

Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/4, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 685-694
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

O USO DE REALIDADE AUMENTADA PARA A CARTOGRAFIA: UMA NOVA FORMA DE INTERAGIR COM MAPAS E DADOS GEOGRÁFICOS

*The use of Augmented Reality for Cartography: A New Way to Interact with
Maps and Geographic Data*

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, CEP: 81.531-990, Curitiba, Paraná, Brasil
pereira.gha@hotmail.com, centeno@ufpr.br

Recebido em 23 de Agosto, 2015/ Aceito em 16 de Fevereiro, 2016
Received on August 23, 2015/ Accepted on February 16, 2016

RESUMO

Nas últimas décadas é notável o aparecimento de sistemas computacionais que favorecem as tarefas de leitura de mapas. Dentre os sistemas que prometem auxiliar os usuários a executar suas tarefas, inclusive de leitura de mapa, os baseados em Realidade Aumentada (RA) mostram-se bastante promissores. Entretanto, pouco deste tema tem sido trabalhado no mundo e, principalmente, no Brasil. Por esse motivo, elaborou-se a presente pesquisa na intenção de desenvolver alguns protótipos de Realidade Aumentada para a Cartografia, utilizando-se de diferentes metodologias, com e sem marcadores fiduciais, em versão desktop ou dispositivos móveis. Verificou-se que, independente destas metodologias utilizadas, com RA é possível interagir com o mapa e informações virtuais, em tempo real. Porém, destaca-se que o desenvolvimento para dispositivos móveis e sem a utilização de marcadores fiduciais externos apresenta-se altamente atrativo.

Palavras-Chave: Realidade Aumentada, Mapas, *ARToolKit*, Dispositivos Móveis.

ABSTRACT

In recent decades it is remarkable the emergence of computational systems that favor the reading maps tasks. Among the systems that promise to help users to perform their tasks, the ones based on the Augmented Reality (AR) show to be quite promising. However, there are just a few works about this theme in the world and especially in Brazil. For this reason, the present research was elaborated to develop some prototypes of Augmented Reality for Cartography, using different methodologies, with and without fiducial markers, for desktop or mobile version. It was found that independent of these methodologies, Augmented Reality to Cartography can really increase the interaction by users with the map and virtual information in real-time. Another point was that the development for mobile devices and without the use of external fiducial markers can become even more attractive.

Keywords: Augmented Reality, Maps, *ARToolKit*, Mobile Devices.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Olsson *et al.* (2012), considerada uma tecnologia interativa emergente, a Realidade Aumentada (RA) 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. Azuma (1997) acrescenta que, devido aos inúmeros desafios e caminhos inexplorados nesta área, a RA continuará a ser uma interessante área de pesquisa por muitos anos. E esta afirmação continua válida atualmente.

Segundo Nilsson e Johansson (2008), o campo da Realidade Mista (RM), na qual a Realidade Aumentada está inserida, é um campo relativamente novo em termos de comércio e aplicações disponíveis publicamente, mas que já existe como pesquisa há quase duas décadas, com aplicações em diversas áreas, como a medicina, aplicações militares, como apoio técnico, na indústria, para entretenimento, ou mesmo em trabalhos com dados geográficos.

Neste artigo apresenta-se uma discussão a respeito de uma forma específica de Realidade Aumentada usada para a visualização de modelos virtuais superpostos a mapas, podendo ser então chamados de Mapas Aumentados. Nos experimentos são avaliadas duas opções de metodologia baseadas no processamento de imagens para registro e orientação do usuário. Nas próximas seções deste trabalho é apresentada uma breve introdução à Realidade Aumentada, seguida da metodologia, onde são descritos os experimentos realizados, os resultados alcançados, e as conclusões obtidas ao final do desenvolvimento dos protótipos e deste estudo.

2. REALIDADE AUMENTADA

Em sua definição, sistemas de Realidade Aumentada (RA) misturam a percepção sensorial do ambiente real e de objetos virtuais, sendo possível imergir e interagir de forma natural tanto com o ambiente real como com os objetos virtuais (AZUMA, 1997; BOBRICH & OTTO, 2002). 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 usuários interagirem

e interagirem de forma natural com ambos, o ambiente real (representados, neste caso, pelos mapas impressos) e objetos virtuais (representados por camadas de informação digitais), e em tempo real (BOBRICH, 2003).

Ou seja, conforme Nilsson e Johansson (2008), a característica principal de interfaces de RA é a “fusão de mundos”, acrescentando informação virtual no mundo real. A coexistência de objetos virtuais e do ambiente real constitui uma Realidade Mista (RM), onde os usuários podem interagir com o ambiente e informações virtuais e em tempo real (ARVANITIS *et al.*, 2009).

Para melhor situar o espaço entre o ambiente real e virtual, Milgram e Kishino (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*.

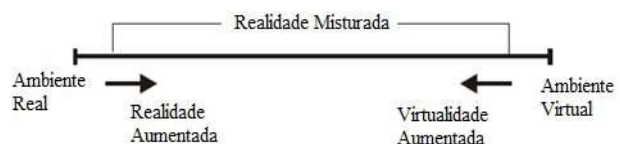


Fig. 1 – *Continuum* entre Realidade – Virtualidade. Fonte: Milgram e Kishino (1994).

Com a proliferação de tecnologias com a Realidade Aumentada, criam-se oportunidades para o desenvolvimento de novos cenários de aprendizagem (IORDACHE & PRIBEANU, 2009). Esta aprendizagem, aqui se entende como qualquer forma de apreensão de conhecimento, seja em ambiente escolar, educação técnica ou científica, ou mesmo na compreensão do espaço geográfico. Arvanitis *et al.* (2009) relatam que os esforços atuais de aprendizagem assistida por tecnologias, como os empregados em vários campos da ciência, aprimoram a realidade com informações adicionais e, assim, melhoraram a perspectiva de entendimento de conceitos pelos usuários. Ou seja, com a capacidade de infundir informação digital no mundo real, a tecnologia de Realidade Aumentada poderia ajudar ainda mais na educação científica (CHENG & TSAI, 2013).

Desta forma, é possível estender a utilização de técnicas de Realidade Mista, mais

especificamente de Realidade Aumentada, para áreas como a Cartografia, uma área fortemente relacionada à educação e aprendizagem, principalmente sobre a compreensão do espaço geográfico e seus fenômenos associados.

Entretanto, como ferramenta tradicional na Cartografia, os mapas impressos são concebidos para visualizar fenômenos espaço-temporais 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 não exibem informações dinamicamente para coincidir com interesses em evolução do usuário (ASAI *et al.*, 2008) ou mesmo reagir conforme o comportamento do mesmo, onde uma ação do usuário 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 adaptados de maneira mais fácil 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 – tanto o ambiente real como o virtual - e, portanto, apresentam-se altamente atraentes (PAELKE & SESTER, 2010).

De acordo com Bobrich e Otto (2002) e Bobrich (2003), juntando-se os mapas em papel e objetos virtuais tem-se uma nova natureza de mapas: os “Mapas Aumentados” (*Augmented Maps*). Nos Mapas Aumentados, o objetivo é, portanto, a concepção de um sistema que explora os benefícios de ambos, sobrepondo aos mapas tradicionais em papel informações virtuais e permitindo a integração significativa de informações e funcionalidades adicionais de um ambiente virtual (PAELKE & SESTER, 2010).

Consequentemente, 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). RA pode também incluir informações históricas ou previsões sobre o futuro, ou informações que, por alguma outra razão, são invisíveis para o usuário (LONGLEY *et al.*, 2005). E, além disto, como afirmado em Bobrich e Otto (2002), cada usuário pode interagir com o mapa em seu próprio jeito e, por exemplo, ativar novas camadas ou obter informações adicionais.

Schöning, Krüger e Müller (2006) combinaram as vantagens de mapas reais e informações virtuais e concluíram que esta possibilidade aumenta a interatividade e descrevem que o sistema pode ser caracterizado como uma “lente mágica” que exhibe informação virtual georeferenciada sobre o mapa físico impresso.

Entretanto, conforme Azuma *et al.* (2001), o desafio de um sistema de RA é a aceitação social e, até o momento, pouca atenção tem sido colocada sobre estas questões fundamentais. Sendo assim, estes temas devem ser desbravados para que a RA se torne amplamente aceita. Porém, poucos são os trabalhos no mundo que têm abordado este tema de Realidade Aumentada para mapas, em especial no Brasil. Com isso, desenvolveu-se a presente pesquisa a fim de se desenvolver protótipos utilizando-se de diferentes metodologias e começar a trilhar novos caminhos da Realidade Aumentada para Cartografia no Brasil.

3. METODOLOGIA

Um estudo comparativo de duas diferentes metodologias de registro do sistema virtual e do real foi desenvolvido no laboratório de processamento de imagens do Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, da Universidade Federal do Paraná. As duas metodologias foram avaliadas durante o desenvolvimento do sistema de Realidade Aumentada para Cartografia e são descritas a seguir. A primeira metodologia se baseia

no reconhecimento de símbolos externos (marcadores fiduciais) adicionados aos mapas, e a segunda se baseia no reconhecimento do próprio mapa para registro da informação virtual.

HE et al (2006) afirmam que uma das tarefas mais difíceis do desenvolvimento de um sistema de RA está, justamente, em se calcular com precisão o ponto de vista do usuário, e em tempo real. Em um sistema de Realidade Aumentada, a determinação da posição e direção de visão do usuário pode ser feita de várias maneiras, dentre elas, tem-se a utilização de técnicas de processamento de imagem e visão computacional (BOBRICH & OTTO, 2002). Outras formas de obter a posição e atitude do usuário são possíveis, como na da utilização de receptores GNSS. Alguns exemplos de RA que utilizaram outras metodologias, como os sistemas baseados em serviços de localização (*Location-Based Service* - LBS), podem ser encontrados em publicações como Longley et al. (2005).

Entretanto, Bobrich e Otto (2002) argumentam que a grande vantagem na utilização de um sistema de Realidade Aumentada baseado em visão computacional é que são necessários apenas uma câmera de vídeo e um computador. Desta forma, para este trabalho, fez uso de técnicas de visão computacional.

Para se calcular o ponto de vista do usuário, e em tempo real, pode-se utilizar a biblioteca *ARToolKit*, que usa algoritmos de reconhecimento de padrões para calcular a posição, atitude e orientação da câmera/ usuário relativamente aos alvos ou marcadores, permitindo ao sistema sobrepor objetos virtuais aos elementos reais (FIALA, 2005; SCHÖNING, KRÜGER e MÜLLER, 2006; HE et al., 2006). Para acelerar o processo utilizando-se desta biblioteca, as imagens capturadas pela câmera são binarizadas (transformadas em preto e branco) por uma operação de limiarização. Nesta imagem binarizada procura-se regiões quadradas. Usando um marcador fiducial de tamanho e orientação conhecidos, a matriz de transformação pode ser calculada. Esta matriz descreve as coordenadas da câmera real em relação ao marcador, sendo então usada para definir a posição das coordenadas do objeto virtual (BOBRICH & OTTO, 2002).

Segundo Adithya et al. (2010), o *ARToolKit* tem dois procedimentos de transformação, como

segue, e podendo ser melhor visualizados na Figura 2.

1. Sistema de coordenadas do Marcador para o sistema de coordenadas da câmera (3D para 3D).
2. Sistema de coordenadas da câmera para o sistema de coordenadas da imagem-tela (3D para 2D).

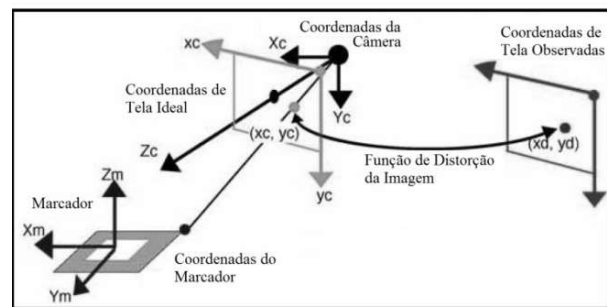


Fig. 2 - Sistemas de Coordenadas utilizados no processamento com *ARToolKit*. Fonte: Adithya et al. (2010).

À medida que os marcadores fiduciais são simples e fáceis de reconhecer, esta operação pode ser executada em tempo real (BOBRICH e OTTO, 2002). No caso de se utilizar um sistema de Realidade Aumentada baseada em marcadores fiduciais, estes marcadores podem ser entendidos como os pontos para registrar elementos virtuais sobre o mapa físico e, desta forma, mesclar informações reais e virtuais (BOBRICH & OTTO, 2002; BOBRICH, 2003).

Esta opção foi utilizada no primeiro protótipo do Sistema de Realidade Aumentada. Este sistema foi desenvolvido para ambiente desktop, utilizando uma webcam móvel para captura da cena real, com processamento da orientação da webcam em relação ao mapa e aos marcadores fiduciais realizado em um computador e o resultado apresentado com um projetor. O resultado, neste caso, é a imagem capturada pela webcam com a informação virtual sobreposta. Foi utilizada a biblioteca *ARToolKit*, com a disposição da informação virtual sobre o mapa apresentada em tempo real. Com isso, a webcam poderia ser movida, aproximando ou afastando, simulando ações de *zoom in*, *zoom out* e *pan*, e a informação virtual sendo registrada em tempo real sobre o mapa impresso.

Para se testar as potencialidades deste primeiro sistema de RA - e aproveitando-se da capacidade de processamento de uma plataforma

desktop - fez-se a implementação de camadas de informação como dados vetoriais de linhas e polígonos, dados rasters com transparência e até mesmo animações.

Porém, esta adição de símbolos como os marcadores fiduciais – que não são elementos tradicionais dos mapas – pode acabar por dificultar a leitura do mesmo, uma vez que podem poluir o layout dos mapas. Desta forma, a utilização de métodos de visão computacional que utilizem o próprio mapa como fonte de registro entre o ambiente real e as informações virtuais pode facilitar o processo de leitura dos mapas. Ou seja, tais métodos tornariam os mapas “mais limpos”, sem a necessidade de adição de informações que não sejam tradicionalmente constituintes do mapa, como estes marcadores fiduciais externos.

Nesta metodologia adotada para o segundo protótipo de RA, o processo de transformação entre o mundo real e o virtual é semelhante ao apresentado na Figura 2, porém, sem a utilização do marcador fiducial. Desta vez, o próprio mapa é utilizado como referência no ambiente real para registro da informação virtual. Sendo assim, neste segundo sistema de Realidade Aumentada, utilizou-se o próprio mapa para o registro das informações virtuais, sem a necessidade de marcadores fiduciais externos.

Este segundo protótipo do sistema de RA foi desenvolvido para sistema Android, para uso em *tablets* e *smartphone*. Segundo Ternier *et al.* (2012), o uso de dispositivos móveis - como *tablets* e *smartphones* - tem muitas vantagens para RA, como a possibilidade de ser executado em dispositivos pessoais e a implementação de uma estratégia de “Traga Seu Próprio Dispositivo” (BYOD – *Bring Your Own Device*). Com isso, a utilização de um sistema operacional generalizado – como o sistema Android – pode tornar a solução muito mais barata em comparação com soluções que precisam hardware especial.

Ainda, devido aos avanços na capacidade de memória e processador, estes dispositivos móveis têm se apresentado tão robustos quanto computadores desktop. Desta forma, implementou-se também no sistema de RA para Android a possibilidade de explorar diversos formatos de camadas de informação, como em formatos vetoriais (linhas e polígonos), imagens, animações e elementos em 3D, como o relevo.

4. RESULTADOS

No primeiro protótipo de sistema de Realidade Aumentada foi utilizado um marcador fiducial para reconhecimento pela biblioteca ARToolKit e registro das camadas de informação sobre o vídeo capturado pela câmera. Quando este marcador era identificado, eram feitas as devidas transformações do sistema de coordenadas do espaço do objeto para o sistema de coordenadas do espaço da câmera e posteriormente para o sistema de coordenadas do espaço da tela.

Na Figura 3 é apresentado um exemplo do produto do sistema de RA, baseado nos marcadores fiduciais e a biblioteca ARToolKit. Na Figura 3a é mostrado o mapa impresso e o marcador fiducial, a cena real. Na Figura 3b é mostrado o produto da fusão dos dados, superpondo os contornos do Brasil, em azul, e do estado do Paraná (vermelho) ao mapa real.

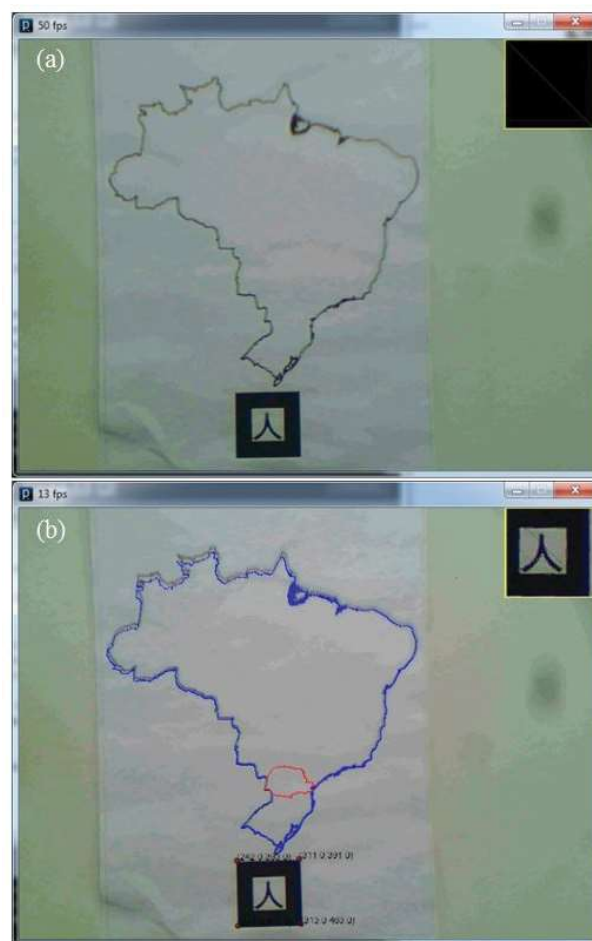


Fig. 3 – Exemplo de Realidade Aumentada com o sistema de Realidade Aumentada utilizando marcadores fiduciais e biblioteca ARToolKit. (a) Mapa impresso original, e (b) Mapa Aumentado com adição da informação digital do contorno do Brasil e do Estado do Paraná.

Percebe-se, na Figura 3b, que o sistema adicionou a informação virtual corretamente, executando rotações, translações e fatores de escala para sobrepor a informação virtual sobre o mapa impresso. Entretanto, uma pequena distorção na imagem virtual sobreposta na Figura 3b pode ser verificada ao norte, mas essa não compromete a percepção da sobreposição das camadas de informação – da informação virtual sobrepondo o objeto real.

É possível identificar em cada imagem das Figuras 3 e 4 detalhes implementados ao sistema, como a identificação dos marcadores fiduciais e as coordenadas das extremidades dos marcadores. Após a identificação do marcador fiducial, o sistema é capaz de computar as transformações necessárias. Como resultado das transformações e determinação da posição relativa entre o objeto real e informação virtual, o marcador fiducial “corrigido” é apresentado no canto superior direito da tela. Ou seja, para que estas transformações sejam possíveis, com correção e apresentação deste símbolo “corrigido”, é porque o sistema computou a matriz de transformação entre os espaços de coordenadas e sabe-se a posição e atitude da câmera/usuário em relação ao objeto - neste caso, o mapa.

A Figura 4 apresenta o mesmo sistema, aplicado ao mapa do Paraná. Para este, implementou-se também a apresentação da informação virtual referente ao contorno do Estado (Figura 4b), a uma imagem referente aos dados altimétricos (Figura 4c) e à hidrografia (Figura 4d). Novamente, percebe-se que o sistema fez as devidas transformações, em tempo real, para sobrepor a informação virtual sobre o objeto real (o mapa).

A posição e atitude da câmera/usuário são calculadas em tempo real, sendo este cálculo a cada frame do vídeo. Optou-se por colocar no sistema a informação sobre quantos frames por segundo (fps) estão sendo calculados pelo sistema de RA e dispostos na tela. Foi possível verificar que, quando o sistema está desligado, o registro do vídeo foi a uma taxa de, aproximadamente, 50 fps (Figura 3a). Quando o sistema de RA era ligado, com o reconhecimento dos marcadores e processamento sendo feitos a cada frame, a taxa caiu para 40 fps na Figura 4a - por mais que o sistema não esteja apresentando

nenhuma camada de informação, o mesmo está calculando a posição relativa entre os sistemas de coordenadas, uma vez que o marcador “corrigido” está sendo apresentado. Conforme se aumentava a quantidade de informação a ser disposta, o valor da taxa de apresentação decresce, chegando a 10 fps - como no caso da Figura 3c - onde são apresentadas informações vetoriais do contorno do Paraná e a imagem com transparência da altimetria do Estado.

Conseqüentemente, conforme a taxa de atualização do vídeo decresce, fica mais evidente o processamento “pesado” realizado pelo sistema, por vezes podendo causar a impressão de “câmera lenta” devido ao atraso na movimentação e cálculo das transformações entre os sistemas de coordenadas.

Ainda, foi possível identificar que o sistema algumas vezes se apresentava instável, nem sempre registrando a camada de informação exatamente sobre o mapa impresso, ou seja, causando um erro de registro. O erro de registro prejudica a coincidência entre o espaço real e o virtual, fazendo com que a diferença entre os objetos virtuais e os reais se torne mais evidente, como mostrado na Figura 4. Na Figura 4 (b, c e d) pode-se perceber este erro de registro ao se atentar para as bordas em preto - que correspondem ao mapa impresso - e as bordas em vermelho - que são as informações virtuais adicionadas.

Porém, por mais que exista este erro de registro, não se pode descartar as possibilidades que este sistema oferece para interação dos usuários com o mapa e informações virtuais. Esta conclusão se assemelha ao relatado por Paelke e Sester (2010), em que o posicionamento do usuário utilizando a biblioteca *ARToolKit* não foi tão preciso, mas foi suficiente para validar o conceito geral do trabalho.

O problema de erro no registro entre a informação virtual e o mapa é recorrente em sistemas baseados em marcadores fiduciais. Este problema é acentuado devido à posição do marcador, normalmente fora do mapa, nas extremidades, como mostrado nas Figuras 3 e 4. Como o algoritmo de reconhecimento de padrões é a base para a orientação do modelo em tempo real, pequenas variações, mesmo da ordem de um pixel, no reconhecimento do marcador podem ter efeitos significativos

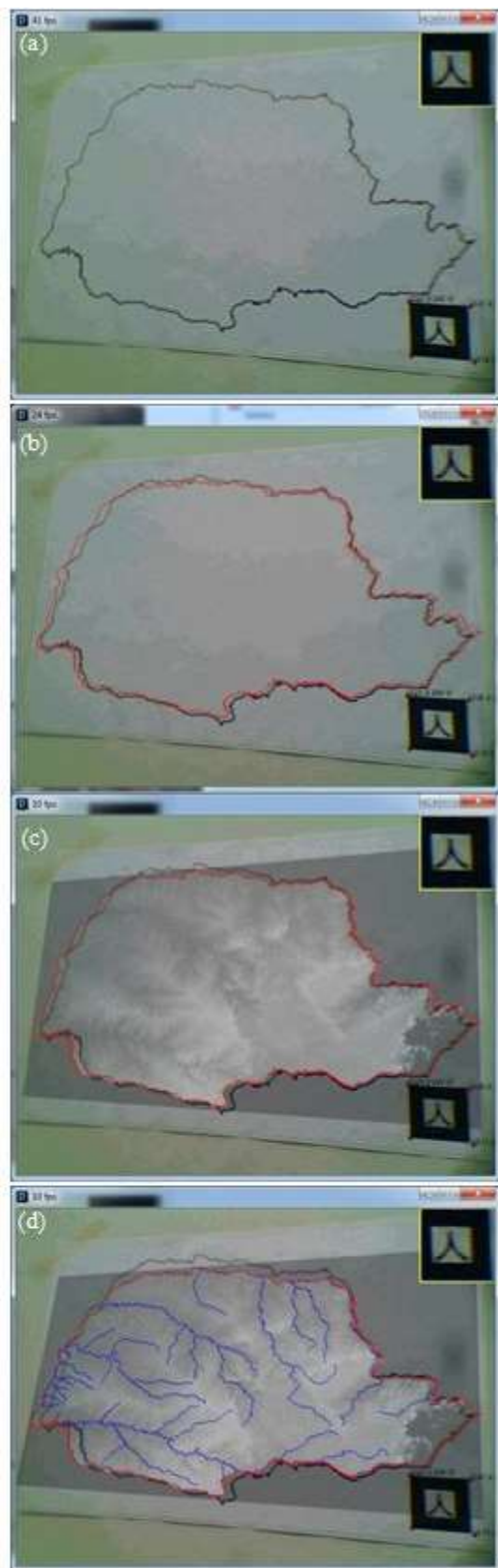


Fig. 4 – Sistema de RA utilizando marcadores fiduciais e biblioteca *ARToolKit* para o Estado do Paraná. (a) Mapa impresso original com o contorno do Estado do Paraná; (b) apresentação virtual do contorno do Estado; (c) adição da informação altimétrica (SRTM), (d) adição da informação da hidrografia.

no restante do mapa, pois podem alterar a definição da escala e a orientação do sistema virtual em relação ao real. Uma pequena rotação do marcador fiducial pode causar grandes variações no mapa visualizado, na medida em que a área visualizada se afasta do marcador. Quando o marcador se encontra na extremidade do mapa, esta variação angular se torna mais perceptível em regiões afastadas do marcador, como é visível nas Figuras 3 e 4.

O ideal, neste caso, seria posicionar os marcadores fiduciais no interior do mapa. Porém, além de os marcadores poderem poluir o layout do mesmo, neste caso o marcador estaria atrapalhando a leitura da informação de interesse. Mesmo que os mapas impressos apresentados na Figura 3 e 4 sejam apenas da fronteira do Brasil ou do estado do Paraná, ao se posicionar estes marcadores no interior do mapa, isso poderia causar um desvio de atenção no processo de leitura do mapa.

No segundo protótipo do sistema de RA optou-se por utilizar o próprio mapa para registro, sem a necessidade de marcadores fiduciais externos específicos. A Figura 5 ilustra o uso deste segundo sistema de RA, sem a utilização de marcadores fiduciais. Na Figura 5a, é possível perceber que o mapa apresenta apenas informações tradicionais, como legenda, escala, norte, e o próprio mapa, sem adição de elementos externos, como os marcadores fiduciais utilizados anteriormente.

É possível destacar que o registro da informação sobre o mapa é muito mais precisa, com os limites das camadas de informação sobrepondo o mapa de forma mais precisa. A maior acuracidade deste registro pode ser verificada comparando-se os limites dos municípios ou a hidrografia, que estão sobrepostos ao contorno do mapa. Isto porque a distorção angular é muito menor do que a proporcionada pelo marcador fiducial na extremidade do mapa. Neste caso, os pontos que são utilizados para o registro estão distribuídos em todo o mapa, considerando o mapa como um todo para o registro.

Ainda, é possível verificar que a Realidade Aumentada para dispositivos móveis, como *tablets e smartphones*, traz a informação à mão do usuário, tornando a manipulação do ambiente real e virtual de maneira ainda mais

intuitiva e interativa. A característica de “lente mágica” – ou uma “janela” para o mundo virtual – se torna mais incisiva, onde o dispositivo móvel estaria fazendo um “raio-x” do mapa e apresentando novas informações sobre ele.

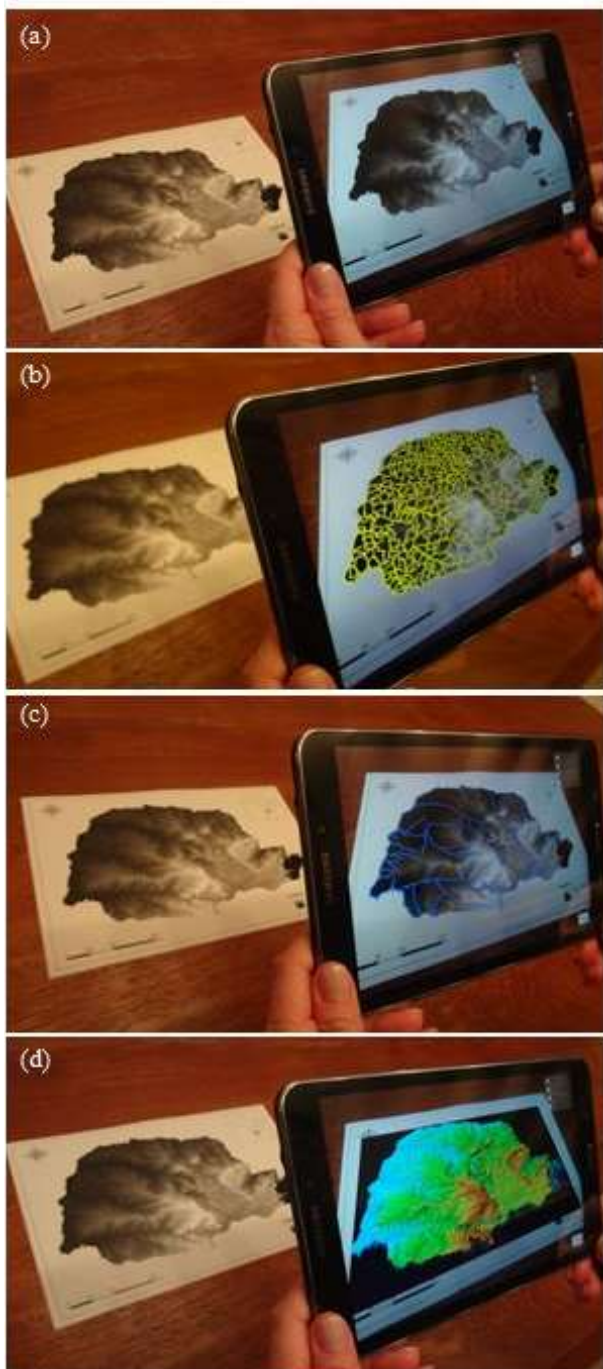


Fig. 5 – Sistema de Realidade Aumentada, sem marcadores fiduciais e para dispositivos. (a) Mapa do Estado do Paraná sendo filmado pelo sistema; (b) Apresentação da camada dos limites dos municípios do Estado do Paraná; (c) apresentação da camada com hidrografia principal do Estado do Paraná; (d) A apresentação do relevo em 3D.

5. CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que, seja em versão desktop ou para dispositivos móveis, com marcadores fiduciais ou não, a Realidade Aumentada é capaz de adicionar camadas de informação virtual sobre os mapas, possibilitando um ambiente mais interativo e podendo trazer contribuições para a leitura dos mapas e melhor compreensão do espaço geográfico. Desta forma, percebe-se que a Realidade Aumentada pode ser utilizada para a Cartografia como uma forma de adicionar informações virtuais sobre o mapa, seja com atualizações, animações, apresentações de outras camadas de informação, ou mesmo elementos em 3 dimensões, como no caso do relevo.

Em comparação com sistemas que necessitam de marcadores fiduciais específicos, os sistemas que utilizam o próprio mapa como base para o registro apresentam a vantagem de não incluírem elementos que não são constituintes de um mapa. Ou seja, sem a necessidade de incluir elementos externos, onde o mapa se tornaria mais natural. Ou ainda, sem a necessidade da inserção destes marcadores fiduciais específicos, mapas já impressos para outros propósitos podem também ser “aumentados”, uma vez que o mapa em si será utilizado para o registro da informação virtual.

Outro ponto a ser comparado é a diferença entre um sistema para desktop e para dispositivos móveis. Enquanto que computadores desktop têm maior capacidade de processamento para as camadas de Realidade Aumentada, estas informações são apresentadas na tela do computador ou projetadas por um dispositivo multimídia, nem sempre dando a sensação para o usuário de manipulação direta do mapa ou da informação virtual.

Já para dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*, tem-se a representação da informação à mão do usuário, com manipulação mais intuitiva, podendo ser mais perceptível esta característica de “lente mágica”. Ainda, com os avanços na tecnologia e capacidade de processamento de dispositivos móveis, a complexidade da informação a ser disposta no sistema de Realidade Aumentada pouco perde para um sistema Desktop.

Percebe-se também que afirmações como a de Nilsson e Johansson (2008) – de que a

Realidade Aumentada proporciona a “fusão de mundos” (do real e do virtual) – e de Schöning, Krüger e Müller (2006) – de que o sistema pode ser caracterizado como uma “lente mágica” – são relevantes e pertinentes, uma vez que os Sistemas de Realidade Aumentada trazem esta sobreposição das informações digitais sobre o mundo real em tempo real, e que podem ser uma “janela” para a visualização de informações adicionais sobre determinada área ou fenômeno.

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.

AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., & MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **Computer Graphics and Applications**, IEEE **Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BOBRICH, J. An Immersive Environment Based on Paper Maps. **Proceedings of ICC 2003**. 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.

CHENG, K.H.; TSAI, C.C. Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, n. 4, p. 449-462, 2013.

FIALA, M. Comparing ARTag and ARToolKit plus fiducial marker systems. In: **Haptic Audio Visual Environments and their Applications**, IEEE International Workshop on. IEEE, p. 6 pp. 2005.

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.

IORDACHE, D., D.; PRIBEANU, C., Comparison of Quantitative and Qualitative Data from a Formative Usability Evaluation of an Augmented Reality Learning Scenario. **Informatica Economica**, v. 13, n. 3, p. 67-74, 2009.

LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D. J., RHIND, D.W., **Geographic Information Systems and Science**. John Wiley & Sons, 2nd ed., 537p. 2005.

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, 282-292. 1994.

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.

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.

TERNIER, S., KLEMKE, R., KALZ, M., VAN ULZEN, P., & SPECHT, M.. ARLearn: Augmented Reality Meets Augmented Virtuality. **Journal of Universal Computer Science**, v. 18, n. 15, p. 2143-2164, 2012.