida para registrar a volumetria de pequenos objetos, por meio de scanners 3D, ou vastos terrenos, quando aplicada a sistemas aéreos de mapeamento.

A tecnologia conhecida como LiDAR (*Light Detection And Ranging*) faz o rastreamento das superfícies analisando e calculando a distância do emissor de laser até o ponto iluminado por ele (figura 40). Com o auxílio de referências geolocativas e câmeras

fotográficas, o sistema é capaz de acrescentar dados de geoposicionamento e informações de cor em cada ponto. O resultado é uma malha contínua, que reproduz com fidelidade a volumetria de objetos e terrenos. É possível gerar modelos tridimensionais em *point cloud* sem os sensores de distância, ao aplicar a visão computacional para medir a paralaxe em cada ponto. São interpretadas pequenas variações entre a perspectiva em diferentes imagens do mesmo objeto. Um exemplo acessível desse recurso é o aplicativo 123DCatch da Autodesk<sup>95</sup>.

**Figura 40- LiDAR – Rastreamento aéreo / visualização do registro de um centro urbano**



Fonte: B. Hoefle, 2010. <<http://laserdata.info/>>

Apesar de favorecer a representação realística, o *point cloud* não faz a distinção dos objetos. Sua captura resulta em uma única e contínua superfície, que dificulta a distinção e indexação dos mesmos em um sistema geoespacial. O limite de cada elemento na cena retratada não é definido, apesar do índice de refração do laser na superfície ser aproveitado para distinguir áreas de cobertura vegetal, espelhos d'água, pavimentações e construções.

### **Modelos tridimensionais aplicados a mapas digitais**

Com a evolução dos processos digitais, os mapas ganharam recursos para a representação tridimensional de territórios, composto por seu relevo, vegetação e construções. Hoje os principais serviços de mapas digitais oferecem a visualização 3D, porém cada um utiliza uma forma distinta de registrar essas informações.

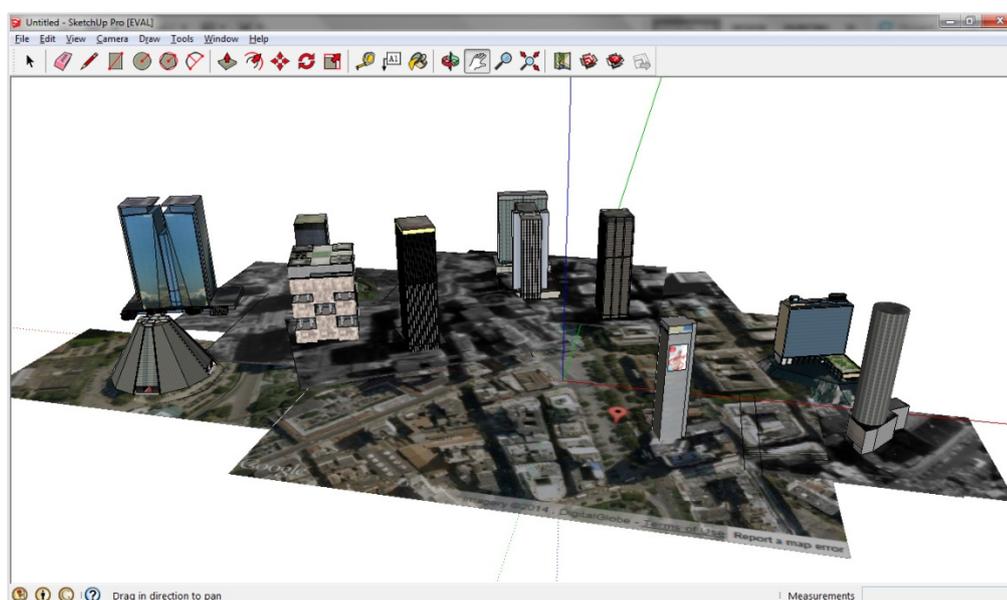
Dos inúmeros recursos de modelagem e formatos de arquivo 3D, apenas alguns são destacados nessa pesquisa por utilizarem a informação georreferenciada como recurso nativo.

<sup>95</sup> <http://www.123dapp.com/catch>

Cada um deles aponta para abordagens distintas no desenvolvimento do protótipo, descrito em seguida na metodologia do projeto.

O Google foi a primeira base a mostrar em grande escala modelos tridimensionais em registro com imagens de satélite. Em 2004 incorporou a empresa Keyhole, Inc. (2001) e aproveitou a tecnologia do software Keyhole Earthviewer como base para o Google Earth<sup>96</sup>, um ambiente de visualização 3D do globo terrestre lançado em 2005. Nele, a topografia do terreno é representada por uma malha de triângulos assim com suas construções, modeladas e mapeadas individualmente. Considerando a escala e a dificuldade de compor uma base global dessas construções, a popularização do formato se deu após o lançamento do Google SketchUp, adquirido em 2006. Uma plataforma de modelagem 3D intuitiva e colaborativa, na qual usuários podem baixar estruturas existentes (*3D Warehouse*), desenvolver novos modelos e associá-los a pontos no globo terrestre (figura 41).

Figura 41 – Interface do SketchUP



Fonte: O autor, com base no SketchUp, 2014. <<http://www.sketchup.com/>>

O programa utiliza o formato Collada (.dae)<sup>97</sup>, padrão de exportação e importação de arquivos XML, para descrever faces e grupos de objetos tridimensionais em unidades

<sup>96</sup> <http://www.google.com/earth/index.html>

<sup>97</sup> <http://www.collada.org>

cartesianas. O formato nativo do Google Earth, o KML ou sua versão comprimida KMZ<sup>98</sup>, incorpora os modelos no formato DAE e atribui a eles um referencial de geolocalização, além de informações para posicionamento de câmera, animação e apontadores, como o característico ícone em forma de gota.

Os serviços do Google Earth e o Google Maps vêm sendo integrados em uma mesma plataforma *web* e, gradativamente, a modelagem individual das construções está sendo substituída por nuvens de pontos (figura 42). A técnica se aproveita da manutenção autônoma da base e da visualização realística do entorno ao registrar a volumetria de construções, vegetação e acidentes geográficos, porém, abre mão de detalhes das construções e da segmentação das partes que a compõem.

**Figura 42 – Comparação entre os recursos de modelagem**



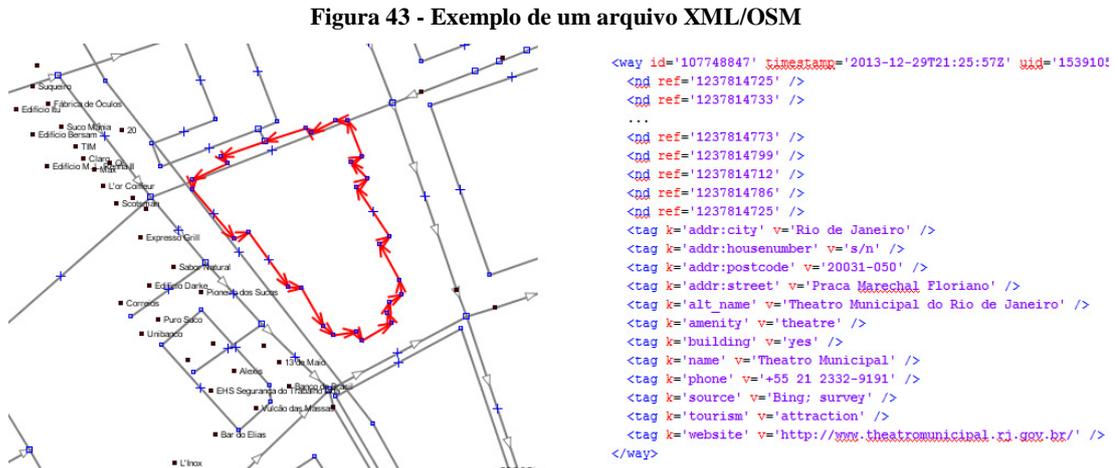
Fonte: O autor, com base no Google Earth e Google Maps, 2014.

O OpenStreetMap, base de dados geográficos *open source* e *open data*<sup>99</sup>, apesar de não ser um formato nativo 3D, passou a utilizar *metatags* para expressar o volume das construções, tornando-se uma alternativa simples e eficiente para gerenciamento desse tipo de informação. Ele utiliza o padrão XML na troca de dados e representação de seus elementos, onde a informação georreferenciada é expressa através de quatro componentes básicos: nós (*nodes*), caminhos (*ways*), marcadores (*tags*) e relações (*relations*). O “nó” é usado para marcação de objetos ou vértices e contém as coordenadas geográficas. O “caminho” é um polígono composto por uma sequência de nós, que pode ser aberto (*way*), fechado (*closed way*) ou preenchido (*area*). Para cada um desses elementos podem-se atribuir “marcadores”

<sup>98</sup> <https://developers.google.com/kml/documentation>

<sup>99</sup> dados disponíveis para livre uso, sem restrições de direitos autorais e patentes ou outros mecanismos de controle.

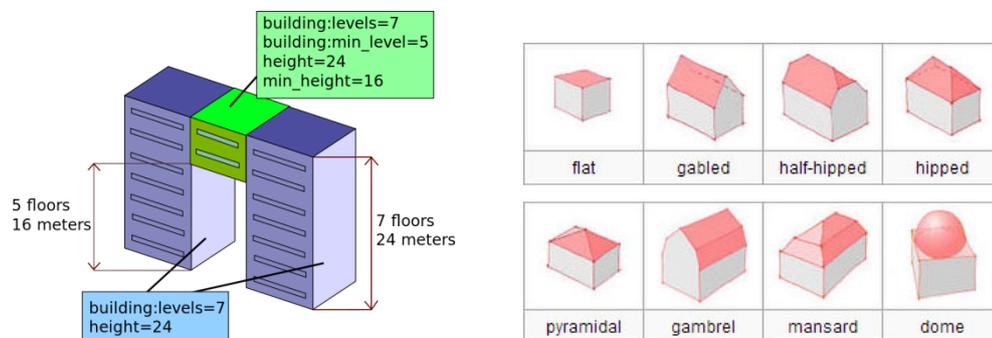
(tags) para descrever características como nome, tipo de construção, tipo de função (*amenity*) e *website*, entre outros tipos de metadados (figura 43). O componente “relação” (*relation*) agrupa outros elementos para formar uma nova estrutura de dados.



Fonte: O autor, com 2014.

A equipe do Instituto de Geografia da Universidade de Hiedelberg, na Alemanha, aproveitou a base do OpenStreetMap para desenvolver uma plataforma 3D. O OSM-3D<sup>100</sup> descreve seus modelos tridimensionais a partir dos contornos das construções georreferenciadas e inclui novas *tags* para descrever características volumétricas do modelo como: elevação, altura, número de andares e até formato do telhado e tipo de janela (figura 44).

**Figura 44 - Atributos volumétricos OSM-3D / tipos de telhado**



Fonte: Wiki OpenStreetMap, 2013. <[http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Simple\\_3D\\_Buildings](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Simple_3D_Buildings)>

<sup>100</sup> <http://www.osm-3d.org> / <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM-3D>

Os recursos visuais do OpenStreetMap são limitados se comparados com programas de computação gráfica, como percebemos na representação da Torre Eiffel (figura 45), porém tem como diferencial sua facilidade e operabilidade na descrição de objetos tridimensionais, recurso que estimula usuários de todo o mundo a colaborarem na construção da base, além de facilitar a consulta por ferramentas externas.

**Figura 45 - Exemplos de construções no OSM3D: Heidelberg (Alemanha), Petrona Towers e Torre Eiffel.**



Fonte: Wiki OpenStreetMap, 2013. < <http://www.osm-3d.org> / <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM-3D> >

## 4 PUNCTUM

### 4.1 Apresentação

Antes do amadurecimento da computação móvel e ubíqua, os projetos de geoanotações e exploração do ambiente urbano por meio da realidade aumentada eram restritos a pesquisas científicas e intervenções artísticas, que se destacavam por seus valores experimentais, mais do que informacionais. Com a popularização dos *smartphones* criaram-se recursos para a ampla interação e visualização de dados empregando a realidade aumentada móvel, mas mesmo assim ainda hoje não se percebe sua plena utilização nas tarefas cotidianas. Tal fato pode ser parcialmente justificado pela ainda limitada precisão dos sensores ou restrições operacionais dos sistemas de geolocalização, mas também se deve levar em conta o impacto desses artefatos tecnológicos em sua aplicação cotidiana.

A presente pesquisa propõe uma alternativa para a navegação entre elementos físicos e acesso às informações digitais atribuídas a eles. Para minimizar a interferência de telas na experiência interativa, a interface utiliza o gesto natural de apontar na identificação de objetos para obter informações sobre os mesmos ou interagir com o entorno. A fim de avaliar a viabilidade dessa forma de interação, foi desenvolvido o aplicativo de nome **Punctum**.

Como exemplo de aplicação e teste do sistema criou-se um guia urbano para a cidade do Rio de Janeiro, com o qual é possível identificar e obter informações sobre construções, marcos históricos e elementos arquitetônicos da cidade. A Praça Floriano Peixoto no centro da cidade, também conhecida como Cinelândia, foi escolhida como cenário controlado para os testes por concentrar importantes edifícios comerciais e construções históricas como o Theatro Municipal, a Biblioteca Nacional e a Câmara dos Vereadores. Direcionado tanto para turistas como para a população local, o aplicativo pretende promover de forma atrativa a comunicação de informações sobre atrações históricas, eventos culturais (programação e venda de ingressos para teatro, cinema e shows), e estabelecimentos comerciais (horário de funcionamento, relação de produtos e cardápios para restaurantes).

Sem a necessidade de mapas ou recursos de realidade aumentada para identificação do ponto de interesse, o processo se baseia exclusivamente na leitura de sensores presentes nos *smartphones* para avaliar a posição, o ângulo e a direção do observador. O apontamento

descrito pelo vetor de direção, partindo do dispositivo (ou da mão do usuário) é usado para identificar no entorno o objeto de interesse. É feita então uma consulta ao servidor, que utiliza as informações recolhidas do ambiente para relacioná-las com dados georreferenciados correspondentes. Se o vetor definido pelo ponto de observação e a orientação do aparelho intercepta alguma face dos modelos virtuais da base, são enviadas para o usuário as informações referentes a esse objeto.

A relação estabelecida entre o espaço físico e sua representação virtual permite que a indexação de elementos seja feita sem a necessidade de marcadores visuais (*tags*) ou utilização de identificação por imagens (visão computacional). O mapeamento é feito utilizando exclusivamente as dimensões e localização dos objetos, sejam eles elementos estruturalmente simples como prédios, ou orgânicos e detalhados, como árvores. Ao utilizar estruturas tridimensionais na reconstrução do entorno, a requisição do dispositivo se comporta como nosso olhar, levando em consideração a sobreposição dos objetos e reproduzindo a cena virtualmente. Através desse recurso, o objeto de interesse é identificado somente por sua posição e orientação no espaço físico.

O ambiente urbano, repleto de história, pode ser lido através das informações atribuídas a seus elementos, e também ser enriquecido com novas histórias deixadas por seus habitantes. As anotações urbanas, ou *geotags*, são constituídas de forma espontânea e colaborativa pelos habitantes e visitantes daquela área, estimulando a vivência e a troca de informação naquele local.

#### 4.1.1 Sobre o nome

O filósofo Roland Barthes no livro “Câmara Clara”<sup>101</sup> apresenta sua reflexão sobre a fotografia e a leitura de imagens. O autor afirma que o processo fotográfico é composto por três atores: aquele ou o quê é fotografado (*Spectrum*), o fotógrafo (*Operator*) e o observador ou consumidor daquela imagem (*Spectator*). A abordagem semiótica que descreve a relação entre o observador e o referente (o objeto retratado) é feita a partir de fotos escolhidas por critérios subjetivos do autor e do questionamento do próprio processo de seleção das imagens. Entre várias fotos, são escolhidas aquelas que, de uma forma ou de outra, o sensibilizam.

---

<sup>101</sup> BARTHES, 1980.

Nesse processo ele nomeia dois elementos que exercem esse interesse particular na imagem selecionada: o *studium* e o *punctum*.

O *studium* é o interesse difuso e uniforme, a extensão do campo sem uma atenção específica. Representa também a previsibilidade e familiaridade pelo tema retratado. Em oposição à vastidão e ao interesse geral e consciente está o *punctum*, traduzido do latim por “ponto”. São pontos sensíveis na imagem que *pungem* ou “ferem” o observador, detalhes que surpreendem, atraem a atenção e fixam o olhar.

A seleção é um processo subjetivo, onde o observador atribui relevância àquele objeto por identificar nele uma relação com sua história e seus interesses individuais, ou até mesmo uma estranheza que o destaca dos demais. Essa relação de distinção e co-existência presente no conceito de *studium* e *punctum* - a grande cena e o detalhe – é identificada também na relação diária entre o indivíduo e o espaço que o cerca.

Foi feita então uma homenagem ao utilizar o termo *punctum* no entendimento que os ambientes que nos rodeiam são formados por inúmeros elementos, que se desdobram em informações, dados e histórias, e vão além do que nos é apresentado visualmente. De forma análoga à leitura das fotos feita por Barthes, estamos imersos em um mundo com camadas de informações e metadados, relacionados a objetos e lugares. Por não termos a capacidade de processá-las simultaneamente, somos levados a direcionar pontualmente nossa atenção para elementos que, de alguma forma, nos sensibilizam, instigam e despertam nossa curiosidade.

No aplicativo, assim como no olhar, somos atraídos e aguçamos nossa atenção para destacar certos elementos no meio de um ambiente saturado, na esperança de entendê-lo melhor. Fazendo uma apropriação das palavras de Barthes, “O *punctum* é um extracampo sutil, como se a imagem lançasse o desejo para além daquilo que ela dá a ver (...)”.

## 4.2 Testes preliminares

Antes de iniciar o desenvolvimento do aplicativo em si, foi necessário entender como é feita a leitura dos sensores pelos *smartphones* e também avaliar as fórmulas matemáticas a serem utilizadas no protótipo. Por se tratarem de grandezas abstratas e intangíveis, foi indispensável criar recursos que traduzissem visualmente esses dados para analisar o funcionamento do sistema e seus componentes. Foram então criados programas para testar o giroscópio (primeiramente a partir de um ponto fixo), para identificar o posicionamento

obtido pelo GPS e, por fim, para avaliar a resposta obtida pelo cruzamento das informações dos sensores com a base de modelos virtuais.

Para o desenvolvimento do aplicativo para dispositivo móvel, assim como para a criação dos programas *desktop* para testes e visualizações foi utilizado o Processing<sup>102</sup>, uma linguagem de programação de código aberto criada em 2001 por Casey Reas e Benjamin Fry, que hoje conta com uma grande e ativa comunidade *online*, que colabora com bibliotecas e exemplos de códigos.

As páginas responsáveis pelo processamento das requisições web (*server-side*) foram escritas na linguagem PHP, utilizando a base de dados MySQL. As duas linguagens são gratuitas e *open source*, por isso, representam um baixo custo de desenvolvimento e oferecem uma grande comunidade de suporte.

#### 4.2.1 Utilização do Giroscópio/acelerômetro

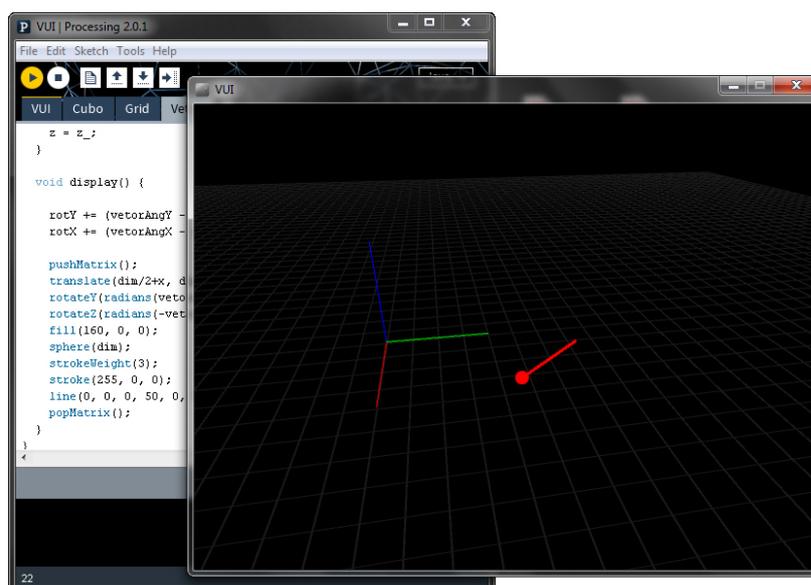
Para testar o funcionamento do sistema inercial no dispositivo móvel, foi desenvolvido um aplicativo que envia os dados colhidos pelo giroscópio através de uma conexão UDP<sup>103</sup>. O programa se resume a um ambiente tridimensional demarcado por um *grid* horizontal e um vetor estabelecido pelos valores de angulação recebidos remotamente. Dessa forma, a direção do vetor no ambiente virtual é comandada pela posição física do aparelho (figura 46).

---

<sup>102</sup> <http://www.processing.org>

<sup>103</sup> UDP (User Datagram Protocol) é um protocolo direto de transmissão de dados, onde o cliente emita pacotes de dado sem o retorno ou tratamento de erro. O protocolo é adequado para transmissão multimídia por favorecer o fluxos de dados em tempo real.

Figura 46 – Teste do sistema inercial



Fonte: O autor, 2013.

Foi identificado que a progressiva variação na leitura dos sensores provoca uma trepidação indesejada no vetor de direção. Para tornar o apontamento mais estável, foi aplicado um cálculo, atenuando seu movimento (anexo 1.4).

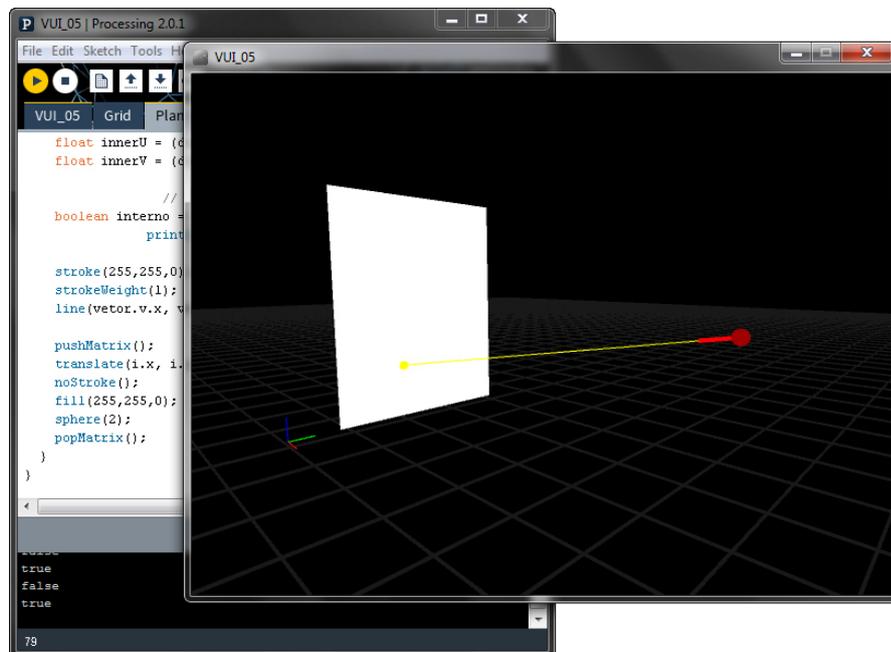
Para garantir uma boa leitura dos sensores é recomendado pelos fabricantes que o giroscópio seja calibrado, girando o aparelho uma ou duas vezes em relação a cada eixo ou rotacionando-o em diferentes direções, descrevendo a forma de um “8”. Nessa etapa foram detectadas também variações na leitura do sensor, quando próximo a objetos com campo magnético mais forte. A leitura azimutal feita a partir dos campos magnéticos naturais do ambiente sofre interferência dos demais campos, como as redes elétricas.

#### 4.2.2 Cálculo de interseção de faces

O próximo passo para a construção do protótipo foi aplicar a equação para o cálculo da interseção do plano e do vetor. No mesmo ambiente virtual desenvolvido na etapa anterior, foi criada uma face, equivalente a uma parede, e mantido o vetor que representa a posição e direção do usuário. Para simular a utilização do aplicativo, a face é identificada e selecionada se o vetor estiver posicionado em sua direção (figura 47).

Primeiramente o vetor é traduzido em uma equação matemática que descreve uma linha reta no espaço. Em seguida, é calculado o plano descrito por cada face, a partir de seus três vértices (anexo 2.1). Com as duas fórmulas, o cálculo para encontrar o ponto de interseção entre os dois elementos é aplicado. Se estes não forem paralelos ou se o vetor não estiver contido no plano, a equação resultará em um único ponto (anexo 2.2). É necessário então avaliar se este ponto está contido na face que gerou o plano, ou seja, se o ponto faz parte do triângulo formado pelos três vértices iniciais (anexo 2.3). É possível ainda que mais de uma face seja interceptada pelo vetor. Para identificar o objeto mais próximo, são calculadas as distâncias do ponto de origem ao ponto de interseção de cada face para selecionar a de menor comprimento.

**Figura 47 – Cálculo de interseção entre o vetor e uma face**



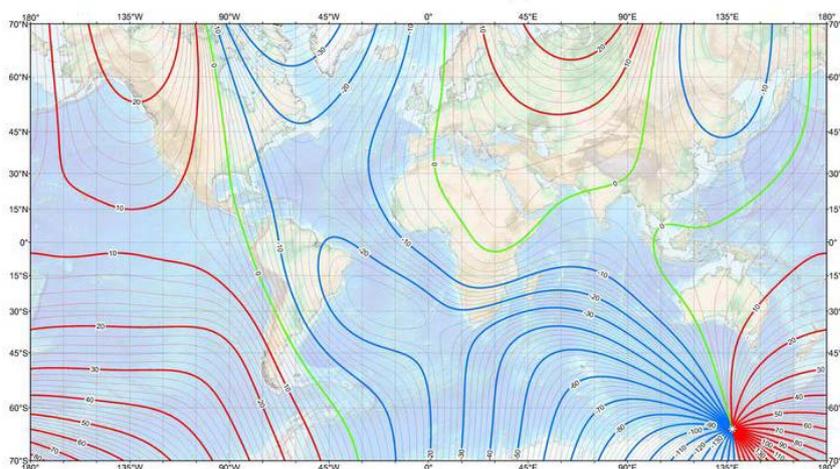
Fonte: O autor, 2013.

Com o princípio de seleção dos objetos virtuais definido e os cálculos aperfeiçoados, os elementos no ambiente virtual são migrados para a escala urbana. As coordenadas cartesianas dos objetos são convertidas para coordenadas polares e o ponto de origem convertido para uma coordenada de GPS (a princípio estática) para simular a aplicação final na escala urbana.

Os primeiros testes com os modelos georreferenciados e dados da bússola se mostraram inconsistentes. Através do ambiente de visualização foi percebida uma discrepância no alinhamento dos elementos com o vetor estabelecido pelos sensores. Foi identificado posteriormente que o erro era decorrente da declinação magnética, uma grandeza que expressa

a diferença entre a leitura do norte magnético, apontado pela bússola, e o norte geográfico, eixo de rotação do planeta descrito nos mapas pela latitude 90°N. O fenômeno é decorrente da concentração não uniforme de diferentes metais na crosta terrestre e por seus fluxos internos. Sua intensidade varia acordo com a localização na superfície e no decorrer do tempo (figura 48). Constatada há séculos pelos navegadores, e corrigida através de referências celestes, a declinação magnética é compensada nos atuais sistemas digitais de navegação utilizando APIs, que indicam o desvio magnético de acordo com as coordenadas geográficas e data de consulta<sup>104</sup>.

**Figura 48 - Mapeamento da declinação magnética**



Fonte: Wikipedia, 2013. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_declination](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_declination)>

#### 4.2.3 Utilização dos sensores de localização

A mobilidade é um recurso fundamental para o aplicativo proposto e a capacidade de reconhecer a posição do usuário é determinante para o funcionamento do sistema. É a partir de sua localização que o vetor de direção, definido pelos outros sensores, é aplicado na seleção dos objetos de interesse. Os recursos de localização no sistema Android são detalhados no *website*, na documentação para uso da classe de Localização<sup>105</sup>.

A leitura dos sistemas de posicionamento foi incorporada ao aplicativo de teste para avaliar os sistemas inerciais. Além da localização expressa em coordenadas de geográficas, a

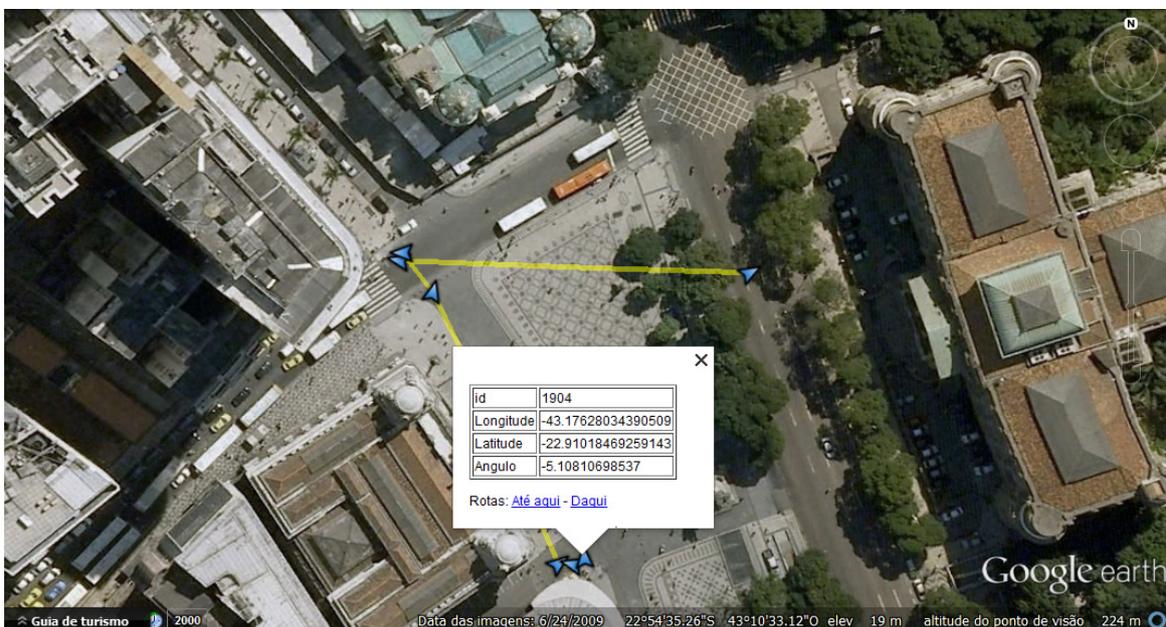
<sup>104</sup> <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/calculators/declinationHelp>

<sup>105</sup> <http://developer.android.com/guide/topics/location/strategies.html>

acurácia do GPS foi adicionada aos parâmetros de requisição. Os resultados para o teste do protótipo são aproveitados somente quando a acurácia é menor que 10 metros, uma distância considerada aceitável para a área previamente escolhida. A Praça Floriano Peixoto foi eleita para os testes por ser uma área ampla e por seus principais pontos de interesse (Theatro Municipal, Biblioteca Nacional e Câmara dos Deputados) serem grandes e destacados do entorno.

Cada solicitação feita pelo aplicativo é registrada no servidor, assim, é possível gerar um arquivo KML para posterior comparação. Utilizando o Google Earth, o ponto interpretado pelo dispositivo e registrado no sistema pode ser comparado por meio de referências visuais contidas nas fotos aéreas. Em um dos testes (figura 49) foram feitas sete requisições em sequência, utilizando referências geográficas identificáveis em imagem de satélite: três requisições a partir da esquina situada na parte de baixo da figura, três requisições na esquina ao norte da praça e outra no ponto de ônibus situado na calçada ao lado praça. Os registros revelam a flutuação e expõem a imprecisão dos atuais dispositivos de localização.

**Figura 49 – Identificação da localização nos registros gerados pelo aplicativo**



Fonte: O autor, com base no Google Earth, 2013.

Assim como a latitude e a longitude, a avaliação da altitude ou elevação sofre com a pouca precisão dos atuais mecanismos de localização. Ela ainda possui o agravante de que sua dimensão é expressa em metros a partir do nível do mar. Sendo assim, para obter a distância

relativa do solo é necessário subtrair da leitura do GPS a elevação do terreno em relação ao nível do mar<sup>106</sup>.

Para diminuir o número de variáveis no protótipo, a leitura de elevação foi substituída por um valor fixo. Estabeleceu-se que o posicionamento do dispositivo está a um metro do solo, o equivalente a altura do aparelho ao ser utilizado pelo usuário. Essa generalização beneficia o uso em ambientes planos, mas pode comprometer o resultado se utilizado em terrenos inclinados ou em pontos de vista elevados, como em viadutos e mirantes.

Embora este recurso restrinja de alguma forma a utilização do aplicativo, ele reduz a margem de erro para a maioria das requisições. Quando os sistemas de localização se tornarem mais precisos, o recurso pode ser removido e o sistema passará a contemplar as diferentes elevações, tanto do terreno como do usuário.

#### 4.2.4 Conexões

Para que qualquer aplicativo consiga acessar bases externas é indispensável a conexão do aparelho à internet ou a um servidor local. O acesso pode se estabelecer por meio da telefonia móvel (3G/4G), que utiliza exclusivamente o sinal de celular para se conectar à internet, ou através de redes sem fio.

Entre as informações disponibilizadas pelo sistema operacional a qualquer aplicativo estão: o tipo de conexão, o nome das redes sem fio disponíveis e, se conectado, o nome da rede em uso. Essas informações são empregadas para aprimorar a localização e também servem como variáveis para os aplicativos. Estar conectado a uma rede privada pressupõe que o usuário faça parte de um grupo restrito, definindo assim um perfil de acesso o que permite limitar ou dedicar informações a ele.

No caso do Punctum, a identificação do tipo de conexão pode definir o tipo de uso (externo ou interno), e a identificação da rede permite que modelos tridimensionais sejam disponibilizados exclusivamente para os usuários com aquele perfil de acesso. Os sensores são acessados na plataforma Android pela classe WifiManager<sup>107</sup>.

---

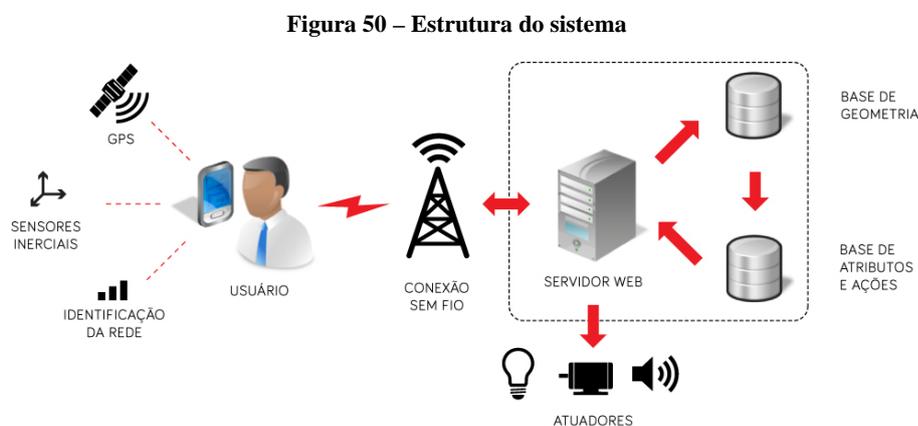
<sup>106</sup> <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/>

<sup>107</sup> <http://developer.android.com/reference/android/net/wifi/WifiManager.html>

### 4.3 Desenvolvimento do Protótipo (1ª fase da pesquisa)

Com os componentes individualmente testados e a lógica de funcionamento definida, foi construído um protótipo do sistema para avaliar a utilização dos modelos tridimensionais aplicados à seleção de objetos no espaço urbano. A elaboração do protótipo nessa primeira etapa da pesquisa envolveu três frentes: a construção da base de modelos virtuais; a programação *web* para processar as requisições e o desenvolvimento do aplicativo *mobile*. Até então não haviam sido considerados os possíveis desdobramentos colaborativos do sistema, o que levou a pesquisa para uma segunda fase a ser descrita posteriormente.

O sistema é composto por um aplicativo que capta informações dos sensores e as envia para um servidor, que consulta uma base de objetos virtuais modelados. Se a requisição identifica um desses objetos, é consultada uma nova base com os dados correspondentes. Na aplicação proposta, as informações sobre as construções são enviadas de volta para o aparelho, onde são formatadas e apresentadas para o usuário (figura 50).



Fonte: O autor, 2013.

#### 4.3.1 Construção da base de modelos virtuais

Para atender aos propósitos da pesquisa, o detalhamento ou a representação realística dos objetos não é relevante, e sim a capacidade de identificá-lo entre os demais no ambiente.

Apesar de o *point cloud* ser uma alternativa ao sistema, optou-se pela modelagem de polígonos por serem mais facilmente gerenciáveis.

O protótipo se inicia com a construção de uma base de modelos virtuais. Objetos e elementos arquitetônicos são modelados, passando a ter suas dimensões e volumetria representadas matematicamente. Tornam-se modelos virtuais que preservam as relações geométricas dos objetos físicos.

Essas estruturas, análogas aos sólidos que elas figuram, a princípio podem representar diferentes objetos com as mesmas propriedades e dimensões, localizados em diferentes lugares do mundo. Construções modulares como os CIEPs<sup>108</sup>, por exemplo, têm suas partes pré-moldadas e possuem as mesmas dimensões onde quer que tenham sido construídas. Para que um modelo se refira exclusivamente àquele objeto de origem no ambiente físico, suas dimensões devem ser estabelecidas por coordenadas geográficas, com os vértices descritos por coordenadas de GPS. Os objetos modelados são exportados para uma base de dados para então terem os metadados associados a cada um deles (figura 51).

Figura 51 – Descrição da Modelagem e construção da base, utilizando SketchUp, Processing e MySQL



Fonte: O autor, 2013.

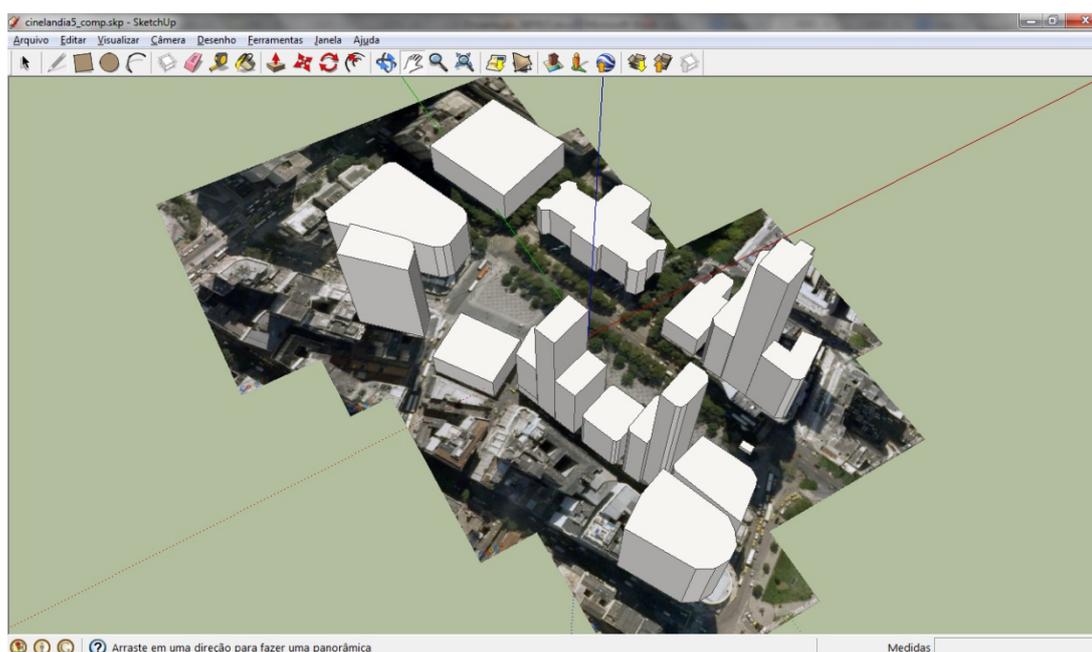
## Modelagem

Inicialmente, optou-se pelo Google SketchUp para modelar os sólidos e povoar a base de interação. O software proprietário foi originalmente desenvolvido pela Google para

<sup>108</sup> Os Centros Integrados de Educação Pública (CIEPs) são escolas públicas construídas no Rio de Janeiro nas décadas de 80 a 90, concebidas por projetadas por Oscar Niemeyer

modelagem das edificações de seu aplicativo Google Earth<sup>109</sup>. O programa conta com bons recursos para modelagem tridimensional detalhada baseada em triângulos e, com o auxílio de imagens de satélite, facilita o referenciamento dos objetos. Por padrão, os modelos são descritos por coordenadas cartesianas em polegadas e recebem posteriormente uma coordenada de GPS para situá-lo geograficamente. A localização, ou ponto de referência da cena, pode ser definida manualmente, indicando a coordenada referente à sua posição física, ou com o auxílio de um mapa formado por fotos de satélite. O mapa serve também como base para o desenho bidimensional do contorno das edificações. A forma descrita por linhas fechadas (*polylines*) é extrudada de acordo com a altura do prédio, estabelecendo assim sua volumetria. Para projetos arquitetônicos mais detalhados, pode-se utilizar primitivas como esferas e cones, superfícies de revolução ou traçados mais complexos para extrusão. Como resultado, cada objeto passa a ser descrito por uma malha de triângulos (figura 52).

Figura 52 – Modelagem dos volumes no SketchUp



Fonte: O autor, com base no SketchUp, 2013.

A representação da fachada de um prédio é definida por quatro pontos: dois deles situados na base da parede e descritos pela longitude, latitude e elevação, e dois pontos referentes às arestas superiores da fachada, com os mesmos valores de longitude e latitude das

---

<sup>109</sup> Adquirido pela empresa Trimble. <http://www.trimble.com>

arestas na base, mas com a altitude acrescida da altura do prédio. Esta fachada, que pode ter dimensões lineares idênticas a outras em qualquer lugar do mundo, se torna única quando referenciada por suas coordenadas geográficas. Para ser identificada pelo sistema, cada edificação ganha uma chave ou código identificador, que posteriormente referenciará as informações ou funções para aquela forma tridimensional.

Concluída a definição dos objetos de interesse na cena, os dados são salvos no formato KMZ. Este arquivo, equivalente a um KML<sup>110</sup> comprimido, contém parâmetros de câmera, luzes e texturas utilizadas na cena e, o mais importante, um arquivo incorporado no formato DAE que descreve os modelos tridimensionais e indica sua localização geográfica.

### **Exportação para a base de modelos**

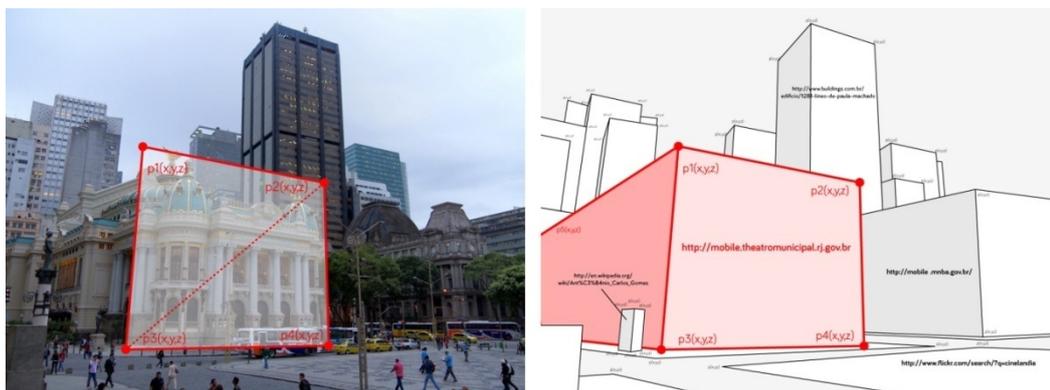
Como as informações salvas no formato nativo do SketchUp não podem ser exportadas diretamente para uma base a ser consultada remotamente, foi desenvolvido um *script* para extrair e interpretar os dados dos objetos tridimensionais. Desenvolvido usando o Processing, o *script* é também responsável pela transformação das coordenadas cartesianas em coordenadas geográficas, de acordo com o ponto de referência geográfico para a cena especificada no arquivo.

Os objetos contidos no arquivo KML são decompostos em faces, e cada uma delas é descrita por três vértices expressos em polegadas pela sua distância até o ponto de origem. A posição relativa de cada vértice é calculada e então transformada para coordenadas GPS, de acordo com sua distância do ponto de referência e localização geográfica. Após esse processo, cada face é traduzida em uma linha de código MySQL para que seja posteriormente inserida na base de dados.

---

<sup>110</sup> <https://developers.google.com/kml/documentation/kmlreference>

**Figura 53 – Modelagem e atribuição de endereços aos modelos virtuais**



Fonte: O autor, 2013.

### **Atribuição de ações para cada objeto**

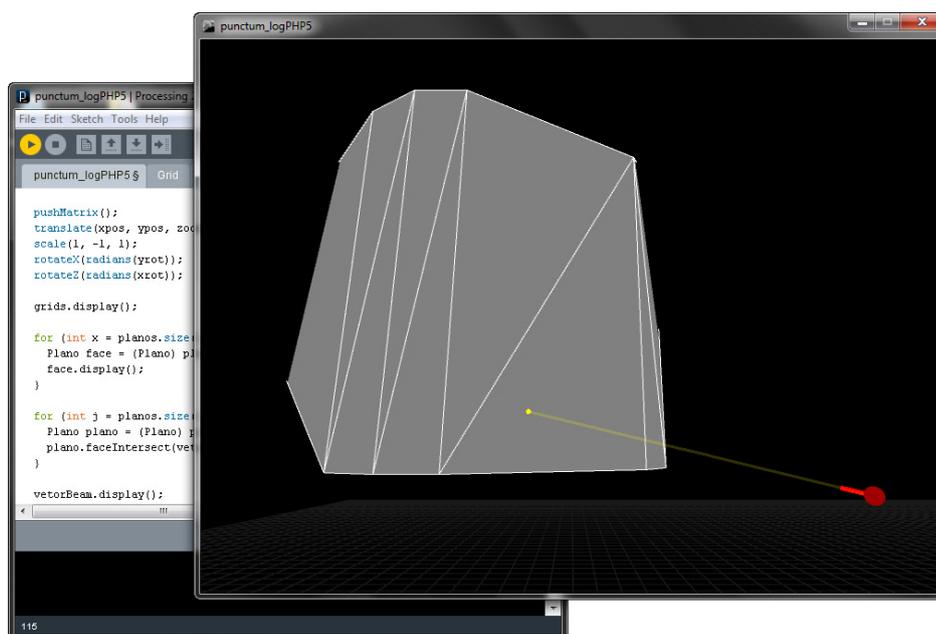
Na tabela da base de dados, cada face é identificada pelo nome dado ao componente a que ela faz parte. Após o registro das faces, são atribuídas funções específicas para cada componente, seja um endereço URL, uma interface de interação ou uma nova requisição para outro servidor. No desenvolvimento do protótipo, o relacionamento entre os componentes e suas funções foi feito diretamente na base, sem o desenvolvimento de uma ferramenta para esta tarefa (figura 53).

#### **4.3.2 Processamento da requisição**

Um domínio foi criado para onde são direcionadas as requisições dos usuários e onde é hospedada a base de modelos. Uma página foi disponibilizada no mesmo domínio com um *link* para *download* do aplicativo. Ainda considerado um protótipo, o aplicativo possui algumas questões técnicas que devem ser sanadas antes de ser disponibilizado para uso público, como a desativação do GPS quando o aplicativo estiver em *background*.

A requisição feita pelo aplicativo é interpretada por uma página no servidor. Nela, como descrito na fase de testes, as variáveis recebidas são traduzidas em um vetor georreferenciado e então é avaliado se este intercepta uma ou mais faces existentes no banco de dados. Se mais de uma face for atingida, é selecionada a mais próxima da origem do vetor (figura 54).

Figura 54 – Ambiente para avaliação da requisição



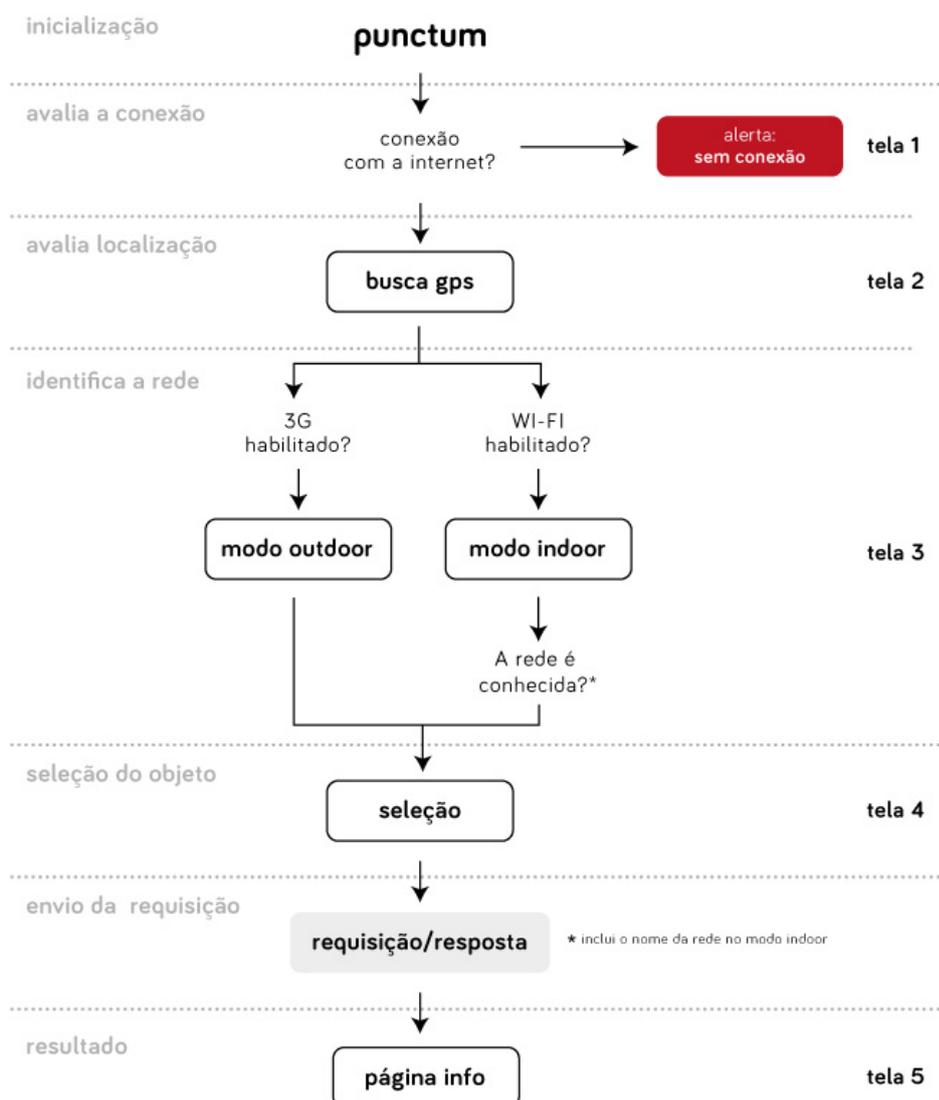
Fonte: O autor, 2013.

Identificada a face, obtém-se o objeto a que ela faz parte. Em outra tabela no banco de dados estão estabelecidas as informações sobre o objeto selecionado que retornarão ao aplicativo. O servidor então formata e envia como resposta um arquivo estruturado (XML) contendo informações referentes ao nome do objeto, descrição, endereço da imagem e endereço na *web*.

### 4.3.3 Criação do aplicativo

Com a base de modelos virtuais construída e a página de resposta disponível no servidor, os esforços se direcionaram para a construção do aplicativo. Foram mapeadas as telas e os processos que compõem a navegação (figura 55). O diagrama de fluxo serviu como um guia para o desenvolvimento do aplicativo.

Figura 55 – Diagrama de fluxo do aplicativo



Fonte: O autor, 2014.

A tela inicial apresenta o sistema ao usuário e indica eventuais restrições de uso, como a falta de conexão com a internet ou a inatividade do GPS. Considerando que o aplicativo acessa uma base externa, uma conexão ativa é indispensável para seu funcionamento. Ao iniciar o aplicativo, antes mesmo de qualquer tela aparecer no dispositivo, a conexão com a internet ou servidores locais é avaliada. Se não houver conexão, é apresentada uma tela descrevendo a inoperabilidade do sistema (figura 56 / tela 1). Assim que a conexão é detectada, inicia-se a busca pelo sinal do GPS. Como essa informação pode demorar vários segundos para ser obtida, é apresentada uma tela (figura 56 / tela 2) com a descrição da etapa e uma animação em *loop* nas reticências do texto “buscando GPS...”. A pequena

movimentação na tela tem como objetivo evidenciar para o usuário que, mesmo com a demora, o sistema está em andamento.

Figura 56 - Tela 1 e 2 do aplicativo



Fonte: O autor, 2014.

Com o sinal de GPS estabilizado e a conexão habilitada, é identificado se esta é feita através de uma rede sem fio ou por serviços de telefonia móvel para a transmissão de dados (3G/4G). Como o tipo de conexão impacta no funcionamento do aplicativo, a conexão de redes sem fio é privilegiada. Além da economia ao evitar a conexão 3G, essa informação pode ser usada para indicar um repertório específico de modelos virtuais em eventuais aplicações *indoor* ou áreas externas delimitadas por uma rede *wi-fi*, como guias para jardins botânicos ou sítios arqueológicos. O tipo de navegação aparece no botão para ser validada pelo usuário (figura 57).

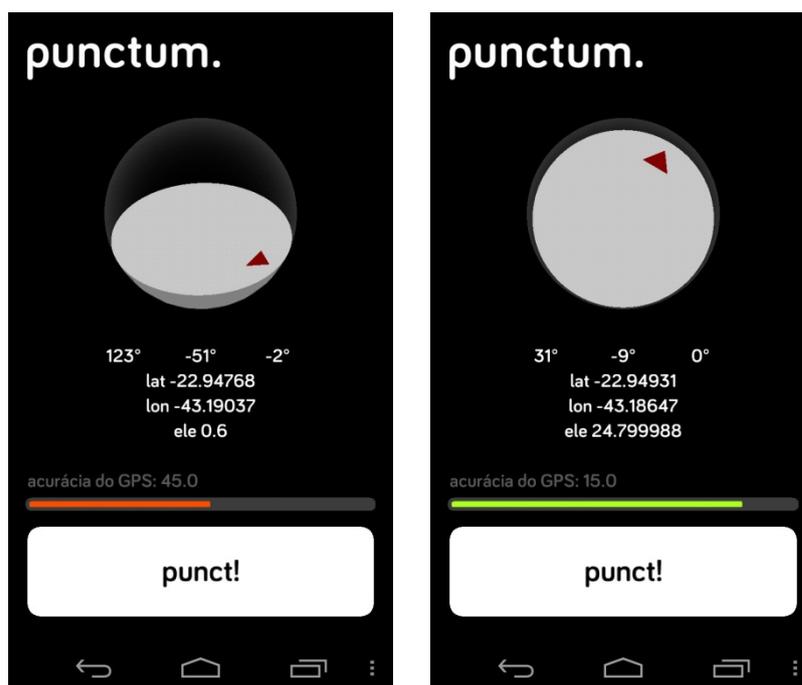
Figura 57 - Tela 3 do aplicativo



Fonte: O autor, 2014.

Na tela seguinte, o usuário está apto a fazer a seleção dos objetos no entorno. A interface é composta pelos dados de leitura dos sensores (angulação do aparelho, localização e acurácia), o botão de seleção e uma estrutura esférica fazendo alusão a um nível bolha, com uma calota sempre paralela ao solo e uma seta apontando para o norte. Embora não seja necessária ou desejável a consulta da tela do aparelho nessa etapa, foi utilizada a representação do nível bolha como *feedback* para o usuário, evidenciando para ele a influência do seu apontamento no sistema. Nessa tela está também presente uma barra progressiva que ilustra a acurácia do GPS. Considerando que a qualidade do sinal influencia diretamente o resultado, a barra varia de cor e tamanho de acordo com essa leitura. Quando a qualidade de sinal é adequada, a barra fica preenchida e ganha a tonalidade verde, e quanto menos precisa for a leitura, menor será a barra e mais avermelhada ela se apresentará (figura 58).

Figura 58 – Tela de seleção (variação de direção e acurácia)



Fonte: O autor, 2014.

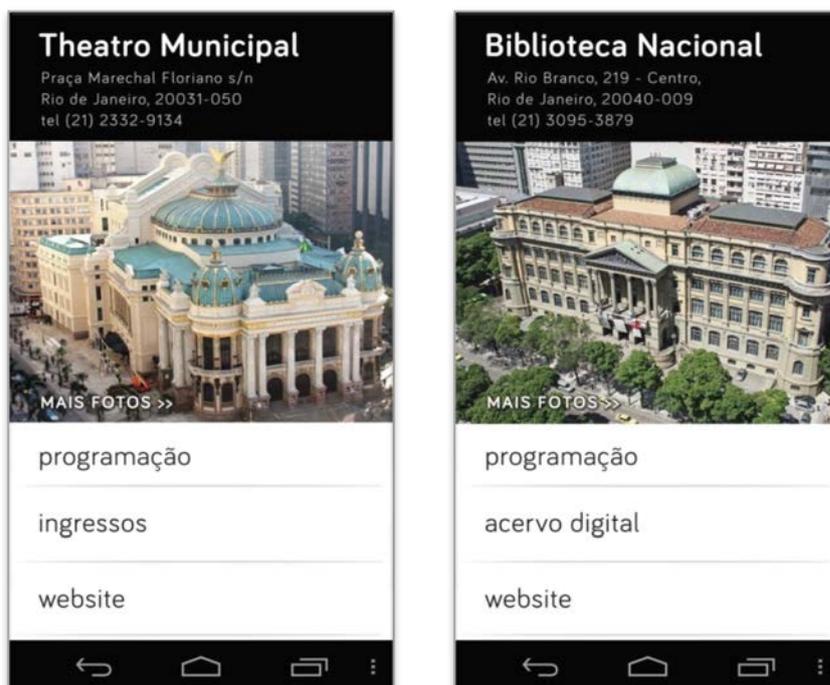
### Envio da requisição

Após iniciar o aplicativo, direcionar o aparelho para o ponto de interesse e pressionar o botão, o usuário coleta os dados gerados pelos sensores e envia uma requisição ao servidor. Esses dados são processados para avaliar a localização e a direção do dispositivo e compará-los com os elementos cadastrados na base de dados.

Identificado o objeto apontado pelo usuário, são enviadas de volta para o aparelho as informações relativas a ele. O arquivo de retorno é interpretado para, então, ser disponibilizada a tela de resposta. Entre as informações descritivas do objeto, foi colocada em destaque uma imagem, que, além de ter um papel ilustrativo, apresenta imediatamente ao usuário uma resposta visual correspondente ao objeto de interesse, validando sua requisição. Outras informações como *links* para serviços ou funções externas são disponibilizadas de acordo com os dados existentes na base (figura 59).

O processo de consulta daquele objeto se conclui quando o usuário acessa *links* externos ou retorna à tela de seleção para obter informações sobre outros objetos.

Figura 59 – Telas de resposta



Fonte: O autor, 2014.

#### 4.4 Adaptação da base colaborativa OpenStreetMap (2ª fase da pesquisa)

A solução inicial para criação dos volumes utilizando o SketchUp e estruturação de uma base própria se provou eficaz na avaliação do sistema, porém se mostrou inviável na aplicação em larga escala. Superadas as questões funcionais, a segunda fase da pesquisa foi focada na viabilidade da ferramenta através de seu uso colaborativo.

Foi utilizado o OpenStreetMap como repositório dos elementos interativos (figura 60). Como descrito no item 3.4.2 dessa pesquisa, essa alternativa é mais simples do que as demais soluções de modelagem e associação de dados, além de já contar com uma vasta base de elementos modelados e classificados. A base colaborativa é mantida por quase um milhão e meio de usuários cadastrados<sup>111</sup> que atualizam os dados em tempo real através do *website* do projeto<sup>112</sup>, do editor desktop JOSM<sup>113</sup> e também por aplicativos *mobile* como o Vespucci (figura 61) e o PushPin, que permitem a inclusão presencial de dados através da própria posição do usuário. Embora não possua recursos tão precisos e visuais como o SketchUp e

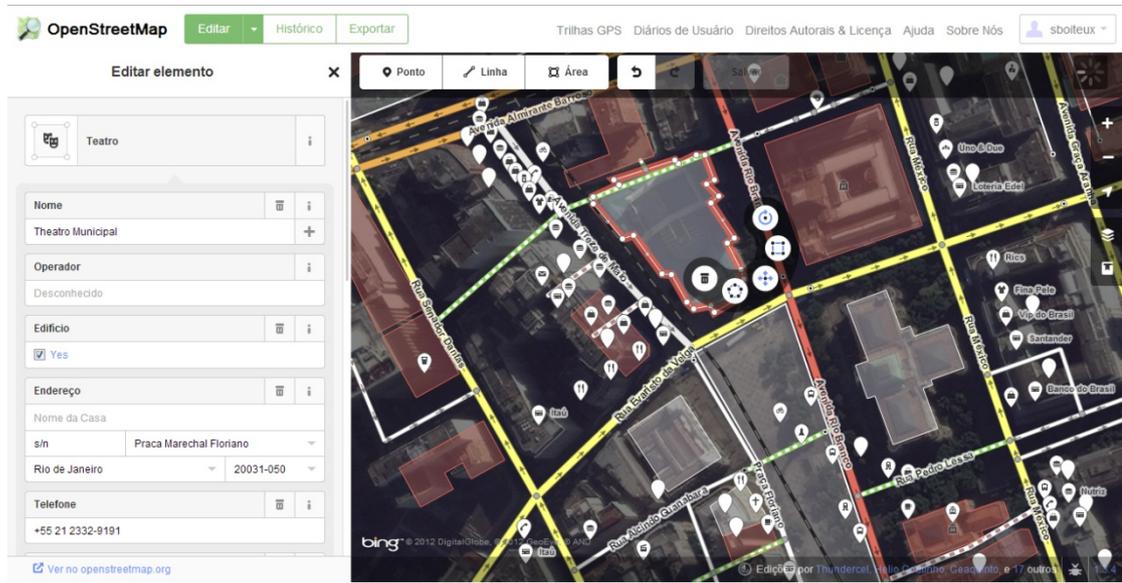
<sup>111</sup> <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>

<sup>112</sup> <http://www.openstreetmap.org>

<sup>113</sup> <http://josm.openstreetmap.de/>

outros programas de modelagem, a variedade de formatos, especialmente a versão *mobile*, estimula a manutenção coletiva da base. Suas informações podem ser acessadas livremente em consultas de *websites* e aplicativos através de APIs.

Figura 60 – Modelagem no OpenStreetMap - Editor iD



Fonte: O autor, com base no OpenStreetMap, 2014.

Figura 61 - Interface do Vespucci OSM Editor



Fonte: O autor, com base no Vespucci OSM Editor, 2014.

O projeto OpenStreetMap é amplamente documentado e disponibiliza uma relação completa dos *tags*<sup>114</sup>, recomendações e exemplos de uso, além de apresentar estatísticas de utilização<sup>115</sup>. A ferramenta permite a criação de novos atributos além dos *tags* predefinidos, mas, por se tratar de uma base comum a todos os usuários, o recurso deve ser usado com moderação. Se necessário, pode-se fazer uma cópia total ou parcial da base para ser incrementada com diferentes metadados e ser disponibilizada em outros servidores ou em aplicações *offline*.

Ao optar pela utilização dessa base colaborativa, o processo de “Modelagem”, “Construção da base” e “Atribuição de ações para cada objeto” da primeira etapa do projeto foi descartada. A requisição de modelos e os atributos dos objetos passam a ser resultado da consulta direta à base do OpenStreetMap (figura 62).



Fonte: O autor, 2014.

#### 4.4.1 Tratamento da requisição utilizando o OpenStreetMap

Ao invés de acessar a base de faces exportadas pelo SketchUp, o servidor passou a fazer uma nova requisição direta à base do OpenStreetMap. De forma análoga ao processo desenvolvido na primeira etapa da pesquisa, a requisição do aplicativo *mobile* é feita para o mesmo endereço no servidor. Lá é interpretado o vetor de apontamento e uma requisição é feita à nova base por meio de um API<sup>116</sup>. Para não sobrecarregar o sistema com informações

<sup>114</sup> [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features)

<sup>115</sup> <http://taginfo.openstreetmap.org/>

<sup>116</sup> [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API\\_v0.6](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6)

desnecessárias, são utilizados os seguintes parâmetros que restringem a busca a elementos tridimensionais:

**way[building=\*][bbox=-43.1911826,-22.9509641,-43.1825137,-22.9452536]**

**Tipo de elemento (*ways*):** ao contrário da maioria dos sistemas baseados em localização, só interessa ao Punctum elementos que podem ser traduzidas em estruturas tridimensionais, no caso, polígonos que receberão valores indicativos de sua altura.

**Atributo “*Building*”:** o atributo “building”<sup>117</sup> é utilizado para diferenciar polígonos que delimitam praças, quarteirões ou fronteiras de polígono que descrevem construções. Como existem diferentes tipos de construções é utilizado um caractere coringa (\*) para incluir todos eles na requisição.

**Delimitação da área (*bounding Box*):** através do parâmetro *bbox* são enviadas coordenadas de GPS que indicam as dimensões máximas e mínimas, latitudinais e longitudinais, para restringir a área de pesquisa.

A partir do arquivo estruturado enviado pelo OpenStreetMap, as faces dos modelos tridimensionais são reconstruídas. Foi criada uma nova interface para visualizar os elementos tridimensionais contidos no XML, além da posição do usuário e seu vetor correspondente (figura 63). A simples visualização dos elementos com atributos correspondentes a prédios (*buildings*) também pode ser feita no site OSMBuilding<sup>118</sup>.

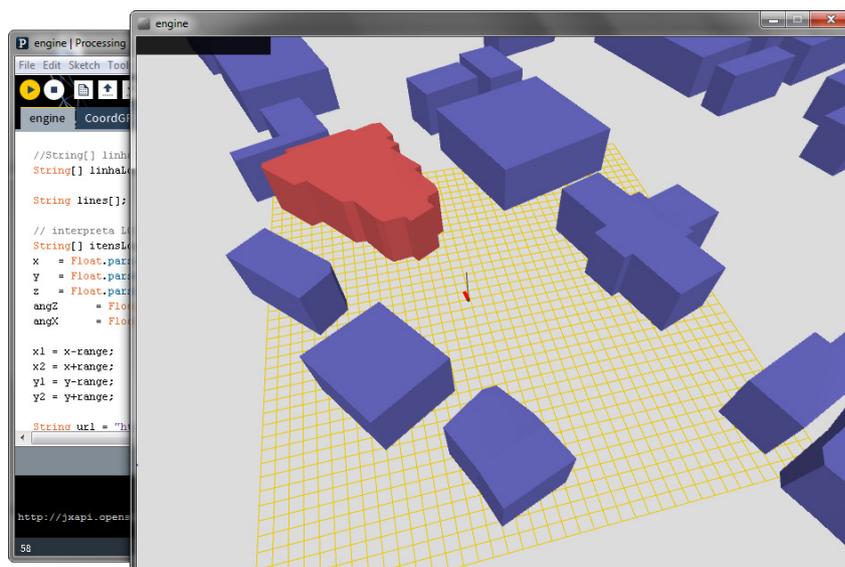
O atributo “*height*” especifica a altura dos elementos, mas na ausência dele é possível calcular sua altura pelo atributo “*building:levels*”, que indica o número de pavimentos da construção. Mesmo não sendo preciso, pode-se estimar a altura multiplicando o valor por três metros, equivalente à altura média de um pavimento. É comum que construções sejam caracterizadas pelo atributo “*building*” sem qualquer indicação de altura ou número de pavimentos. Nesse caso é atribuída uma altura média de 25 metros para que esses elementos possam ser identificados pelo aplicativo.

---

<sup>117</sup> <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:building>

<sup>118</sup> <http://osmbuildings.org>

Figura 63 - Teste da requisição utilizando o OpenStreetMap



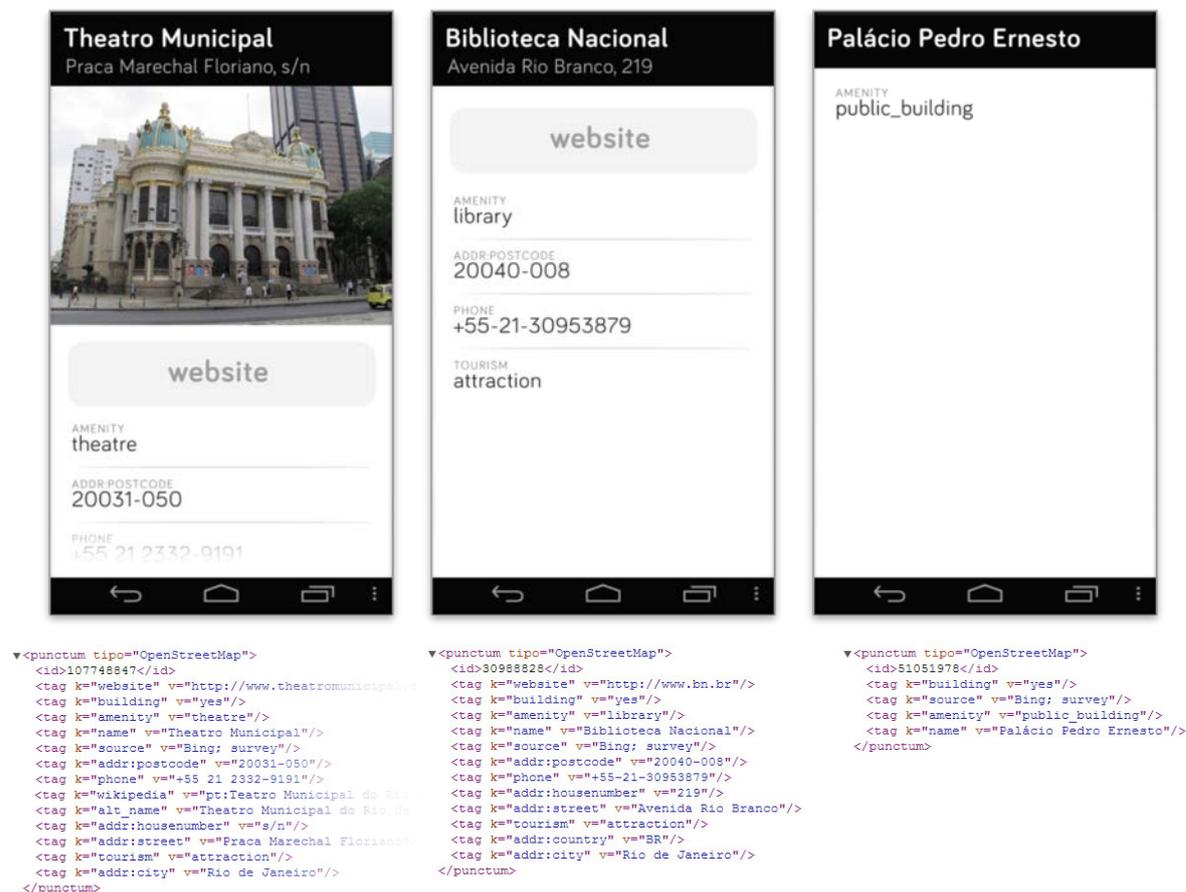
Fonte: O autor, 2014.

Com o valor referente à altura, cada segmento passa a corresponder a uma face do modelo. As faces são decompostas em pares de triângulos, que serão utilizados no mesmo cálculo aplicado na primeira etapa do projeto. De forma análoga, é identificado o objeto que tem a face mais próxima ao usuário, atingida pelo raio de seleção.

O arquivo XML recebido disponibiliza não só as coordenadas geográficas, mas todos os demais *tags* daquele elemento. Após a identificação do elemento, seus dados são tratados e enviados para o dispositivo móvel. As informações recebidas são apresentadas na nova página de resposta, adaptada para o padrão do OpenStreetMap. Apesar da base permitir o cadastro de inúmeros campos tabulados como nome, endereço de imagem, endereço *web* e *link* para o Wikipedia, eles não são necessariamente preenchidos de forma homogênea pelos usuários, como era feito na primeira parte da pesquisa. Devido a sua característica colaborativa, o preenchimento dos campos de atributos não segue qualquer padrão ou impõe qualquer regra de validação para campos deixados em branco. A interface deve então ser flexível, e para isso é necessário criar uma série de condições para tratar e classificar as informações recebidas. No protótipo foram selecionados os campos referentes ao nome, endereço (rua e número), imagem (disponível através do Wikipedia) e *website*. Como apresentado na figura 64, as telas de resultado são compostas por uma testeira com o nome e uma versão reduzida do endereço. Abaixo desse bloco, se constar alguma indicação de imagem (na própria base ou através de um *link* para o Wikipedia), esta é apresentada. Seguindo a mesma lógica, um botão com o link para o *website* pode ser apresentado. As demais informações são listadas estabelecendo

uma hierarquia entre o título e sua descrição, ignorando os atributos “building” e “source”, a fim de evidenciar somente os dados relevantes para aquela consulta.

Figura 64 – Telas de resultado e o arquivo tabulado



Fonte: O autor, 2014.

## 4.5 Testes e resultados

Durante o desenvolvimento do protótipo, foram feitos sucessivos testes em cada uma das etapas descritas anteriormente utilizando o aparelho Samsung Nexus, homologado pela Google. Após usar exclusivamente um único dispositivo através do “modo desenvolvedor”, o aplicativo foi compilado no formato APK (application package file) para a plataforma Android através do Eclipse<sup>119</sup>, uma interface de desenvolvimento (IDE) em Java. Esse formato de arquivo é utilizado na comercialização dos aplicativos no repositório Google Play

<sup>119</sup> <http://www.eclipse.org>

ou pode ser baixado em qualquer diretamente em qualquer *website*. O arquivo APK foi disponibilizado na página desenvolvida para projeto para que, ainda em versão experimental, pudesse ser instalado e avaliado por outros usuários em diferentes aparelhos.

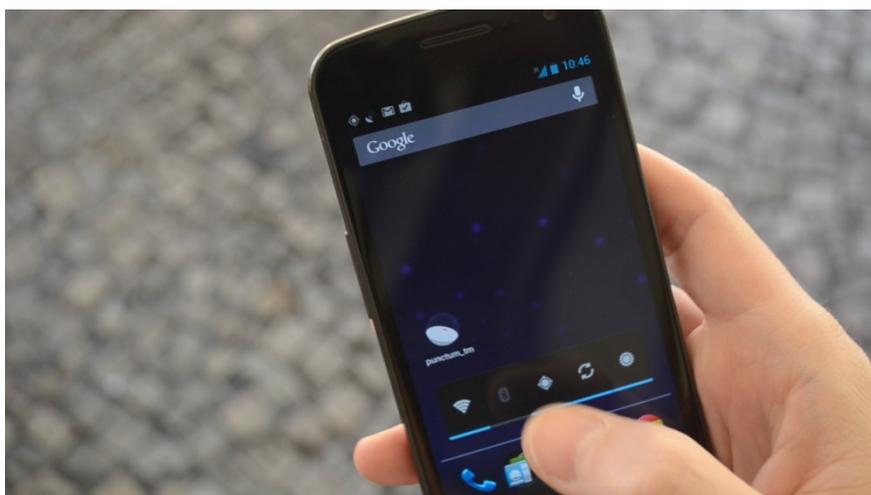
Os testes para avaliar sua usabilidade foram realizados na Praça Floriano Peixoto, como ilustrado na sequência de figuras 65 a 70. O aplicativo é inicializado e, após a avaliação das condições de uso (conexão e sinal de GPS), está pronto para a interação.

**Figura 65 - Identificação visual do objeto de interesse**



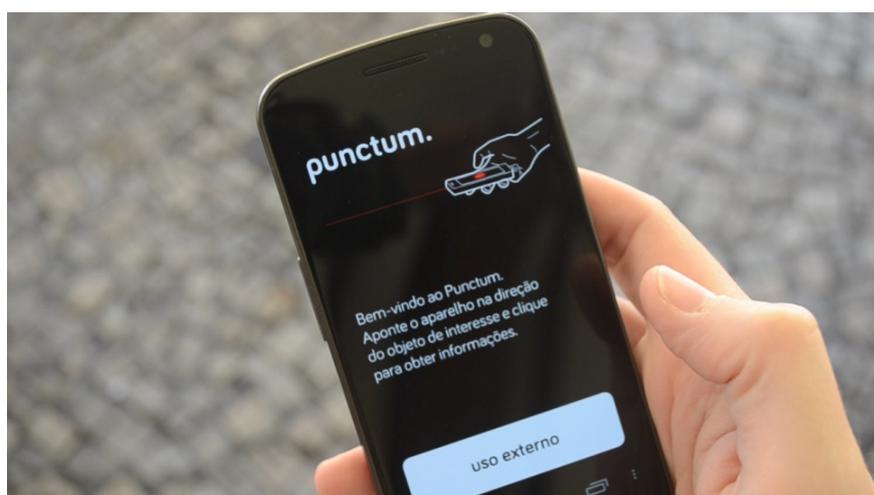
Fonte: O autor, 2014.

**Figura 66 - Inicialização do aplicativo**



Fonte: O autor, 2014.

**Figura 67 - Tela inicial confirmando os requisitos de uso.**



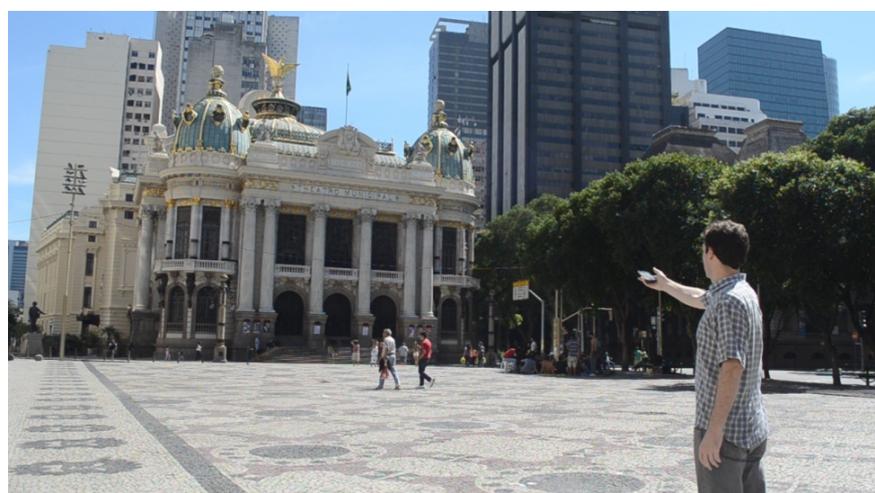
Fonte: O autor, 2014.

**Figura 68 - Tela de seleção.**

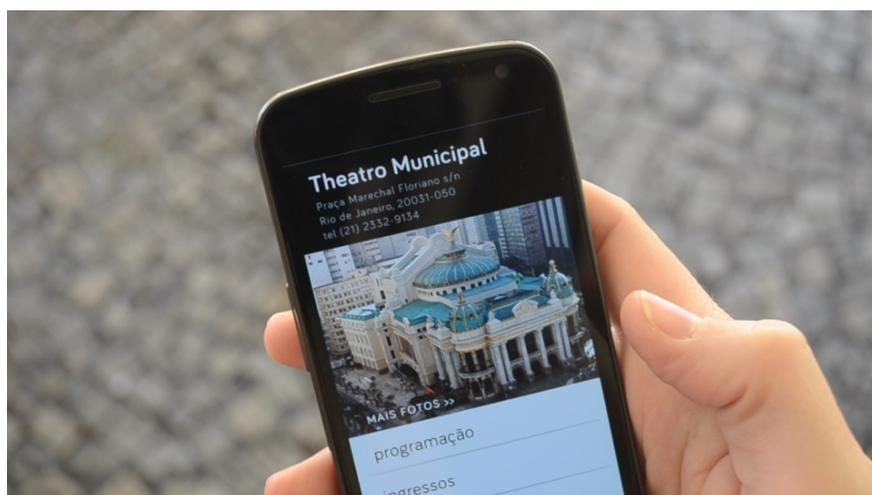


Fonte: O autor, 2014.

**Figura 69 - Apontamento e seleção do objeto físico.**



Fonte: O autor, 2014.

**Figura 70 - Tela de resultado.**

Fonte: O autor, 2014.

O resultado dos testes com o protótipo foi compatível com os obtidos no decorrer de seu desenvolvimento. O aplicativo Punctum foi capaz de recuperar as informações cadastradas na base OpenStreetMap mediante à seleção direcional do objeto de interesse. A seleção direta de objetos no entorno é possível devido à oclusão ou sobreposição dos modelos virtuais. A partir das informações volumétricas os objetos reconstruídos e alinhados virtualmente com o campo de visão do usuário. Ao contrário da maioria dos aplicativos de realidade móvel, somente os objetos do entorno visíveis pelo usuário são passíveis de interação. A diferença de altura entre os elementos da cena é levada em consideração na seleção, dessa forma, a direção “apontada” pelo usuário é suficiente para identificação do objeto em qualquer ângulo ou altura.

Ao utilizar exclusivamente os sensores presentes no aparelho, o processo de seleção proposto não compromete a visão do usuário com a interposição de telas. A limpeza visual se dá também pelo processo não depender de marcadores ou indicações visuais aplicadas ao ambiente físico, como no caso de anotações urbanas através de QRCodes.

A tela do aparelho é acessada exclusivamente para apresentação das informações sobre o ponto de interesse. Isso não acontece nos aplicativos de realidade aumentada, QRCode e identificadores baseados em reconhecimento de imagem, nos quais a utilização de tela é indispensável para mediar não só a informação, mas a seleção dos objetos.

Ao contrário da identificação de elementos através da comparação de imagem, onde um prédio é reconhecido por seu conjunto, com o Punctum é possível subdividir o modelo virtual e acessar detalhes arquitetônicos, independente da identificação do prédio a que eles pertencem. No mapeamento de uma igreja, por exemplo, informações distintas podem ser associadas a elementos da fachada como portas, torres, vitrais ou imagens religiosas. Ao

identificar os elementos por meio de sua posição absoluta, variáveis como escala, formato, condição de luz ou distância dos objetos não influenciam em seu processo de seleção.

A opção pela base colaborativa de objetos é determinante para a ampla utilização do aplicativo. Independente do país ou cidade, é possível obter informações de qualquer construção presente na base do OpenStreetMap. Utilizando editores em versão *mobile*, a informação pode ser alterada e disponibilizada em questão de minutos, tornando o uso da ferramenta amigável e colaborativo. Em oposição aos sistemas fechados, a facilidade de configuração através de ambiente colaborativo é um grande diferencial para o sistema.

### **Limitações**

A qualidade da interação depende da precisão na leitura dos sistemas inerciais e de localização. A escala dos elementos mapeados e a capacidade de identificação estão diretamente relacionadas à precisão dos sensores. Os sistemas de posicionamento global ainda não oferecem informações estáveis e confiáveis para sistemas de geolocalização, o que restringe as aplicações de tais sistemas, especialmente em áreas fechadas e densamente construídas. Comum a todos os sistemas de localização que utilizam o GPS, o alto consumo de bateria torna quase inviável o rastreamento ininterrupto da localização do usuário. Outro fator que pode frustrar o pleno uso de aplicativos baseados nesse serviço é o chamado *Time to First Fix* (TTFF), ou seja, o tempo para sua inicialização. Essa demora se dá, pois é necessário receber e avaliar uma série de sinais de satélite antes de estabelecer a primeira leitura válida, um processo que pode levar de 20 segundos a alguns minutos.

Ao contrário dos sistemas de anotações urbanas que utilizam marcadores visuais na cena, o aplicativo apresentado depende da posição absoluta dos objetos. Portanto, a fim de modelá-lo e cadastrá-lo como ponto de interesse, os objetos devem ser estáticos (prédios, construções e acidentes geográficos) ou estar provisoriamente imóveis (exposições itinerantes).

Tabela 1 - Comparação dos recursos de mídia locativa

	Identificador	Localização absoluta	Mobilidade dos objetos	Colaboração	Vantagens	Desvantagens
Anotações urbanas (QRCode)	Marcadores visuais	não é obrigatória	Sim	Não	Barato.	Proximidade; Poluição visual; Requer uso de telas.
Anotações urbanas (RFID)	Sinais de radio	não é obrigatória	Sim	Não	Fácil leitura; Limpeza visual.	Proximidade; Custo das etiquetas.
Realidade aumentada (Wikitude / Layer)	Coordenadas geográficas pontuais	sim	Não	Sim	Recursos emissivos.	Requer uso de telas; Depende da precisão dos sensores.
<b>Interface gestual (Punctum)</b>	Volumes georreferenciados	sim	Não	Sim	Limpeza visual; Dispensa a tela na seleção; Mapeamento tridimensional.	Depende da precisão dos sensores.
Visão computacional (Google Goggles)	Reconhecimento de imagem	não	Sim	Não	Uso em objetos móveis sem uso de marcadores visuais.	Complexo; Dispendioso; Requer uso de telas.

### Possíveis aplicações

Como apresentado no estudo de caso, o aplicativo viabiliza a visualização das informações referentes ao ambiente. Além de acessar dados tabulados e diretamente relacionados aos objetos, o mesmo recurso pode ser utilizado de forma lúdica e subjetiva ao conferir novos significados e funções aos objetos presentes no entorno. Em um ambiente doméstico, pode-se atribuir às janelas *links* para a previsão do tempo, acessar a conta de energia ao selecionar a caixa de luz ou visualizar uma galeria de fotos de uma viagem ao direcionar o aparelho para um pôster comprado na mesma ocasião. Independente da lógica de programação definida para o aplicativo, cada usuário é livre para configurar e associar ações ou *links* para diferentes objetos.

Se o objeto de interesse estiver conectado e provido de atuadores, o aplicativo pode emitir comandos diretos de acionamento, como acender uma luz ou abrir um portão de garagem. Outra possível utilização do aplicativo envolvendo objetos inteligentes é seu acionamento indireto, em que a interação resulte na apresentação de um novo aplicativo que sirva de interface de comando. Ao apontar para televisores, condicionadores de ar, luminárias e projetores, o respectivo painel de controle aparece na tela do dispositivo móvel, de onde são acionados. É possível ainda configurar ações compostas por diferentes comandos, como, ao se deitar à noite, apontar na direção da cama para ligar o ar-condicionado, apagar todas as luzes da casa e trancar as portas.

## CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS

A estrutura física e a informação digital se integram no cenário urbano e a expansão dos processos digitais de coletar, compartilhar, integrar e interpretar dados da infraestrutura e do ambiente urbano, tornam-se extremamente relevante em sua composição cultural e social. A evolução da interface impacta e reflete as mudanças de nossa percepção do entorno.

Em grande parte dos aplicativos de realidade aumentada, as construções e elementos tridimensionais são representados pontualmente por uma única coordenada (latitude, longitude e elevação) e por isso limitam-se a informar a direção e a distância dos usuários a esses pontos de interesse. No modelo defendido neste trabalho, a representação virtual dos elementos físicos é descrita tridimensionalmente, onde a volumetria é estabelecida por um grupo de coordenadas georreferenciadas. Os objetos físicos tornaram-se “volumes de interação” e cada conjunto de faces passa a se comportar como um *hiperlink*. Ao retomar a relação direta com o objeto, sem a utilização de marcadores visuais ou interposição de telas, o próprio objeto assume sua função de símbolo e se comporta como marcador visual de sua própria informação.

Como no gesto de apontar, a interação se estabelece de forma direta. O aplicativo desenvolvido age como uma ferramenta para essa mediação. Conclui-se que, ao usar formas tridimensionais para representar os elementos físicos, o uso de telas pode ser substituído pela seleção direta dos objetos.

Assim como os demais sistemas georreferenciados, a localização é determinante para a efetiva utilização do aplicativo proposto. Providos de sensores inerciais e receptor GPS, os *smartphones* se apresentam como sistema de rastreamento espacial autossuficiente em escala mundial capaz de fornecer sua posição absoluta e orientação com relativa exatidão. No entanto, os atuais sistemas de GPS para uso civil não oferecem o posicionamento dos aparelhos com precisão menor que 5 metros, o que restringe sua ampla aplicação. Uma maior precisão favorecerá não só a consulta como a marcação dos elementos no ambiente físico.

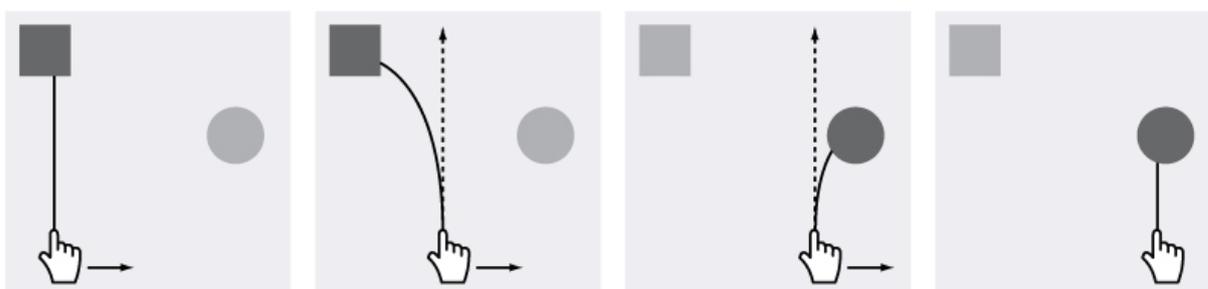
### **Desdobramentos da pesquisa**

Como apresentado anteriormente, a diferença na abordagem entre ambientes internos e externos vem sendo eliminada com a representação digital. A restrição se estabelece principalmente na capacidade de obter uma leitura precisa e absoluta nos ambientes internos, o que impacta na precisão dos resultados. Uma vez que esta tecnologia avance, as aplicações

*indoor*, assim como as externas, serão beneficiadas com resultados mais precisos. O sistema tem grande potencial para aplicações como guias de visitação a museus, exposições, jardins botânicos ou interiores de construções públicas.

A melhoria na seleção dos objetos também pode se dar utilizando recursos de programação. Usada na computação gráfica, a metáfora *sticky-ray*<sup>120</sup> ou “raio pegajoso” funciona como se os objetos exercessem uma gravidade sobre o raio de seleção. O vetor, ao invés de percorrer uma linha reta, se curva para atingir os objetos maiores e mais próximos. Essa técnica daria mais tolerância para qualquer variação de direção ou leitura dos sensores (figura 71).

Figura 71 - Exemplo de “Sticky-ray” no deslocamento do cursor de seleção



Fonte: O autor, 2014.

O protótipo desenvolvido como um guia urbano contemplou exclusivamente a visualização das informações existentes e disponíveis em uma base georreferenciada. Em desdobramentos futuros do aplicativo, pretende-se utilizar recursos que promovam a contribuição dos usuários com opiniões e anotações sobre os locais, e assim estimular a interação e a criação de comunidades. A interface gráfica também será trabalhada para contemplar essa colaboração entre usuários, além de prever maior flexibilidade para o conteúdo apresentado, tornando-se mais abrangente e atrativa.

#### **Vantagens do sistema:**

- Libera o campo de visão e estabelece a relação direta com o objeto;
- Não necessita de novos símbolos visuais como interface;
- Utiliza a tela somente para apresentar a informação;
- Não depende de marcadores visuais na cena;

<sup>120</sup> STEINICKE et al, 2006.

- Reproduz o campo de visão do usuário (occlusão dos objetos).

**Limitações do sistema:**

- Depende da precisão dos sensores;
- Os objetos de interesse devem ser estáticos.

**Aplicações do sistema:**

- Geotagging – atribuir e recuperar informações;
- Acionamento direto ou indireto – atribuir comandos a objetos.

O aplicativo Punctum se apresenta como uma interface com os elementos do entorno, buscando o mínimo de interferência tecnológica na experiência do usuário. Voltar a atenção para o espaço que nos cerca é um importante passo na direção de uma significativa mudança cultural. Sem a utilização de marcadores visuais ou interposição de telas, a interface proposta se utiliza da familiaridade natural de nos relacionarmos com o mundo físico e retoma esta relação para acessar a informação digital. Os próprios objetos do entorno se apresentam como índices de suas informações referenciadas.

Pesquisas que tornam mais precisos recursos de geoposicionamento apontam promissores desdobramentos para os sistemas baseados em localização, tanto para ambientes externos como internos. O ambiente terá cada vez mais informação atribuída a seus elementos mapeados, sem que isso impacte na percepção do espaço. A informação estará sempre acessível, porém visível somente quando demandada.

## REFERÊNCIAS

ANTONELLI, Paola. **Talk to me**: design and communication between people and objects. New York: MOMA – Museum of Modern Art, 2011.

ASHTON, Kevin. **That 'Internet of Things' Thing**. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em: 22 jun. 2009.

ARANTES, Priscila. **Arte e mídia**: perspectivas da estética digital. São Paulo: Senac, 2005.

AZUMA, Ronald T. **Survey of Augmented Reality**, 1997. Disponível em: <<http://www.ronaldazuma.com/papers/ARpresence.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2012.

BAMBOZZI, Lucas; BASTOS, Marcos; MINELLI, Rodrigo. **Mediações, tecnologia e espaços públicos**: panorama crítico da arte em mídias móveis. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2010.

BARNES, Mark; FINCH, Ellen Levy. **COLLADA**: Digital Asset Schema Release 1.5.0 Specification. 2008 Disponível em <[https://www.khronos.org/files/collada\\_spec\\_1\\_5.pdf](https://www.khronos.org/files/collada_spec_1_5.pdf)> Acesso em: jan. 2012.

BARTHES, Roland. **Camera lúcida**: reflections on photography, New York: Hill and Wang, 1980.

BIMBER, Oliver. RASKAR, Ramesh. Modern approaches to augmented reality. In: **ACM SIGGRAPH 2006. Courses**. ACM, 2006.

BULLIVANT, Lucy. **Responsive Environments**: Architecture, Art and Design. Victoria & Albert Museum, 2006.

CASASÚS, José Maria. **Teoria da imagem**. Rio de Janeiro: Salvat, 1979.

DADISH, Scott. The age of invisible design. **Wired**. Disponível em: <<http://www.wired.com/2013/08/the-age-of-invisible-design/>>. Acesso em: set. 2013.

DUARTE, Fabio; DE MARCHI, Polise. Fantasmagorias, vitrines e infiltrações: ensaio sobre as tecnologias e a cidade. In BAMBOZZI, Lucas; BASTOS, Marcos; MINELLI, Rodrigo. **Mediações, tecnologia e espaços públicos**: panorama crítico da arte em mídias móveis. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2010. p51-64

EVANS, Dave. **The internet of things** - how the next evolution of the internet is changing everything. Cisco Internet Business Solution Group (IBSG), 2011.

FIRMINO, Rodrigo; DUARTE, Fabio. **Cidade infiltrada, espaço ampliado**: as tecnologias de informação e comunicação e as representações das espacialidades contemporâneas. <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.096/3408>> Acesso em: jan. 2013.

FILIPPO, D., RAPOSO, A., ENDLER, M., FUKS, H. Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada. In: **Realidade Virtual e Aumentada**: Conceitos, Projeto e Aplicações. Cláudio Kirner e Robson Siscoutto (eds), Editora SBC – Sociedade Brasileira de

Computação, Porto Alegre, 2007, ISBN 85-7669-108—6, Cap.10, pp. 169-192, disponível em [groupware.les.inf.puc-rio.br](http://groupware.les.inf.puc-rio.br), link publicações

FRY, Ben. **Visualizing Data** - Exploring and Explaining Data with the Processing Environment. O'Reilly Media, 2007.

GREWAL; WEILL et al. **Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration**. Wiley, 2007.

HALL, Edward. T. **A dimensão oculta**. São Paul: Martins Fontes, 2005.

HALLER, Michael; BILLINGHURST, Mark et al. **Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design**. IGI Global, 2006.

INTERNET of things in 2020: a roadmap for the future. Info D.4 Networked Enterprise & RFID Info G.2 Micro & Nanosystems. 2008. Disponível em:

<[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/internet-of-things-in-2020-ec-eposs-workshop-report-2008-v3\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/internet-of-things-in-2020-ec-eposs-workshop-report-2008-v3_en.pdf)>. Acesso em: nov.2013.

ITO, Toyo. **Image of architecture in electronic age**. 2013. Disponível em <[http://www.designboom.com/eng/interview/ito\\_statement.html](http://www.designboom.com/eng/interview/ito_statement.html)> Acesso em jan. 2014.

JOLY, Martine. **Introdução à análise da imagem**. Campinas, SP: Papirus, 1996.

KRIPPENDORF, Klaus. **Design centrado no ser humano: uma necessidade cultural**. Rio de Janeiro: Estudos em Design, setembro de 2008, p. 87-96.

KUANG, Cliff. Like magic. **Wired**. p.125, Sep. 2013.

LEMONS, André. Mídias locativas e territórios informacionais. In: SANTAELLA, Lucia e ARANTES, Priscila (org.). **Estéticas tecnológicas: novos modos de sentir**. São Paulo: EDUC, 2008. P.207-30 Disponível em < [http://www.facom.ufba.br/ciberpesquisa/andrelemons/midia\\_locativa.pdf](http://www.facom.ufba.br/ciberpesquisa/andrelemons/midia_locativa.pdf)>. Acesso em: dez. 2013.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

\_\_\_\_\_. **O que é o virtual?** Editora 34, 1996.

McCULLOUGH, Malcom. **Digital Ground** - Architecture, Pervasive Computing and Environmental Knowing. London, England: MIT Press, 2005.

\_\_\_\_\_. **Ambient Commons** - attention in the age of embodied information. Cambridge: MIT Press, 2013.

\_\_\_\_\_. **On the Urbanism of Locative Media [Media and the City]**. Places, College of Environmental Design, UC Berkeley, 2006 <<http://escholarship.org/uc/item/84x6m3nf>>

McLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Editora Cultrix, 1969.

MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A. and KISHINO, F. **Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum**. 1994

<[http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf)>

MITCHELL, William J. **The reconfigured eye**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

\_\_\_\_\_. **City of Bits: Space, Place, and the Infobahn**. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

MOLYNEAUX, D., IZADI, S., KIM, D., HILLIGES, O., HODGES, S., CAO, X., BUTLER, A., GELLERSEN, H. **Interactive Environment** - Aware Handheld Projectors for Pervasive Computing Spaces. Microsoft Research, 2012. Disponível em <<http://research.microsoft.com/apps/pubs/default.aspx?id=171707>> Acesso em: 20 abr. 2013.

MOGGRIDGE, Bill. **Designing Interactions**. Cambridge, MA: MIT Press, 2007.

MOUNTAIN, David; LIAROKAPIS, Fotis; RAPER, Jonathan; BRUJIC-OKRETIC, Vesna. **Interacting with Virtual Reality models on mobile devices**. In: International Workshop on HCI in Mobile Guides, 4., 2005. Salzburg, Austria, University of Salzburg, 19-22 Sept. 2005. Disponível em: <[http://www.academia.edu/910417/Interacting\\_with\\_Virtual\\_Reality\\_models\\_on\\_mobile\\_devices](http://www.academia.edu/910417/Interacting_with_Virtual_Reality_models_on_mobile_devices)>. Acesso em: jun. 2012.

NATIONAL Imagery and Mapping Agency. Department of Defense World Geodetic System 1984: its definition and relationships with local geodetic systems. 3rd ed, jan. 2000. Disponível em: <<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>>. Acesso em: jan.2013.

NEGROPONTE, Nicholas. A vida digital. São Paulo, Companhia das Letras: 1995.  
\_\_\_\_\_. Beyond Digital. Wired. edição 6.12, dez. 1998. n. 6.12, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.wired.com/wired/archive/6.12/negroponte.html>>. Acesso em: dez. 2013.

PARENTE, André (org.). **Imagem máquina: a era das tecnologias do virtual**. São Paulo: Ed 34, 1996.

PICON, Antoine. **Digital Culture in Architecture: an introduction for the design professions**. Birkhäuser: 2010.

\_\_\_\_\_. Nineteenth-Century Urban Cartography and the Scientific Ideal: The Case of Paris. **Osiris**, 2nd Series, Vol. 18, n. 3, Science and the City, pp. 135-149, 2003. Disponível em <<http://links.jstor.org/sici?sici=0369-7827%282003%292%3A18%3C135%3ANUCATS%3E2.0.CO%3B2-2>> Acesso em: jan.2014.

PINHO, Márcio Serolli. Interação em ambientes tridimensionais. In: WORKSHOP ON VIRTUAL REALITY-WRV, 3., 2000, Gramado, RS. **Tutorial 1** ... Porto Alegre: Faculdade de Informática da PUCRS - Instituto de Informática da UFRGS, 2000. Disponível em: <[www.inf.pucrs.br/~pinho/3DInteraction/](http://www.inf.pucrs.br/~pinho/3DInteraction/)>. Acesso em: mar.2012.

REAS, Casey; FRY, Ben. **Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists**. Massachusetts: MIT Press, 2007

SANTAELLA, Lucia. **Culturas e artes do pós-humano: Da cultura das mídias à cibercultura**. São Paulo: Paulus, 2003

\_\_\_\_\_. **Por que as comunicações e a arte estão convergindo?** São Paulo: Paulus, 2008

SHEPARD, Mark. **Sentient City: Ubiquitous Computing, Architecture, and the Future of Urban Space**. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

SUDJIC, Deyan. **A linguagem das coisas**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.

STEINICKE, Frank; ROPINSKI, Timo; HINRICHS, Klaus. Object selection in virtual environments with an improved virtual pointer metaphor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTER VISION AND GRAPHICS-ICCVG, 2004, Warsaw, Poland. **Proceedings...** Springer Science & Business Media, 2006.

TREIB, Marc. **Mapping Experience in Design Quarterly**, No. 115, Mapping Experience, pp. 3-32, 1980. Disponível em <<http://www.jstor.org/stable/4091019>>. Acesso em: jan.2014.

TUFTE, Edward R. **Envisioning Information**. Cheshire, CT, USA: Graphics Press, 1990.

WASIK, Bill. **Welcome to the programmable world** Disponível em: <<http://www.wired.com/gadgetlab/2013/05/internet-of-things/all/>>. Acesso em: maio 2013.

WEISER, Mark. The computer for the twenty-first century, **Scientific American**, pp. 94-100, Sept. 1991.

WILLAREDT, Jonas. **WiFi and Cell-ID based positioning** - Protocols, Standards and Solutions. 2011. Disponível em <[http://www.snet.tu-berlin.de/fileadmin/fg220/courses/WS1011/snet-project/wifi-cellid-positioning\\_willaredt.pdf](http://www.snet.tu-berlin.de/fileadmin/fg220/courses/WS1011/snet-project/wifi-cellid-positioning_willaredt.pdf)> Acesso em: jun. 2013.

## VIDEO

HALL, Peter. TEDxAustin Peter Hall 2011. Disponível em <<http://tedxtalks.ted.com/video/TEDxAustin-Peter-Hall-2011>>. Acesso em: ago. 2013.

HILL, Dan. **Keynote: New Soft City** Disponível em: <<http://www.ixda.org/resources/dan-hill-new-soft-city>> Acesso em: 10 jan. 2014.

THORP, Jer. **Make data more human**. nov 2011. Disponível em <[http://www.ted.com/talks/jer\\_thorp\\_make\\_data\\_more\\_human.html](http://www.ted.com/talks/jer_thorp_make_data_more_human.html)>. Acesso em: out. 2011.

## ANEXO I

### 1 Constantes e Formulas

#### 1.1 Valores constantes utilizados

perímetro Polar = 1.575.118.129 polegadas

perímetro Equador = 1.577.762.224 polegadas

1 polegada = 0,025399999693036 metros

#### 1.2 Fórmulas para conversão do sistema cartesiano para o geográfico

1 grau latitudinal em metros = perímetro Polar / 360

1 grau longitudinal em metros = perímetro Equatorial / 360 \* cos(latititude)

#### 1.3 Relação em radianos da distância entre os meridianos

$$m(\Phi) = \frac{\pi}{180} R\Phi_{\text{graus}} = R\Phi_{\text{radianos}}$$

#### 1.4 Cálculo para atenuar o movimento

$\alpha$  é o ângulo de direção,  $\beta$  é o ângulo indicado pelo sensor e  $\lambda$  é o fator de atenuação.

$$\alpha = \alpha + (\beta - \alpha) * \lambda$$

### 2 Equações

#### 2.1 Equação do plano a partir de três pontos não colineares<sup>121</sup>: $p_1$ , $p_2$ e $p_3$

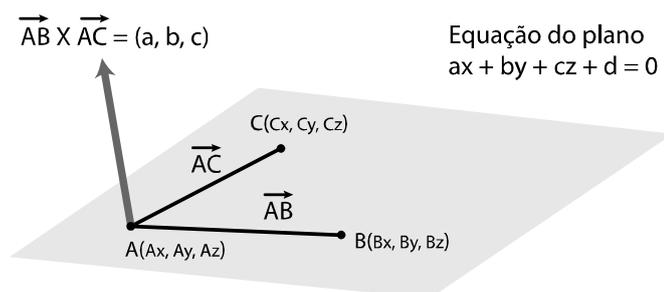
$$p_1 = (x_1, y_1, z_1)$$

$$p_2 = (x_2, y_2, z_2)$$

$$p_3 = (x_3, y_3, z_3)$$

---

<sup>121</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Plane\\_\(geometry\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Plane_(geometry))  
<http://easycalculation.com/analytical/cartesian-plane-equation.php>



Equação que descreve o plano:  $\mathbf{Ax} + \mathbf{By} + \mathbf{Cz} + \mathbf{D} = 0$

$$\mathbf{A} = (y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (y_3 - y_1)(z_2 - z_1)$$

$$\mathbf{B} = (z_2 - z_1)(x_3 - x_1) - (z_3 - z_1)(x_2 - x_1)$$

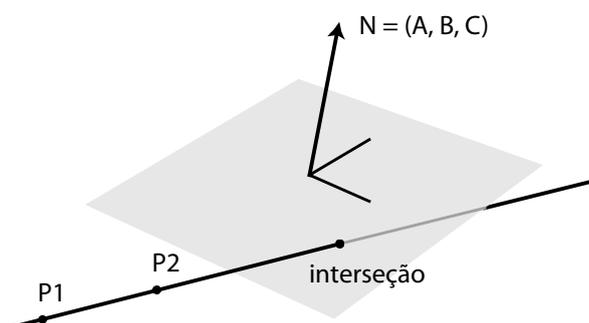
$$\mathbf{C} = (x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)$$

$$\mathbf{D} = -(ax_1 + by_1 + cz_1)$$

## 2.2 Interseção entre o plano e o vetor<sup>122</sup>

A partir da equação do plano:

$$\mathbf{Ax} + \mathbf{By} + \mathbf{Cz} + \mathbf{D} = 0$$



e a linha definida por dois pontos:

$$\mathbf{p}_1 = (x_1, y_1, z_1)$$

$$\mathbf{p}_2 = (x_2, y_2, z_2)$$

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + u(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1)$$

Substituindo a equação da de uma linha por dois pontos

$$\mathbf{A}(x_1 + u(x_2 - x_1)) + \mathbf{B}(y_1 + u(y_2 - y_1)) + \mathbf{C}(z_1 + u(z_2 - z_1)) + \mathbf{D} = 0$$

onde

$$u = \frac{\mathbf{A}x_1 + \mathbf{B}y_1 + \mathbf{C}z_1 + \mathbf{D}}{\mathbf{A}(x_1 - x_2) + \mathbf{B}(y_1 - y_2) + \mathbf{C}(z_1 - z_2)}$$

<sup>122</sup> <http://paulbourke.net/geometry/pointlineplane/index.html>

Se o denominador for 0, a linha é perpendicular à normal do plano ou está contida nele.  
A interseção entre a linha e o plano existe se o valor de  $u$  estiver entre 0 e 1.

### 2.3 Avaliação se o vetor atinge o plano na face definida pelos três vértices<sup>123</sup>

(ponto de interseção contido no triângulo formado pelos três vértices)

Técnica do baricentro

$$\mathbf{A}=(x_1, y_1, z_1)$$

$$\mathbf{B}=(x_2, y_2, z_2)$$

$$\mathbf{C}=(x_3, y_3, z_3)$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{A} + u * (\mathbf{C} - \mathbf{A}) + v * (\mathbf{B} - \mathbf{A}) // \text{Equação do plano}$$

$$(\mathbf{P} - \mathbf{A}) = u * (\mathbf{C} - \mathbf{A}) + v * (\mathbf{B} - \mathbf{A}) // \text{Subtrai A dos dois lados}$$

$$\mathbf{v}_2 = u * \mathbf{v}_0 + v * \mathbf{v}_1 // \text{Substitute } \mathbf{v}_0, \mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2 \text{ for less writing}$$

$$(\mathbf{v}_2) \cdot \mathbf{v}_0 = (u * \mathbf{v}_0 + v * \mathbf{v}_1) \cdot \mathbf{v}_0$$

$$(\mathbf{v}_2) \cdot \mathbf{v}_1 = (u * \mathbf{v}_0 + v * \mathbf{v}_1) \cdot \mathbf{v}_1$$

$$\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_0 = u * (\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_0) + v * (\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_0)$$

$$\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_1 = u * (\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_1) + v * (\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_1)$$

$$u = ((\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_1)(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_0) - (\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_0)(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_1)) / ((\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_0)(\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_1) - (\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_1)(\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_0))$$

$$v = ((\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_0)(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_1) - (\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_1)(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{v}_0)) / ((\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_0)(\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_1) - (\mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{v}_1)(\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{v}_0))$$

// Aplica os vetores

$$\mathbf{v}_0 = \mathbf{C} - \mathbf{A}$$

$$\mathbf{v}_1 = \mathbf{B} - \mathbf{A}$$

$$\mathbf{v}_2 = \mathbf{P} - \mathbf{A}$$

// Calcula o produto

$$\text{dot00} = \text{dot}(\mathbf{v}_0, \mathbf{v}_0)$$

$$\text{dot01} = \text{dot}(\mathbf{v}_0, \mathbf{v}_1)$$

$$\text{dot02} = \text{dot}(\mathbf{v}_0, \mathbf{v}_2)$$

$$\text{dot11} = \text{dot}(\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_1)$$

$$\text{dot12} = \text{dot}(\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2)$$

---

<sup>123</sup> <http://www.blackpawn.com/texts/pointinpoly/default.html>

```
// Calcula as coordenadas do baricentro
invDenom = 1 / (dot00 * dot11 - dot01 * dot01)
u = (dot11 * dot02 - dot01 * dot12) * invDenom
v = (dot00 * dot12 - dot01 * dot02) * invDenom

// Avalia se o ponto está dentro do triângulo
return (u >= 0) && (v >= 0) && (u + v < 1)
```