

REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA INTERATIVA TRIDIMENSIONAL: ESTUDO DA VARIÁVEL VISUAL COR EM AMBIENTE VRML

Tridimensional Interactive Cartographic Representation Study: A Study Of Visual Variable Color In VRML Environment

JULIANA MOULIN FOSSE
LUIS AUGUSTO KOENIG VEIGA
Programa de pós graduação em Ciências Geodésicas
Universidade Federal do Paraná – Brasil
(jumoulin, kngveiga)@ufpr.br

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo sobre Cartografia e Realidade Virtual, abordando uma nova área na cartografia, que é a construção de modelos tridimensionais e interativos com fins cartográficos. Para tal, primeiro foi feito um estudo teórico sobre o assunto, visto que esta ainda é uma área de pesquisa pouco explorada. Depois, foi gerado um modelo tridimensional, em VRML, do campus Centro Politécnico da UFPR, a fim de estudar uma das mais relevantes variáveis visuais: a cor. Em suas três dimensões (tom de cor, luminosidade de cor e saturação), esta variável visual foi aplicada ao modelo, para representar dados nominais e ordinais, tal como ocorre na cartografia plana. Por fim, esses modelos foram hospedados num *site* .html, permitindo que os usuários tenham acesso aos mesmos através da internet. Com os resultados obtidos pode-se ter algumas conclusões preliminares, entretanto, para outras conclusões faz-se necessário que alguns testes ainda sejam feitos com usuários, o que é proposto na realização de trabalhos futuros.

Palavras chaves: Representação Cartográfica Tridimensional, Cor, VRML.

ABSTRACT

This article presents a study about Cartography and Virtual Reality, approaching a new area in cartography, which is the construction of three-dimensional and interactive models with cartographic ends. For such, a theoretical study on the subject was made, since this is still a searched area little explored. Later, a three-dimensional model was generated, in VRML, of the Polytechnic Center of UFPR campus, in order to study one of the most outstanding visual variables: the color. In

its three dimensions (hue, value and saturation), this variable was applied to the model, to represent nominal and ordinal data, like it occurs in the plain cartography. Finally, these models had been housed in an html site, allowing the users to have access to it through the Internet. With the gotten results there are some preliminary conclusions. However, for other findings it becomes necessary some tests to be made with the users, considering the accomplishment of future works.

Keyword: Three-dimensional Cartographic Representation, Color, VRML.

1. INTRODUÇÃO

O grande avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas tem impulsionado a modernização da Cartografia. Por consequência, é cada vez mais comum o uso de mapas digitais em alternativa aos mapas impressos. A Realidade Virtual abre um novo campo para a exploração de mapas digitais: a modelagem interativa tridimensional. Uma das ferramentas utilizadas na criação destes mundos virtuais é a VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) que, através de algumas geometrias pré-definidas, permite a construção de objetos tridimensionais mais complexos, dando origem a modelos tridimensionais e interativos que podem ser acessados via Internet.

Para que os recursos utilizados na criação desses modelos tridimensionais e interativos sejam aproveitados para a elaboração de mapas temáticos, é necessário que alguns pontos importantes sejam levantados para discussão, a fim de serem avaliados e futuramente validados quanto à maneira ideal de representar esse “novo” mapa. Dentre os pontos importantes, podemos destacar a aplicação da variável visual cor. Para isso, foi feito um estudo desta variável em ambiente VRML, utilizando diferentes tipos de fontes de luz, em diferentes posições. Depois, foram construídos três mapas do Campus Centro Politécnico da UFPR. Cada dimensão da variável visual cor foi aplicada a um mapa, que depois foi disponibilizado num *site* na internet, para acesso do usuário ao produto final gerado, podendo ainda, explorar a sua interatividade.

Este artigo apresenta um estudo inicial sobre a temática da cartografia tridimensional interativa, através da aplicação de uma das variáveis visuais mais relevantes na cartografia temática: a cor. Esta variável visual é aplicada num modelo tridimensional seguindo os princípios da cartografia convencional. Levando em consideração as facilidades de visualização e interpretação dadas pelos modelos tridimensionais aliada a linguagem cartográfica já consolidada na cartografia bidimensional o resultado será uma cartografia mais amigável e produtiva. Partindo desse pressuposto, este trabalho propõe fazer alguns estudos aplicando princípios cartográficos a modelos tridimensionais.

2. USO DA VRML COMO FERRAMENTA NA CARTOGRAFIA TRIDIMENSIONAL

2.1 Realidade Virtual na Cartografia

Os primeiros trabalhos usando a Realidade Virtual na Cartografia mostram um direcionamento para o realismo, buscando uma representação direta do mundo real. Porém, essa representação é deficiente e nunca idêntica ao mundo real, já que é modelado apenas aquilo que é observado. Entretanto, esta ferramenta dispõe de uma série de benefícios que podem ser usados para representar informações geográficas. Segundo MOORE (1999, p.205), as três dimensões proporcionadas pela Realidade Virtual podem prover uma organização de objetos espaciais mais intuitiva que reproduz ou reflete o mundo real utilizando a percepção natural e memória do usuário, no que diz respeito ao espaço e suas relações espaciais. A interatividade e dinamismo da Realidade Virtual também podem estimular a atração e o entendimento do usuário sobre o mundo real. Ademais, a Realidade Virtual pode ser usada para relatar a natureza multidimensional dos dados geográficos tais como no ambiente urbano, estruturas geológicas e processos geomorfológicos.

Uma das linguagens usadas para construir modelos virtuais de forma simples e rápida é a VRML. Ademais, no caso de uma aplicação cartográfica, além da VRML possibilitar uma representação mais próxima do real, se comparado ao método de representação bidimensional, essa ferramenta permite evidenciar, ou ressaltar, algumas características relevantes a serem representadas pelo cartógrafo, utilizando o exagero vertical, o direcionamento de luz ou o um determinado ponto de vista específico para a visualização do modelo, por exemplo.

Atualmente é fácil encontrar exemplos de modelagem de mundos virtuais que representam de forma realista os ambientes urbanos, tais como os modelos das cidades de Nova York e Hong Kong. Muitos modelos virtuais têm todo o seu espaço construído, possibilitando até mesmo o acesso ao interior de seus prédios, dando origem a um outro espaço. Pode-se considerar que a geração de um modelo urbano desse porte é relativamente rápida e fácil, sem dizer que vários programas de SIG e CAD já permitem gerar automaticamente modelos tridimensionais a partir de uma base de dados bidimensional, com é o caso do ArcView e do MapInfo.

Ainda no contexto que integra SIG, CAD e Realidade Virtual, podemos exemplificar o desenvolvimento de um sistema chamado Karma-vI, construído pelo *Department of Geodesy and Technical Informatics* da *Delht University of Technology* e *Asset Information Systems*, na Nova Zelândia. Esse sistema interage os dados num ambiente virtual onde é possível ver os dados em três formas diferentes: uma vista do plano (Plan view), uma vista em perspectiva do modelo (Model view) e uma vista completa do mundo virtual criado (World view). Na Plan view os dados geográficos são visualizados como num mapa convencional, onde os objetos espaciais são representados por pontos, linhas e polígonos bidimensionais. Na Model view, os dados representados são visualizados como se o objeto fosse

tridimensional. A World view representa a perspectiva que deveria ser vista por uma pessoa imersa no mundo virtual representado. Ou seja, o usuário vê o modelo de numa certa posição dentro do próprio modelo. Os objetos ganham uma impressão realista do ambiente, tanto visual como auditiva e os detalhes proporcionados pela textura realçam o fator realístico dado ao mapa urbano tridimensional. Porém, é necessário que a imagem seja atualizada em tempo real para que seja mantido o ilusionismo da imersão.

Outro exemplo de aplicação da Realidade Virtual na Cartografia é por uso da fotogrametria, por exemplo, com o uso de programa como o Photomodeler e 3D Studio Max. Através desses programas é possível fazer uma modelagem tridimensional para fins de restituição ou documentação de patrimônio histórico, para registro e futuras restaurações. Depois o modelo pode ser exportado para VRML e ficar disponível para os usuários na Internet.

Outro benefício do uso da VRML é a representação de modelos digitais de elevação, com o aumento da interatividade do usuário, ampliando seu poder de visualização e permitindo a observação de detalhes que antes não eram suficientemente visíveis devido às limitações dos programas disponíveis no mercado (CAPRA e SAMPAIO, 1999).

Porém, como a VRML é uma linguagem de modelagem de mundos virtuais e não tem a preocupação de manter as características dos dados geográficos, surgiu a carência da implementação de uma nova linguagem que suprisse essas necessidades. Assim, foi criada a partir da VRML a GeoVRML, herdando as características da linguagem mãe e acrescentando outras que permitisse trabalhar com informações geográficas.

Entretanto, como visto, os estudos realizados nessa área de pesquisa se restringe no âmbito da construção de modelos realísticos, com aplicação de texturas extraídas diretamente dos objetos a serem representados, buscando chamar a atenção do usuário através do reconhecimento do ambiente, e em geral, apenas visando a navegação. Porém, a geração de um modelo tridimensional com os mesmos objetivos de um mapa, com aplicação adequada das variáveis visuais, textos e simbologia, entre outros requisitos, ainda é pouco explorada.

2.2 Fonte de Luz no Mundo Virtual

Com o uso da VRML o cartógrafo passa a ter disponível um meio de produção de mapas diferente do que ele tinha anteriormente. Essa nova ferramenta traz uma série de mudanças, as quais o cartógrafo deve saber manuseá-las de modo a produzir uma comunicação cartográfica eficiente e eficaz. Dentre essas novidades, tem-se a fonte de luz, sempre presente e necessária para a visualização de um modelo virtual. Cabe ao cartógrafo definir o seu posicionamento e qual o tipo de fonte de luz deverá ser usada, tendo em vista o mapa gerado e as suas finalidades.

Assim como no mundo real o sol, uma lâmpada, uma lanterna, ou qualquer outra fonte de luz é necessária para iluminar o ambiente, o mundo virtual também

necessita de uma fonte de luz para ser iluminado. Nesse sentido, a cor de um objeto pode ser visualmente modificada em função da fonte de luz existente no mundo virtual.

A VRML permite o uso de vários tipos de fonte de luz. Entretanto, a fonte de luz *default* dessa linguagem é uma fonte de luz dinâmica, como se estivesse sempre próxima à cabeça do usuário, como se ele usasse um capacete com uma lanterna e que cada movimento feito fosse acompanhado pela mesma. Conseqüentemente, a parte do objeto iluminada que está de frente para a fonte de luz recebe mais luz, recebendo proporcionalmente menos luz as demais faces, e ocasionando com isso uma variação em saturação num mesmo objeto.

Em algumas situações, uma dada fonte de luz pode trazer benefícios ao usuário, tais como enfocar algumas geometrias mais relevantes vistas a partir de um determinado ponto de vista. Por outro lado, também pode prejudicar a visualização da informação, principalmente quando for o caso de um ambiente que contém um número grande de geometrias de mesma cor num espaço proporcionalmente pequeno.

2.3 A Variável Visual “Cor”

Uma das principais finalidades dos mapas é proporcionar ao usuário o reconhecimento e a aquisição de informações, de forma correta e clara, a respeito do espaço representado. Para isso, o cartógrafo deve ter definido o propósito de seu mapa e conhecer o fenômeno a ser representado e selecionar as características do fenômeno a serem representadas, que devem ser estruturadas de acordo com o seu nível de medida (nominal, ordinal, intervalar ou de razão) usando as variáveis visuais que melhor representam essas informações (tamanho, forma, cor, orientação, arranjo e textura).

Uma das variáveis visuais mais relevante é a cor, que pode ser definida em suas três dimensões: tom, luminosidade e saturação. Entendendo-se por dimensão a propriedade que pode ser variada sistematicamente sem alterar as outras propriedades. ROBINSON et al. (1995, p. 343) definem tom como a dimensão da cor associada ao comprimento de onda dominante do espectro eletromagnético. Assim, pode-se denominar tom como as diferentes cores percebidas. A luminosidade pode ser caracterizada como a quantidade de luz branca incidente na cor. Para ROBINSON et al. (1995, p. 343-345), toda cor pode ser classificada em termos de presença ou falta de luz, ou seja, claridade ou escuridão. Uma escala em luminosidade de cinzas, pode demonstrar a idéia de independência dessa dimensão da cor, podendo sobrepor-se a uma área de tom constante que não modifica o comprimento de onda dominante das novas cores. A saturação, segundo DENT (1999, p. 293), também é chamada de intensidade ou pureza da cor. Esta dimensão pode ser melhor entendida com a comparação da cor com o cinza neutro. Dado um tom de cor, a saturação varia de zero (cinza neutro) a cem por cento, onde a cor aparece pura e não contém cinza.

As dimensões da cor são a base dos sistemas que definem as cores de acordo com a nossa percepção visual. Dessa forma, Munsell propôs um sistema de cor no qual as escalas de luminosidade e saturação fossem definidas para cada tom de cor. Dessa forma, o sistema desenvolvido por Munsell é representado por um sólido assimétrico onde os diferentes tons de cor possuem diferentes variações em luminosidade e saturação.

Devido à impossibilidade de representar matematicamente o sólido de Munsell, outros sistemas foram criados, baseados nos conceitos de tom, luminosidade e saturação de cor. Dessa forma, é possível definir as cores com base em nossas percepções visuais e usá-las em outros sistemas através de transformações matemáticas, o que é essencial num projeto cartográfico. No caso desse trabalho, como o mapa é representado na tela do computador e o sistema usado pela VRML é o RGB, a transformação deve ocorrer do sistema Munsell para o sistema usado pela linguagem.

3. MODELO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR

O ponto inicial para a construção do mapa tridimensional interativo do Campus da Universidade Federal do Paraná foi uma carta topográfica digital da área (KRUEGER et al., 2001). Utilizando essa base cartográfica foi possível extrair as informações planialtimétricas do relevo, representadas por curvas de nível com equidistância de um metro, e a base de cada edificação, onde as maiores e/ou mais importantes edificações foram selecionadas e posteriormente representadas. Além desses dados, para a construção do mapa tridimensional foi necessário obter as alturas dessas mesmas edificações. Para isto, foi feito um levantamento topográfico altimétrico, com teodolito, em campo. Haja visto que a maioria das edificações possuía uma forma estrutural irregular, tanto em relação às suas faces laterais quanto também em relação à sua cobertura (telhado), fez-se necessário uma generalização. Optou-se então por representar uma superfície geométrica aproximada, seguindo a base da edificação (extraída da base cartográfica) e cuja altura correspondesse à altura máxima da edificação (medida em campo).

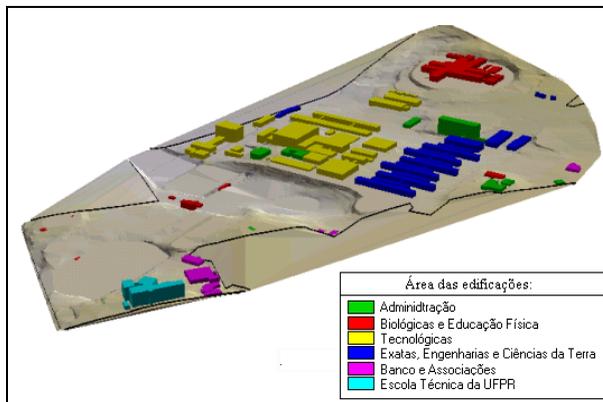
A partir das curvas de nível foi gerado o Modelo Digital de Elevação - MDE (*software ArcView*), que serviu de base para a inserção dos polígonos representativo de cada edificação selecionada. Em uma tabela, gerada pelo programa, cada polígono correspondente a uma edificação foi identificado e, manualmente, o mesmo foi associado ao valor correspondente de sua altura. Desta forma foi possível usar o módulo “*3d Analyst*”, do mesmo programa, e fazer uma “extrusão” de cada polígono, representando assim, a edificação em três dimensões e em sua posição correta.

Desta forma, foi gerado o mapa base tridimensional e, a partir desse, três outros novos mapas foram gerados para representar as informações temáticas da área, abordadas neste trabalho.

O primeiro mapa diz respeito à utilização das edificações dentro do campus. Para tal, os dados (de caráter nominal) foram agrupados em seis classes, segundo algumas peculiaridades e o uso predominante das edificações em questão, resultando em: Setor Administrativo; Setor de Biologia e Educação Física; Setor das Tecnológicas; Setor das Ciências de Terra, Exatas e Engenharias; Escola Técnica e; Banco e Associações. Seguindo os mesmos princípios de projeto de mapa estabelecido na cartografia plana, a variável visual tom de cor, foi aplicada aos objetos tridimensionais para representar as diferentes classes estabelecidas acima.

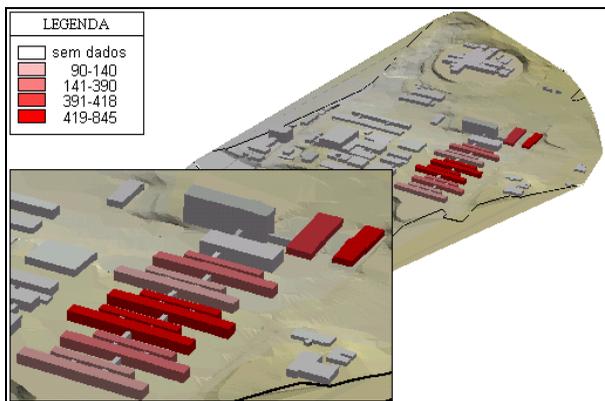
Entretanto, a visualização do mapa é feita através da tela do computador, que é um meio de visualização plano. Para que este ambiente de interface possa oferecer ao usuário condições de visualização dos objetos em três dimensões, ocorre uma variação em saturação nas faces de cada objeto (proveniente da fonte de luz), fazendo com que este possa ser entendido pelo nosso cérebro como tridimensional. Este fato pode ser observado na Figura 1, onde é apresentado o mapa das edificações representadas em três dimensões sobre o MDE e classificadas segundo a sua utilização.

Figura 1 – Tom de cor aplicada ao modelo tridimensional



A segunda classificação dos objetos tridimensionais foi dada em função da capacidade que os edifícios têm de abrigar os alunos. Essa classificação se restringe a apenas alguns prédios do campus, os “blocos didáticos”, cujas informações encontravam-se disponíveis. Para essa classificação, os dados foram agrupados segundo o método das quebras naturais. Por se tratar de uma classificação ordinal, foram atribuídos aos objetos representados diferentes valores de luminosidade de cor e saturação, resultando nos outros dois mapas. A Figura 2 ilustra a variação em luminosidade aplicada ao tom de cor vermelho para as edificações representadas.

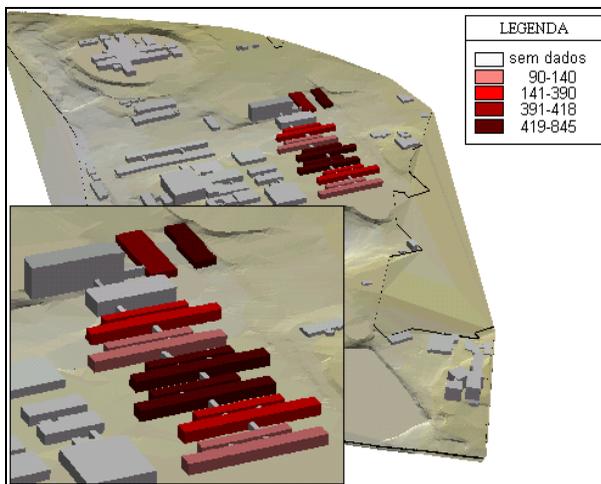
Figura 2 – Luminosidade de cor aplicada ao modelo tridimensional



A luminosidade é usada para representar diferentes classes das edificações associadas a uma classificação ordinal. Esta representação leva o usuário a associar valores de luminosidade a valores quantitativos, de forma que, neste caso, prédios representados por cores mais escuras são facilmente relacionados a maiores valores. Tal fato ocorre de maneira semelhante quando esta mesma classificação é representada pela variável visual saturação, como pode ser visto na Figura 3.

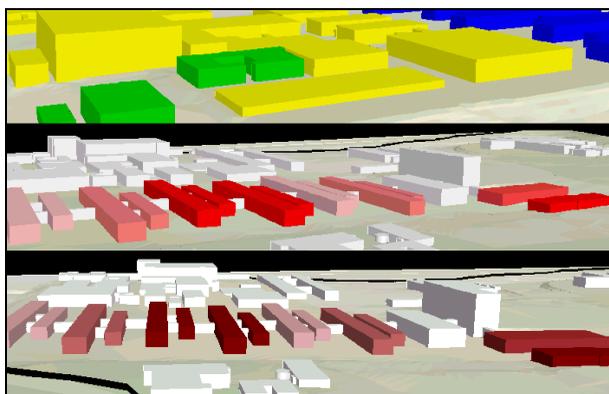
Observa-se que, mais uma vez, um segundo fator saturação se encontra presente no modelo para que este seja interpretado pelo usuário como tridimensional. Dessa forma, o modelo que varia em luminosidade de cor, varia de um objeto para o outro em luminosidade e no próprio objeto, de face para face, em saturação. Por sua vez, o modelo que varia em saturação, varia de objeto para objeto em saturação e, em cada objeto, de face para face, também em saturação. Dessa forma, o usuário além de identificar e discernir as diferentes classes necessita também compreender a tridimensionalidade dos objetos representados.

Figura 3 – Saturação aplicada ao modelo tridimensional



Depois de gerados, os três modelos tridimensionais, foram exportados para VRML. Neste ambiente virtual foi utilizada a fonte luz *default* da linguagem, por ser a que se adequar às finalidades deste trabalho. A Figura 4 ilustra os três modelos no ambiente VRML.

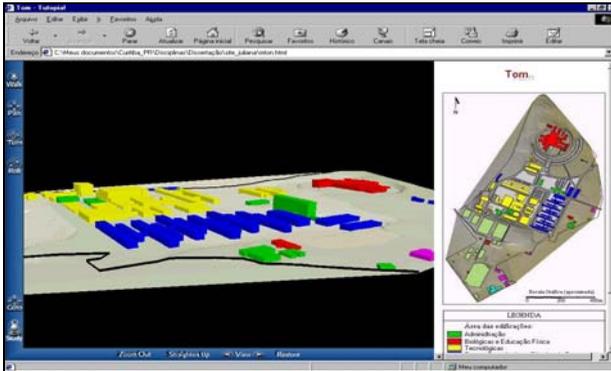
Figura 4 – Modelo tridimensional usando (acima) tom de cor, (no meio) luminosidade de cor e (abaixo) saturação em ambiente VRML



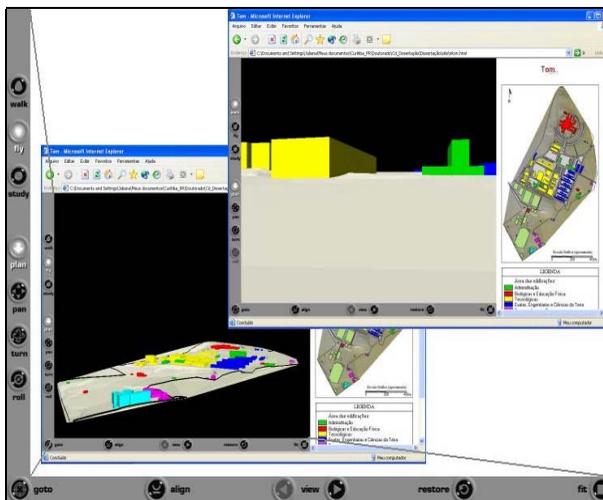
Por fim, para que os usuários tenham acesso aos mapas, e de uma forma interativa, foi construído um *site* onde os três modelos foram hospedados, e cujo endereço encontra-se nas “Referências Bibliográficas” deste trabalho (SITE, 2006).

Este *site* foi construído para permitir a visualização e navegação nos três mapas criados, explorando as informações representadas nos modelos tridimensionais com a aplicação das variáveis visuais tom de cor, luminosidade e saturação, respectivamente, como nível de medida. Além dos modelos tridimensionais, o usuário tem disponível na mesma tela (margem direita) um mapa bidimensional, contendo as mesmas informações temáticas e demais informações complementares (orientação e escala) necessárias para a sua leitura, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Navegação em um dos mapas tridimensionais disponíveis no *site*



Para que o usuário possa navegar (interatividade) nos modelos tridimensionais disponibilizados no *site* da internet, é necessário um *plug in* específico para tal instalado junto ao seu *browser* de navegação web. Na figura anterior, a barra azul na lateral esquerda e na parte inferior da área de navegação possui alguns botões que permitem a navegação. Esses botões ativados possibilitando a translação e rotação do ponto de vista do usuário (ou do modelo), além do afastamento ou aproximação entre os mesmos, dentre outros. A Figura 6 apresenta a barra de navegação de um outro *plug in* ampliada e duas imagens do mesmo mapa de dois pontos de vista diferentes, ou seja, um exemplo de navegação no mapa virtual.

Figura 6 – Barra de navegação de um *plug in* VRML

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A geração de um modelo em três dimensões, mesmo com generalizações na representação das edificações, auxilia o usuário na reconstrução do mundo real tridimensional. E a interação proporcionada pela Realidade Virtual traz ao usuário uma nova maneira de visualizar e navegar pelas informações representadas, de forma mais semelhante ao mundo real, que o usuário conhece, e por isso, deve ser mais natural e atraente, de forma a facilitar a comunicação cartográfica.

De acordo com os experimentos realizados neste trabalho, a VRML se mostrou uma ferramenta eficiente para ser usada na construção de modelos tridimensionais para fins cartográficos, no que diz respeito à facilidade na modelagem dos dados e na interatividade proporcionada ao usuário para navegação e visualização das informações, que podem ser facilmente exploradas.

Quanto ao uso da “cor”, num ambiente VRML, como variável visual aplicada a um modelo tridimensional para fins cartográficos, esta se mostrou de relevante discussão. Pode-se concluir que o seu uso deve partir dos mesmos princípios aplicados na cartografia plana para representar dados nominais e ordinais. Entretanto, é necessário que alguns testes com usuários ainda sejam feitos. Nesses testes é preciso avaliar a influência da saturação ocorrida nas faces do objeto pela presença da fonte de luz (usada para que o usuário interprete o modelo como tridimensional). É preciso avaliar se esta variação em saturação, que ocorre nas fases dos objetos, pode ser confundida com a variação em saturação (ou luminosidade de cor) entre os objetos. Como o usuário é capaz de discernir um número limitado de classes na cartografia bidimensional, o mesmo deve ocorrer

num ambiente de representação tridimensional, entretanto, resta saber se esse número de classes se altera. A partir dessa problemática, outros testes também deverão ser feitos.

A interatividade proporcionada ao usuário na navegação no modelo tridimensional também é um ponto relevante, que necessita ser mais discutido em trabalhos futuros. É preciso saber como o usuário interpreta esta interatividade, suas limitações devido às dificuldades de manuseio e suas vantagens adquiridas.

Este artigo representa um dos primeiros estudos sobre a cartografia tridimensional no Brasil, onde pode ser visto que há um leque de novos trabalhos a serem feitos e o potencial desta área promissora de pesquisa. Espera-se que este trabalho possa contribuir para o desenvolvimento da Cartografia no país, conciliada a esta nova ferramenta que é a Realidade Virtual.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPRA, M.; SAMPAIO, A. C. F. RVML na Cartografia: Estudo de caso de compatibilização de arquivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Recife. *Anais*. Recife: CBC, 1999, Cd-Rom.
- DENT, B. D. *Cartography thematic map design*. 5. ed. Estados Unidos: WCB/McGraw-Hill, 1999. 417 p.
- KRUEGER, Claudia Pereira et al. *Campus Cidade Universitária*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática. 2001. Mapa: color. Escala 1:2000. Cd-Rom.
- MOORE, K. VRML and java for interactive 3D cartography. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. *Multimedia Cartography*. [S. l.]: Springer, 1999. 343 p., p.205-216.
- ROBINSON A. H. et al. *Elements of cartography*. 6. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1995. 674 p.
- SITE. Disponível em: <<http://www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/projetos/campus/>>
Acesso em: jan. 2006.

(Recebido em julho de 2006. Aceito em novembro de 2006)