
SIMBOLOGIA DE MAPAS 3D

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT¹

LUCIENE STAMATO DELAZARI²

ANDRE LUIS DE ALENCAR MENDONÇA³

Programa de pós-graduação em ciências geodésicas

Depto. de Geomática

Universidade Federal do Paraná

¹marcioschmidt@ufu.feciv.br; ²luciene@ufpr.br; ³andremendonca@ufpr.br

RESUMO - O uso de representações cartográficas em três dimensões se expandiu mais rapidamente que o conhecimento cartográfico necessário para construir tais representações. Como consequência não existem princípios gerais de projeto cartográfico 3D e os equívocos encontrados neste tipo de representação restringem a compreensão das feições representadas e suas relações espaciais. Uma tarefa comum de uso do mapa 3D é a navegação virtual. Neste tipo de aplicação, o mapa é a ferramenta pela qual o usuário determina a sua posição e orientação relativas a outros elementos da paisagem e usa esse conhecimento para se movimentar pelo ambiente. A perda da manutenção da orientação relativa nestes ambientes é agravada pela falta de conhecimento de como os usuários reagem à posição de leitura em perspectiva e às diferenças resultantes. Uma solução é o uso de ferramentas virtuais para auxiliar a navegação virtual. Algumas destas foram propostas na literatura, normalmente como analogias eletrônicas de ferramentas reais de navegação, como a bússola. Este trabalho avalia a influência de duas dessas ferramentas na navegação com usuários de mapas 3D. Para tanto, foi desenvolvida uma metodologia de teste que combina o protocolo de *Think Aloud* e avaliação por questionários para identificar os elementos de representação usados como referências.

ABSTRACT - The use of 3D cartographic representations has expanded more rapidly than the cartographic knowledge needed to build those maps. As consequence, there are not general principles for map design and misconceptions can be found on it that restrain the understanding of the representation and their spatial relations. A common task in 3D map-use is the virtual navigation. In this type of application the map is the tool by which the user determines its position and orientation related to the features of the landscape and uses this knowledge to move through the environment. The loss of the relative orientation is compounded by the lack of knowledge of how users react to the reading position in perspective and the resulting perceptual differences. One possible solution is the use of virtual tools to help navigation. Few tools have been proposed in the literature, often as electronics analogies of real tools, such as a compass. This paper assesses the influence of two of these tools in navigation by 3D map-users. To achieve this goal, we developed a test methodology that combines the Think Aloud protocol and evaluation by questionnaires to identify the features represented used as references.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta os resultados de testes de navegação virtual com usuários de cartas topográficas 3D auxiliados por ferramentas virtuais de orientação. Em ambientes virtuais não imersivos, a visualização de cenas tridimensionais é realizada em monitores e as representações são criadas por programas capazes de ler dados geográficos e criar imagens perspectivas. O uso e dinamismo de mapas em 3D são potencializados pela capacidade de manipulação de dados tridimensionais associados à interatividade e a possibilidade de mudança do ponto de vista. Estas funcionalidades são fundamentais para criar um senso de imersão no leitor do mapa. No entanto, o conhecimento cartográfico necessário para construir essas representações não se desenvolveu da mesma forma que a tecnologia utilizada nestas representações. Como consequência não existem princípios gerais de projeto cartográfico para criar mapas 3D e há equívocos que dificultam a comunicação cartográfica e o estabelecimento das relações espaciais das

feições representadas. Além disso, não se conhece em detalhes como estas alterações perceptivas alteram o uso de representações 3D para navegação.

A construção de representações 3D e seu impacto sobre os usuários têm sido discutidos na literatura por vários autores nos últimos anos, com maior destaque a partir da popularização de sistemas de navegação como os GPS veiculares. Exemplos de pesquisa são Vinson (1999), Darken e Paterson (2001), Haerberling (2002), Tory et al (2004), Harrower e Sheesley (2005), Haerberling et al (2008), entre outros. No entanto, a determinação da orientação relativa não é uma tarefa trivial em ambientes virtuais e algumas ferramentas de navegação têm sido propostas na literatura. Estas ferramentas geralmente são analogias eletrônicas de ferramentas utilizadas para navegar em ambientes reais. Por isso, este trabalho avalia a influência de algumas dessas ferramentas na navegação virtual por usuários de mapas através da identificação de quais feições são tomadas como pontos de referência e suas características. Para alcançar este objetivo, foi desenvolvida uma metodologia de teste que combina o protocolo de *Think Aloud* e questionários de avaliação. O resultado é um procedimento de baixo custo, eficaz para identificar os elementos de representação usados como pontos de referência.

2. ANTECEDENTES

A navegação é definida por Darken e Peterson (2001) como um processo que mistura orientação e movimento usado na determinação da posição relativa do usuário de mapa e da posição relativa de outros elementos na paisagem como uma forma de alcançar outros lugares. Os autores acreditam que o senso de orientação é a parte cognitiva da navegação, sem considerar qualquer tipo de movimento, mas as decisões táticas e estratégicas que levam o movimento. Esses autores também apontam que a essência do senso de direção é o desenvolvimento e uso de mapas cognitivos ou mapas mentais como ferramenta de tomada de decisão de apoio. Para navegar com sucesso, as pessoas devem planejar seus movimentos usando o conhecimento espacial adquirido e armazenado do ambiente no seu mapa cognitivo da região. Este tipo de navegação pode ser realizada pela memória com uma série de associações entre marcos e atos correspondentes de navegação, como por exemplo, "vire à direita na igreja" (Vinson, 1999). Para criar mapas cognitivos, os usuários contam com três tipos distintos de conhecimento espacial: conhecimento de marcos, o conhecimento das rotas e conhecimento do solo (Werner et al, 1997). Estes conhecimentos são fundamentais para referenciar as feições de destaque e, conseqüentemente, referenciar o mapa cognitivo sobre o qual as rotas e demais relações espaciais serão desenvolvidas.

Entretanto, ao transpor a tarefa de navegação para o ambiente virtual, realiza-se uma simplificação no processo de aquisição de informações do ambiente ao limitar apenas à visão. Em outras palavras, a criação do mapa cognitivo passa a ser dependente exclusivamente da informação codificada no mapa 3D. Dessa forma os problemas nestas representações se tornam mais importantes. Os principais problemas com a navegação em mapas 3D apontados por Harrower e Sheesley (2005) são:

a) Limitações de perspectiva oblíqua: o efeito perspectivo da cena, causado pela variação de escala ao longo da linha de visada transforma a determinação da distância e direção uma tarefa difícil. Muitas tarefas em que o uso de representações é necessário, facilmente realizada em mapas, tornar-se um desafio em vista em perspectiva, como definir qual rota é mais longa (Harrower e Sheesley, 2005);

b) Excesso de informação: as razões para a aplicação de generalização cartográfica nos mapas são as mesmas para os mapas 3D, ou seja, reduzir o nível de detalhes e expor as relações e padrões espaciais. O efeito é semelhante, pois os usuários podem organizar a estrutura do espaço e da paisagem em seus mapas mentais com maior eficiência;

c) Oclusão visual: durante a observação de uma visão de superfície, partes desta superfície podem ser obstruídas devido a um ângulo de visão ou variações de altura da câmera. A pesquisa de Tory et al. (2004), relacionada com a navegação de pedestres em áreas urbanas, revelou que a utilização simultânea da vista de topo (2D) e da vista em perspectiva (3D) é significativamente mais eficiente do que a visualização de cada um deles separadamente para orientação;

d) Desorientação: a desorientação é o maior desafio cognitivo para os usuários de ambientes virtuais (Harrower e Sheesley, 2005), porque o problema parece ser como para permitir aos usuários manterem-se orientados. Uma estratégia é a utilização de ferramentas de navegação virtual construídas a partir de metáforas para orientar os usuários. A metáfora para orientação é entendida neste trabalho como uma analogia de dispositivos de navegação a partir da qual ferramentas virtuais são construídas. Por exemplo, a determinação do azimute pode ser facilitada através da metáfora de uma bússola colocada na interface do mapa 3D virtual. As metáforas ou ferramentas selecionadas a partir da literatura científica seguem abaixo:

- a) pontos cardeais na borda do modelo (Haerberling, 2002; Fosse, 2008);
- b) Rosa dos Ventos (Haerberling, 2002; Fosse, 2008);
- c) Setas 2D e 3D (Burigat e Chittaro, 2007);
- d) Radar (Burigat e Chittaro, 2007);
- e) O uso de mapas associados com a marca itinerante (Fosse, 2008);
- f) Grade de referência (Harrower e Sheesley, 2005);
- g) Bússola no horizonte;

h) Jetstrip (Harrower e Sheesley, 2005).

Para compreender a influência destas ferramentas na navegabilidade e aquisição de conhecimento pelos usuários, esta pesquisa desenvolveu uma metodologia de teste, que combina diferentes tipos de testes qualitativos e quantitativos aplicados a um mapa digital com uma marca itinerante e um mapa impresso, em comparação com um mapa topográfico em 3D.

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais

Para esta pesquisa foi utilizado o modelo híbrido VRML criado por Fosse (2008), a partir de restituição fotogramétrica de Macaé, RJ - Sudeste do Brasil, em escala 1:2000. O autor selecionou informações relevantes listados como pontos de elevação e curvas de nível com uma equidistância de 5 metros, informações hidrográficas, sistema viário, vegetação e edifícios na área. Para os testes, os modelos VRML foram adaptados através da inserção de uma bola, árvores e edifícios na representação. Esta mudança foi realizada principalmente com 3D programa Max Studio e exportado para VRML. A fim de vincular o mapa de referência e as câmeras de VRML para uma página HTML, um javascript foi criado para interligar os movimentos da marca e da câmara. Desta forma, quando o usuário altera a posição da câmera VRML, a marca de referência itinerante mapa também muda, como mostra a Figura 1.

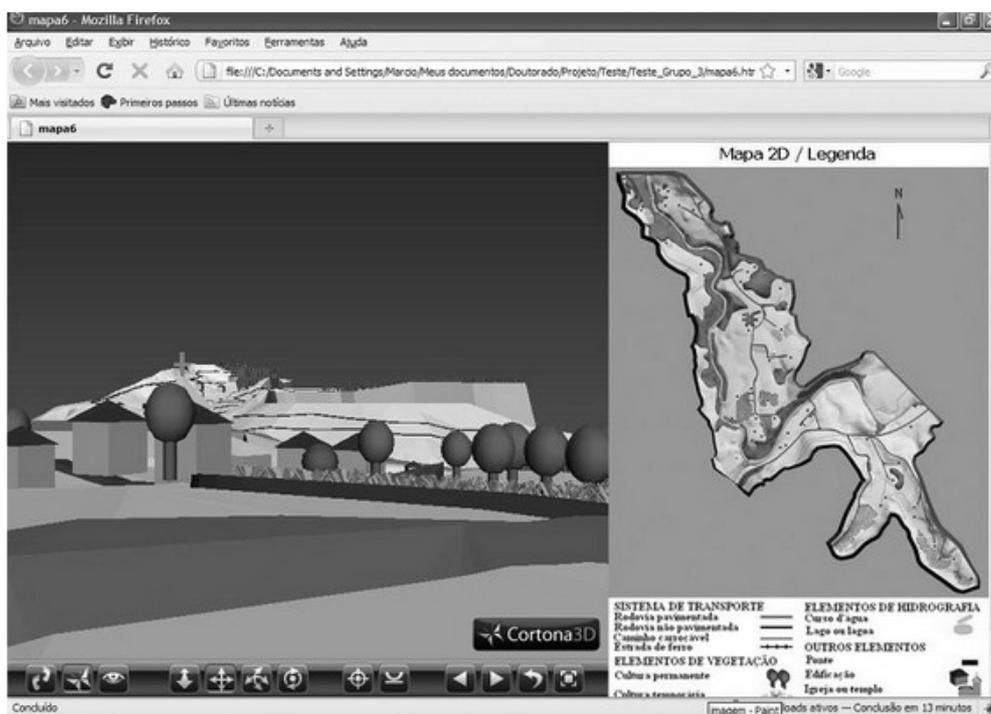


Figura 1 - Teste de exibição com o modelo VRML e mapa de referência.

Os testes foram realizados utilizando um computador com duas webcams e um microfone para gravar o comportamento dos usuários e sua verbalização. Os registros foram realizados com os programas STOIK Capture, usado para gravar vídeos da webcam, a AutoScreen 3, que é um datalog para registro de dados, e o programa Kat MP3 para a gravação do microfone. Estes programas são freeware e disponíveis gratuitamente na internet. As câmeras são dispostas em duas posições: sobre a tela do computador e apontadas para o rosto do participante, e ao seu lado direito. Esta configuração permite a gravação de ações do usuário na tela do computador, bem como suas expressões faciais, comportamento e verbalização de ações. A sincronização das gravações de áudio e vídeo foi feita por gravação do início de cada sessão de teste, colocados em um único referencial a fim de permitir a associação de expressões faciais e verbalização dos usuários com suas ações no mesmo instante. Devido à simplicidade do registro de dados utilizados, a sincronização foi realizada com um sinal sonoro ativado no início do teste, e gravado durante o processo de filmagem e de microfone. A sincronização das gravações foi feita com o Windows Movie Maker, disponível no Windows XP.

3.2. Metodologia

3.2.1. Métodos de coleta de dados

O uso de métodos qualitativos em pesquisas de uso de mapas, como o protocolo *Think Aloud*, permitem a avaliação do comportamento dos usuários ao interagirem com a representação. Isto dá ao pesquisador a oportunidade de identificar problemas de interpretação da simbologia ou da interface e entender cada passo do processo por usuários (Mendonça, 2009). Este teste geralmente combina gravação de imagens e sons do comportamento do participante enquanto realiza o teste. Neste método, os participantes têm de falar em voz alta o que estão pensando durante o teste. Isto, de acordo com Van Elzaker (2004), tem como vantagem a eliminação de problemas ligados à memorização ou interpretação de pensamentos, porque eles são expressos imediatamente. No entanto, este método leva muito tempo para realização da análise das gravações e correlação com outros dados sobre as ações tomadas durante os testes.

Outro teste qualitativo utilizado nesta pesquisa foi a utilização de questionários. Segundo Mendonça (2009), os questionários são considerados acessórios familiares, baratos e ferramentas geralmente bem aceitos em testes de usabilidade e avaliações realizadas por especialistas. Um grande número de questionários preenchidos melhoram a qualidade dos testes, especialmente se comparados com os resultados potencialmente tendenciosos e dados variáveis dados pelo pequeno número de participantes de testes de usabilidade ou peritos avaliadores (Schneiderman, 1998). Nesta pesquisa, os questionários foram utilizados principalmente para identificar o grau de aquisição de conhecimento pelos usuários através da descrição da representação por croquis. Nestes croquis, foi possível identificar as características dos pontos escolhidos como pontos de referência. Estes pontos correspondem àqueles armazenados na memória de curto prazo do usuário e não são necessariamente os mesmos identificados durante o processo de exploração do mapa, coletados pelo método *Think Aloud*.

3.2.2. – Sessões de teste

Os testes foram realizados com a participação de alunos do curso de Engenharia Cartográfica e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Os participantes foram divididos em três grupos, sendo cada grupo responsável por uma metáfora de navegação. O primeiro grupo usou a ferramenta de mapa 3D sem recursos de navegação, o segundo grupo usou um mapa topográfico em papel por 15 minutos antes de iniciar a navegação, e o terceiro grupo usou o mapa digital exibido na tela simultaneamente ao modelo 3D.

Inicialmente a cada participante foi explicada verbalmente a tarefa geográfica a ser cumprida através da seguinte declaração: "Siga para o norte. Em certo ponto, entre as casas e perto de uma igreja, há uma bola vermelha. Encontre-a e retorne ao seu ponto de partida". A tarefa pode parecer simples, mas apresenta três aspectos importantes quando se considera o contexto da pesquisa:

1. Inicialmente os usuários devem localizar-se na representação. Isto é conseguido através do estabelecimento de, pelo menos, um ponto de referência na representação 3D ou no mapa 2D usado como uma ferramenta de referência;
2. O participante deve estabelecer um conjunto de pontos de referência durante a navegação e concatená-las em uma rota em seu mapa cognitivo. Estes pontos podem ser identificados nas gravações em vídeo do *Think Aloud* e pelos croquis nos formulários. No entanto, o uso de metáforas de navegação pode diminuir o número de pontos de referência;
3. A terceira análise foi a consistência das rotas para cada metáfora utilizada. A ferramenta de navegação, construída a partir de uma metáfora, foi considerada eficiente de acordo com a quantidade de trechos de rota que os usuários percorreram no caminho de volta ao ponto de partida.

A conclusão das sessões de teste foi determinada por duas situações: a realização da tarefa de navegação, ou seja, se dirigir ao norte, encontrar a bola vermelha e voltar ao ponto inicial; e a limitação de tempo definido com base em testes preliminares em 20 minutos. Ao final de cada teste, os participantes responderam a um questionário com perguntas sobre a caracterização do usuário e que desenharam o croqui do caminho percorrido durante a navegação virtual com mapas 3D.

As informações coletadas durante os testes foram analisadas pelos critérios de capacidade de cumprir o teste, característica dos pontos de referência e caminhos ou rotas presentes na memória de curto prazo dos participantes. O primeiro critério foi utilizado para eliminar da amostra alguns participantes que tiveram dificuldades na interação com o modelo a ponto de não ser possível a realização dos testes de maneira aceitável. O segundo critério permite a coleta de evidências nas gravações de quais elementos foram usados como pontos de referência, o número de ocorrências e se o uso de metáforas de orientação altera este fator. O último critério analisa as descrições pictóricas feitas pelos participantes logo após o final do teste. Os croquis resultantes foram utilizados para avaliar quais características permaneceram na memória de curto prazo de cada participante e como o uso de metáforas influenciou a retenção de informações representadas.

4. RESULTADOS

As sessões de teste consistiram de um total de 11 participantes aleatoriamente escolhidos a partir do curso de Engenharia Cartográfica e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, da Universidade Federal do Paraná (PPCG / UFPR), Brasil, entre dezembro de 2009 a janeiro de 2010. O número pequeno de participantes pode ser explicado pelo fato de não haver referências sobre o tamanho da amostra necessária para este tipo de estudo. Além disso, foi adotado o critério de Nielsen (Nielsen, 1988) sobre usabilidade, segundo o qual em estudos de interfaces computacionais, um pequeno número de participantes (5 usuários) é suficiente para evidenciar os aspectos mais críticos de projetos de interfaces. Além disso, o objetivo da pesquisa é avaliar a metodologia de testes e não a capacidade cognitiva dos usuários. No entanto, os autores sugerem que novos estudos devem ser realizados. A tabela 1 apresenta as características dos participantes.

Tabela 1 - Caracterização do grupo de teste.

Item	Valor
Idade (média) dos participantes	28 anos
Tempo desde a graduação	09 anos
Tempo de uso de mapas	7,5 anos
Conhecem o plugin Cortona 3D	6 conhecem e 2 não conhecem
Gênero	4 homens e 4 mulheres
Frequencia de uso de mapas	1 - pouco uso (1 vez por mês ou menos) 4 -uso moderado (3 a 4 vezes por mês) 3 uso frequente (mais de 5 vezes por mês)
Experiência com mapas 3D	5 pouca experiência 2 experiência moderada 1 muito experiente

4.1. Resultados dos grupos de teste

A maioria dos participantes no grupo 1 (5 pessoas utilizando o mapa 3D apenas) ignorou os pontos de referência presentes no entorno de sua posição inicial assim que perceberam um bosque em uma colina. Aparentemente, esta feição serviu como marco global devido à sua visibilidade de vários pontos do modelo levando os participantes a esta situação. O símbolo para as igrejas, torres mais altas que os edifícios circundantes e seus telhados na cor amarela, algo incomum para uma representação topográfica, fez esta feição ser selecionada como um ponto de referência. Este grupo teve tempo de cerca de 30% a mais que os outros dois grupos (cerca de 17 minutos) para realizar a tarefa de navegação e houve maior número de ocorrências registradas de participantes que afirmaram terem se sentido perdidos. No entanto, no esboço de mapa, este grupo apresentou maior número de detalhes relativamente a outros grupos.

O segundo grupo (5 pessoas) foi estimulado a usar um mapa impresso da área por 15 minutos antes de interagir com o mapa em 3D. No entanto, todos os participantes disseram estar satisfeitos com a leitura do mapa em menos tempo, o que mais tarde provou ser insuficiente. Neste grupo, os participantes expressaram o uso de um polígono de vegetação como ponto de referência em uma bifurcação da estrada. Entretanto esta feição poderia ser vista apenas em uma direção (de Sul para Norte, por causa da colina onde foi colocado). Por esta razão, no caminho de volta todos os participantes realizaram uma curva à direita em vez de ter seguido à esquerda. Havia diversas expressões de surpresa pelos participantes que não conseguiam encontrar o polígono vegetação. Este grupo registrou um elevado número de usos de representações lineares como referência, especialmente estradas. Isso pode estar associado à semelhança de simbologia entre o mapa impresso e o mapa 3D usado em testes.

O terceiro grupo (6 pessoas) usou o mapa digital com a marca itinerante. Este grupo registrou o menor número de ocorrências de dúvidas sobre as direções a seguir e sua localização. No entanto, como visto nos questionários, os participantes desse grupo não conseguiam lembrar em detalhes as rotas percorridas. Este resultado é oposto ao dos obtidos pelo primeiro grupo, que não usou qualquer metáfora da navegação. Além disso, os participantes tenderam a ser mais introspectivos. Isto sugere que o uso e a interpretação de mapas coloca uma maior demanda cognitiva sobre os usuários, mesmo que não haja nenhuma dificuldade para, mentalmente, mudar seu ponto de vista entre uma representação e outra.

Um exemplo de croqui desenhado pelos participantes é apresentado na Figura 2. Neste caso específico, o participante conservou apenas algumas características como pontos de referência, mas parece lembrar o caminho

claramente. Os bosques no desenho estão em dois extremos do modelo, longe da bola vermelha, que é a solução para a tarefa de navegação. O espaço entre a vila e o bosque à direita do croqui é mais um exemplo da compressão de escala ocorrida. Isso pode ser causado porque o usuário não passou por esta área do mapa. Esta compressão espaço é um exemplo de distorção do mapa mental. Esta figura mostra que o participante não se lembra dos pontos de mudança de rota como pontos de referência, ao contrário dos croquis apresentados pelos demais grupos. Outra distorção observada na figura é a posição do bosque à esquerda em relação ao ponto inicial da rota. No croqui o participante colocou o seu caminho entre as árvores, onde, de fato, havia um rio, enquanto sua posição inicial estava abaixo, fora da área do bosque.

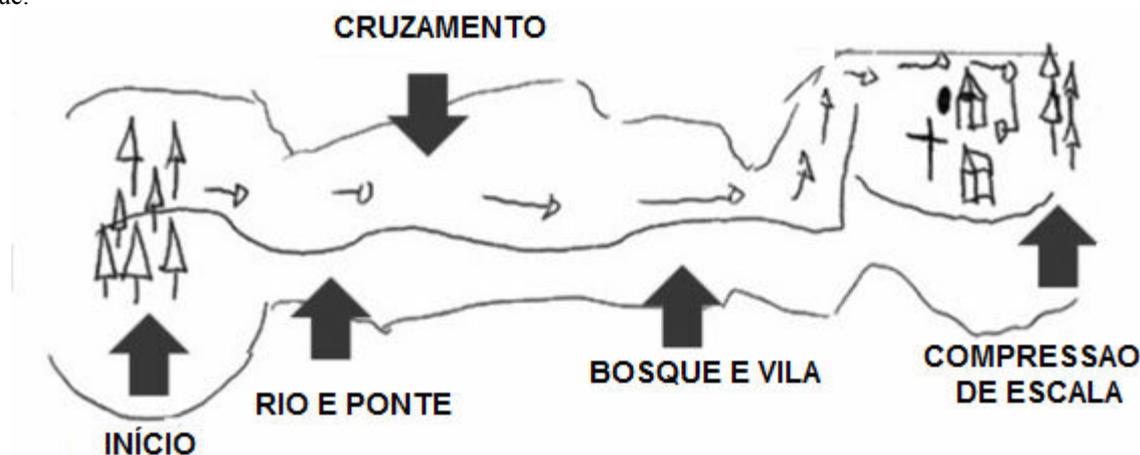


Figura 2: Representação da viagem feita por um participante no experimento (Schmidt e Delazari, 2010).

5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os testes mostraram que em mapas 3D, sem qualquer recurso de navegação, a construção de simbologia torna-se o ponto-chave para a navegação bem sucedida. Como ocorre na navegação em ambientes reais, os resultados apontam que os pontos de referência globais tendem a ser mais importantes para a navegação do que pontos de referência local, exceto quando a oclusão está presente. Neste caso, a situação é inversa, ou seja, os pontos de referência locais são solicitados para a navegação e os usuários não se sentem confortáveis em seguir uma direção específica sem confrontar os pontos de referência globais com os locais com certa frequência.

As evidências coletadas durante os testes sugerem que a falta de ferramentas de navegação na interface de mapas em 3D exige um maior esforço dos usuários quando eles têm que definir a sua orientação relativa, e isto pode desenvolver rotas em mapas cognitivos mais precisos, no mesmo intervalo de tempo, quando comparado aos outros métodos avaliados. Em testes que envolvem mapas impressos e testes com o mapa digital com a marca itinerante (grupos 2 e 3, respectivamente), os usuários não foram capazes de lembrar o seu caminho com a mesma quantidade de detalhes que o primeiro grupo. No entanto, isto não exclui a possibilidade de erros nesses mapas mentais. Esses erros são minimizados à medida que o tempo de interação com a representação aumenta. Esta poderia ser uma indicação de que para chegar a um nível consistente de conhecimento, os usuários teriam que gastar tanto tempo analisando mapas em 3D quanto ao se utilizar mapas em papel.

Isso aponta que, no mapa 3D, a simbologia deve considerar que alguns aspectos da linguagem cartográfica devam ser trabalhadas no sentido de destacar certas feições para serem selecionadas como pontos de referência. Isto inclui adicionar elementos como a malha de coordenadas e a indicação de norte na representação respeitando as diferenças perspectivas causada pelo ponto de vista da câmera.

No questionário, os usuários que tomaram um caminho diferente na volta foram solicitados a justificar essa decisão. Isto se justifica porque esta análise considera que as ferramentas virtuais usadas podem substituir alguns pontos de referência e rotas. Dessa forma é possível supor que a tarefa cognitiva de criação de rotas em um mapa mental tem um caráter geral, como um processo mental compartilhado por diversos usuários de uma forma semelhante para alcançar o mesmo objetivo. Em outras palavras, em um grupo consistente de usuários há grande probabilidade de que existam algumas semelhanças na forma como as rotas são criadas nos mapas cognitivos. Esta afirmação requer maiores investigações.

A metodologia adotada provou-se válida no contexto desta pesquisa, pois permite ao pesquisador analisar e identificar a influência das ferramentas de navegação usadas para identificação de pontos de referência e parte do processo da construção de mapas mentais por parte dos participantes. A metodologia tem alguns pontos a serem considerados, tais como a quantidade de dados gerados e o tempo necessário para analisá-los, e pontos a serem melhorados como o problema de sincronização de dados e as condições de testes. Sobre esta última afirmação, alguns participantes podem ter mudado seu padrão de resposta ou pode ter se sentido inseguros por estarem em uma situação

diferente do habitual em que exercem as suas análises espaciais. Abordamos estas declarações como as questões finais para trabalhos futuros. Finalmente, não foi possível concluir que o uso de metáforas de navegação contribui ou não para aumentar os conhecimentos dos participantes de um nível para outro. Mais testes são necessários para responder a esta hipótese.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de doutorado entre 2008 e 2009, a Bolsa de Produtividade em Pesquisa (processo 308892/2008-9), aos doutorandos André Mendonça e Roberto Teixeira e aos voluntários dos testes.

REFERÊNCIAS

- BURIGAT,S. e CHITTARO, L. 2007. Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids. *Int. J. Human-Computer Studies* 65 (2007) 945–958. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.07.003.
- DARKEN, R.P., & PETERSON, B. (2001). Spatial Orientation, Wayfinding, and Representation. *Handbook of Virtual Environment Technology*. Stanney, K. Ed.
- FOSSE,J. M. 2008. Proposta de orientação geográfica para as representações cartográficas tridimensionais. Curitiba. 104 p. Tese de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – Universidade Federal do Paraná.
- HAEBERLING, C. 2002. 3D-map presentation: A systematic evaluation of important graphic aspects. *Anais: ICA Mountain Cartography Workshop “Mount Hood”*. International Cartographic Association. Available at: http://www.mountaincartography.org/mt_hood/pdfs/haeberling2.pdf Accessed in: 21/07/09.
- HAEBERLING, C., BÄR,H., HURNI,L. 2008. Proposed cartographic design principles for 3D maps: a contribution to an extended cartographic theory. *Cartographica* v. 43. i.3. pp.175-188. Doi:10.3138/cart0.43.3.175. Accessed in:12-08-09. Available at: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=1ehid=102esid=fdbb84ec-86ad-4835-945b-b4f1e54bd9a7%40sessionmgr111>
- HARROWER,M. e SHESSLEY,B. 2005. Moving beyond novelty: creating effective 3D fly-over maps. *Anais: 22th International Cartographic Conference Mapping Approaches into a Changing World*. La Coruña, Spain, July 9-16, 2005. Available at: http://www.geography.wisc.edu/~harrower/pdf/ICA2005_paper.pdf. Accessed in:24-07-09.
- MENDONÇA, A. L. A. de. 2009. Avaliação de interfaces para mapas funcionais na web. Dissertação. Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. PP 189.
- SCHMIDT, M.A.R. e DELAZARI, L.S. 2010. Proposta de metodologia para testes qualitativos de mapas 3D. *Bol. Ciênc. Geod.*, sec. Artigos, Curitiba, v. 16, no 4, p.575-588, out-dez, 2010.
- SCHNEIDERMAN, B, 1998 *Designing the user interface. Strategies for effective human-computer interaction*. 3 ed. Addison Wesley Longman, Inc. 639p
- TORY,M., MÖLLER, T., ATKINS, M.S., KIRKPATRICK, A.E. 2004. Combining 2D and 3D Views for orientation and relative position tasks. *Anais: CHI 2004, V.6 N.1, Austria* doi ACM:1-58113-702-8/04/0004.
- VAN ELZAKKER,C. P. J.M. 2004. The use of maps in the exploration of geographic data. (Tese) Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/ Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht / International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. ISBN 90-6809-357-6. Labor Grafimedia b.v. – Utrecht, Netherland. Available at: <http://www.itc.nl/personal/elzaker> Accessed in:12-12-08.
- VINSON, N.G. 1999. Design guidelines for landmarks to support navigation in virtual environments. *Anais: CHI '99*. Pittsburgh, USA. pp. 278-285. Available at: <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdocean=9147118&article=12> Accessed in:01-08-09
- WERNER, S.; KRIEG-BRÜCKNER,; B. MALLOT, H. A.; SCHWEIZER, K.; FREKSA, C. 1997. Spatial Cognition: The Role of Landmark, Route, and Survey Knowledge in Human and Robot Navigation. *Anais: Informatik '97, M Jarke, K Pasedach, K. Pohl (Hrsg.), Informatik aktuell*, 41-50, Berlin: Springer-Verlag. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.2.357> Accessed in: 02-08-09