



Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/8, Edição Especial “Geovisualização, mídias sociais e participação cidadã: apoio à representação, análise e gestão da paisagem”: 1493-1502.
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

O USO DE REALIDADE AUMENTADA PARA MAPAS OFICIAIS PARA FINS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

The use of Augmented Reality for Official Maps for Planning and Management Purposes

Gabriel Henrique de Almeida Pereira & Jorge Antonio Silva Centeno

Universidade Federal do Paraná – UFPR
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Departamento de Geomática
Caixa Postal 19001, 81.531-990 Curitiba, Paraná, Brasil
pereira.gha@hotmail.com, centeno@ufpr.br

Recebido em 5 de Dezembro, 2016/ Aceito em 22 de Maio, 2017
Received on December 5, 2016/ Accepted on May 22, 2017

RESUMO

Interfaces de sistemas computacionais cada vez mais naturais auxiliam na redução da barreira ao acesso a elementos da informática e, simultaneamente, aumentando o poder do usuário, auxiliando-o na execução de suas tarefas. Estas interfaces computacionais mais naturais podem possibilitar novas formas de interação com a informação assim como com o ambiente que o circunda. Dentre os sistemas que prometem auxiliar os usuários em suas tarefas, inclusive de leitura de mapa, os baseados em Realidade Aumentada mostram-se bastante promissores. Entretanto, pouco deste tema tem sido abordado, principalmente, no Brasil. Por esse motivo, elaborou-se a presente pesquisa na intenção de desenvolver um protótipo de Realidade Aumentada para interação com mapas e dados geográficos. Foram utilizados dados geoespaciais referentes às características físicas, políticas, social e demográfica, econômicas e ambientais, integradas sobre um mapa político rodoviário oficial do Estado do Paraná. É possível destacar que o sistema de Realidade Aumentada desenvolvido traz a capacidade de manipulação de dados geoespaciais digitais sobrepostos a um mapa impresso, trazendo novas oportunidades de interação com o mapa ou dados geoespaciais digitais. Além disso, com sistemas de RA como o desenvolvido neste trabalho, têm-se a possibilidade de exploração de vários formatos de apresentação dos dados, como camadas 2D, 3D e animações sobrepostos a um mapa impresso. Desta forma, aplicações de Realidade Aumentada como a descrita neste trabalho se tornam importantes ferramentas no auxílio às questões de planejamento, gestão e ordenamento do território, uma vez que a integração dos dados pode auxiliar no processo de entendimento e compreensão do espaço geográfico por parte dos seus usuários.

Palavras-Chave: Dados Geoespaciais Digitais, Dispositivos Móveis, Interatividade, Leitura de Mapas, Compreensão, Ensino e Aprendizagem, Planejamento e Gestão do Território.

ABSTRACT

Natural computing systems interfaces have the ability to reduce the barriers for the access to computer elements and simultaneously help their users in solving their tasks. These natural interfaces can provide new ways of interaction with the data as well as the Environment that surrounds them. Among the systems that promise to assist users in their tasks, including map reading, those based on Augmented Reality are very promising. However, few studies have addressed this topic, especially in Brazil. For this reason, this present work developed a prototype of Augmented Reality for interaction with maps and geographic data. Geospatial data referring to the physical, political, social and demographic, economic

and environmental characteristics were integrated on an official political map of the Paraná State - Brazil. It is possible to highlight that the Augmented Reality system provided the ability of manipulating digital geospatial data over the printed map, bringing new opportunities for interacting with the map or digital geospatial data, as well as the exploration of various data presentation formats, such as layers in 2D, 3D and animations. In this way, applications of Augmented Reality as a described in this work become an important tool for assistance to planning and management, since the data's integration in an interactive environment can help users in the process of the geographic space understanding.

Keywords: Digital Geospatial Data, Mobile Devices, Interactivity, Map Reading, Teaching, Learning and Understanding, Territory Planning and Management.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia tem trazido a capacidade de apresentar informações em qualquer lugar e a qualquer hora. Segundo Wigdor e Wixon (2011), interfaces cada vez mais naturais reduzirão as barreiras da informática e, simultaneamente, aumentarão o poder do usuário, levando as interfaces a nichos de uso ainda não imagináveis. Ainda, conforme Olsson *et al.* (2012), com as possibilidades que a Realidade Aumentada traz, “o mundo se torna a interface do usuário”.

A Realidade Aumentada (RA) é uma das tecnologias que têm se desenvolvido em função da tendência tecnológica, com o intuito de facilitar o cotidiano da sociedade moderna. De acordo com Olsson *et al.* (2012), considerada uma tecnologia interativa emergente, a Realidade Aumentada tem ganhado cada vez mais interesse nos últimos anos, tornando a informação contextualmente relevante, facilmente disponível e permitindo novas possibilidades de interação com a informação.

A Realidade Aumentada é definida como a mistura de percepção sensorial do ambiente real e objetos virtuais, sendo possível imergir e interagir de forma natural tanto com o ambiente real como os objetos virtuais, a fim de melhorar os sentidos e habilidades de seus usuários (AZUMA, 1997; BOBRICH & OTTO, 2002; KÁN & KAUFMANN, 2012). De acordo com Nilsson e Johansson (2008), a característica principal de interfaces de RA é a “fusão de mundos”, acrescentando informação virtual ao mundo real.

A co-existência de objetos virtuais e do ambiente real constituem uma Realidade Mista (RM), onde os usuários podem interagir com o ambiente e informações virtuais a partir de sistemas apropriados e em tempo real (ARVANITIS *et al.*, 2009). De forma a melhor situar o espaço entre o ambiente real e virtual,

Milgram *et al.* (1994) definiram um *continuum* de ambientes (real para virtual), em que a RA é uma parte da Realidade Misturada (RM). A Figura 1 traz uma representação deste *continuum*.

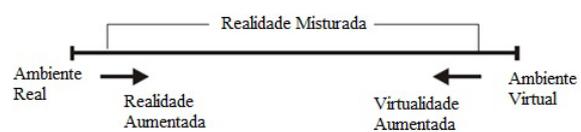


Fig. 1 – *Continuum* Realidade – Virtualidade. Fonte: Milgram *et al.* (1994).

Aplicações militares, em medicina, na indústria, entretenimento e outros campos têm usado Realidade Aumentada a fim de auxiliar seus usuários em executar vários conjuntos de tarefas (AZUMA, 1997; BOBRICH, 2003). Desta forma, é possível estender a utilização de técnicas de Realidade Mista, mais especificamente de Realidade Aumentada, para áreas como a Cartografia.

Os mapas tradicionais impressos são concebidos para visualizar fenômenos espaço-temporal de uma forma plana, bidimensional. Segundo Bobrich e Otto (2002) e Asai *et al.* (2008), o usuário pode interagir diretamente com um mapa em papel de forma intuitiva, natural e familiar, como todas as outras coisas físicas no ambiente que o circunda. Porém, estes mapas tradicionais impressos não exibem informações dinamicamente para coincidir com interesses em evolução do usuário (ASAI *et al.*, 2008) ou reagindo sobre o comportamento do usuário, onde uma ação do mesmo poderia provocar reações do sistema (BOBRICH, 2003). Os mapas digitais, por outro lado, apresentam um elevado potencial para a apresentação, atualização e representação de conteúdo dinâmico, podendo ser mais facilmente adaptado para determinado usuário (PAELKE & SESTER, 2010). Contudo, com a Realidade Aumentada, existe a possibilidade de

“aumentar” um mapa tradicional para além das suas duas dimensões e superar outras limitações. Por exemplo, paisagens tridimensionais e animações podem ser inseridas para facilitar a leitura e compreensão do mapa (BOBRICH & OTTO, 2002).

Ou seja, a integração de mapas em papel e informações digitais combina os benefícios de ambos e, portanto, apresentam-se altamente atraente (PAELKE & SESTER, 2010). A Realidade Aumentada combina essas características na medida em que possibilita a interação entre o usuário com o meio físico e as potencialidades do computador, viabilizando uma interface gráfica para um usuário imergir e interagir de forma natural com ambos, o ambiente real (representado pelos mapas impressos) e objetos virtuais (representados por camadas de informação digitais), e em tempo real (BOBRICH, 2003).

A união da interação natural do usuário com o ambiente real com o potencial das técnicas de Realidade Aumentada pode ser usado para combinar os benefícios inerentes de mapas em papel e dispositivos eletrônicos (ADITHYA *et al.*, 2010; BOBRICH, 2003). Desta forma, técnicas de RA podem ser utilizadas para “incrementar” digitalmente mapas de papel. Os dados dinâmicos, como os modelos 3D do terreno, objetos virtuais, camadas de informação geoespaciais específicas, animações e interatividade são características do mundo digital que podem ser sobreposto a um mapa de papel. A combinação de mapa impresso e computação gráfica permite a criação de uma ferramenta desenhada especificamente para ambientes de aprendizagem interativos, onde o usuário seleciona e vê a informação geográfica reforçada sobreposta a mapas reais impressos (ASAI *et al.*, 2008).

Como a informação transmitida pelos objetos virtuais pode ajudar o usuário a executar tarefas do mundo real, a Realidade Aumentada aplicada à Cartografia pode aumentar a interatividade na visualização geográfica, uma vez que esta ferramenta tem capacidade de proporcionar um ambiente de aprendizagem, onde o usuário visualiza informações de forma eficiente sobre superfícies geográficas que melhoram a eficácia de apresentações multimídia (ASAI *et al.*, 2008).

Existem alguns trabalhos de pesquisa com base em RA em Cartografia, como Billinghamurst, Kato e Poupyrev (2001); Bobrich e Otto (2002); Bobrich (2003); Reilly *et al.* (2006); Schöning, Krüger e Müller (2006); Morrison *et al.* (2009) e Paelke e Sester (2010). Por exemplo, Billinghamurst, Kato e Poupyrev (2001) descreveram uma aplicação de RA, concluindo que RA remove a separação entre os mundos real e virtual e, com isso, podem aumentar a comunicação natural face-a-face. Seus projetos foram desenvolvidos utilizando-se da biblioteca ARToolKit, uma biblioteca desenvolvida para aplicações de RA baseadas em visão computacional e utiliza-se de marcadores especiais para rastrear o ambiente e/ou o objeto real.

Bobrich e Otto (2002) desenvolveram um sistema de RA para visualizar um mapa arqueológico de um castelo, onde os usuários podem visualizar o Modelo Digital do Terreno (MDT) em três dimensões. O utilizador também pode interagir com o modelo, movendo-se ou girando-o, alterando o ângulo de visão bem como a distância. Marcadores especiais foram colocados nos cantos do mapa. Bobrich (2003) também utilizou-se de marcadores nos cantos de um mapa, a fim de calcular a posição e orientação do usuário em relação ao mapa. RA foi usada para sobrepor os dados digitais adicionais, tais como um modelo digital de elevação (MDE), em um mapa topográfico de escala 1: 50.000.

Paelke e Sester (2010) também inseriram em um mapa os marcadores do ARToolKit. Eles concluíram que a estimativa da posição do usuário com a biblioteca ARToolKit não era tão precisa quanto o esperado, mas foi o suficiente para validar o conceito geral como viável e digno de mais pesquisas. Entretanto, estes autores enfatizam que Realidade Aumentada para mapas apresenta características de geovisualização interativa e abrem possibilidades interessantes que precisam ser melhor explorada.

Schöning, Krüger e Müller (2006) combinaram as vantagens de mapas reais e informação virtual usando dispositivos móveis com câmera. Eles concluíram que essa possibilidade aumenta a interatividade e descrevem que o sistema pode ser caracterizado como uma “lente mágica” que exhibe informações virtuais georreferenciadas sobre o mapa impresso. Morrison *et al.* (2009) apresentam os resultados de ensaios de campo do *MapLens*, um sistema de RA

móvel que também é referido com “lente mágica” a ser utilizado sobre um mapa de papel. *MapLens* usa dados pré-determinados do mapa para identificar pontos específicos no mapa em papel e associar demais informações virtuais. Além disso, Morrison *et al.* (2009) declararam que o principal potencial dos seus mapas associados a RA encontra-se na sua utilização do sistema de RA como uma ferramenta colaborativa.

Para planejadores ambientais, ecologistas, administradores de terras, legisladores, geógrafos, engenheiros, entre tantos outros, a integração do espaço geográfico, paisagem, dados e mapas é extremamente importante para um melhor planejamento e tomada de decisão. Entretanto, pouco deste tema tem sido abordado, principalmente, no Brasil. Este trabalho apresenta um sistema de Realidade Aumentada que pode apresentar dados geográficos para ajudar os usuários a desenvolver a leitura do mapa e compreensão de dados geoespaciais. Este trabalho apresenta um sistema de Realidade Aumentada concebido para incentivar os usuários a interagir e experimentar as possibilidades de geovisualização de diversas camadas de informação sobre mapas oficiais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta para os usuários acessarem e manipularem camadas de dados geoespaciais sobre tradicionais mapas impressos através de uma interface de Realidade Aumentada, utilizando um dispositivo digital móvel que muitas pessoas podem ter acesso. O sistema emprega uma abordagem *markerless*, onde não há a necessidade de adição de pontos de controle externos aos mapas ou alterar o *layout* dos mapas. Os usuários podem selecionar e sobrepor de dados digitais 2D, 3D ou animações sobre o mapa tradicional impresso. A informação geográfica, tais como relevo, características de solo, cobertura vegetal, população, ou mesmo de monitoramento ambiental podem ser, simultaneamente, apresentados sobre o mapa oficial tradicional impresso de maneira a possibilitar a integração de vários dados para auxílio no processo de gestão, planejamento ou ordenamento territorial.

2. METODOLOGIA

Existem vários métodos que podem ser utilizados em sistemas de Realidade Aumentada. Sistemas de posicionamento, tais como GNSS

(*Global Navigation Satellite System*), giroscópios, identificação por rádio frequência (RFID), processamento de imagem e algoritmos de visão computacional são algumas das metodologias que são usadas pelos desenvolvedores de sistemas RA para determinar a posição e atitude do usuário em tempo real. Por exemplo, para sistemas de a serem utilizados em um ambiente interno, identificação por rádio frequência ou métodos de processamento digital de imagens e visão computacional podem ser mais apropriados do que a utilização de sensores GNSS, devido às limitações decorrentes dos sistemas de GNSS em ambiente interno.

Há, também, diversas bibliotecas de processamento digital de imagem e visão computacional que suportam o desenvolvimento de sistemas de RA, como, por exemplo, a biblioteca ARToolKit. Esta biblioteca é amplamente utilizada devido à sua velocidade de processamento e razoável precisão (HE *et al.* 2006). No entanto, as abordagens que utilizam o ARToolKit – ou mesmo RFID – requerem a adição de marcadores especiais ao mapa para rastrear a posição e atitude do usuário em relação ao objeto real. A fim de manter o *layout* do mapa inalterado e evitar a adição de outros elementos ao mapa, foi utilizada a abordagem *markerless*, onde não há necessidade para adicionar outros marcadores e o mapa por si só pode ser usado para calcular a posição relativa entre o usuário e o mapa.

Como não há necessidade de quaisquer alterações no mapa, foi utilizado um mapa oficial do Estado do Paraná, produzido pela Secretaria do Estado de Infraestrutura e Logística – Departamento de Estradas e Rodagens. Este mapa é o Mapa Político Rodoviário do Estado do Paraná, sendo este apresentado na Figura 2.

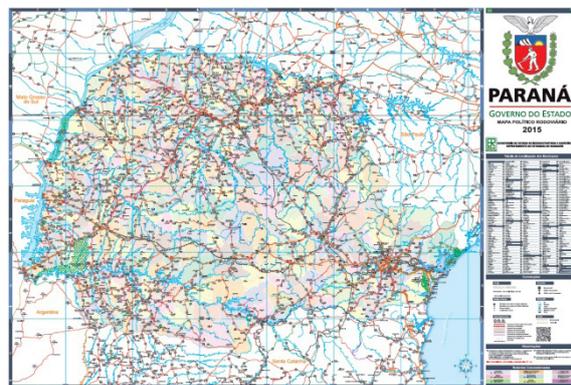


Fig. 2 - Mapa Político Rodoviário PR, produzido e disponibilizado pelo Governo do Estado.

Estes mapas políticos rodoviários são bastante tradicionais, sendo utilizados amplamente por grande quantidade de usuários, sejam em órgãos e instituições públicas, empresas, ou mesmo escolas. O intuito deste trabalho é utilizar-se destes mapas, já tradicionalmente utilizados, para sobrepor outras camadas geoespaciais de forma a auxiliar seus usuários no entendimento dos dados ou mesmo para análises mais complexas à respeito do Estado do Paraná.

Com isso, as camadas a serem sobrepostas a este mapa são referentes às informações geoespaciais relacionadas características físicas, políticas, sociais e demográficas, econômicas e ambientais, tais como relevo, características de solos, vegetação, uso e ocupação do solo, urbanizações e informações populacionais, assim como informações de monitoramento ambiental ou climáticas, como as condições do tempo. Para isto, foram explorados alguns recursos que a RA pode oferecer, como a sobreposição ao mapa impresso de camadas de informação digital em 2D, 3D, objetos virtuais em 3D e animações. De maneira a melhor apresentar os dados geoespaciais virtuais utilizados na implementação deste sistema de Realidade Aumentada, assim como a fonte dos dados e o formato em que esta informação será apresentada no sistema de RA, tem-se a Tabela 1.

Tabela 1: Dados e Mapas digitais utilizados

Dados	Fonte*	Formato
Regiões Geográficas	IPARDES / Lei Estadual nº 15.825/08 / ITCG	2D
Grau de Urbanização	IPARDES / IBGE / ITCG	2D
Taxa de crescimento da População	IPARDES / IBGE / ITCG	2D
Densidade Demográfica	IPARDES / IBGE / ITCG	2D
Índice de Desenvolvimento Humano	IPARDES / PNUD / IPEA / FJP / ITCG	2D
Produto Interno Bruto per Capita	IPARDES / IBGE / ITCG	2D
Cobertura Vegetal Nativa	IPARDES / MAACK / ITCG	2D
Remanescente Cobertura Vegetal Nativa	IPARDES / SOS Mata atlântica / ITCG	2D

Uso da Terra	IPARDES / SOS Mata atlântica / ITCG	2D
Degradação	SEMA / ITCG	2D
Solos	EMBRAPA / EMATER / ITCG	2D
Geomorfologia	SEMA / ITCG	2D
Relevo	SRTM	3D
Temperatura	SIMEPAR	2D
Umidade	SIMEPAR	2D
Precipitação	SIMEPAR	2D
Pluviômetros	SIMEPAR	Objetos 3D
Satélite EUMETSAT	SIMEPAR	Animação 2D

*EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural; EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; FJP - Fundação João Pinheiro; IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social; IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências; PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; SEMA - Secretaria de Estado do Paraná do Meio Ambiente e Recursos Hídricos; SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná; SRTM - Shuttle Radar Topography Mission;

Alguns destes mapas originais a serem apresentados digitalmente pela RA são apresentados nas Figura 3, Figura 4 e Figura 5. Nem todos os mapas implementados no sistema de RA são apresentados nestas Figuras, apenas alguns para fins ilustrativos para que não houvesse figuras excessivas neste trabalho. Entretanto, todos os mapas estão disponíveis para acesso e download nas respectivas fontes.

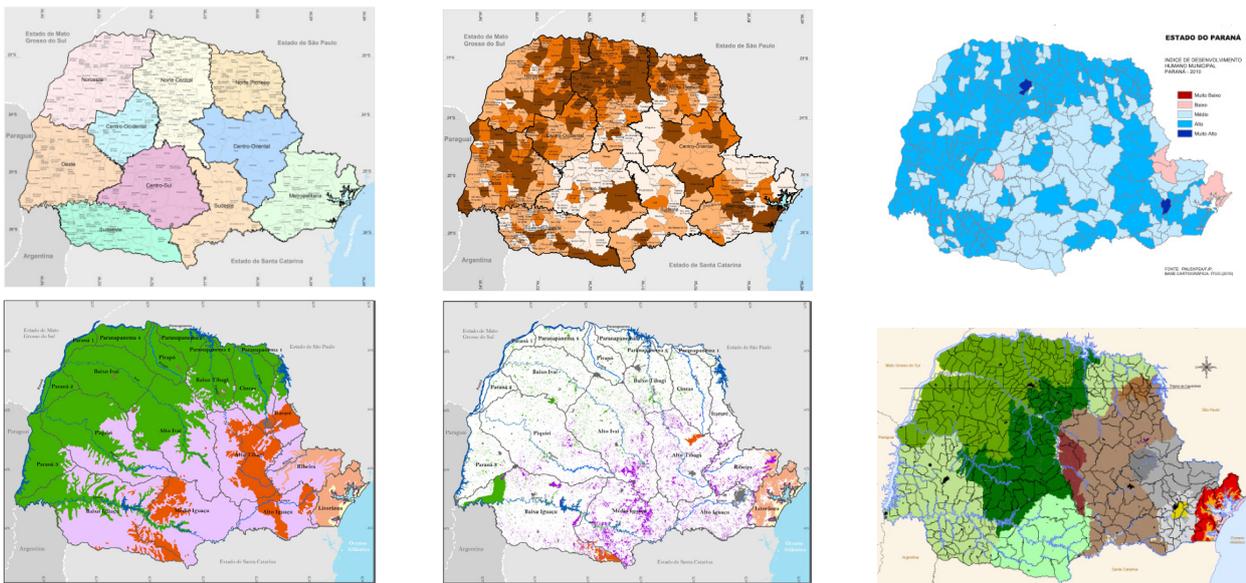


Fig. 3 - Dados e Mapas digitais utilizados. (a) Regiões Geográficas; (b) Grau de Urbanização; (c) Índice de Desenvolvimento Humano; (d) Cobertura Vegetal Nativa; (e) Remanescente de Cobertura Vegetal Nativa; (f) Geomorfologia.

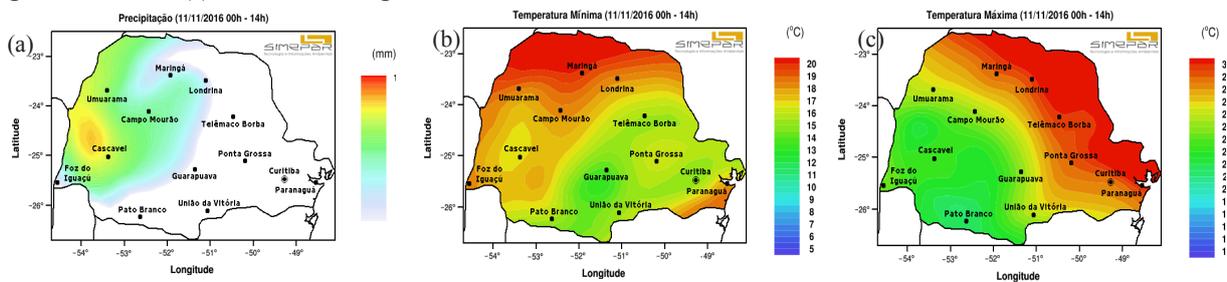


Fig 4. Variáveis das condições do tempo do dia 11/11/2016. (a) Precipitação; (b) Temperatura Mínima; (c) Temperatura Máxima. Fonte: SIMEPAR.

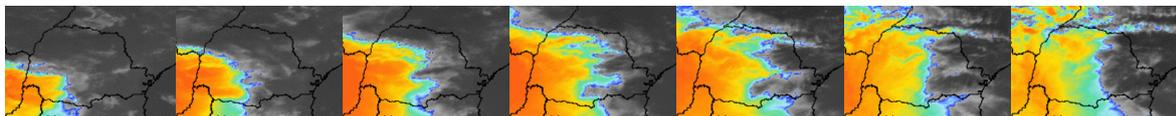


Fig 5. Imagens do satélite EUMETSAT do tempo do dia 11/11/2016. 06-12h. Fonte: SIMEPAR.

Entretanto, faz-se aqui oportuno ressaltar que um mapa é, na verdade, uma representação da realidade, do espaço geográfico, de variáveis espacialmente distribuídas. Com a sobreposição de informação virtual sobre um mapa, ter-se-ia a manipulação da informação separada do observador por duas instâncias de representação, ou seja, sobreposição da informação virtual sobre um mapa impresso que já trata de ser uma representação da realidade. Porém, para conceitualização deste trabalho, a realidade que aqui se refere é a manipulação direta de um objeto real (o mapa impresso) com a possibilidade de adição e sobreposição de informação digital através da Realidade Aumentada.

3. RESULTADOS

Como forma de apresentar os resultados obtidos através do desenvolvimento do sistema

de Realidade Aumentada para o Mapa Político Rodoviário do Estado do Paraná, as imagens do sistema são apresentadas nas figuras 6 e 7.

Na Figura 6 é possível verificar, basicamente, a interface do sistema de RA desenvolvida para dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*. A interface consiste de 3 agrupamentos de botões responsáveis por ligar ou desligar as camadas digitais conforme o interesse do usuário. Estes agrupamentos estão, predominantemente, divididos em camadas digitais referentes às questões político-populacionais; variáveis físicas e ambientais; e de monitoramento e condições do tempo. Ainda, no agrupamento referente ao monitoramento e condições do tempo é possível ligar ou desligar uma animação sobre as condições do tempo através do satélite EUMETSAT referente ao dia

11/11/2016, das 6 às 12h, assim como acessar cada uma das imagens deste período do satélite EUMETSAT individualmente.

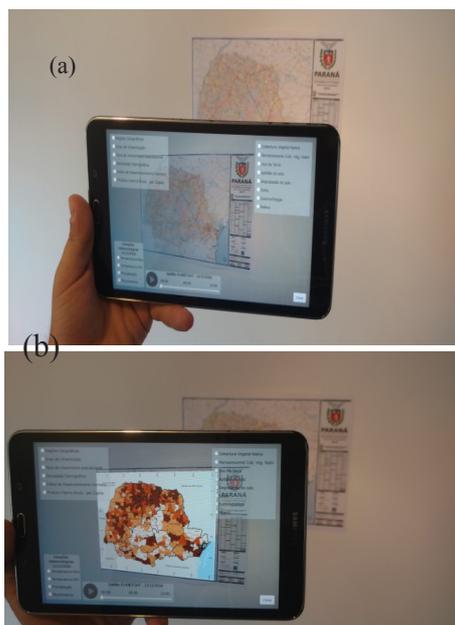


Fig. 6 – Sistema de Realidade Aumentada desenvolvido. (a) Sistema ligado, mas sem camada digital ativada; (b) Camada digital referente ao Grau de Urbanização ativada e

sobreposta ao mapa impresso.

A Figura 6a apresenta o sistema sem nenhuma camada digital ligada. Na Figura 6b é possível verificar como o sistema de RA se comporta com uma camada digital sobreposta ao mapa impresso que se encontra suspenso na parede.

O sistema de RA é capaz de identificar o mapa impresso e fazer o seu rastreo para sobrepor a camada digital sobre o mesmo. Como referido anteriormente, o sistema faz o rastreo em tempo real do mapa físico para sobrepor a camada digital sobre o mapa impresso acompanhando o movimento executado pelo usuário com o tablet, trazendo a sensação de a camada virtual estar fixa sobre o mapa impresso.

Já a Figura 7 traz algumas das demais camadas digitais sobrepostas ao mapa impresso através do sistema de Realidade Aumentada. Comparando todas as imagens presentes na Figura 7 é possível, primeiramente, identificar que, por mais que em cada imagem o tablet esteja em diferentes posições, distâncias e orientações em relação ao mapa impresso, o sistema foi capaz de sobrepor as camadas digitais sobre o mapa

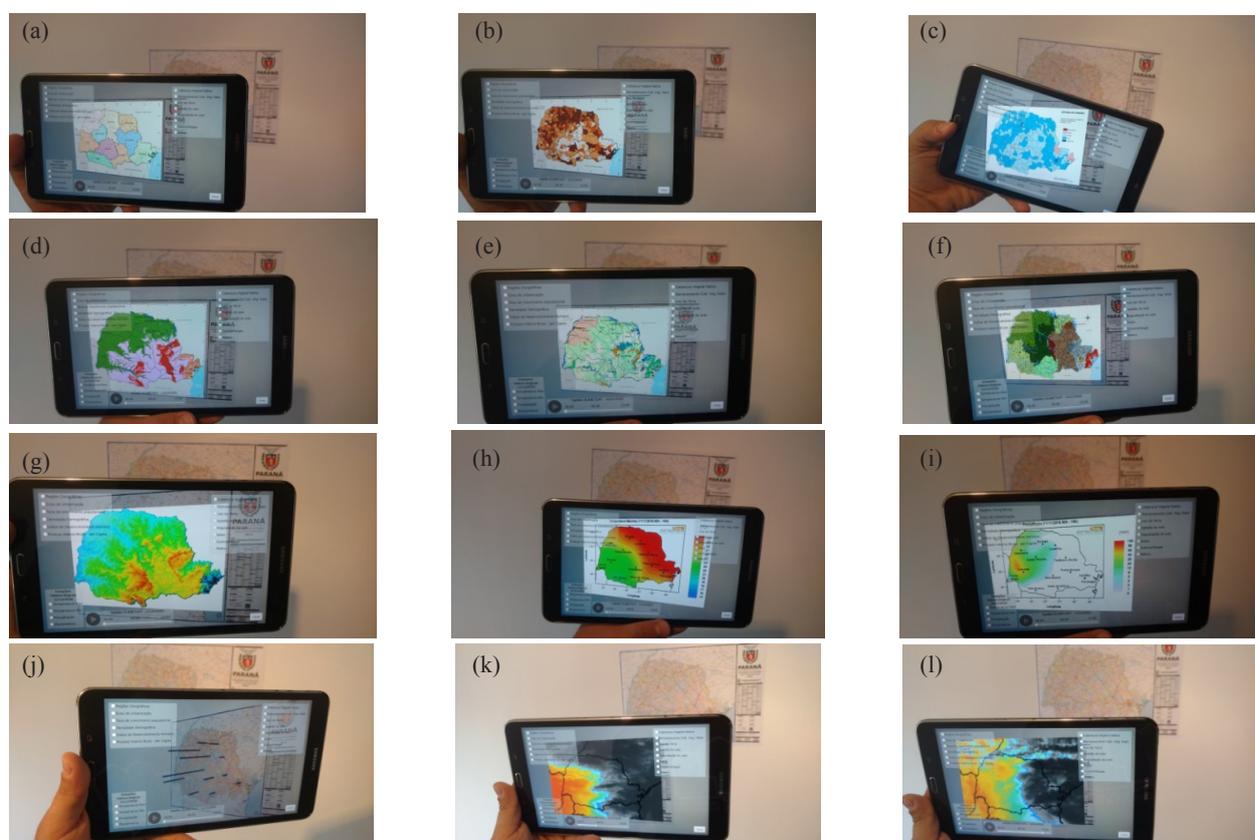


Fig. 7 – Sistema de Realidade Aumentada. (a) Regiões Geográficas; (b) Grau de Urbanização (c) Índice de Desenvolvimento Humano; (d) Cobertura Vegetal Nativa; (e) Uso da Terra (f) Geomorfologia; (g) Relevo 3D; (h) Temperatura Máxima; (i) Precipitação; (j) Altura de chuva nos pluviômetros 3D; (k) Animação Condição do tempo, (l) Animação Condição do tempo.

impresso.

Além da sobreposição de camadas digitais como os mapas digitais – que são, basicamente, imagens 2D – é possível a utilização de outros elementos, como objetos 3D. Estes objetos 3D estão representados na Figura 7g, e 7j, referentes ao relevo e representação de leituras de alturas de chuva em pluviômetros distribuídos no Estado do Paraná, respectivamente.

Ainda, outro recurso é a utilização de animações no sistema de RA para demonstração de determinado fenômeno. No caso deste trabalho, o sistema de RA apresenta sobre o mapa impresso a animação referente ao monitoramento das condições do tempo através do satélite EUMETSAT. Esta animação representa a evolução ao longo do tempo (*timelapse*) das condições do tempo para o dia 11/11/2016. Desta forma, o usuário tem mais uma forma de apresentação dos dados, considerando a evolução temporal de determinado fenômeno, através de recursos de animação (*timelapse*).

Com isso, percebe-se que as aplicações de sistemas de Realidade Aumentada se tornam muito atrativas para áreas que necessitam de interação com dados geoespaciais. Isto porque com sistemas de RA é possível a integração e interação com a informação geoespacial, em diferentes formatos (como dados em 2D, 3D, animações, etc.), de diferentes fontes (como provenientes de agências e instituições governamentais ou de pesquisa).

Contudo, algumas das ferramentas implementadas neste sistema de RA poderiam ser executadas em *softwares* de SIG (Sistemas de Informação Geográfica), tais como a sobreposição de camadas, animações, utilização de elementos em 2D e 3D, etc. Porém, por vezes, para que se possa executar análises em um SIG, existe a necessidade de conhecimento prévio sobre o funcionamento e manipulação do software de SIG, assim como uma maior habilidade para visualização e navegação sobre as camadas digitais, sobretudo em um ambiente SIG 3D. Desta forma, sistemas de RA podem trazer um grande benefício neste quesito, uma vez que os usuários deste sistema de RA teriam acesso a uma manipulação da informação de maneira mais intuitiva, como a manipulação intuitiva de objetos reais. Ferramentas como *zoom in*, *zoom out*, *pan*, etc., seriam mais intuitivos, uma vez que

apenas a aproximação ou afastamento do *tablet* ou *smartphone* do mapa traria os mesmos efeitos. Ainda, através da visualização das informações digitais sobrepostas ao mapa impresso por meio da RA implementada para *tablets* e *smartphones* faz com que estes dispositivos móveis se tornem uma “lente mágica” para acessar a informação, tornando-se uma ligação entre o ambiente real e às informações digitais.

Como no caso deste trabalho, apenas um mapa impresso se faz necessário, todas as demais informações digitais podem ser sobrepostas a este mapa, não necessitando da impressão de um novo mapa para cada nova camada de informação. Este sistema de RA traz a possibilidade de se ter vários mapas sobre apenas um. Sendo assim, o sistema de RA desenvolvido pode, também, ser considerado uma forma de economia de recursos, uma vez que diminuiria a quantidade de mapas a serem impressos, assim como a necessidade de espaço físico para se trabalhar com grandes quantidades de mapas.

Além disso, existiria a possibilidade de implantação de ferramentas como atualização em tempo real das camadas digitais a serem apresentadas, como no caso da previsão e monitoramento das condições do tempo. Também, na atualização de novos mapas ou informações geográficas produzidas por partes de órgãos, agências ou instituições governamentais ou de pesquisa. Ou seja, com os recursos da RA poder-se-ia ter sempre as informações atualizadas, evitando a utilização de informações já desatualizadas ou obsoletas sobre determinada área de interesse.

Desta forma, aplicações de RA como a descrita neste trabalho se tornam importantes ferramentas no auxílio às questões de planejamento, gestão e ordenamento do território, assim como áreas voltadas ao ensino e aprendizagem, como a Geografia, Engenharias, Ciências Biológicas e mesmo a própria Cartografia - uma vez que a integração dos dados pode auxiliar no processo de entendimento e compreensão do espaço geográfico.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi implementado um sistema de Realidade Aumentada para visualização de informações geoespaciais sobre um mapa impresso oficial Político Rodoviário do Estado

do Paraná. Como trata-se de um mapa oficial, nenhum símbolo externo foi adicionado ao mapa para evitar alterações em seu formato e *layout*. Foram utilizadas informações geoespaciais digitais provenientes de diversas fontes (agências e instituições governamentais e/ou de pesquisa); sobre variáveis político-populacionais, físicas, ambientais e climáticas; em formato 2D, 3D e também animações em função do tempo (*timelapse*).

Com a utilização do sistema de RA os usuários podem visualizar e interagir com as camadas digitais sobre o mapa impresso, em tempo real. Com isso, os usuários tem acesso a um ambiente mais interativo onde é possível interação tanto com o ambiente real como com as informações virtuais, o que pode auxiliar em diversas análises e melhor compreensão do espaço geográfico. Ainda, o sistema de RA pode facilitar nesta manipulação, navegação, visualização e entendimento dos dados geoespaciais, pois torna a interação mais intuitiva, uma vez que o usuário teria, por exemplo, ferramentas como *zoom in*, *zoom out*, *pan* apenas com a aproximação ou afastamento do *tablet* ou *smartphone* ao mapa impresso, diferentemente da complexidade que um usuário poderia encontrar ao trabalhar em um *software* de SIG, em especial em um SIG 3D.

Ainda, como há a possibilidade da integração de vários mapas e informações geoespaciais sobre um mesmo mapa impresso, há a economia de recursos como na impressão de vários mapas, assim como espaço físico para se trabalhar sobre estes mapas. Desta forma, há a integração e concentração das diversas informações sobre apenas um mapa, neste caso, o mapa impresso Político Rodoviário do Estado do Paraná. Com isso, através do uso de dispositivos móveis como *tablets* e *smartphones* é possível acessar a informação digital sobre objetos reais, onde estes dispositivos acabam se tornando uma “lente mágica” ou “raio-x” da área para acesso de informações digitais.

No geral, é possível concluir que sistemas de Realidade Aumentada, em especial como este apresentado neste trabalho, se tornam importantes ferramentas no auxílio às questões de planejamento, gestão e ordenamento do território – também podendo ser estendida a áreas voltadas ao ensino e aprendizagem – uma vez que a integração dos dados, de maneira

interativa e intuitiva, pode auxiliar no processo de análise, entendimento e compreensão do espaço geográfico por parte dos seus usuários.

Porém, devido a relativa novidade desta área de conhecimento e aplicações desenvolvidas, aliadas a escassa bibliografia existente - sobretudo no Brasil - faz com que a Realidade Aumentada aplicada à visualização cartográfica ainda não seja tão difundida. Também, a quase nulidade de sistemas de RA amplamente disponíveis faz com que os sistemas tenham que ser desenvolvidos para aplicações e fins específicos. Ou seja, o desenvolvimento de sistemas de RA para a visualização cartográfica demanda do interesse do usuário/pesquisador em desenvolver seu próprio sistema para determinada aplicação, o que exige domínio de linguagens de programação, bibliotecas ou softwares específicos, o que pode tornar esta área ainda muito restrita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITHYA, C., KOWSIK, K., NAMRATA, D., NAGELI, V. S., SHRIVASTAVA, S., RAKSHIT, S. Augmented reality approach for paper map visualization. In: **Communication and Computational Intelligence (INCOCCI)**, International Conference on. IEEE, 2010. p. 352-356. 2010.

ARVANITIS, T. N., PETROU, A., KNIGHT, J. F., SAVAS, S., SOTIRIOU, S., GARGALAKOS, M., & GIALOURI, E. Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. **Personal and ubiquitous computing**, v. 13, n. 3, p. 243-250, 2009.

ASAI, K., KONDO, T., KOBAYASHI, H., MIZUKI, A. A geographic surface browsing tool using map-based augmented reality. In: **Visualisation, 2008 International Conference. IEEE**, p. 93-98. 2008.

AZUMA, R. T. **A survey of augmented reality. Presence**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

BILLINGHURST, M., KATO, H., POUPYREV,

- I. Collaboration with tangible augmented reality interfaces. In **HCI International**, Vol. 1, pp. 5-10. 2001.
- BOBRICH, J. An Immersive Environment Based on Paper Maps. **Proceedings of ICC 2003**. pp. 2045-2050. 2003.
- BOBRICH, J.; OTTO, S. Augmented Maps. **International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 34, n. 4, p. 502-505, 2002.
- HE, Z., XIA, Z., CHANG, Y., CHEN, W., HU, J., WEI, X. Research on underground pipeline augmented reality system based on ARToolKit. In: **Geoinformatics 2006: Geospatial Information Technology**. International Society for Optics and Photonics, p. 642112-642112-18. 2006.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Disponível em <www.ibge.br>. Acesso: 10 de Novembro de 2016.
- IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social; Disponível em <www.ipardes.gov.br>. Acesso: 10 de Novembro de 2016.
- ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências; Disponível em <www.itcg.pr.gov.br>. Acesso: 10 de Novembro de 2016.
- KÁN, P., KAUFMANN H., High-quality reflections, refractions, and caustics in augmented reality and their contribution to visual coherence. **Mixed and Augmented Reality (ISMAR)**, IEEE International Symposium on. IEEE, pp. 99-108. 2012.
- MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., KISHINO, F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. **SPIE Proceedings Vol. 2351: Telemanipulator and Telepresence Technologies**, Boston, p. 282-292. 1994.
- MORRISON, A., OULASVIRTA, A., PELTONEN, P., LEMMELA, S., JACUCCI, G., REITMAYR, G., NÄSÄNEN, J., JUUSTILA, A. Like bees around the hive: a comparative study of a mobile augmented reality map. In **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. pp. 1889-1898. ACM. 2009.
- NILSSON, S.; JOHANSSON, B. Acceptance of augmented reality instructions in a real work setting. In: **CHI'08 extended abstracts on Human factors in computing systems**. ACM, 2008. p. 2025-2032.
- OLSSON, T., KÄRKKÄINEN, T., LAGERSTAM, E., & VENTÄ-OLKKONEN, L. User evaluation of mobile augmented reality scenarios. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 4, n. 1, p. 29-47, 2012.
- PAELKE, V.; SESTER, M. Augmented Paper Maps: Exploring the design space of a mixed reality system. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 65, n. 3, p. 256-265, 2010.
- REILLY, D., RODGERS, M., ARGUE, R., NUNES, M., & INKPEN, K. Marked-up maps: combining paper maps and electronic information resources. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 10, n. 4, p. 215-226, 2006.
- SCHÖNING, J.; KRÜGER, A.; MÜLLER, H. J.. Interaction of mobile camera devices with physical maps. In: **Adjunct proceeding of the fourth international conference on pervasive computing**. p. 121-124. 2006.
- SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná; Disponível em <www.simepar.br>. Acesso: 11 de Novembro de 2016.
- SRTM - Shuttle Radar Topography Mission; Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso: 08 de Novembro de 2016.
- Secretaria do Estado de Infraestrutura e Logística – Departamento de Estradas e Rodagens Disponível em <<http://www.infraestrutura.pr.gov.br>>. Acesso: 05 de Novembro de 2016.
- WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World: Designing natural user interfaces for touch and gesture**. Morgan Kauffman, p.242. 2011.