

REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA NA CARTOGRAFIA 3D

Juliana Moulin Fosse¹
Luis Augusto Koenig Veiga²

- 1 Universidade Federal do Paraná – jmfosse@geoc.ufpr.br, jumoulin@yahoo.com
2 Universidade Federal do Paraná – kngveiga@geoc.ufpr.br

RESUMO

A cartografia sempre buscou representar o mundo real, tridimensional, em um plano. Este tem sido, durante vários anos, o grande desafio dos cartógrafos. Porém, com o desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas, surge um novo desafio: como representar tridimensionalmente este mesmo mundo, em um ambiente computacional. Quais seriam as implicações, do ponto de vista da cartografia, desta representação? Além de trabalhar agora com uma representação tridimensional, diferente dos mapas convencionais que são estáticos, esta pode ser dinâmica, com a possibilidade da interferência e interação do usuário. Esta nova forma de representar o mundo busca trazer a realidade mais facilmente ao usuário, além de proporcionar a ele a sensação de fazer parte dessa realidade. Uma maneira de responder a estas questões é utilizar a chamada Realidade Virtual. Este trabalho apresenta uma visão atual da aplicação da realidade virtual como ferramenta para a elaboração de produtos cartográficos em 3D, apresentando alguns exemplos, além de sugestão para novos trabalhos.

Palavras-chaves: Cartografia; Realidade Virtual; Visualização Cartográfica.

ABSTRACT

Cartography has always aimed at representing the real three-dimensional world on a plan. This has been through many years the great challenge which cartographers have faced. However, with all the advances in technology in the past decades, a new challenge emerges, namely, how to three-dimensionally represent this same world in a computational environment. What are the implications of this representation in respect to cartography? As well as being able to handle three dimensions, this kind of representation can have a dynamic character, rather than the static character

which conventional maps have, allowing the user to intervene and interact with the process. This new form of representation aims at bringing reality in a more intuitive manner, providing the user with the sense of being part of the scenario. This is the role of the so-called Virtual Reality discipline. This work presents an up-to-date analysis of the application of virtual reality as a tool for elaborating cartography products in three dimensions, showing a few examples and suggestions for future works.

Keyword: Cartography; Virtual Reality; Cartographic Visualization.

1. INTRODUÇÃO

O campo da visualização cartográfica tem experimentado um grande crescimento nos últimos anos. Em substituição aos mapas estáticos, ambientes virtuais têm proporcionado alto nível de imersão e interação, usados para exploração e representação de dados geoespaciais. Dessa maneira, a Realidade Virtual tem se apresentado como uma ferramenta de grande potencial na cartografia, buscando minimizar a diferença entre o mapa e a realidade.

Este trabalho consiste numa revisão bibliográfica sobre o uso da técnica de Realidade Virtual aplicada a projetos de cartografia e algumas mudanças e benefícios proporcionados por essa nova ferramenta. A Linguagem Cartográfica usada na cartografia convencional é discutida e deve ser questionada quanto a sua aplicação na cartografia 3D. Alguns trabalhos desenvolvidos por outros profissionais da área são apresentados e podem servir de referência para o futuros trabalhos. E, finalmente, uma síntese da linguagem padrão para a construção dos mundos virtuais, a *VRML*, e sua extensão usada para representar e visualizar dados geográficos, a *GeoVRML*, sua estrutura e principais características.

2. LINGUAGEM CARTOGRÁFICA

O objetivo de um mapa é levar informações corretas e claras ao usuário. Para isso, o cartógrafo deve ter bem definido o propósito de seu mapa e conhecer o fenômeno a ser representado. Assim, poderá decidir quais as características do fenômeno devem ser representadas, como estrutura-las através dos níveis de medidas e por quais variáveis visuais essas informações serão melhor representadas. Segundo SLUTER (2001), só através de uma relação adequada entre o nível de medida e a primitiva gráfica que é possível uma comunicação eficiente da informação cartográfica.

Segundo SLUTER (2001), o nível de medidas das características de um fenômeno a ser representado pode ser nominal, ordinal, intervalar ou de razão. Para

CÂMARA et al (1998) o nível de medida nominal baseia-se na denominação de objetos segundo classes iguais ou distintas. O nível de medida ordinal também atribui valores ou nomes para as classes, porém gerando um conjunto ordenado, ou seja, é permitido uma classificação hierárquica do fenômeno representado (SLUTER, 2001). O nível de medida intervalar e de razão são aplicados quando a representação do fenômeno necessita de uma descrição mais detalhada, permitindo comparar intervalos ou ordenar grandezas numéricas entre eventos. A diferença entre estes níveis de medida é o ponto de referência, que é definido de forma arbitrária para o intervalar e absoluto quando se refere a razão (CÂMARA et al, 1998).

Segundo ROBBI (2000), as variáveis visuais devem representar as variações gráficas do fenômeno, através de símbolos pontuais, lineares ou de área. Essas variáveis visuais devem representar as características estabelecidas pelos níveis de medidas de forma adequada, através das variáveis visuais tamanho, forma, cor (tom, luminosidade e saturação) ou padrão (textura, orientação e arranjo).

O tamanho deve sempre estar associado a ordem e quantidade, e ser evitado na representação de dados nominais. A forma representa adequadamente classes de dados semelhantes. A cor, por sua vez, se decompõe de acordo com as propriedades de tom (apropriado para distinguir diferentes tipos de feições), luminosidade e saturação (que caracterizam ordem visual). O arranjo, visa variar a posição relativa das marcas que formam um padrão, indo do regular ao irregular. Diferentes orientações representam diferentes classes de uma variável, e também é recomendável para representar diferenças nominais. A textura, variação do tamanho e espaçamento das marcas gráficas, representa diferenças nominais quando a relação branco-preto se mantém constante, porém, quando tamanho constante e espaçamento variável, representa classes ordinais (SLUTER, 2001).

3. CARTOGRAFIA 3D

Segundo VAN DRIEL (1989), citado por REED (2000), estima-se que cinquenta por cento dos neurônios humanos são envolvidos no processo da visão e, além disso, acredita-se que as imagens 3d estimulam ainda mais neurônios, envolvendo assim uma grande parte do cérebro no processo de solução de problemas. Ainda segundo o autor, nos mapas 2d, no caso do relevo, a mente deve primeiro construir um modelo conceitual antes de fazer a análise, enquanto nos modelos 3d, simuladores de realidade espacial, conseqüentemente, conseguem reconhecer e nos fazer entender as mudanças em elevação mais rapidamente.

A cartografia sempre buscou representar o mundo real, tridimensional, em um plano. Porém, com o desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas, surge um novo desafio, que é representar tridimensionalmente este mesmo mundo em um ambiente computacional. Além de trabalhar agora com uma representação

tridimensional, diferente dos mapas convencionais que são estáticos, esta pode ser dinâmica, com a possibilidade da interferência e interação do usuário. Esta nova forma de representar o mundo busca trazer a realidade mais facilmente ao usuário, além de proporcionar a ele a sensação de fazer parte dessa realidade.

Segundo CHOEFI (1999), muitos modelos urbanos tridimensionais têm sido usados para o treinamento tático militar e policial, no entretenimento e turismo virtual, e principalmente pelo setor das telecomunicações, através do estudo de localização de antenas retransmissoras de sinais de telefonia celular. A vigilância e segurança dos grandes centros urbanos também têm se beneficiado dos modelos tridimensionais para o posicionamento de câmaras de circuito fechado de televisão. Esta ferramenta também é de grande interesse para planejadores urbanos, uma vez que estes podem visualizar qual será o resultado de ver seu trabalho tridimensionalmente, permitindo estética no contexto urbano de novos projetos arquitetônicos e urbanísticos, sistema de transporte e infra-estrutura em geral.

Segundo RANZINGER e GLEIXNER (1997), a visualização tridimensional dada pelo “novo” mapa, dá uma impressão mais realista ao usuário e ajuda a identificar áreas com problemas urbanos, que dificilmente seriam identificadas através dos mapas convencionais, além de permitir uma tomada de decisão mais rápida e eficiente.

Quando o mundo tridimensional é representado em duas dimensões na cartografia convencional, torna-se necessário que o usuário realize um processo mental para reconstituir esse mundo novamente em 3D. Isso requer habilidade por parte do usuário e um maior conhecimento por parte do cartógrafo, para que esse realmente leve o usuário a interpretar o que ele deseja.

A criação de um mapa tridimensional urbano requer a obtenção das coordenadas XYZ de todos os elementos que compõem a sua área. Várias técnicas têm sido usadas buscando extrair esses dados de forma rápida e segura. Além disso, também torna-se necessário a geração de um modelo digital do terreno (MDT) da área urbana que deverá servir como base para a implantação das edificações e demais elementos a serem projetados (CHOEFI, 1999).

Dentre as diversas técnicas disponíveis para a obtenção destes dados, pode-se destacar a restituição fotogramétrica e mais recentemente o uso de *Laser Scanner*. Em alguns casos, quando só há existência de dados planimétricos da área, é possível determinar a coordenada Z por técnicas topográficas, utilizando o sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global) ou mesmo estimando estes valores através do número de andares ou das plantas arquivadas em prefeituras. Cada método possui diferentes vantagens, limitações e nível de precisão. Portanto, a escolha do método a ser empregado deverá levar em consideração questões como precisão e custo.

Em muitos casos, para tornar mais realista o mundo tridimensional pode-se utilizar texturas aplicadas às superfícies e objetos. Estas texturas nada mais são que fotos dos elementos representados.

Muitos *softwares* têm sido desenvolvidos para a criação de mundos virtuais. A *VRML (Virtual Reality Modeling Language)* tem se destacado como uma das principais ferramentas de apoio à construção desses mapas tridimensionais, também chamados de mundos virtuais, que além de manter a acurácia necessária dos documentos cartográficos, permite que o usuário interaja com esse mundo, o que até então não era possível.

4. REALIDADE VIRTUAL

De acordo ROBBI (2000), o papel dos mapas pode ultrapassar o da comunicação e ser utilizados como ferramenta de análise visual. Esse processo é chamado de visualização cartográfica. PETERSON (1995) ressalta a importância da visualização na ilustração gráfica para análise e interpretação, e reconhece que todos os seres humanos tem habilidade especial para interpretar essas apresentações gráficas e que essa habilidade deve ser explorada. A mais relevante proposta da visualização é a produção de *insights* para novas descobertas, entendimentos e tomadas de decisão. Animação, multimídia e realidade virtual, são as técnicas que segundo SANDERCOCK (2000), citado por ROBBI (2000), possibilitam essa visualização.

MACHADO (1995) define Realidade Virtual como um conjunto de métodos e técnicas capazes de permitir a integração sensitiva entre o usuário e o computador, objetivando dar a este a máxima sensação de presença no mundo virtual. Em geral, refere-se a uma experiência imersiva e interativa, baseada em imagens gráficas tridimensionais geradas em tempo-real por computador.

Ainda segundo autor, os sistemas de RV diferem entre si de acordo com o nível de imersão e de interatividade proporcionado ao usuário. Esses níveis de imersão e interação são determinados de acordo com os tipos de dispositivos de entrada e saída de dados no sistema de RV, e da velocidade e potência do computador utilizado. A imersão pode ser definida pela característica de prender a atenção do usuário, enquanto a interatividade refere-se à comunicação usuário-sistema.

Um sistema de Realidade Virtual permite a representação tridimensional das características espaciais das informações e a sua interação com o usuário, gerando uma análise qualitativa direta mais intuitiva, o que é extremamente útil no desenvolvimento de projetos de engenharia.

De acordo com MOORE (1999), muitas características da cartografia tradicional podem ser reavaliadas através da realidade virtual, ao mesmo tempo que novas idéias podem ser exploradas e metodologias desenvolvidas para assegurar um ambiente útil e importante para visualização e representação de dados cartográficos.

5. MODELAGEM DOS MUNDOS VIRTUAIS

O grande avanço tecnológico ocorrido nos últimos anos tornou os computadores pessoais mais rápidos e poderosos, permitindo o usuário comum usufruir dos benefícios da realidade virtual, o que antes era restrito apenas aos grandes centros de pesquisa. A *VRML (Virtual Reality Modeling Language)* é uma linguagem de modelagem de mundos virtuais, que tem por objetivo levar ao usuário comum a realidade virtual através da internet. Esta linguagem é independente de plataforma, e permite a criação de ambientes virtuais por onde se pode passear, visualizar objetos de diferentes ângulos e interagir com eles.

Segundo MACHADO (1995), a *Virtual Reality Modeling Language* é uma linguagem de alto nível para descrição de cenas e ambientes interativos em 3D, ou seja, uma linguagem de programação de mundos virtuais para RV que permite a criação de ambientes virtuais e a interação entre esses. Essa linguagem armazena apenas dados geométricos e informações matemáticas para modelagem das feições e fenômenos que compõem o mundo real, o que permite a visualização desses mundos de forma totalmente interativa em tempo real, utilizando arquivos considerados pequenos e equipamentos de baixo custo.

A *VRML* é composta por um arquivo *ASCII* e em geral tem a extensão *.wrl*, além de *.vrml*, *.wrz* ou *.wrl.gz*. Os arquivos podem ser editados em qualquer editor de texto e tem formato análogo aos arquivos *HTML (HyperText Markup Language)*, e seus objetos podem ser visualizados através de um *browser*.

Essa linguagem foi apresentada pela primeira vez durante a *Second International Conference on the WWW*, em outubro de 1994, em Chicago, conhecida como *VRML 1.0*, herdando em grande parte o formato do *software Open Inventor da Silicon Graphics* (CARRARD, 2001).

Os mundos virtuais criados nessa versão eram de interação muito limitada. Com a necessidade de dar animação, interação e modelagem comportamental às geometrias criadas, em agosto de 1996 foi lançado no SIGGRAPH, em New Orleans, uma nova versão da linguagem denominada *Moving Worlds VRML 2.0* (PESSOA e ARAÚJO, 1999). No ano seguinte, após algumas modificações a *International Standards Organization (ISO)* aprovou essa linguagem como padrão e passou a ser chamada por *VRML 97*.

Um mundo *VRML* é um conjunto de objetos que pode conter geometrias, sons, imagem, luzes, etc. Esses objetos são denominados nós (ou nodos) e organizados em estruturas hierárquicas chamadas *scene graphs*, onde uma ordem é definida para os nós. Em uma *scene graph*, os nós que aparecem antes afetam os posteriores. Porém, uma parte da *scene graph* também pode ser isolada de outra através de nós separadores, o que delimita o efeito citado anteriormente (SILVA, 1999).

O nó é o componente fundamental de uma cena em *VRML*, e segundo SILVA (1999) pode ser definido como abstrações dos objetos e conceitos do mundo real. Os nodos contém campos e eventos. Os principais tipos de nós que podem compor um arquivo *VRML* para a construção dos mundos virtuais são os Nodos de Aparência

(define o “visual” do objeto), os Nodos de Geometria (representado pelas primitivas geométricas e outras estruturas mais complexas) e os Nodos de Agrupamento (que agrupa e pode criar uma hierarquia de transformações que são herdadas dos nodos pais para os nodos filhos).

Os Eventos, por sua vez, são utilizados para a troca de mensagens de um nó para outro através de uma Rota, que é a conexão entre o nó gerador do evento e o nó receptor do evento. Os eventos sinalizam mudanças nos valores dos campos, estímulos externos, interações entre nós, etc. O Campo é o parâmetro usado para definir os atributos de um nó e, conseqüentemente, distinguir um nó de outro do mesmo tipo. Todo campo tem nome, tipo e um valor *default*. Também é possível acrescentar comentários no arquivo *.wrl* através de um texto.

Um dos nós mais interessantes para aplicações cartográficas é o *ElevationGrid*. Através deste nó é possível representar a superfície terrestre através de um gride com valores de altura. Outro nó que também é possível a esta representação é o *IndexFaceSet*. Porém, é necessário especificar as coordenadas de cada ponto da malha e os pontos que constituem cada face da representação, o que o torna muito complexo e por isso pouco utilizado.

O grande benefício do uso da *VRML* na confecção de modelos digitais de terreno é 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).

SANTOS e CANDEIAS (2001) cita que há duas formas de descrever uma topografia em *VRML*: em estrutura de arame e com textura. A textura pode ser uma fotografia ou uma imagem da região estudada, ou qualquer grandeza mapeada em tons de cinza ou cores. E o fato desta linguagem permitir acrescentar efeitos de luz e sombras gera resultados bastante realistas.

Outra forma de uso da técnica de RV para visualização de uma superfície topográfica tridimensional é através do fenômeno de estereoscopia gerado a partir de pares retificados de fotografias aéreas ou imagens de satélites (SANTOS e CANDEIAS, 2001).

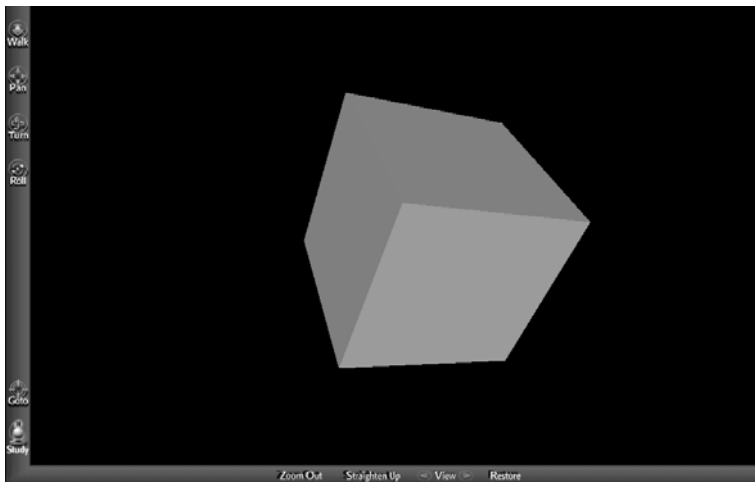
Esta visualização tridimensional do modelo além de propor uma interface mais amigável e atraente ao usuário, demonstra ser muito mais útil na execução de determinados projetos, permitindo uma análise qualitativa direta e bem mais intuitiva que as cartas topográficas, possibilitando até mesmo por usuários leigos e não ligados às áreas de Geoprocessamento e Cartografia possam interagir com as informações apresentadas. Ver o modelo de diferentes ângulos, poder acrescentar texturas e inserir objetos na cena, além de posicionar fontes de luz e acrescentar paisagens de fundo, andar ou sobrevoar o modelo com facilidade de interação, mostra que a Realidade Virtual tem um vasto campo de atuação na área da Geociência.

A figura 01 apresenta um arquivo *ASCII* no padrão *VRML 2.0* para a representação de um cubo. E a figura 02 mostra a representação gráfica deste elemento.

FIGURA 01: ARQUIVO CUBO .WRL

```
#VRML V2.0 utf8
#Exemplo - Box
Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {}
  }
  geometry Box {}
}
```

FIGURA 02: CUBO .WRL.



6. REPRESENTAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS NOS MUNDOS VIRTUAIS

A *GeoVRML* é uma extensão da *VRML* usada para representar e visualizar dados geográficos através de um *plug-in*, específico para este fim, que deverá ser visualizado pelo usuário através de um *browser web*.

A *GeoVRML* é um conjunto de novos nós adicionados a *VRML 97*, que reoriginou de um grupo de discussão, criado em fevereiro de 1998, para estudar as

necessidades de trabalhar dados geográficos tridimensionais na *web*. Em 2000, foi aceita oficialmente pela *Web3D Consortium* como *GeoVRML 1.0*.

Dentre os grandes benefícios trazidos pela *GeoVRML*, podemos destacar a incorporação do sistema de coordenadas latitude/longitude e UTM (Universal Transverso de Mercator) diretamente num arquivo *VRML*, diferenciando do sistema de coordenadas único XYZ (largura, altura e profundidade) da *VRML* e podendo até unir esses dados, de diferentes sistemas, para uma visualização global.

De acordo com IVERSON E REDDY (2000), a *GeoVRML* ainda sustenta três sistemas de coordenadas, vinte e um elipsóides e um geóide. Ainda segundo o autor, a precisão dada pela *VRML 97*, que às vezes é insuficiente para determinados trabalhos geográficos, pode ser estendida e chegar a posições de acurácia milimétrica com o uso de alguns artifícios da *GeoVRML 1.0*.

A *GeoVRML* também possibilita o carregamento dos dados proporcionalmente a escala atribuída, generalizando e apresentando somente as informações necessárias a escala usada. Um subconjunto genérico de metadados também pode ser incluído para descrever dados relevantes dos objetos geográficos referidos (IVERSON e REDDY, 2000). Animações podem ser apoiadas e interpoladas dentro dos sistemas de coordenadas geográficas, como por exemplo, em alguns pontos específicos da superfície da Terra. Além da descoberta da coordenada geográfica de qualquer ponto georreferenciado em uma cena *GeoVRML* também tornar-se possível (IVERSON e REDDY, 2000).

Muitos trabalhos já têm sido realizados, usando os nodos da *GeoVRML*. Dentre esses, podemos citar o *DEM2GeoEG*, da *U.S. Geological Survey*, que é um programa usado para converter Modelos Digitais de Elevação (*DEM*) em um arquivo *.wrl*, usando o nodo *GeoElevationGrde*. Uma de suas vantagens é integração de vários *DEMs* corretamente co-alinhados, além de preservar as coordenadas UTM do arquivo *VRML*, apresentando corretamente a curvatura da Terra (REDDY, 2000).

Segundo IVERSON e REDDY (2000), é notável os avanços decorridos da *GeoVRML 1.0*, porém, algumas limitações ainda existem e tentarão ser supridas numa versão futura da *GeoVRML*, como por exemplo, a utilização de mais de um sistema de coordenadas local, o processamento direto de orto-retificação de imagens e o acréscimo de outros sistemas de coordenadas geográficas, entre outros.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHO FUTURO

A Realidade Virtual tem demonstrado ser uma poderosa ferramenta de apoio a projetos cartográficos. A análise visual e a sensação de presença no mundo virtual, são alguns dos maiores benefícios trazidos por esta tecnologia.

Com os atuais produtos disponíveis no mercado já é possível elaborar mapas tridimensionais, porém a grande lacuna é como adaptar os conceitos da cartografia tradicional a esta nova realidade tridimensional.

Como representar questões referentes a aplicação de texturas, iluminação, simbologia, entre outras, de forma a transmitir a correta informação sobre o meio representado ao usuário. Como generalizar a representação tridimensional de feições. São questões que os cartógrafos deverão responder nos próximos anos.

As limitações existente na linguagem de modelação dos mundos virtuais (*VRML*) tem sido superadas a cada nova versão. A *GeoVRML* supriu grandes necessidades relativas ao emprego de dados geográficos na modelagem dos mundos virtuais, porém, algumas limitações ainda existem e deverão ser supridas em versões futuras.

8. REFERÊNCIAS

BRAMORSKI, M. M. e MARQUES, E. F. **Apostila de VRML Básico**. Universidade Federal de Santa Catarina. 1998. Apostila.

CAMARA, Gilberto et al. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**. 1998. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.htm>> Acesso em: set. 2002.

CAPRA, M. e SAMPAIO, A. C. F. *RVML* na Cartografia: Estudo de Caso de Compatibilização de Arquivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Recife. **Anais...** Recife: XIX CBC, 1999, Cd-Rom.

CARRARD, Marcos. **Tutorial VRML 2.0**. Universidade Regional do Noroeste do Estado Rio Grande do Sul- UNIJUÍ / Departamento de Tecnologia. Ijuí (RS). 2001. Apostila.

CASTIER, Beatriz; REIS, Luciano P. dos; COHEN, Marcelo. **Tutorial de VRML**. In: SIBGRAPH 97. Campos do Jordão, 1997.

CHOHFI, Reinaldo E. Mapeamento Urbano Tridimensional. **InfoGEO**, Brasil, n.07, a.02, p.52-4, mai./jun. 1999.

DANAHY, John. *Virtualising the 3D Real World (2) – Visualisation Data Needs in Urban Environmental Planning and Design*. **GIM International**, xxxxx , v.14, n.5, p. 12-15, 2000.

IVERSON, Lee e REDDY, Martin. *GeoVRML 1.0 Recommended Practice - Web Consortium, 2000*. **Citação de referências a documentos eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.geovrml.org>> Acesso em: out. 2002.

KRAAK, Menno-Jan. *Geovisualization, Webmaps and Virtual Reality*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: XX CBC, 2001, v.1, Cd-Rom.

LEMMENS, Mathias. *Virtualising the 3D world*. **GIM InternATional**, Holanda, v.14, n.04, p.48-51, abr. 2000.

MACHADO, Liliane dos Santos. **Conceitos Básicos da Realidade Virtual**. INPE, 1995. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~liliane/conceitosrv.html>> Acesso em: ago. 2001].

MAREN, Gert van e VERBREE, Edward. *Virtualising the 3D Real World (3) – Karma-vl: 4D GIS and Virtual Reality for Urban Planning*. **GIM International**, Holanda, v.4, n.6, p. 34-36, 2000.

MOORE, Kate. *VRML and Java for Interactive 3D Cartography*. In: CARTWRIGHT, William; PETERSON, Michael P.; GARTNER, Georg. **Multimedia Cartography**. Alemanha: Springer, 1999. 343 p. p.205-16.

PESSOA, B. D. S. e ARAÚJO FILHO, M. S. C. **Criação de Mundos Tridimensionais na Internet: Uma Introdução Operacional a VRML**. Escola de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco. 1999. Apostila.

PETERSON, M. P. **Interactive and Animated Cartography**. Prentice Hall, Nova Jersey. 1995.

POLLEFEYS, Marc e VAN GOOL, Luc. *Virtualising the 3D Real World (1) – Automatic Method for the Acquisition of Detailed 3D Models for Image Sequences*. **GIM International**, Holanda, v.14, n.4, p. 12-14, 2000.

RANZINGER, Monika e GLEIXNER. Gunther. *Gis Datasets For 3D Urban Planning*. **Computer, Environment and Urban Systems**, Holanda, v. 21, n. 2, p. 159-173, 1997.

REDDY, Martin; IVERSON, Lee; LECLERC, Ivan G. *Under the Hood of GeoVRML 1.0*. In: **Proceedings of The Fifth Web3D/VRML Symposium**. Monterey, California. 2000.

REED, Carl. *Virtualising the 3D Real World (5) – Importance of Data Integration and Rendering to Map Visualisation*. **GIM International**, Holanda, v.14, n.8, p. 50-53, 2000.

ROBBI, Claudia. **Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano**. São José dos Campos, 2000. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - INPE / Ministério da Ciência e Tecnologia. [INPE-7890-TDI/739].

ROBINSON A. H. et al. *Elements of Cartography*. 6ª ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1995.

SANTOS, W. P. dos e CANDEIAS, A. L. B. Utilização da Realidade Virtual para Geração de Modelos e Perfis Topográficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: XX CBC, 2001, Cd-Rom.

SILVA, S. T. da. **Integração de Técnicas de Modelagem com a VRML**. São Leopoldo. 1999. Monografia. UNISINOS.

SLUTER, Claudia Robbi. **Linguagem Cartográfica**. Curso de Especialização em Geoprocessamento, CIEG - UFPR, 2001. Apostila.

SWANSON, James. *The Cartographic Possibilities of VRML*. In: CARTWRIGHT, William; PETERSON, Michael P.; GARTNER, Georg. *Multimedia Cartography*. Alemanha: Springer, 1999. 343 p. p.181-94.

UNISUL - UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. **Trabalho sobre Realidade Virtual**. 1996. Disponível em: <<http://reiag.vila.bol.com.br>> Acesso em: ago. 2001.