

JULIANA MOULIN FOSSE

**AVALIAÇÃO DA SIMBOLOGIA E DA ORIENTAÇÃO
GEOGRÁFICA PARA AS REPRESENTAÇÕES
CARTOGRÁFICAS TRIDIMENSIONAIS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências Geodésicas.

Orientadores:

**Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno
Profa. Dra. Claudia Robbi Sluter**

CURITIBA

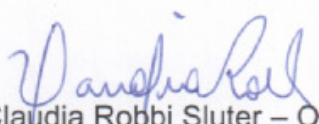
2008

TERMO DE APROVAÇÃO

JULIANA MOULIN FOSSE

AVALIAÇÃO DA SIMBOLOGIA E DA ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA PARA AS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS TRIDIMENSIONAIS

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Geodésicas no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:


Profª. Drª. Claudia Robbi Sluter – Orientadora e Presidente (UFPR)


Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva – Membro (IME)


Profª. Drª. Andrea Lopes Tescheck - Membro (UFRGS)


Profª. Drª. Selma Regina Aranha Ribeiro - Membro (UEPG)


Profª. Drª. Luciene Stamato Delazari (UFPR)


Prof. Dr. Henrique Firkowski (UFPR)

Curitiba, 27 de junho de 2008.

DEDICATÓRIA

*À minha família:
a de hoje e a de amanhã.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida.

À minha família, pelo amor incondicional.

Ao meu orientador, o professor Dr. Jorge Antonio Silva Centeno, por ter aceitado o desafio de uma orientação numa “nova” área de pesquisa, por seus valiosos conselhos de mestre e amigo, que levarei por toda a minha vida, profissional e pessoal, e pela confiança e amizade adquirida ao longo desses anos. À minha orientadora, a professora Dra. Claudia Robbi Sluter, que através de suas aulas despertou em mim o interesse pelo fascinante mundo da Cartografia, além da amizade e dos preciosos conselhos e críticas. E ao professor Dr. Ing. Hans-Peter Bähr, que me recebeu para o doutorado sanduíche na Universidade de Karlsruhe.

À banca de Qualificação da Tese: o professor Dr. Luis Felipe Ferreira Coutinho e o professor Dr. Henrique Firkowski, pelos conselhos, críticas e incentivos.

Ao CPGCG da UFPR, representado pelos seus professores, alunos e funcionários. Agradeço, em especial, ao professor Luis Augusto, pelo incentivo e apoio desde a época do mestrado, à nossa querida Verali Mônica, e àqueles colegas que me acompanharam mais de perto: Fernando Santil, Juliana Dias, Lúcia Maziero e Mosar Botelho. Agradeço também ao Juilson Jubaski, Mauro Alexandrine, Vivian Fernandes e Maurício Seixas, pelo tempo compartilhado em Karlsruhe.

À CAPES, ao CNPq e ao DAAD pelo apoio financeiro.

À UFRRJ, aos colegas professores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia, que me apoiou e me permitiu finalizar este trabalho.

Às Empresas e Instituições Públicas que cederam alguns dados no decorrer deste trabalho: Aerosat, Esteio e UFRRJ.

Ao Ezequiel Blum, o Bobs, estudante do curso de Tecnologia em Artes Gráficas do CEFET-PR, pela ajuda na geração dos modelos no 3D Studio Max. À Andressa Cintra, aluna bolsista do curso de Engenharia Agrícola da UFRRJ, pela ajuda na programação do site. Ao Everton Gomes, Engenheiro Agrimensor e ex-aluno da Rural, pela disposição em ajudar. Ao Luis Alberto Buenes, amigo e Engenheiro de Telecomunicações, pela ajuda na programação em JavaScript.

Ao Carlos, meu orientador de graduação e amigo, que me sugeriu trabalhar com Realidade Virtual e Cartografia.

À Sandra, Patrícia, David, Lucy, Sabrina, Thomas... e outros amigos de casa, do coração e da PIB.

Ao George, pelos encontros e desencontros... pelas idas e vindas... e pelos bons tempos compartilhados durante este período.

A todos que participaram do teste de percepção cartográfica: Paulo Rodrigo, Luigi, Renata de Aquino, André Luís, Vitor, Maria Engracinda, Renata Amaral, Rossini, Alberto, Monique, Indiara, Renan, Dalvaneide, Ângelo, Fábio, Carla, André Efraim, Claudionor, Maria Madalena, Elmo, Sydney, Karoline, Tatiana, Juilson, Mauricio, Mauro, Clarissa, Ana Lúcia, Vivian, Karina, Diana, Steffen e Anamaria.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta fizeram parte desse trabalho, muito abrigada!

Geração vai, e geração vem; mas a terra permanece para sempre.

Levanta-se o sol, e põe-se o sol, e volta ao seu lugar onde nasce de novo.

*O vento vai para o sul, e faz o seu giro para o norte;
volve-se e revolve-se, na sua carreira e retorna aos seus circuitos.*

*Todos os rio correm para o mar, e o mar não se enche,
ao lugar para onde correm os rios, para lá tornam eles a corre.*

*Todas as coisas são canseiras, tais que ninguém as pode exprimir;
os olhos não se fartam de ver, nem se enchem os ouvidos de ouvir.*

*O que foi, é o que há de ser; e o que se fez, isso se tornará a fazer:
nada há, pois, novo debaixo do sol.*

*Há alguma coisa que se possa dizer: Vê, isto é novo?
Já foi nos séculos que foram antes de nós.*

*Já não há lembranças das coisas que precederam; e as coisas posteriores também
não haverá memória entre os que hão de vir depois delas.*

Eclesiastes 1: 4-11
Bíblia Sagrada

RESUMO

O estudo da simbologia e orientação geográfica realizado neste trabalho tem como fim as representações cartográficas tridimensionais. Para tal foi usada uma área de estudo localizada no interior do estado do Rio de Janeiro, a partir da qual foram gerados seis modelos tridimensionais, que foram avaliados por meio de um teste qualitativo de percepção cartográfica. O teste de percepção foi dividido em duas fases: simbologia e orientação geográfica. Para avaliar a simbologia foram criadas três representações cartográficas: a primeira usa uma simbologia semelhante à carta topográfica, a segunda, uma simbologia semelhante aos mapas turísticos, e uma terceira, com uma simbologia mais complexa, que busca imitar o mundo, e para isso usa texturas extraídas de objetos reais e imagem de satélite. Para avaliar a orientação geográfica foram geradas outras três representações cartográficas: a primeira usa letras nas bordas do modelo para indicar os pontos cardeais e colaterais, a segunda representação usa a rosa dos ventos e a terceira representação cartográfica usa uma figura de mapa plano auxiliar da área representada com uma marca itinerante que representa a localização do ponto de vista do usuário no modelo 3D dessa mesma área representada. O teste de percepção foi realizado por 33 entrevistados, estudantes em nível de graduação e pós-graduação da área de Cartografia ou áreas afins. O teste foi baseado em questões cognitivas que buscam entender o processo de percepção da informação de um mapa num ambiente tridimensional e interativo. Os resultados obtidos sugerem que algumas regras de projeto de mapa 2D devem ser mantidas, ao passo que outras devem ser substituídas, em função das diferenças do meio de apresentação do produto cartográfico e da forma que esse é apresentado.

Palavras-chave: Representação cartográfica tridimensional. Simbolização cartográfica. Orientação geográfica. Teste de percepção.

ABSTRACT

The study of the symbology and the geographic orientation in this work aims at the three-dimensional cartographic representations. The study area is rural and lies in the state of Rio de Janeiro, Brazil. Six three-dimensional models were generated for this area in order to perform an evaluation by means of a qualitative cartographic perception test. The perception test was divided into two phases: symbology and geographic orientation. Three models were created to evaluate the symbology: the first one reminds a common topographic map, the second one resembles a tourist maps and the last one uses a more complex symbology that aims to imitate the real world by using satellite images and objects with textures extracted from real object. Another set of three models was created to evaluate the geographic orientation: the first model represents the cardinal points in the edges of the model, the second model uses the wind rose and in the third model the cartographic representation uses a small map with a panoramic view of the region and an moving mark that represents the position of the point of view of the user in the 3D model. The perception test was made by 33 persons, undergraduate and graduate students of Geodesy and Cartography, or similar areas. The test was based on cognitive questions that aimed to understand the perception of the information process of a three-dimensional map within an interactive environment. The final results show that some rules of 2D maps design should be kept when producing a 3d-map, while other rules must be substituted, due to the differences of the presentation media of the cartographic product and of the form in which it is presented.

Key word: Three-dimensional cartographic representation. Cartographic simbolization. Geographic orientation. Perception's test.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 –	REGIÃO REPRESENTADA EM 2D E EM 3D.....	22
FIGURA 2.2 –	SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS 3D: (A) GEOMÉTRICO, (B) REALÍSTICO, (C) LINEAR E (D) DE ÁREA.....	23
FIGURA 2.3 –	SÍMBOLOS DE UMA IGREJA EM DIFERENTES NÍVEIS DE DETALHAMENTO: (A) REALÍSTICO, (B) REALÍSTICO SIMPLIFICADO, (C) GEOMÉTRICO E (D) GEOMÉTRICO SIMPLIFICADO.....	24
FIGURA 2.4 –	FASES DE UM PROJETO CARTOGRÁFICO DE UMA REPRESENTAÇÃO 3D.....	25
FIGURA 2.5 –	VARIÁVEIS GRÁFICAS ESPECIAIS: (A) SUPERFÍCIE TRANSPARENTE E (B) LINHA ESTILIZADA.....	27
FIGURA 2.6 –	ORIENTAÇÃO DE FEIÇÕES EM UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D.....	28
FIGURA 2.7 –	VARIÁVEIS GRÁFICAS COMPLEMENTARES: (A) SOMBRA E (B) EFEITO ATMOSFÉRICO.....	30
FIGURA 2.8 –	VARIÁVEIS PRESENTES EM UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D: (A) VARIÁVEIS VISUAIS E (B) VARIÁVEIS COMPLEMENTARES.....	30
FIGURA 2.9 –	EDIFICAÇÕES DA CIDADE DE NOVA YORK NO GOOGLE EARTH REPRESENTADAS (A) SEM TEXTURA E (B) COM TEXTURA.....	31
FIGURA 2.10 –	UNIVERSIDADE DE KARLSRUHE.....	32
FIGURA 2.11 –	FOTOREALISMO USADO EM SIG 3D: PONTO DE VISTA EM PERSPECTIVA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO DA HORIZONTAL.....	33
FIGURA 2.12 –	MDT E IMAGEM DE SATÉLITE.....	34
FIGURA 2.13 –	MDT E IMAGEM DE UM MAPA PLANO.....	35
FIGURA 2.14 –	REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D TEMÁTICA DO CENTRO POLITÉCNICO.....	36
FIGURA 2.15 –	PROPOSTA DE SÍMBOLOS PARA O MAPEAMENTO 3D: (A) EDIFICAÇÃO, (B) VEGETAÇÃO E (C) OUTROS ELEMENTOS.....	36
FIGURA 2.16 –	REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D EM DIFERENTES ESCALAS: VISTA DE UM PONTO (A) DISTANTE E (B) PRÓXIMO DO MODELO.....	37
FIGURA 2.17 –	TESTE DE PERCEPÇÃO APLICADO NA ETH.....	38
FIGURA 2.18 –	ESTRUTURA DO TESTE: (A) VARIAÇÃO DOS ELEMENTOS EM TAMANHO E EM FORMA E (B) APRESENTAÇÃO DOS MAPAS.....	38
FIGURA 2.19 –	MAPA 3D ESCOLHIDO PELOS ENTREVISTADOS DO PRÉ-TESTE.....	40
FIGURA 3.1 –	LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO NO NÍVEL DE ESTADO.....	42
FIGURA 3.2 –	LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO NO NÍVEL DE MUNICÍPIO.....	42
FIGURA 3.3 –	SUBDIVISÃO DA ÁREA DO PROJETO APA DO SANA.....	43
FIGURA 3.4 –	MDT DE UMA DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS GERADA.....	45

FIGURA 3.5 –	MDT E SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA HORIZONTAL.....	46
FIGURA 3.6 –	SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES.....	48
FIGURA 3.7 –	SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA.....	49
FIGURA 3.8 –	SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO.....	49
FIGURA 3.9 –	SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS.....	50
FIGURA 3.10 –	VISTA PARCIAL DO MODELO 1.....	50
FIGURA 3.11 –	LEGENDA DO MODELO 1.....	51
FIGURA 3.12 –	VISTA PARCIAL DO MODELO 2.....	51
FIGURA 3.13 –	LEGENDA DO MODELO 2.....	52
FIGURA 3.14 –	VISTA PARCIAL DO MODELO 3.....	52
FIGURA 3.15 –	LEGENDA DO MODELO 3.....	53
FIGURA 3.16 –	MODELO 4.....	54
FIGURA 3.17 –	MODELO 5.....	55
FIGURA 3.18 –	MODELO 6.....	55
FIGURA 4.1 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 1 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS DE UM PONTO DE VISTA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO DA HORIZONTAL.....	64
FIGURA 4.2 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 2 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS.....	65
FIGURA 4.3 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 3 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS.....	66
FIGURA 4.4 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 1 PARA REPRESENTAR ESTRADA DE FERRO DE UM PONTO DE VISTA (A) FRONTAL E (B) LATERAL.....	68
FIGURA 4.5 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 2 PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES.....	69
FIGURA 4.6 –	SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 3 PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES.....	69
FIGURA 4.7 –	SISTEMA DE TRANSPORTES: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3.....	71
FIGURA 4.8 –	ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3.....	73
FIGURA 4.9 –	ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3.....	75
FIGURA 4.10 –	OUTROS ELEMENTOS: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3.....	77
FIGURA 4.11 –	EFEITO DE MOIRÉ – MODELO 1.....	81
FIGURA 4.12 –	CRÍTICAS E SUGESTÕES – MODELO 2.....	82

FIGURA 4.13 –	MODELO 4: (A) VISÃO GERAL E (B) PONTO DE VISTA PRÓXIMO.....	90
FIGURA 4.14 –	MODELO 5: (A) VISÃO GERAL E (B) PONTO DE VISTA PRÓXIMO.....	90
FIGURA 4.15 –	ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DOS MODELOS.....	92
FIGURA 4.16 –	MODELO 4: (A) PONTOS COLATERIAS DEFINIDOS NAS INTERSEÇÕES DAS BORDAS E (B) PONTOS COLATERAIS DEFINIDOS MATEMÁTICAMENTE.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 –	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS.....	47
TABELA 4.1 –	RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO DA UFRRJ – PARTE SIMBOLOGIA.....	84
TABELA 4.2 –	RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO DA UFPR – PARTE SIMBOLOGIA.....	85
TABELA 4.3 –	RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO 3 - PARTE ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA.....	94

LISTA DE SIGLAS

2D –	Bidimensional
3D –	Tridimensional
HTML –	<i>Hypertext Markup Language</i>
MDT –	Modelo Digital do Terreno
SIG –	Sistema de Informações Geográficas
SRTM –	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
TIN –	<i>Triangular Irregular Network</i>
UFPR –	Universidade Federal do Paraná
UFRRJ –	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
VRML –	<i>Virtual Reality Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO PROPOSTO.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	CARTOGRAFIA 3D.....	18
2.2	PROJETO DE UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D.....	19
2.3	EXEMPLOS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFIAS 3D.....	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1	DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO E PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA.....	41
3.2	GERAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D NO SOFTWARE 3D STUDIO MAX.....	44
3.2.1	Primeira parte: Simbologia.....	48
3.2.2	Segunda parte: Orientação Geográfica.....	53
3.3	TESTE DE PERCEPÇÃO.....	56
3.3.1	Primeira parte: Simbologia.....	57
3.3.2	Segunda parte: Orientação Geográfica.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
4.1	PRIMEIRA PARTE: SIMBOLOGIA.....	62
4.1.1	Tarefa: Aptidão.....	63
4.1.2	Tarefa: Análise da simbologia por classes.....	70
4.1.3	Tarefa: Análise da simbologia num contexto geral.....	79
4.1.4	Tarefa: Críticas e sugestões.....	80
4.2	SEGUNDA PARTE: ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA.....	86
4.2.1	Tarefa: Aptidão.....	86
4.2.2	Tarefa: Funcionalidade.....	88
4.2.3	Tarefa: Escolha do método de orientação geográfica.....	89
4.2.4	Tarefa: Críticas e sugestões.....	91
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	95
	REFERÊNCIAS.....	99
	APÊNDICE.....	102

1 INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas a Cartografia experimentou o efeito do surgimento de tecnologias que possibilitam novas maneiras de representar as informações, como vê-las de forma interativa e com sensação tridimensional. O *software* atualmente disponível possui recursos que permitem reproduzir em ambiente virtual uma cena real detalhada e permitem ao usuário ver e interagir com os modelos gerados.

A representação cartográfica tridimensional, 3D, é uma tendência, visto que há tecnologia viável para realizar a coleta de dados, assim como há *hardware* e *software* para o armazenamento e a geração dos modelos tridimensionais, e acesso por parte dos usuários. Tecnologias como o *laser scanner* e a fotogrametria digital proporcionam a obtenção rápida e fácil de dados tridimensionais, aumentando o volume de dados disponíveis em proporções anteriormente que não eram possíveis. Outra facilidade é a existência de *software* desenvolvido para gerar modelos tridimensionais. Estes programas tornam possível a representação detalhada do relevo e dos objetos e feições da superfície terrestre.

Entretanto, atualmente, as representações cartográficas 3D não seguem uma linguagem cartográfica, mas seguem apenas o conhecimento herdado do projeto de mapa 2D e o bom senso do cartógrafo. A maioria dos produtos cartográficos tridimensionais gerados busca imitar o mundo, sem fazer uso da simbolização, e mesmo assim muitas vezes são chamados de mapas.

Os princípios de projeto cartográfico para representações bidimensionais foram desenvolvidos durante décadas e, atualmente, são as bases para a produção de mapas planos, porém, ainda não foram estabelecidos os princípios cartográficos para a geração de mapas tridimensionais. Assim, torna-se importante realizar estudos na área da simbologia, orientação geográfica, projeção cartográfica e escala, para que se entenda a importância e a influência desses como elementos de uma representação cartográfica 3D. Dada a amplitude deste tema, neste trabalho serão avaliadas questões relacionadas à simbologia e à orientação geográfica para

as representações cartográficas 3D. A seguinte hipótese deve ser verificada:

Se um modelo tridimensional, para fins cartográficos, for gerado com uma simbologia adequada para tal e usar um método de orientação geográfica eficiente para o ambiente de representação em que está inserido, então a comunicação cartográfica será eficiente porque o usuário será capaz de interpretar corretamente as informações representadas e se orientar na representação cartográfica 3D.

1.1 OBJETIVO PROPOSTO

Diante deste contexto e hipótese, neste trabalho tem-se por objetivo geral subsidiar decisões de projeto cartográfico em relação à simbologia e à orientação geográfica na geração de representações cartográficas 3D interativa.

Como objetivos específicos têm-se:

- i. Propor diretrizes para a construção da simbologia e representações cartográficas 3D para fins topográficos;
- ii. Propor diretrizes para a representação cartográfica da orientação geográfica na Cartografia 3D;
- iii. Propor uma metodologia para a elaboração e aplicação de testes de percepção na Cartografia 3D.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Queiroz (2000), um mapa eficiente é aquele capaz de transmitir o máximo de informações ao usuário, num menor espaço de tempo e com o menor esforço mental possível. A quantidade e a qualidade das informações proporcionadas por um mapa dependem da simbologia usada, logo, a simbologia está diretamente ligada à eficácia do mapa, ou seja, ao processo de comunicação.

Em termos de comunicação cartográfica, os símbolos cartográficos podem ser comparados com as palavras em uma linguagem. Uma palavra tem um significado próprio e uma coleção de palavras, de acordo com certas regras de

gramática, podem expressar uma informação. De forma similar, um símbolo tem um significado específico, expresso na legenda, ao passo que uma coleção de símbolos localizados num mapa, de acordo com a distribuição geográfica e posição dos fenômenos que eles representam, gera as informações totais a serem comunicadas no mapa (BOS, 1984a, p. 18).

A simbologia é um dos elementos mais importantes no projeto de um mapa. Somente um conhecimento completo dos fatores envolvidos num projeto de símbolos pode produzir um projeto de mapa adequado e, assim, cumprir as funções necessárias ao sistema de comunicação cartográfica (BOS, 1984b, p. 20).

Segundo Haeberling (1999), o problema da simbologia no mapa 3D é extremamente complexo. Os princípios de projeto de mapa 2D não podem ser aplicados para esta “nova geração” de mapas. Por isso, os projetos de mapa 3D não são feitos com base numa teoria de mapeamento tridimensional, pela inexistência desta. Assim, a geração de mapas 3D é resultado das preferências do cartógrafo nas decisões de projeto.

Percebe-se, assim, a importância da simbologia no processo de comunicação cartográfica, tanto para o mapa bidimensional quanto para o mapa tridimensional. Entretanto a falta de conhecimento sobre o uso da simbologia nas representações cartográficas 3D faz-se necessário estudos nesta linha de pesquisa.

1.3 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo consta da presente introdução sobre o estudo da simbologia e orientação geográfica para as representações cartográficas 3D. No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica do tema e o estado da arte da pesquisa em Cartografia 3D. No Capítulo 3 descreve-se a metodologia usada para a escolha da região de estudo, para gerar as representações cartográficas e elaborar o teste de percepção cartográfica. No Capítulo 4 apresentam-se os resultados do teste de percepção e as discussões

sobre os resultados obtidos. E, por último, no Capítulo 5 apresentam-se as conclusões e são feitas as recomendações para futuros trabalhos neste tema de pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo é composto por uma revisão de literatura sobre o tema Cartografia 3D. Está dividido em três itens em que se descreve a importância e os princípios para gerar uma representação cartográfica 3D, com base em outros trabalhos já publicados, e o estado da arte deste tema de pesquisa.

2.1 CARTOGRAFIA 3D

O sistema de percepção humano faz com que as pessoas percebam e interpretem o mundo de forma natural. Entretanto, perceber um mapa pode ser mais difícil. Por isso, em Cartografia, é necessário realizar estudos que visem conhecer o processo que ocorre no sistema de percepção humano e, com base nisso, gerar produtos cartográficos mais eficientes.

Segundo Terribilini (1999), uma maneira de melhorar a qualidade dos produtos cartográficos é saber como se processa a informação no sistema de percepção humano e produzir mapas que pareçam similares com o mundo em que o ser humano vive. Isso não significa que os mapas devam representar a paisagem de forma completamente realística, mas preferivelmente que o mapa seja produzido como o mundo é percebido.

Tendo o mundo como tridimensional, é razoável que se imagine que um mapa também tridimensional seja entendido mais facilmente que um mapa plano. Segundo Terribilini (1999), o usuário pode se mover num mapa 3D interativo em tempo real, escolher o melhor ponto de vista para interpretá-lo e, assim, melhorar o fluxo de informações entre o usuário e o mapa.

De acordo com Jobst e Germanchis (2007, p.217), os produtos tridimensionais podem oferecer uma representação semelhante ao mundo em que o homem vive, resultando em uma importante forma de aquisição de informações. Segundo estes autores, os produtos cartográficos 3D são mais intuitivos na representação do espaço, devido ao uso explícito da tridimensionalidade. Porém,

também pode haver desvantagens numa representação cartográfica 3D, pois sua representação gráfica se baseia na projeção do espaço 3D num espaço 2D, similar ao plano da imagem de uma câmera, a partir de um ponto de vista. Algumas dessas desvantagens são as distorções provocadas pela perspectiva e a sobreposição de objetos que podem esconder outros objetos ou pontos relevantes da cena (occlusão).

O desenvolvimento tecnológico permite uma gama de novos produtos cartográficos que podem ser produzidos de forma rápida, barata e interativa. E a ênfase dada a este tipo de produto tem transformado o uso do mapa da forma estática para a forma dinâmica. Embora ainda não existam regras para a construção de uma representação cartográfica tridimensional, em meio digital e interativa, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos nesta área e podem servir de base para a elaboração de novos estudos.

2.2 PROJETO DE UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D

No decorrer deste trabalho será usado o termo representação cartográfica em vez de mapa, visto que ainda não existem discussões teóricas suficientes para se definir quando um modelo virtual pode ser considerado, ou não, um mapa. Entretanto, o termo 3D será adotado para expressar as três dimensões, embora os modelos aqui representados sejam vistos apenas como uma superfície em perspectiva definida como 2,5D. A terminologia 3D é comumente usada para definir os modelos volumétricos, mas o objetivo aqui é facilitar o entendimento do leitor.

Haeberling (2002) justifica o uso do termo mapa 3D. Por um lado, o termo 3D é considerado adequado desde que o usuário perceba a paisagem representada com o seu sistema de percepção visual na forma de perspectiva tridimensional, embora a paisagem seja representada numa tela de computador, ou seja, num meio bidimensional. O uso do termo mapa também é justificado pelo autor quando há integração e apresentação da organização espacial do fenômeno na superfície do terreno de acordo com as convenções de simbolização e de generalização

cartográfica.

Segundo Petrovic (2003), as representações, ou modelos, tridimensionais só podem ser considerados mapas quando satisfazem algumas condições, as quais também estão presentes nos tradicionais mapas planos, representados em papel.

São elas:

- Os objetos e fenômenos representados são projetados num sistema de coordenadas planas, de acordo com uma projeção cartográfica que resulta em deformações de valores conhecidos;
- Todos os objetos representados devem ter sua posição geográfica definida num sistema de coordenadas conhecido em que o usuário tem acesso;
- O uso de uma simbolização adequada para que haja comunicação cartográfica entre o cartógrafo e o usuário do mapa e;
- A quantidade de informações presente no mapa deve ser definida de acordo com os princípios de generalização cartográfica.

Hoje, em geral, uma representação cartográfica 3D segue as preferências do autor do projeto, ou seja, do cartógrafo, que na maioria das vezes desconhece todas as possibilidades de geração dos modelos que podem ser usufruídas. Como ocorre no projeto cartográfico de um mapa plano, onde as regras são estabelecidas mediante princípios cartográficos, novas regras devem ser criadas para prover a comunicação e a conseqüente padronização dos mapas 3D.

Segundo Haeberling (1999), um mapa 3D, impresso ou visto em tela de computador pode ser definido como uma representação da superfície de uma determinada região em perspectiva, combinada com informações topográficas que são definidas em uma legenda. Suas informações devem incluir as características do terreno, tais como altitude, exposição e declividade, e os elementos topográficos como rios, lagos e áreas povoadas, além de infra-estrutura, rodovia e demais estradas e a representação do uso do solo agriculturável e vegetação. A representação deve ser acrescentada de todos os nomes e informações textuais na

tela ou em uma caixa de informações apresentada separada do mapa.

Um mapa 3D herda três características importantes da carta topográfica (HAEBERLING, 1999):

- A posição geográfica de todos os elementos deve ser definida e acessível pelo usuário do mapa;
- Todos os elementos representados no mapa devem pertencer a classes específicas pré-definidas no projeto cartográfico e;
- Todas as classes de elementos representadas devem ser diferenciadas claramente uma das outras.

Uma diferença relevante entre uma carta topográfica e um mapa 3D é a sua aparência gráfica. Em um mapa plano, o relevo pode ser representado por linhas, pontos cotados, cores hipsométricas ou pelo próprio sombreamento do relevo, enquanto que em uma representação cartográfica 3D essas informações são vistas diretamente em perspectiva e, desse modo, a interpretação da forma do terreno pode se tornar mais intuitiva. Entretanto, também pode haver dificuldades na interpretação visual do relevo de uma representação cartográfica 3D. Segundo Haeberling (1999), são elas:

- A geometria da região representada pode se tornar difícil de ser interpretada devido à vista em perspectiva;
- A escala da cena apresentada na tela não é constante e, por consequência, torna-se difícil manter a noção de distância em toda a representação cartográfica e
- Os elementos ou pontos de interesse da representação cartográfica podem ser escondidos pelo terreno, ou por outros elementos, dependendo do ponto de vista adotado para realizar a interpretação da cena.

Em relação à simbolização, segundo Petrovic (2003), uma representação cartográfica 3D deve ser construída a partir da representação tridimensional do relevo e, sobre esse, os objetos e fenômenos representados por símbolos cartográficos apropriados. Segundo este autor, cada objeto é na verdade um corpo

tridimensional, com uma ou duas dimensões predominantes, que influenciam sua representação. No mapa plano, os objetos são representados por símbolos de ponto, linha e área, ao passo que na representação tridimensional as primitivas gráficas são acrescidas do volume. Na Figura 2.1 pode-se perceber e comparar as duas maneiras de representar as primitivas gráficas ponto, linha e área, numa representação 3D e numa representação 2D, respectivamente.

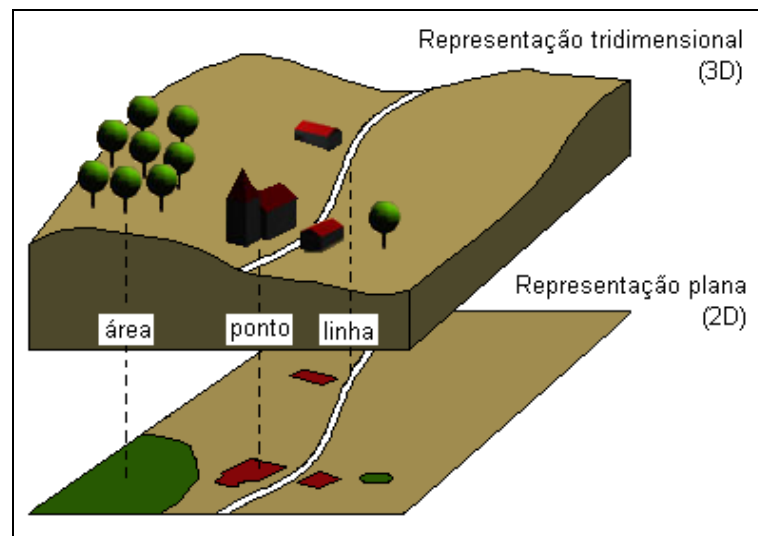


FIGURA 2.1 – REGIÃO REPRESENTADA EM 2D E EM 3D

Numa representação cartográfica, cada símbolo consiste de uma simplificação do objeto real. Petrovic (2003) sugere que sejam usados os símbolos pontuais geométricos na representação de objetos pontuais artificiais, tais como edifícios, igrejas e monumentos (Figura 2.2a). Cada objeto deve corresponder a um símbolo geométrico simplificado e seu tamanho e forma devem ser estabelecidos de acordo com o nível de detalhamento que a representação requer. Os demais objetos pontuais devem ser representados por símbolos realísticos, como é o caso de árvores, mata e cascatas, que podem ser denominados como objetos pontuais tridimensionais naturais (Figura 2.2b). Os símbolos lineares devem ser usados na representação de objetos que se caracterizam por possuir uma de suas dimensões predominante em relação à outra, como é o caso das rodovias e estradas, das linhas de energia, dos oleodutos e das cercas, por exemplo (Figura 2.2c). Os objetos que

têm a altura como dimensão fixa devem ser representados por símbolos de área, como as regiões de floresta, pomares e camadas de neve (Figura 2.2d). E para representar objetos como corpos d'água, lagos, mares e grandes rios, devem ser usados os símbolos volumétricos.



FIGURA 2.2 – SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS 3D: (A) GEOMÉTRICO, (B) REALÍSTICO, (C) LINEAR E (D) DE ÁREA
FONTE: PETROVIC (2003)

O uso das variáveis visuais para representar os níveis de medida em uma representação cartográfica 3D apresenta diferença relevante quando comparada com as variáveis visuais usadas no mapa plano. No mapa plano, uma representação pode ser diferenciada de outra pelo uso de apenas uma única variável visual, como por exemplo, o tamanho, a cor ou o padrão. Porém, em uma representação cartográfica 3D, e interativa, a mesma variável visual torna-se passível de alterações devido a novos fatores que passam a existir neste ambiente de representação, necessários para que se possa interpretar a terceira dimensão. Quando o usuário navega em uma representação tridimensional vista em perspectiva e varia o seu ponto de vista, algumas propriedades das variáveis visuais empregadas na simbologia podem ser alteradas em decorrência da iluminação incidente ou da alteração de tamanho, por exemplo.

Segundo Petrovic (2003), não é possível usar apenas as variáveis de Bertin para distinguir as diferentes classes dos objetos de uma representação cartográfica 3D. Segundo este autor, cada objeto deve ser representado de uma maneira diferente, de acordo com a distância entre o ponto de observação e o objeto, ou seja, de acordo com o ponto de vista. O ideal seria que essa mudança ocorresse de forma linear, entretanto, como isso não é possível, devem-se estabelecer diferentes

símbolos para o mesmo objeto, com diferentes níveis de detalhamento, para os diferentes intervalos de distancias, de forma análoga ao que ocorre no mapa plano quando se varia a escala de representação.

Na Figura 2.3 apresentam-se quatro símbolos, em níveis de detalhamento diferentes, usados na representação de uma igreja. Os símbolos variam de uma aparência realística, com forma irregular e detalhada, até uma aparência com forma geométrica e simplificada. O símbolo do objeto deve ser mudado a cada intervalo de distância, estabelecido à medida que o ponto de vista do usuário se aproxima ou se afasta do mapa 3D.

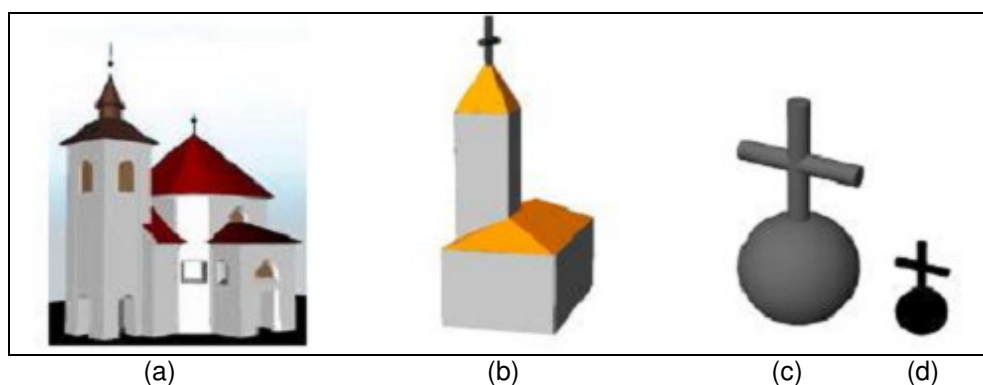


FIGURA 2.3 – SÍMBOLOS DE UMA IGREJA EM DIFERENTES NÍVEIS DE DETALHAMENTO: (A) REALÍSTICO, (B) REALÍSTICO SIMPLIFICADO, (C) GEOMÉTRICO E (D) GEOMÉTRICO SIMPLIFICADO
FONTE: PETROVIC (2003)

De acordo com Haeberling (2002), há três fases no projeto cartográfico de uma representação 3D. Tais fases são denominadas de geração do modelo, simbolização e apresentação. A geração do modelo consiste em organizar e preparar os dados em formatos compatíveis com o *software* que será usado para a geração do mapa, ou seja, a preparação da base cartográfica. Na segunda fase, a fase da simbolização, gera-se o modelo do terreno e todos os demais objetos a serem representados. E, por último, na fase de apresentação são determinados os demais parâmetros, como iluminação, sombra e efeitos atmosféricos, para completar a cena e finalizar a representação cartográfica 3D. Na Figura 2.4 ilustram-se as três fases de um projeto cartográfico.

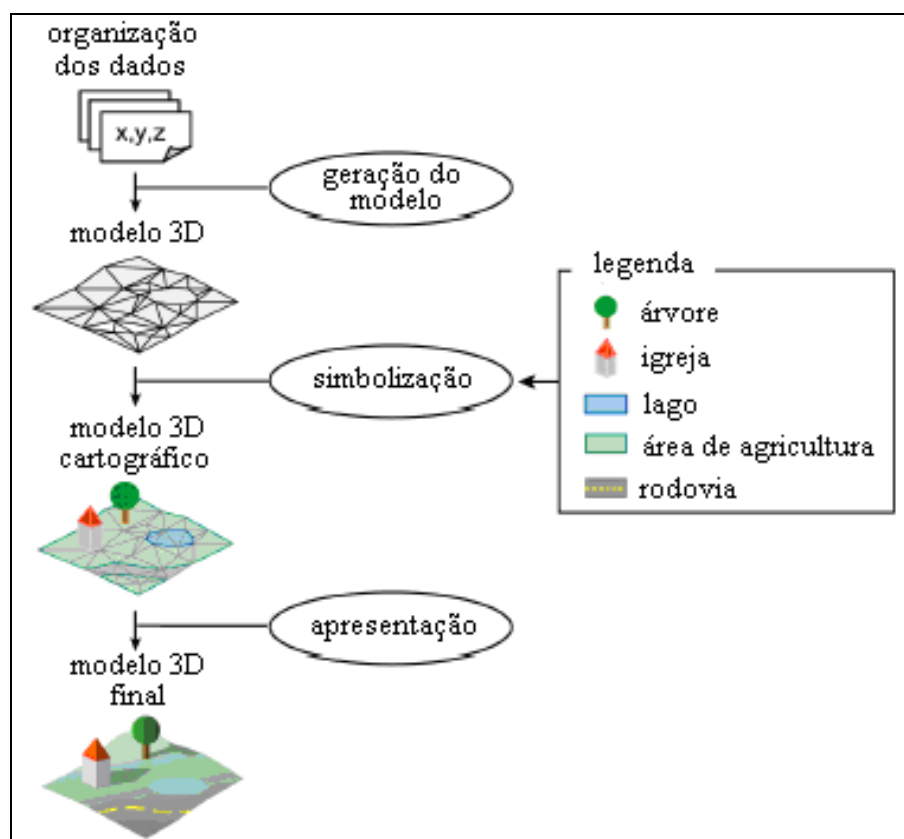


FIGURA 2.4 – FASES DE UM PROJETO CARTOGRÁFICO DE UMA REPRESENTAÇÃO 3D
 FONTE: Adaptada de HAEBERLING (2002)

Há três tipos de objetos a serem simbolizados numa representação cartográfica 3D: o MDT, os objetos topográficos e os objetos de orientação. O MDT é a representação do terreno e sobre o qual todos os demais objetos são inseridos. Os objetos topográficos podem ser separados em vetoriais e em matriciais. Os objetos vetoriais são aqueles representados acima do MDT, e os matriciais, são as texturas. Os objetos de orientação complementam a representação por meio de um quadriculado, ou por outro objeto qualquer, que expresse valores que auxiliem no posicionamento ou que dêem uma noção de referência espacial para os demais objetos presentes na representação cartográfica (HAEBERLING, 2002).

Segundo Haeberling (2002), a interpretação da simbolização de uma representação cartográfica 3D pode ser influenciada por quatro variáveis: a posição do objeto; o controle da interatividade dos objetos individualmente e em grupo; as variáveis gráficas e a orientação das feições por meio de atributos gráficos.

A posição é uma das características mais importantes de uma representação

geográfica. A posição de cada objeto na superfície da Terra pode ser representada, de forma numérica ou gráfica, num sistema de coordenadas geográficas (latitude/longitude) ou num sistema de referência específico local. Há uma tendência em que todos os dados geográficos possuam referência altimétrica, sejam elas absolutas ou relativas, para fins das representações cartográficas tridimensionais (HAEBERLING, 2002).

A interatividade na Cartografia ainda não tem um conceito consolidado e é motivo de discussão entre os pesquisadores da área. Em Fosse (2004, p.25-31) descrevem-se vários tipos e categorias de interatividade em que os modelos virtuais podem ser classificados.

A aparência gráfica numa representação cartográfica 3D herda características das variáveis visuais estabelecidas por Bertin. Tais variáveis visuais foram modificadas por outros cartógrafos e incluídas para a representação 2,5D de fenômenos 3D, como é descrito em Slocum (1999, p.22), mas não do ponto de vista de um modelo 3D interativo. Dessa forma, Haeberling (2002) cita algumas variações sofridas pelas variáveis visuais e apresenta novas variáveis presente em uma representação cartográfica 3D interativa (Figura 2.8a):

- Forma: A forma dos objetos na cartografia 3D passa a ser tridimensional. Esta variável visual determina o impacto da abstração, generalização e grau de homogeneidade dentro de cada cena representada;
- Tamanho: A mudança nos parâmetros proporcionais ao tamanho do objeto acarreta mudança nas características do próprio objeto. Por exemplo, de acordo com o exagero vertical, uma superfície pode ser vista como um plano ou como um terreno drasticamente montanhoso;
- Tom de cor, luminosidade e saturação: Com a tecnologia e pacotes gráficos, o cartógrafo tem disponível uma vasta possibilidade de cores que pode ser aplicada a cada objeto, entretanto, o cartógrafo continua sendo o responsável por definir a melhor solução, com base nos princípios de projeto cartográfico;

- Textura: A tecnologia e os pacotes gráficos disponíveis também possibilitam uma infinidade de texturas e padrões que podem ser aplicados à superfície dos objetos. As texturas podem ser criadas a partir de imagens digitais já existentes ou serem produzidas por técnicas computacionais, tais como o mapeamento de impacto e a teoria de fractais;
- Orientação de texturas: A orientação das texturas não pode ser considerada uma variável visual relevante em uma representação 3D, como ocorre nos mapas planos. Por exemplo, uma mesma textura pode apresentar inúmeras orientações diferentes, a depender da mudança do ponto de vista do usuário no modelo;
- Variáveis gráficas especiais: Os objetos podem ter superfícies transparentes para permitir que outros objetos representados sejam vistos através dele (Figura 2.5a). Outra possibilidade são as linhas estilizadas, facilidade de uso em objetos lineares ou para o contorno de outros objetos (Figura 2.5b);

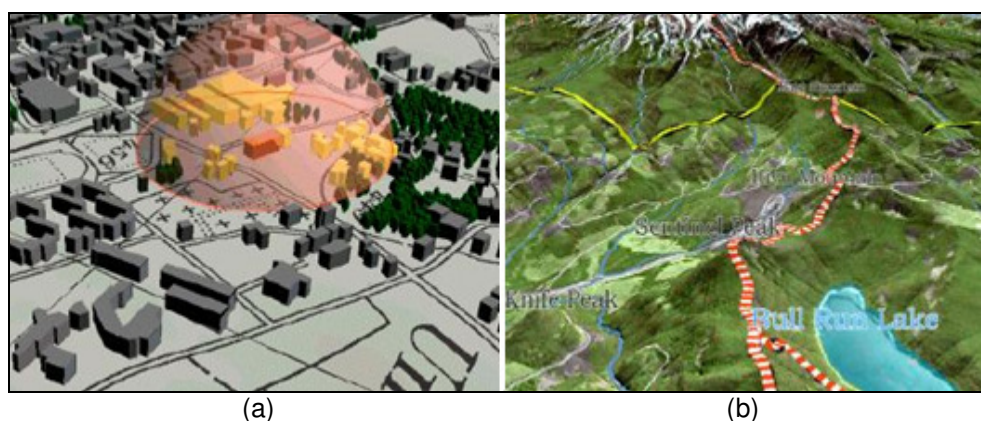


FIGURA 2.5 – VARIÁVEIS GRÁFICAS ESPECIAIS: (A) SUPERFÍCIE TRANSPARENTE E (B) LINHA ESTILIZADA
FONTE: HAEBERLING (2002)

- Animação e movimento: Em uma cena representada por um modelo interativo ou animado, os objetos podem ser definidos pela mudança gráfica ou posição. Estes objetos também podem ter seu tamanho e sua

forma manipulados, ou sofrer mudança em cor ou em textura, quando selecionado ou por uma interação computacional do usuário com a cena.

A orientação de feições, também definida no processo de simbolização, é representada por textos que informam sobre as coordenadas dos objetos e a escala de representação. O cartógrafo pode decidir como apresentar os textos e como introduzir um sistema de coordenadas de referência adequado. As coordenadas podem ser expressas de forma fixa ou em notas numéricas por meio de caixas informativas adicionais. A escala, essencial para o usuário de mapa, pode ser expressa por uma barra de escala ou por alguma ferramenta de medida. Na Figura 2.6 apresenta-se uma representação cartográfica 3D com textos informativos, linhas que indicam as coordenadas e pontos cardeais representados por letras nas extremidades do modelo (HAEBERLING, 2002).

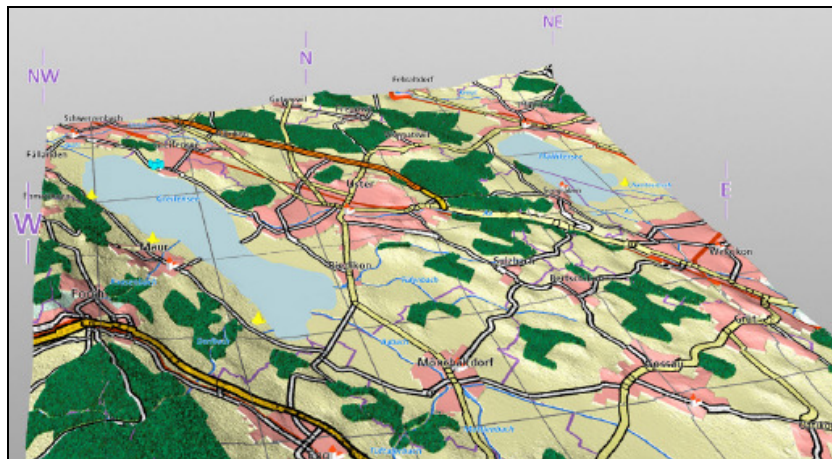


FIGURA 2.6 – ORIENTAÇÃO DE FEIÇÕES EM UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D
 FONTE: HAEBERLING (2002)

Na fase de apresentação algumas variáveis devem ser acrescentadas para complementar a representação 3D final (Figura 2.8b). Segundo Haeberling (2002), são elas:

- Vista geral do modelo: O cartógrafo deve escolher o método de projeção para representar o modelo tridimensional no plano. Esta variável considera todas as características e métodos matemáticos empregados na projeção central, além de considerar as projeções paralelas e intermediárias;

- Estrutura do modelo: Junto com a mudança das leis de projeção, o cartógrafo deve decidir sobre o nível de detalhamento dos objetos representados no modelo, que é inversamente proporcional à velocidade de processamento de representação do computador;
- Posição e orientação da câmera: Essa variável gráfica representa a posição do ponto de vista, seja fixa ou em movimento. Tais valores podem ser dados em coordenadas geográficas ou num sistema de referência específico para o modelo. Entretanto, em termos práticos, a posição depende do sistema de apresentação visual usado pelo *software*. A geometria da câmera também deve ser determinada por especificação de direção, ângulo e campo de visada. Para o movimento da câmera, ou seja, do ponto de vista, também há necessidade de atribuir parâmetros às variáveis dinâmicas, como é o caso da velocidade de aceleração ou desaceleração;
- Iluminação: A luz, ou iluminação, é uma variável gráfica que oferece um vasto número de opções na representação da cena. O tipo de iluminação deve ser escolhido com critério porque gera impacto em todos os objetos presentes. Se um ambiente é iluminado por uma luz direta, uma luz ambiente ou uma luz artificial, o resultado obtido na cena tem diferença relevante. A iluminação também é definida por outras variáveis, como posição, ângulo e atributos de direção;
- Sombra: A sombra é um dos aspectos gráficos mais relevantes quando se deseja dar “vida” a uma representação cartográfica 3D (Figura 2.7a). O reconhecimento da superfície é fortemente influenciado pela interação entre luz e sombra, e esta também pode ser variada desde um efeito mais leve a um efeito mais significativo, mas é importante que esteja presente na cena;
- Efeito ambiente e atmosférico: Este efeito pode completar a cena oferecendo um acabamento que propicie uma aparência ainda mais

realística à representação cartográfica (Figura 2.7b).

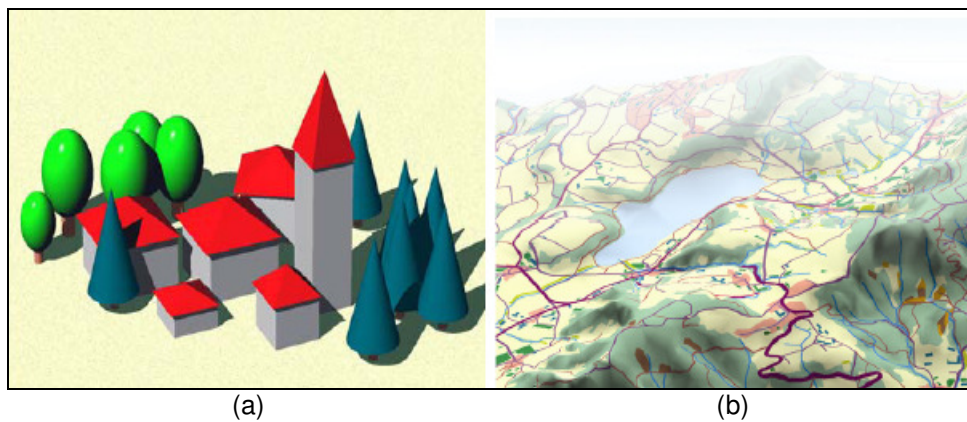


FIGURA 2.7 – VARIÁVEIS GRÁFICAS COMPLEMENTARES: (A) SOMBRA E (B) EFEITO ATMOSFÉRICO
 FONTE: HAEBERLING (2003, p.90 e 92)

Na Figura 2.8 ilustram-se dois diagramas em que se apresentam as variáveis de uma cena 3D de um modelo virtual para fins cartográficos.

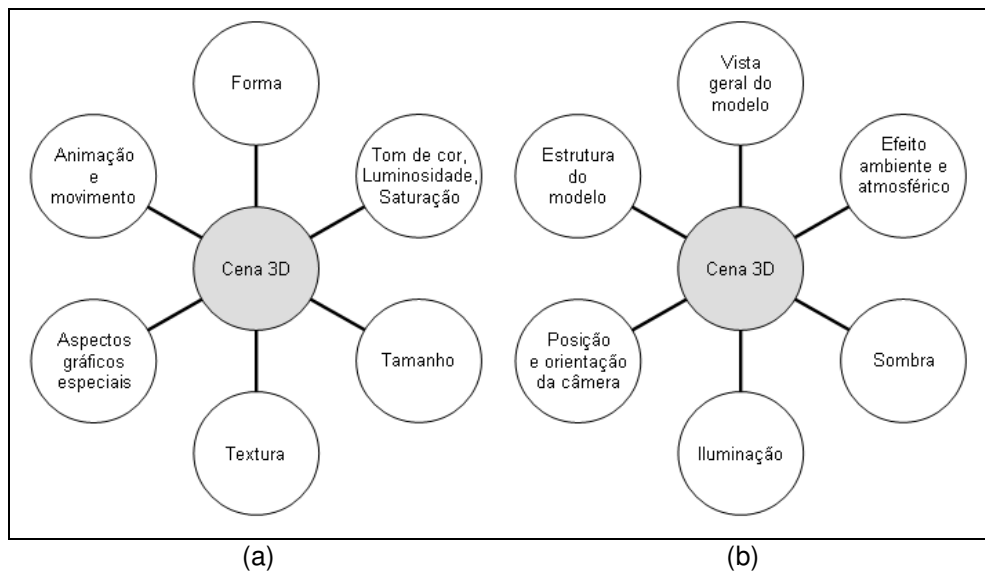


FIGURA 2.8 – VARIÁVEIS PRESENTES EM UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D: (A) VARIÁVEIS VISUAIS E (B) VARIÁVEIS COMPLEMENTARES

Como já dito, os princípios cartográficos para os mapas 2D já foram estabelecidos há décadas, por meio das variáveis de Bertin. No caso dos mapas 3D, ainda não existem princípios equivalentes para esta teoria. Questões como vista em perspectiva, iluminação, sombra e efeitos atmosféricos já começaram a ser estudadas (PETROVIC, 2001, e HAEBERLING, 2003), mas pouco se sabe sobre o

comportamento dessas variáveis num modelo 3D para fins cartográficos.

2.3 EXEMPLOS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D

Uma representação cartográfica 3D que tem se tornado conhecida nos últimos anos é o *software* Google Earth. Este *software* usa dados de altitude do terreno derivado da missão espacial SRTM e imagens de satélites e fotografias aéreas para ilustrar a superfície física da Terra. O Google Earth também possui uma camada de informação das edificações das principais cidades dos Estados Unidos representadas em 3D. Tais edificações são representadas em forma geométrica simplificada, como uma caixa de dimensões variadas, sem detalhamento e sem cor. Outra opção disponível, mas restrito a apenas às maiores metrópoles americanas, é a representação das principais edificações com textura real. Na figura a seguir ilustra-se uma cena do Google Earth da cidade de Nova York, com algumas edificações representadas sem textura (Figura 2.9a) e com textura (Figura 2.9b) extraídas das edificações reais.

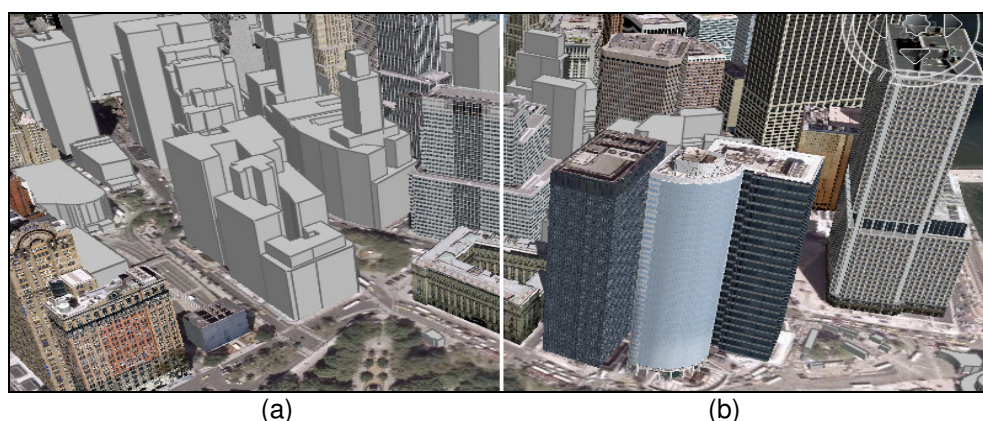


FIGURA 2.9 – EDIFICAÇÕES DA CIDADE DE NOVA YORK NO GOOGLE EARTH REPRESENTADAS (A) SEM TEXTURA E (B) COM TEXTURA
FONTE: GOOGLE (2008)

Ainda na Figura 2.7 pode ser observado que não há regras de simbolização cartográfica na representação, apenas a construção generalizada do modelo e sobre esse o uso, ou não, de textura. Pela facilidade proporcionada pelo Google Earth, via internet, muitas pessoas que tinham dificuldade em usar mapas produzidos em

papel, representados plano, passaram a usar este tipo de representação cartográfica digital, feita em 3D. Essa representação, usada pelo Google Earth, pode ser considerada uma combinação que mescla representações 3D simplificadas e representações 3D com textura extraída da edificação real, sobre o modelo do terreno coberto com imagens de satélite ou fotografias aéreas.

Além do Google Earth, outro *software* do grupo Google que tem sido usado na área de Cartografia 3D é o Google SketchUp. Este *software* permite gerar modelos em 3D com forma geométrica detalhada e com textura extraídas de feições reais e depois, inserir o modelo em coordenadas geográficas aproximadas e disponibilizá-lo no Google Earth. Na Figura 2.10 ilustra-se o edifício da faculdade de Arquitetura e Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto da Universidade de Karlsruhe, Alemanha, como exemplo de modelo 3D inserido no Google Earth.

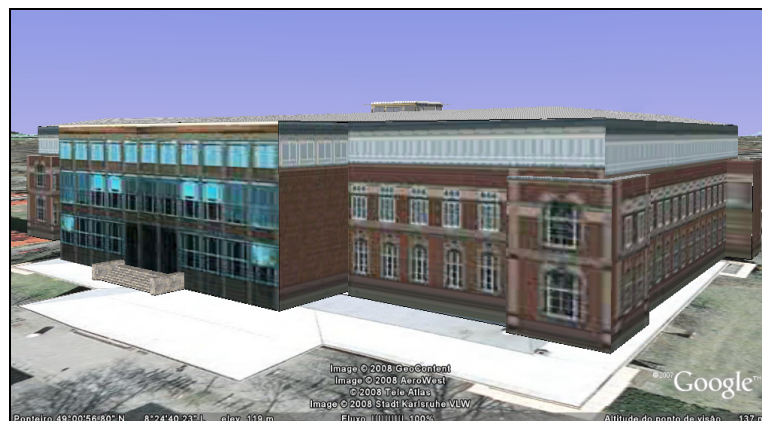


FIGURA 2.10 – UNIVERSIDADE DE KARLSRUHE
FONTE: GOOGLE (2008)

Um ponto relevante é que, em sua maioria, as representações tridimensionais permitem mostrar a realidade de forma mais completa, possibilitando uma representação que pode ser chamada de fotorealística, em função das texturas usadas. Este tipo de representação é comum à percepção humana e isso, em geral, facilita o seu reconhecimento. Além disso, a leitura eficiente de um mapa é consequência do conhecimento e experiência do usuário do mapa, por isso é comum que o usuário prefira uma representação fotorealística, desde que não necessite adquirir novos conhecimentos para lê-la. Tais representações carecem de

valor informativo, que é um quesito primordial num mapa, e falta de um importante elemento cartográfico que é a simbolização.

Outro exemplo de representação fotorealística é o trabalho de Song e Shan (2004), em que os autores usaram texturas no modelo de um SIG 3D do Campus da Universidade de Purdue, Estados Unidos. Na figura a seguir ilustra-se o modelo gerado com texturas extraídas das fachadas e dos telhados dos edifícios do campus e reaplicadas sobre o modelo 3D, visto em perspectiva de um ponto próximo da vertical (Figura 2.11a) e próximo da horizontal (Figura 2.11b).



FIGURA 2.11 – FOTOREALISMO USADO EM SIG 3D: PONTO DE VISTA EM PERSPECTIVA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO DA HORIZONTAL
FONTE: Adaptado de SONG e SHAN (2004)

A cada ano tem crescido o interesse pelas representações cartográficas 3D, tanto por parte dos profissionais da área de Cartografia quanto pelos usuários em geral, devido ao potencial visual de interatividade existente nesses produtos. Muitas dessas representações têm sido geradas para fins comerciais e para análise científica. Muitas possuem qualidade técnica e aparência visual agradável. Entretanto, também há inúmeros exemplos que necessitam ser aperfeiçoados. Isso ocorre, na maioria das vezes, nos casos em que é gerado o MDT da área e sobre esse é sobreposta uma imagem de uma ortofoto ou de um mapa, mas com baixa resolução espacial. Em geral, essas representações são usadas em aplicações turísticas ou para algum tipo de entretenimento, outras vezes, até mesmo para resolver questões de planejamento ou representação científica (HAEBERLING, 2005).

Na Figura 2.12 ilustra-se um exemplo de representação cartográfica 3D gerada a partir do MDT e da sobreposição de uma imagem de satélite (satélite QuickBird), usado no planejamento urbano. Este modelo foi usado como base para o desenvolvimento de um SIG 3D para a reestruturação da rede de energia elétrica da cidade de São Carlos, estado de São Paulo. Outro exemplo, da mesma região, é ilustrado pela Figura 2.13 em que um “mapa tridimensional”, assim chamado pelos autores, é usado para ilustrar o relevo da cidade para fins de gerenciamento de um sistema de redes de distribuição de energia. Entretanto, pode-se verificar, que são poucas as informações que podem ser extraídas mediante uma rápida análise visual nessa representação cartográfica 3D.



FIGURA 2.12 – MDT E IMAGEM DE SATÉLITE
FONTE: MEDINA et al. (2006)

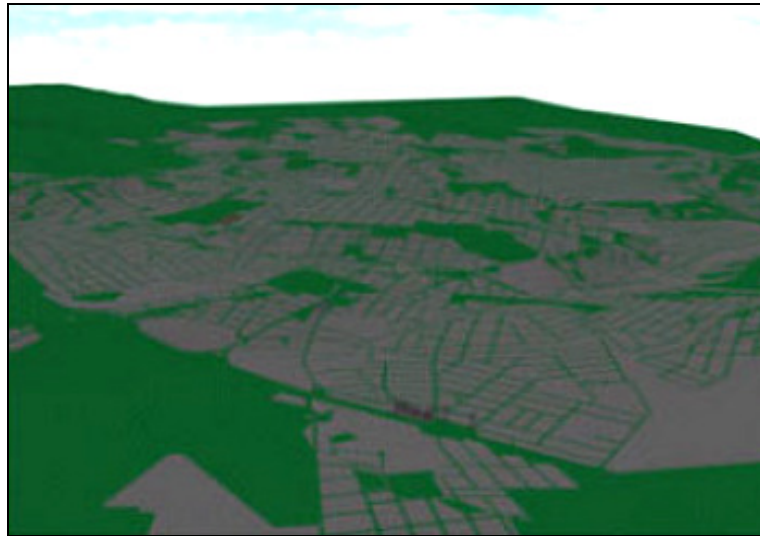


FIGURA 2.13 – MDT E IMAGEM DE UM MAPA PLANO
FONTE: VALÉRIO NETTO et al. (2005)

Outro exemplo de representação cartográfica 3D foi o trabalho de Fosse (2004) em que foi construído um mapa 3D temático do campus Centro Politécnico da UFPR. Neste trabalho foi gerado o MDT da área e sobre o mesmo foram inseridas as edificações da região representada (Figura 2.14). Tais edificações foram representadas de forma simplificada, como caixas de diferentes tamanhos, sem textura, semelhante ao Google Earth. Entretanto, no mapa apresentado em Fosse (2004, p. 78) se faz uso da variável visual tom de cor para identificar e classificar as edificações do campus. Este tipo de representação supre as necessidades de projeto cartográfico imposta à representação cartográfica 3D temática específica deste trabalho, mas ainda há necessidade de muito estudo nessa área de pesquisa.

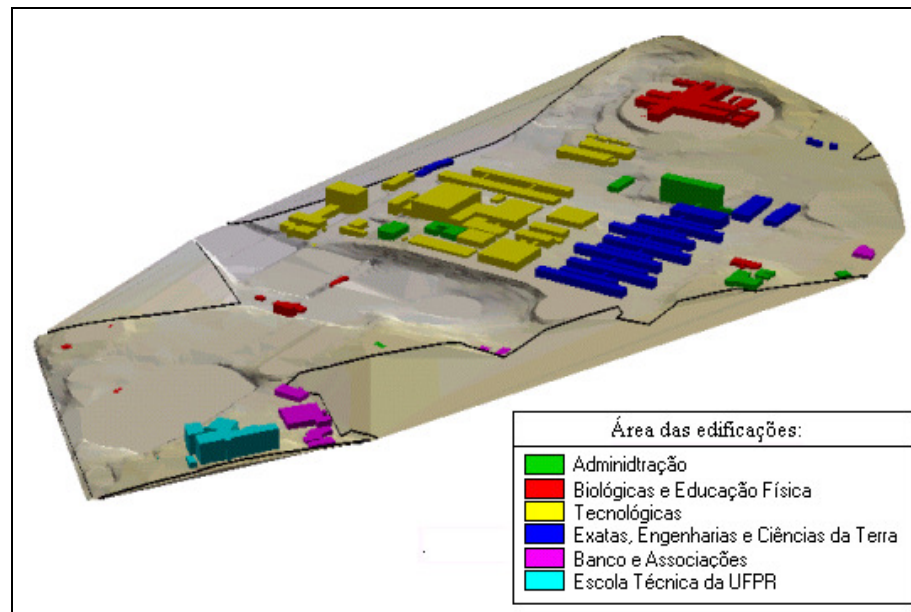


FIGURA 2.14 – REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D TEMÁTICA DO CENTRO POLITÉCNICO
 FONTE: FOSSE (2004, p.78)

Petrovic (2001) propõe uma simbologia para o mapeamento topográfico 3D que inclua elementos como o sistema de transportes, os elementos de vegetação, além de outros elementos como construções, rede de energia elétrica e pontes. Na Figura 2.15a mostra-se a simbologia proposta para a representação cartográfica 3D de uma edificação em três escalas diferentes, representada a partir da simbologia usada no mapa 2D. A Figura 2.15b exemplifica três classes de vegetação simbolizadas em 3D a partir do padrão usado para representar as mesmas classes no mapa plano. Alguns exemplos, como cemitério, rede de energia elétrica e corpos d'água, propostos para serem representados no mapa 3D, também podem ser vistos na Figura 2.15c.

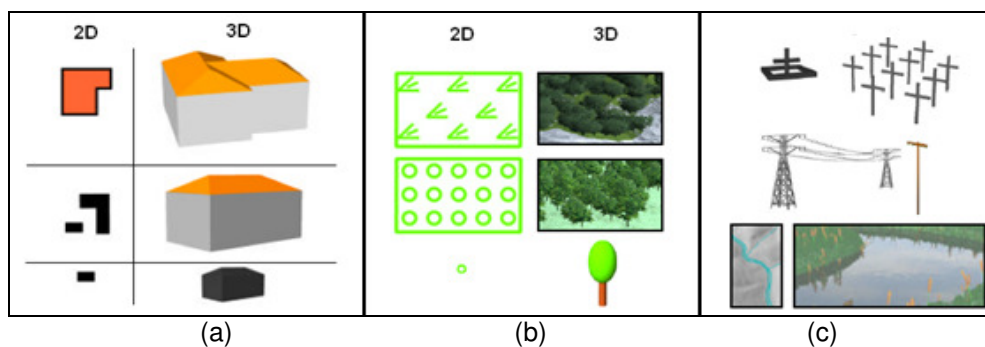


FIGURA 2.15 – PROPOSTA DE SÍMBOLOS PARA O MAPEAMENTO 3D: (A) EDIFICAÇÃO, (B) VEGETAÇÃO E (C) OUTROS ELEMENTOS
 FONTE: PETROVIC (2001, anexo1)

Com base na simbologia proposta em Petrovic (2001), foi desenvolvido um exemplo de mapa 3D de uma região localizada nos Alpes da Eslovênia. A área representada tem aproximadamente 2.500 m de altitude e 49 km² (7km x 7km) de área. Os dados planialtimétricos foram extraídos de uma carta topográfica na escala de 1:50.000 e os dados cadastrais de um mapa na escala 1:5.000. O MDT foi gerado a partir das curvas de nível da carta topográfica, e sobre esse foram inseridos todos os objetos e feições pertencentes à paisagem. O produto final pode ser observado nas Figuras 2.16a e 2.16b, em duas representações diferentes, em função das escalas usadas.



FIGURA 2.16 – REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA 3D EM DIFERENTES ESCALAS: VISTA DE UM PONTO (A) DISTANTE E (B) PRÓXIMO DO MODELO
FONTE: PETROVIC (2001, anexo2)

O trabalho de Petrovic é relevante do ponto de vista da simbologia para a representação cartografia tridimensional, pois introduz as primeiras discussões sobre este assunto e apresenta algumas possíveis soluções. Outro trabalho, também importante para a cartografia 3D, foi apresentado em Haerberling (2003). Neste trabalho, o autor apresenta um mapa 3D e avalia as variáveis gráficas presente no ambiente tridimensional interativo. Para tal, Haerberling desenvolveu e aplicou um teste de percepção cartográfica (Figura 2.17) com 20 especialistas da área de Cartografia no Instituto de Cartografia da ETH Zurich (*Swiss Federal Institute of Technology Zurich*).



FIGURA 2.17 –TESTE DE PERCEÇÃO APLICADO NA ETH
 FONTE: HAEBERLING (2003, p.110)

No teste apresentado em Haerberling (2003) foram avaliadas cinco variáveis gráficas: ângulo de apresentação do modelo (30° , 45° e 60°), distância do ponto de vista da câmera ao modelo (perto, médio e longe), posição do ponto de iluminação do modelo (45° , 90° e 135°), cor do fundo ou céu (neutro, intenso e fraco) e neblina (fraco, médio e forte). Para tal, os objetos e feições presentes no mapa foram representados com variação em tamanho e em forma (generalização), em três níveis diferentes. Na Figura 2.18a ilustra-se o esquema usado para representar as três variações do mapa em forma e em tamanho, o que resulta em nove representações diferentes. A avaliação dos mapas foi feita de forma impressa, como exemplificado na Figura 2.18b.

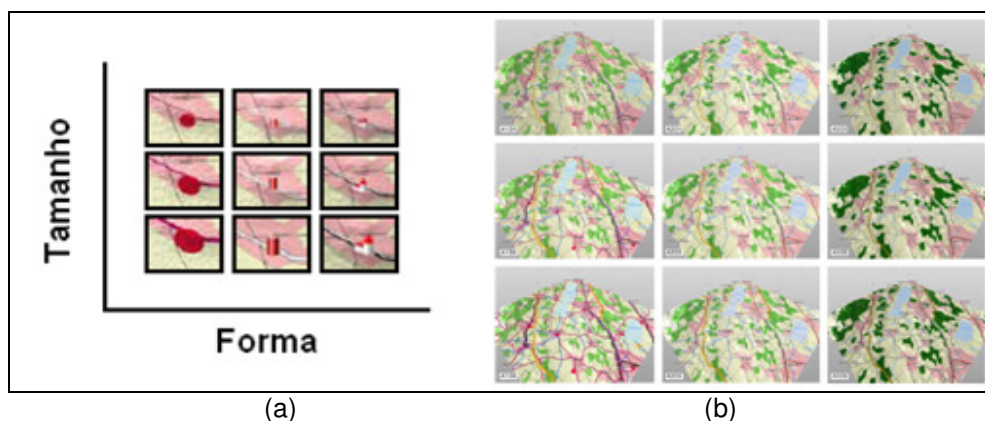


FIGURA 2.18 – ESTRUTURA DO TESTE: (A) VARIAÇÃO DOS ELEMENTOS EM TAMANHO E EM FORMA E (B) APRESENTAÇÃO DOS MAPAS
 FONTE: Adaptado de HAEBERLING (2003, anexo)

Com base no trabalho feito em Haerberling (2003), Fosse et al. (2006) desenvolveram um protótipo de mapa 3D e desenvolveram um pré-teste para avaliar

também as variáveis gráficas. A construção do mapa 3D foi feita a partir do MDT e sobre esse foram inseridos uma imagem do terreno e os objetos e feições da área. Para a elaboração do teste de percepção foram aplicadas variações em textura – fotografia aérea, mista e artificial – e em forma dos objetos – representação plana, representação 3D simplificada e representação 3D com maior grau de detalhamento dos objetos – o que também resultou em nove mapas diferentes.

As variáveis testadas em Fosse et al. (2006) foram: o ângulo de apresentação do mapa (30° , 45° e 60°), a distância do ponto de vista da câmera ao mapa (perto, médio e longo), a posição da fonte de luz incidente no mapa (a leste, a cima e a oeste), a cor do fundo ou céu (neutro, exagerado e natural) e o canevá (sem, pouco visível e muito visível). O pré-teste, em forma digital, foi elaborado e apresentado aos entrevistados em uma linguagem para o protocolo HTML. O pré-teste foi aplicado a doze alunos do curso de Engenharia Cartográfica da UFPR. Analisando os resultados, pode-se inferir que a preferência dos entrevistados, num primeiro momento, foi pelas imagens com inclinação aproximada da câmera de 60° , de distância média, luminosidade à leste, um fundo neutro e um canevá muito visível. Quando apenas as duas primeiras séries (inclinação e proximidade) são analisadas e são consideradas questões do ponto de vista cartográfico, o usuário passa a preferir o mapa de textura mista e com os objetos representados em três dimensões com maior grau de detalhamento (Figura 2.19). Os usuários também apontam como o mapa menos agradável de interpretar aquele de textura extraída da ortofoto e com os objetos representados apenas no plano.

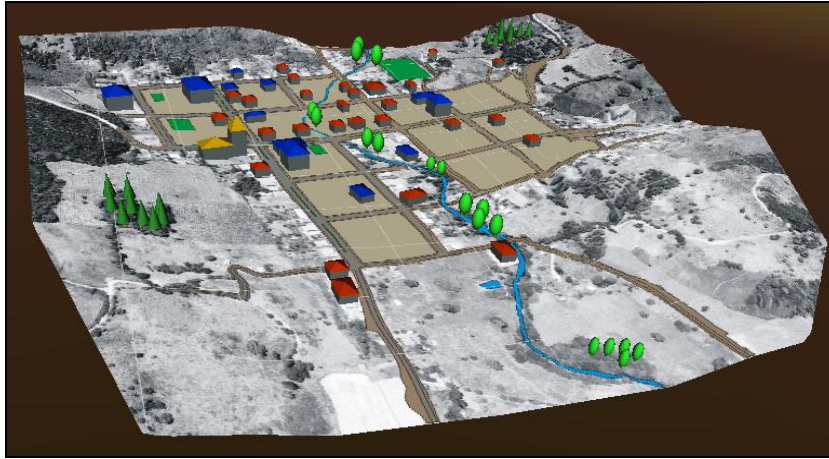


FIGURA 2.19 – MAPA 3D ESCOLHIDO PELOS ENTREVISTADOS DO PRÉ-TESTE

Dentre as recomendações feitas em Fosse et al. (2006) para futuros trabalhos, pode-se citar um estudo sobre a simbolização cartográfica e a geração de um mapa 3D que represente os objetos e feições topográficas da área de modo mais completo. Outra recomendação foi para a elaboração de um teste de percepção qualitativo que permita que o usuário navegue no mapa 3D de forma interativa, o que é apresentado no próximo capítulo e faz parte dos objetivos específicos deste trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Dentre os objetivos propostos nesta pesquisa, tem-se a elaboração de uma proposta de representação cartográfica tridimensional e a elaboração de um teste de percepção para avaliar a simbologia e a orientação geográfica. Com base nestes objetivos, este capítulo apresenta a metodologia desenvolvida para a geração das representações cartográficas tridimensionais e para o teste de percepção cartográfica.

3.1 DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO E PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

A proposta de geração de uma representação cartográfica 3D em ambiente virtual teve início no estabelecimento de uma área adequada para fins desta pesquisa. Pouco se sabe sobre o processo de comunicação cartográfica num ambiente 3D interativo, por isso teve-se o cuidado de se estabelecer uma área de estudo com características físicas simples, tal como ocorre numa área rural, se comparadas à complexidade de representação de uma área urbana. Além da região de estudo estar localizada numa zona rural, definiu-se que a base cartográfica deveria constar apenas dos elementos básicos de representação de um mapa de uso geral, tais como hidrografia, sistema viário e vegetação, além de edificações e das informações do relevo. Este último, com a característica de ser montanhoso, para uma melhor apresentação visual da tridimensionalidade do terreno.

Assim, foi escolhida a região do Sana, situada ao longo do rio que recebe o mesmo nome: Sana, pertencente ao município de Macaé, próximo à cidade de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro. Na Figura 3.1 ilustra-se a localização da região do Sana num mapa do estado do Rio de Janeiro, e na Figura 3.2 ilustra-se, com mais detalhes, essa mesma região, num mapa de escala maior.



FIGURA 3.1 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO NO NÍVEL DE ESTADO
 FONTE: Adaptado de BRASIL (2007)



FIGURA 3.2 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO NO NÍVEL DE MUNICÍPIO
 FONTE: Adaptado de BRASIL (2007)

Por volta de 2004, foi realizado um estudo de proteção ambiental na região do Sana, e por este motivo foi feito um levantamento planialtimétrico da área próxima às margens do rio Sana. Este projeto recebeu o nome de APA do Sana – Plano de Manejo e Primeiras Ações, e foi viabilizado graças aos recursos financeiros oriundos da Usina Termelétrica Norte Fluminense, por conta de medidas de compensação ambiental. Houve também a participação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, por meio da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, além da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Macaé e de entidades comunitárias do Sana.

Em função da grande extensão do Rio Sana em relação à largura da Faixa Marginal de Proteção, definida na legislação em 50 metros, a região em diagnóstico foi subdividida em cinco regiões menores. Esta subdivisão foi elaborada com base nas características geomorfológicas, ocupação, uso e cobertura do solo e extensão territorial da região em estudo, de modo a facilitar a análise, a apresentação dos resultados e o monitoramento das áreas por parte das autoridades competentes (MACAÉ, 2004). A Figura 3.3 ilustra a divisão das cinco áreas feitas para o projeto APA do Sana. Das cinco áreas, três delas foram usadas como base cartográfica para gerar as representações cartográficas tridimensionais em estudo nessa tese e são identificadas pelos números 2, 3 e 5.

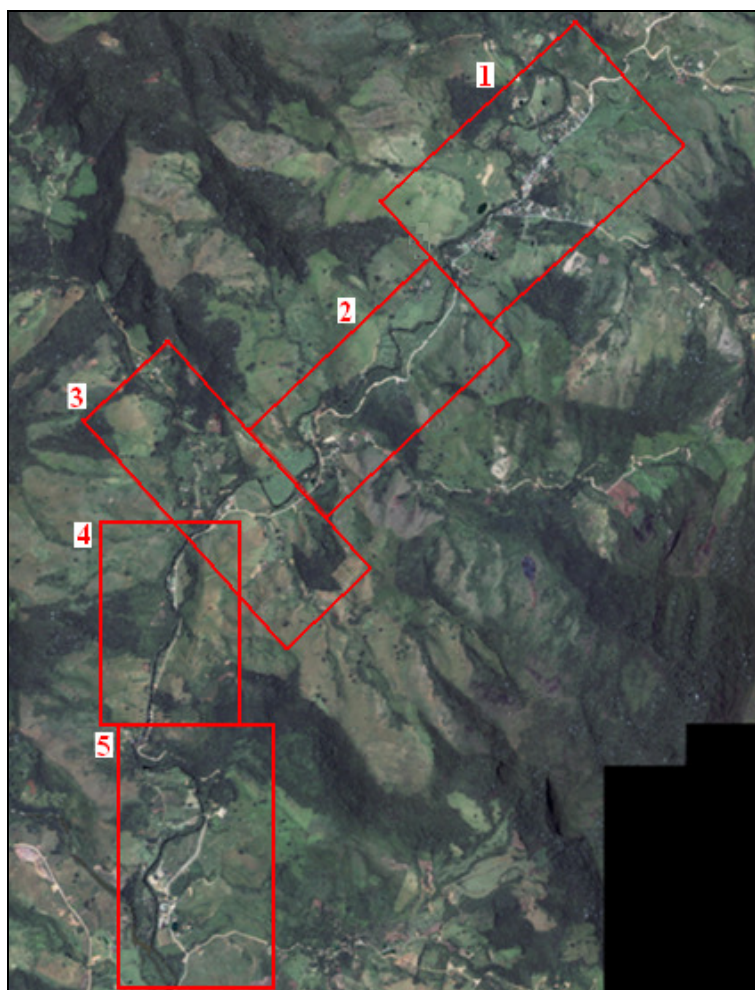


FIGURA 3.3 – SUBDIVISÃO DA ÁREA DO PROJETO APA DO SANA

A base cartográfica da área 2 foi usada para gerar a representação cartográfica 3D correspondente ao modelo 3 e 5, a base cartográfica da área 3 foi usada para gerar a representação cartográfica 3D correspondente ao modelo 2 e 6, e a base cartográfica da área 5 foi usada para gerar a representação cartográfica 3D correspondente ao modelo 1 e 4. As áreas selecionadas medem aproximadamente 2 Km². No decorrer do texto será explicada a geração de cada um dos modelos.

A base cartográfica foi restituída em escala 1:2.000, a partir de fotografias aéreas na escala 1:8.000, composta por informações de relevo em pontos cotados e curvas de nível com intervalo de 5 em 5 metros, e informações de hidrografia, sistema viário e vegetação, além do cadastro das construções presentes na área. Entretanto, foram feitas algumas alterações na base cartográfica original em função das necessidades do teste de percepção. São elas: a inserção de novos objetos como igreja, escola, torre de telecomunicações e moinho de vento; alteração do tipo de classes de vegetação e de classes do sistema viário, em alguns casos, e eliminação de algumas edificações.

Após a adoção de uma região de estudo, foi necessário preparar a base cartográfica para as representações cartográficas. Nesta etapa foi usado o *software* AutoCAD (versão 2002) para selecionar e organizar os dados para a representação cartográfica, portanto uma reedição da base cartográfica. Foi necessário converter linhas em polilinhas e unificar elementos que estavam separados e que deveriam ser únicos, como foi o caso de curvas de nível e de elementos de hidrografia. Esta etapa pôde ser considerada trabalhosa, pelo tempo gasto, mas é importante evitar problemas dessa natureza em etapas posteriores.

3.2 GERAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D NO SOFTWARE 3D STUDIO MAX

Após a reedição dos arquivos vetoriais teve início à geração das representações cartográficas tridimensionais, com o *software* 3D Studio Max. Este *software* é usado na área de computação gráfica e animação 3D, e foi desenvolvido

para criar cenas complexas que buscam imitar a realidade, e possibilitar a animação dos objetos criados e, ainda, transformar esta animação em filmes. O 3D Studio Max também permite exportar os arquivos em diferentes formatos, dentre eles, o formato da linguagem VRML, que permite ver e interagir com a representação cartográfica 3D por meio de um *browser* de navegação da internet.

O *software* 3D Studio Max se mostrou indicado para gerar as representações cartográficas usadas nessa pesquisa, visto que abrange as necessidades de tridimensionalidade e permite que o produto final tenha formato compatível para uso no teste de percepção. Ressalta-se que, Wintgers e Saenger (2000) também apresentaram resultados relevantes no uso do 3D Studio Max para gerar modelos para serem usados como uma representação cartográfica 3D.

Dentre os experimentos feitos por Wintgers e Saenger (2000), é pertinente para esta pesquisa a comparação entre diferentes métodos usados para a geração de um MDT. A partir de dados de curva de nível, os autores testaram quatro métodos de geração de superfície de terreno: extrusão, *nurbs*, *grid* e TIN. Segundo estes autores, em função da aparência visual da superfície modelada e do tamanho do arquivo gerado, os melhores resultados são obtidos por TIN. Na Figura 3.4 ilustra-se o MDT de uma das representações cartográficas gerada, feito por TIN, na qual podem ser percebidos os detalhes do terreno.

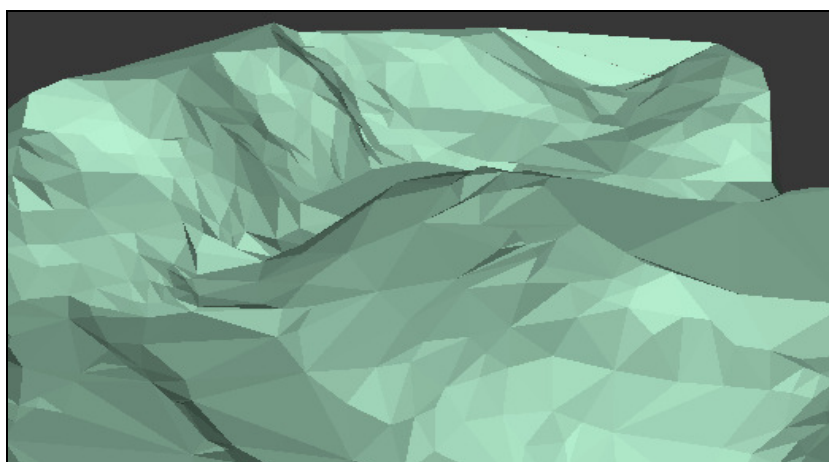


FIGURA 3.4 – MDT DE UMA DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS GERADA

Entretanto, o modelo gerado ficou sem referência espacial, como se estivesse flutuando. Para eliminar este efeito, adotou-se uma superfície de referência horizontal para se ter a sensação de continuidade de superfície, tal como ocorre nos mapas em papel. Na Figura 3.5 ilustra-se o MDT com a superfície de referência horizontal de uma das representações cartográficas gerada.

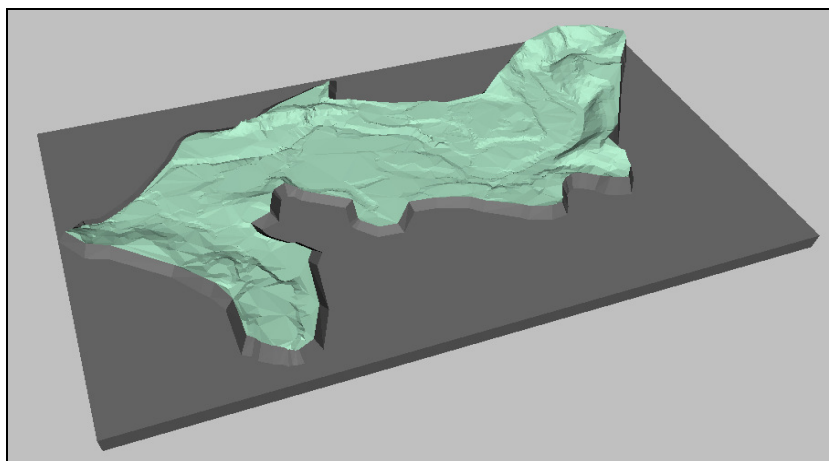


FIGURA 3.5 – MDT E SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA HORIZONTAL

Após gerar o MDT e a superfície de referência horizontal, foram representados os objetos e feições de cada área e o método de orientação geográfica. O teste de percepção foi dividido em duas partes: simbologia e orientação geográfica. Para a primeira parte do teste, simbologia, foram geradas três representações cartográficas que receberam o nome de modelo 1, modelo 2 e modelo 3, e para a segunda parte do teste, orientação geográfica, foram geradas outras três representações cartográficas, denominadas de modelo 4, modelo 5 e modelo 6. As seis representações cartográficas 3D geradas receberam o nome de modelo e foram numeradas para facilitar o entendimento do entrevistado e do leitor.

Na representação cartográfica modelo 1 adotou-se uma simbologia análoga àquela adotada na carta topográfica, que é já consolidada. Na representação cartográfica modelo 2 adotou-se a simbologia dos mapas turísticos, que também é uma simbologia consolidada na representação de mapas planos. No modelo 3, foi adotada uma simbologia realística que, em geral, tem sido usada para representar os modelos virtuais e visa representar os objetos e feições com aparência

semelhantes aos objetos e feições reais.

Na representação cartográfica modelo 4 adotou-se como orientação geográfica a inserção de letras nas laterais do modelo virtual para indicar os pontos cardeais e colaterais. Este método propõe uma orientação direta, dado pelas letras que indicam os pontos de orientação. Na representação cartográfica modelo 5 usou-se a rosa dos ventos para indicar a orientação geográfica, que é um método popularmente conhecido pelos usuários de mapa. Na representação cartográfica modelo 6 usou-se uma figura auxiliar, correspondente ao modelo virtual visto em perspectiva ortogonal, com uma marca de localização itinerante correspondente à localização do ponto de vista do usuário no modelo 3D, resultando num método interativo de orientação geográfica. A Tabela 3.1 descreve, resumidamente, as seis representações cartográficas 3D, nomeadas e com sua principal característica.

TABELA 3.1 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Simbologia	
Modelo 1	Carta topográfica
Modelo 2	Mapa turístico
Modelo 3	Realística
Orientação Geográfica	
Modelo 4	Pontos de orientação nas bordas do modelo virtual
Modelo 5	Rosa dos ventos
Modelo 6	Marca de localização itinerante

As seis representações cartográficas – modelo 1, modelo 2, modelo 3, modelo 4, modelo 5 e modelo 6 – foram geradas no *software* 3D Studio Max (extensão .3ds), que hoje se encontra disponível na internet em versões livres. Depois de geradas, as representações cartográficas foram exportadas para a linguagem VRML (extensão .wrl) para acesso via um *browser* de internet, com um *plug in* de visualização 3D específico. Existem vários *plug in* que podem ser usados para este tipo de apresentação visual, são gratuitos e podem ser obtidos na própria internet. O objetivo foi gerar um produto cartográfico que o usuário pudesse acessar de maneira rápida e sem custos.

3.2.1 Primeira parte: Simbologia

A simbolização dos objetos e feições das representações cartográficas foi feita com base na mesma divisão usada na carta topográfica e na presença de tais classes e subclasses na região de estudo, correspondente às áreas escolhidas para representação. A simbolização foi dividida em quatro classes: sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos. A classe sistema de transportes foi subdividida em: rodovia pavimentada, rodovia não pavimentada, caminho carroçável e estrada de ferro. Os elementos de hidrografia foram representados em curso de água e lago ou lagoa. A classe elementos de vegetação foi representada pelas seguintes feições: cultura permanente, cultura temporária, reflorestamento e vegetação natural rasteira. E a classe outros elementos representou os demais objetos: ponte, edificação, igreja ou templo, escola, torre de comunicações e moinho de vento.

Para representar a classe sistema de transportes foi usada a primitiva gráfica linha, e foi adotada a mesma variável visual para as representações cartográficas referentes ao modelo 1 e ao modelo 2, semelhante à simbologia usada na carta topográfica e no mapa turístico, respectivamente. Entretanto, para a representação cartográfica correspondente ao modelo 3, realístico, foi adotada a variável visual textura, usando texturas semelhante às das feições reais. A exceção foi a representação da feição estrada de ferro, pois foi usada a mesma simbologia para os três modelos. Na Figura 3.6 ilustra-se a simbologia adotada para representar a classe sistema de transportes para o modelo 1, modelo 2 – únicas –, e o modelo 3.













	modelo1	modelo2	modelo3
Rodovia pavimentada			
Rodovia não pavimentada			
Caminho carroçável			
Estrada de ferro			

FIGURA 3.6 – SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES

Para representar a classe elementos de hidrografia foi usada a primitiva gráfica área. No modelo 1 foi adotada a variável visual tom de cor , de forma similar à simbologia usada em uma carta topográfica. No modelo 2, a simbologia usada no mapa turístico foi adotada. Na representação cartográfica correspondente ao modelo 3 foi adotada uma textura semelhante à feição real. Na Figura 3.7 ilustra-se a simbologia usada no modelo 1, modelo 2 – únicas – e modelo 3, para representar a classe elementos de hidrografia.

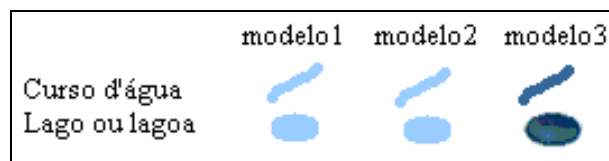


FIGURA 3.7 – SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA

A vegetação foi representada no modelo 1 pela variável visual textura e no mesmo nível da superfície do terreno. A textura utilizada encontra-se sobre o MDT e corresponde ao padrão usado para representar a vegetação na carta topográfica. A segunda simbologia que representa a vegetação, usada no modelo 2, é formada por símbolos tridimensionais pictóricos. Ainda no modelo 2, outra opção foi a criação de um “bloco” de altura fixa a partir da superfície do terreno que pudesse representar uma vegetação mais densa. Na representação da vegetação no modelo 3 foi usado o “bloco” de altura fixa, representado sobre a superfície do terreno, e sobre esse foi aplicada uma textura real obtida de uma imagem de satélite. Na Figura 3.8 ilustra-se a simbologia usada para a classe elementos de vegetação nas três representações.

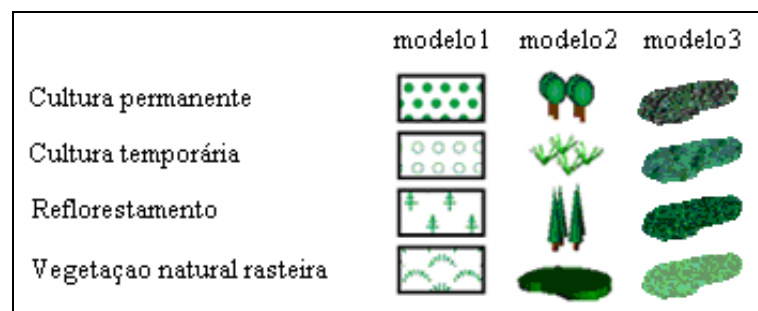


FIGURA 3.8 – SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO

A classe outros elementos também foi representada segundo a simbologia usada na carta topográfica no modelo 1, ou seja, símbolos abstratos, pontuais e planos sobre a superfície do terreno. No modelo 2 foram usados símbolos tridimensionais simplificados para representarem os objetos. Por último, no modelo 3 foram usados símbolos realísticos, com formas e texturas semelhantes aos objetos reais (Figura 3.9).

	modelo1	modelo2	modelo3
Ponte			
Edificação			
Igreja ou templo			
Escola			
Torre de telecomunicações			
Moinho de vento			

FIGURA 3.9 – SIMBOLOGIA USADA PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS

Com base na simbologia descrita, as três representações cartográficas foram geradas e são apresentados a seguir. Na Figura 3.10 ilustra-se uma cena do modelo 1, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 3.11 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.

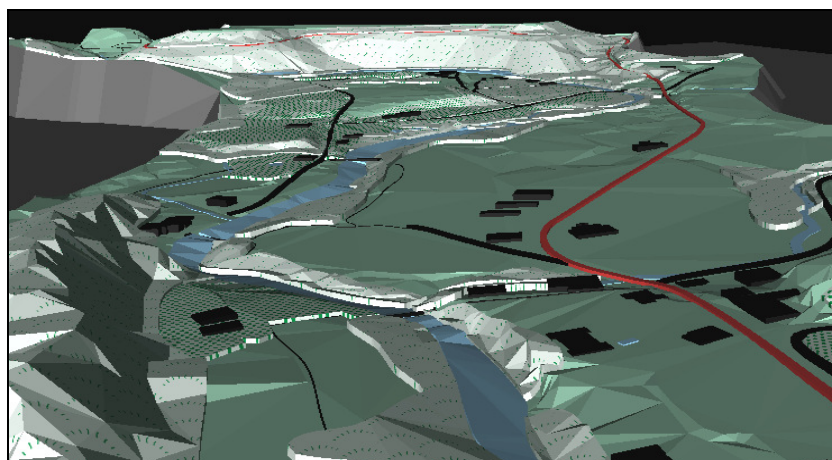


FIGURA 3.10 – VISTA PARCIAL DO MODELO 1













SISTEMA DE TRANSPORTES	
Rodovia pavimentada	
Rodovia não pavimentada	
Caminho carroçável	
Estrada de ferro	
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA	
Curso d'água	
Lago ou lagoa	
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO	
Cultura permanente	
Cultura temporária	
Reflorestamento	
Vegetação natural rasteira	
OUTROS ELEMENTOS	
Ponte	
Edificação	
Igreja ou templo	
Escola	
Torre de telecomunicações	
Moinho de vento	

FIGURA 3.11 – LEGENDA DO MODELO 1

Na Figura 3.12 ilustra-se uma cena do modelo 2, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 3.13 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.

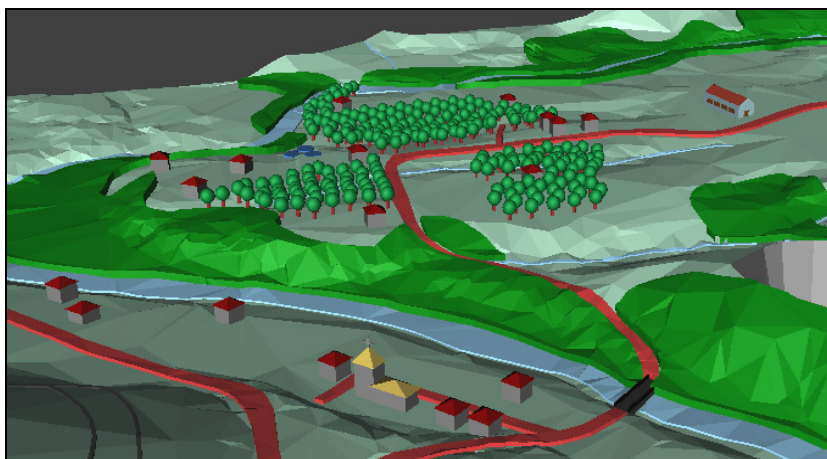


FIGURA 3.12 – VISTA PARCIAL DO MODELO 2














SISTEMA DE TRANSPORTES	
Rodovia pavimentada	
Rodovia não pavimentada	
Caminho carroçável	
Estrada de ferro	
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA	
Curso d'água	
Lago ou lagoa	
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO	
Cultura permanente	
Cultura temporária	
Reflorestamento	
Vegetação natural rasteira	
OUTROS ELEMENTOS	
Ponte	
Edificação	
Igreja ou templo	
Escola	
Torre de telecomunicações	
Moinho de vento	

FIGURA 3.13 – LEGENDA DO MODELO 2

Na Figura 3.14 ilustra-se uma cena do modelo 3, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 3.15 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.



FIGURA 3.14 – VISTA PARCIAL DO MODELO 3



FIGURA 3.15 – LEGENDA DO MODELO 3

3.2.2 Segunda parte: Orientação Geográfica

Desde a era de Mercator, a orientação geográfica é feita na carta topográfica com base nos meridianos e paralelos, resultado das proposições matemáticas das projeções cartográficas. A posição geográfica (latitude, longitude) junto com a declinação magnética torna-se um elemento importante para a orientação geográfica de um mapa plano. Entretanto, quando se trata de uma representação cartográfica 3D, novos métodos de orientação geográfica devem ser pesquisados, visto que são maneiras diferentes de apresentar as informações cartográficas.

Assim, outras três representações cartográficas – modelo 4, modelo 5 e modelo 6 – foram elaboradas para a segunda parte do teste de percepção. Como base foi adotada a simbologia usada no modelo 2 da primeira parte e propostos três métodos de orientação geográfica. A escolha da simbologia adotada, modelo 2, foi feita em função dos resultados da primeira parte do teste de percepção, que é

descrito no Capítulo 4 dessa tese.

O primeiro método proposto para representar a orientação geográfica do modelo 4, foi feito com a inserção de letras nas laterais da representação cartográfica para indicar a posição dos pontos cardeais e colaterais: N = norte, S = sul, E = leste, O = oeste, NE = nordeste, SE = sudeste, SO = sudoeste e NO = noroeste. Visto que se trata de um modelo virtual, a navegação é interativa e permite infinitos pontos de vista, assim, a proposta deste método de orientação geográfica é orientar o usuário por meio das letras indicativas dos pontos cardeais e colaterais visíveis na tela.

Outro elemento considerado nesta representação cartográfica é o texto. Um texto pode ser considerado uma representação bidimensional e, dependendo do ângulo em que é visto, num modelo virtual pode-se tornar ilegível. Assim, optou-se por fazer com que as letras indicativas dos pontos de orientação sempre estivessem de frente para o ponto de vista do usuário. Na Figura 3.16 ilustra-se o modelo 4, com a posição das letras indicativas das direções voltadas para o usuário.

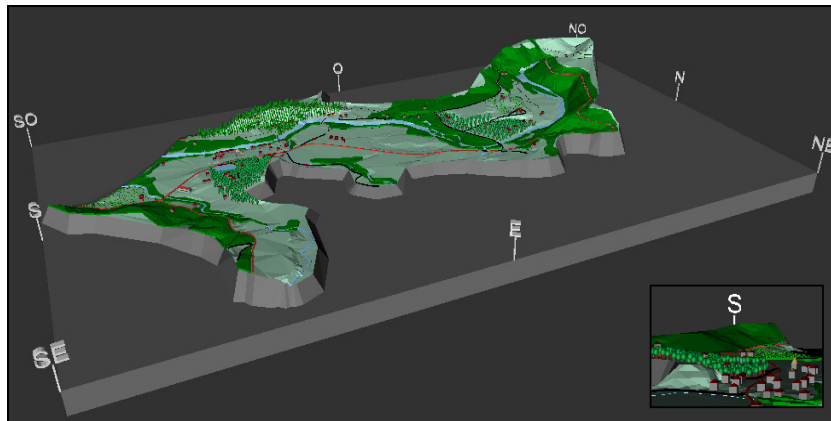


FIGURA 3.16 – MODELO 4

O modelo 5 apresenta um método de orientação geográfica geralmente usado nos mapas em papel: a rosa dos ventos. Como a rosa dos ventos é amplamente usado nos mapas plano, o objetivo aqui é verificar a sua eficiência também numa representação cartográfica 3D. Para tal, foi inserida no canto esquerdo superior da representação cartográfica uma rosa dos ventos indicando as direções norte, sul, leste e oeste. Na Figura 3.17 ilustra-se o modelo 5, com a rosa

dos ventos em destaque no canto direito superior.

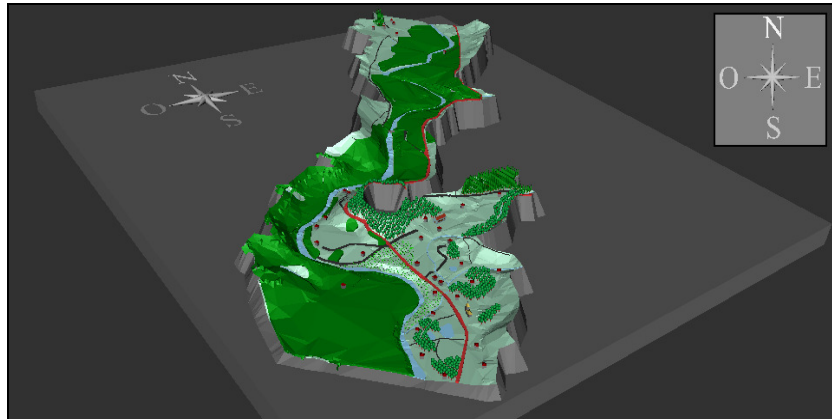


FIGURA 3.17 – MODELO 5

Além da representação cartográfica 3D, o modelo 6 apresenta, no lado direito da tela, uma figura correspondente à representação cartográfica vista em perspectiva ortogonal. Enquanto o usuário navega no modelo virtual, sua posição é representada na figura ao lado através de uma marca itinerante, em forma de um asterisco. A intenção é fazer com que o usuário possa se orientar com o auxílio da figura e da marca itinerante. Na Figura 3.18 ilustra-se no modelo 6: do lado esquerdo da tela a representação cartográfica 3D e do lado direito a figura, em perspectiva ortogonal, com o asterisco que mostra a posição do ponto de vista do usuário ampliado.

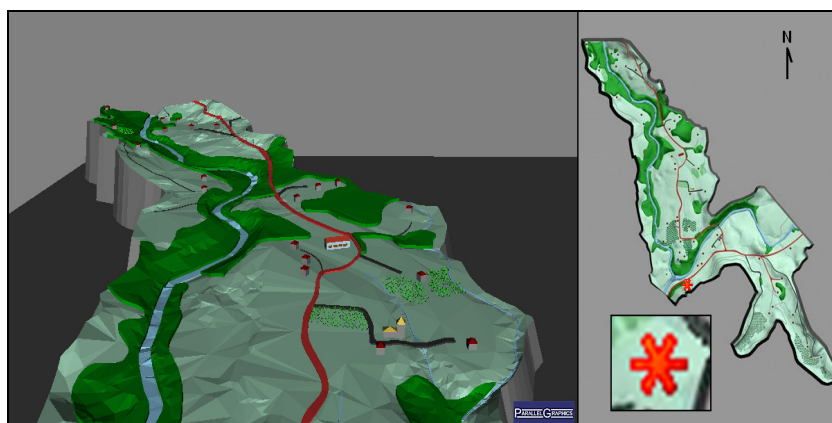


FIGURA 3.18 – MODELO 6

O modelo 6 foi a única representação cartográfica 3D que necessitou de uma programação específica após gerado no *software* 3D Studio Max e exportado para a linguagem VRML. Foi necessário criar três novos arquivos, ou melhor,

modificar o arquivo VRML já existente, para obedecer a programação, criar um arquivo *script* (JavaScript), responsável por mover o cursor e ajustar o *layout* da página quando necessário, e criar um arquivo de configuração da página, útil em alguns servidores de aplicação. Além disso, foi necessário criar um novo arquivo HTML como página principal para ligar os arquivos mencionados.

3.3 TESTE DE PERCEPÇÃO

Segundo Suchan e Brewer (2000, p.147), o método de pesquisa qualitativo é o mais indicado para pesquisas em Cartografia. Segundo estes autores, a pesquisa qualitativa pode gerar e modificar conceitos de pesquisas iniciais, pois ajuda a interpretar os resultados ou conseqüências de uma ação realizada pelo entrevistado, e assim, identificar novas descobertas. O método qualitativo pode ser empregado por meio de entrevistas, observação dos participantes ou análise de documentos, como por exemplo, um questionário. E todos esses métodos podem ser feitos por amostragem.

A entrevista geralmente é direcionada por um questionário, mas deve resultar numa conversa informal entre o entrevistado e o entrevistador, em que o participante discute a sua experiência a respeito da situação criada pelo pesquisador (SUCHAN e BREWER, 2000, p.149).

Segundo Egbert (1994, p.71), a entrevista, o questionário e a discussão em grupo formam a solução mais completa para examinar um sistema de exploração de mapas. Pode-se promover um ambiente aberto e irrestrito, em que se permite que o entrevistado expresse livremente as suas idéias, direcionadas por meio do questionário, como também permite que sejam feitos comentários, pensamentos, opiniões ou sugestões inéditas.

No caso dessa pesquisa, optou-se pela entrevista direcionada por um questionário aberto. Entretanto, não houve a necessidade da discussão em grupo, visto que a entrevista foi suficiente para obter as respostas necessárias para avaliar

os elementos propostos nas representações cartográficas geradas.

O teste de percepção foi elaborado com o objetivo de avaliar os elementos de um mapa discutidos nesta pesquisa. Para isso, algumas tarefas cognitivas foram elaboradas para serem realizadas pelos entrevistados. As tarefas cognitivas foram separadas em duas partes: a primeira para avaliar a simbologia – modelo 1, modelo 2 e modelo 3 –, e segunda para avaliar a orientação geográfica – modelo 4, modelo 5 e modelo 6. A seguir, são descritos os objetivos e as respectivas tarefas cognitivas, em forma de perguntas, como apresentadas no teste de percepção.

3.3.1 Primeira parte: Simbologia

a) Tarefa: Aptidão

A finalidade desta tarefa é possibilitar que, ao navegar em cada um dos modelos, o entrevistado se familiarize com a simbologia usada. Além disso, ao responder a estas duas questões, o período de tempo gasto permite que o entrevistado também se familiarize com a navegação virtual, onde a maioria das pessoas encontra alguma dificuldade.

Se as respostas dadas não forem coerentes, significa que o entrevistado não entendeu corretamente as perguntas ou não foi capaz de interagir com os modelos para respondê-las. Isso indica que este teste deve ser desconsiderado na análise dos resultados. Foram feitas as seguintes questões para a execução desta tarefa:

Questão 1: Quantas igrejas existem em cada um dos modelos?

Questão 2: Quais os tipos de estradas que podem ser identificados nos modelos?

b) Tarefa: Análise da simbologia por classes

O entrevistado deve analisar a simbologia de cada uma das classes e compará-las nas três representações cartográficas. Pergunta-se a sua opinião quanto à melhor representação para cada uma das classes representadas, e a razão

de sua escolha. Nesta questão é possível analisar a opinião do entrevistado para cada classe separadamente, ou seja, num contexto pontual, classe a classe.

Questão 3: Em qual dos três modelos você acha mais fácil identificar as diferentes classes representadas (sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos)? Por quê?

c) Tarefa: Análise da simbologia num contexto geral

Nesta questão, o objetivo é fazer com que o entrevistado analise a simbologia usada em cada uma das representações cartográficas num contexto geral, considerando todas as classes representadas. Ele deve escolher uma das simbologias usadas e descrever a razão de sua escolha.

Questão 4: A simbologia de qual dos três modelos você escolheria para ser adotada nas representações cartográficas 3D? Por quê?

d) Tarefa: Críticas e sugestões

O entrevistado deve emitir a sua opinião sobre a simbologia usada em cada uma das representações cartográficas, através de críticas, sugestões de mudança ou comentários que julgar relevante. Esta questão deve complementar as demais, discutidas nas perguntas anteriores.

Questão 5: Dê alguma sugestão, ou faça alguma crítica, sobre a simbologia usada em cada um dos modelos.

3.3.2 Segunda parte: Orientação Geográfica

a) Tarefa: Aptidão

Assim como na primeira parte do teste, simbologia, a primeira tarefa do teste de orientação geográfica, diz respeito às condições de participação do entrevistado para a realização do teste. Esta tarefa permite que o entrevistado execute as funções de navegação e se familiarize com os métodos de orientação geográfica

apresentados em cada uma das representações cartográficas. Neste caso, há três questões para o entrevistado responder, e para tal, é necessário que o mesmo navegue e use o método de orientação geográfica representado no modelo. No caso em que as respostas do entrevistado forem incoerentes, esse não será considerado apto e as suas respostas serão desconsideradas para análise.

As três perguntas que são feitas ao entrevistado exigem três diferentes ações. Na primeira questão, é necessário que o entrevistado localize e oriente um objeto em função de outro objeto, e para isso é necessário que ele interprete os pontos cardeais. Na segunda questão, é necessário que o entrevistado localize alguns objetos e os oriente, um em relação ao outro. E, por último, na terceira questão, o entrevistado deve localizar um objeto por meio da orientação dada pelo objeto localizado anteriormente.

Questão 1: Com base nos modelos e tendo como referência a igreja, qual é a direção da escola em termos de pontos cardeais/colaterais (N, S, L, O, NE, SE, NO ou SO)?

Questão 2: Com base nos modelos e levando em consideração igreja, a torre de telecomunicações e a escola, qual destes objetos está localizado mais ao sul da área representada?

Questão 3:

Modelo 4 - Localize a igreja e próximo a ela um lago. Qual é o objeto (ou feição) representado na direção oeste do lago?

Modelo 5 - Localize a escola e próximo a ela uma área de reflorestamento. Qual é o objeto (ou feição) que limita esta área ao sul?

Modelo 6 - Localize a igreja e a partir dela localize três pequenos lagos. Qual é a classe de vegetação localizada a leste dos lagos?

b) Tarefa: Funcionalidade

O objetivo é identificar, dentre os métodos de orientação geográfica apresentados, aquele que o entrevistado acha mais fácil de usar, ou seja, o mais

prático, que é usado sem dificuldades. Também deve fundamentar sua escolha, ou seja, o que o faz ser um mapa mais fácil de ser usado do que os demais.

Questão 4: Qual dos três métodos usados nos modelos para indicar a orientação geográfica você considera mais funcional, ou seja, mais fácil de usar? Por quê?

c) Tarefa: Escolha do método de orientação geográfica

O objetivo desta questão é saber se o método de orientação geográfica que o entrevistado considera mais fácil de ser usado é também o mais adequado para ser adotado numa representação cartográfica 3D. Caso ele considere outro método de orientação geográfica mais adequado, qual é e por que, ou seja, qual é o critério que ele usa para fazer esta escolha.

Questão 5: Qual dos métodos de orientação geográfica apresentados você adotaria para ser usado nas representações cartográficas 3D? Por quê?

d) Tarefa: Críticas e sugestões

Esta questão deve complementar as anteriores mediante críticas e sugestões sobre os métodos de orientação geográfica discutidos no teste de percepção. Além disso, o entrevistado pode sugerir outro método para futuros experimentos ou alguma modificação para os já apresentados.

Questão 6: Dê sugestões e críticas sobre o método de orientação geográfica usado em cada um dos modelos. E, caso você tenha outra sugestão como método de orientação geográfica para uma representação cartográfica 3D, descreva-o.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os entrevistados foram escolhidos com base em duas características. O entrevistado deve estar familiarizado com a internet e ter conhecimentos de Cartografia. Ele deve saber navegar num *web site*, visto que o teste foi programado em estrutura de linguagem de internet, e também deve saber interagir com o modelo em avaliação, ou seja, navegar no modelo virtual. Entende-se por navegação a capacidade de realizar o sobrevôo do modelo, de se afastar ou se aproximar virtualmente do mesmo, de girar para cima e para baixo, para a esquerda e para a direita. O conhecimento em Cartografia é necessário para fazer a leitura de uma representação cartográfica, neste caso, identificar a simbologia e orientar geograficamente os objetos e feições presentes nas representações cartográficas 3D.

Com base nas necessidades mencionadas e na disponibilidade, foram selecionados alunos da UFRRJ, da UFPR e da Universidade de Karlsruhe para o teste de percepção. Cada entrevistado preencheu um questionário, referente a dados pessoais e sobre o seu conhecimento em Cartografia e em navegação em VRML. Este questionário encontra-se no Apêndice, juntamente com o questionário direcionado do teste.

A primeira parte do teste de percepção – simbologia – foi aplicada a dois grupos de entrevistados: dezessete alunos do curso de Engenharia de Agrimensura da UFRRJ e seis alunos da pós-graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, especialistas nas áreas de Sensoriamento Remoto/Fotogrametria, Cartografia e Geodésia. O teste foi realizado no período de 30 de julho a 16 de agosto de 2007, pelo primeiro grupo, e de 3 a 13 de setembro do mesmo ano, pelo segundo grupo.

A segunda parte do teste de percepção – orientação geográfica – foi feita por 10 alunos da área de Geodésia, ou área afim, da Universidade de Karlsruhe, Alemanha. Dentre os entrevistados, havia dois recém-graduados, um mestrando, dois mestres e cinco estudantes de doutorado. O teste foi realizado entre os dias 31 de janeiro e 19 de fevereiro de 2008, nas dependências do Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (*Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung*). Os

resultados do teste de percepção foram divididos em duas partes, simbologia e orientação geográfica, assim como a metodologia descrita no Capítulo 3.

4.1 PRIMEIRA PARTE: SIMBOLOGIA

Como a primeira fase do teste de percepção foi aplicada a dois grupos distintos de pessoas, em época e locais diferentes, os resultados também foram analisados separadamente. Foi feito um treinamento de navegação em modelos virtuais com todos os entrevistados antes de ser aplicado o teste de percepção. Pelo nível de habilidade apresentado após o treinamento e, considerando que todos os usuários possuem o conhecimento necessário em Cartografia, todos foram tidos como aptos a participar do teste.

Dos dezessete entrevistados na UFRRJ, dois tiveram as suas respostas descartadas em função do seu baixo desempenho na tarefa 1, correspondente às questões 1 e 2: um deles não percebeu que existia legenda e fez o teste sem usá-la e o outro respondeu erroneamente a quatro dos seis subitens referentes a essas mesmas questões (questões 1 e 2, modelos 1, 2 e 3). As respostas de um terceiro entrevistado que, embora tenha respondido corretamente às questões 1 e 2, se mostrou desinteressado em continuar o teste e respondeu às demais questões de forma superficial e incompleta, também foram descartadas. Assim, foram consideradas e analisadas as respostas de catorze dos dezessete entrevistados da UFRRJ.

A mesma análise foi feita com o grupo da UFPR, mas não foi constatada a necessidade de descartar o teste de nenhum participante. A seguir, são apresentadas as respostas dos dois grupos, referentes a cada questão do teste de percepção.

4.1.1 Tarefa: Aptidão

Questão 1: Quantas igrejas existem em cada um dos modelos?

Grupo da UFRRJ

O objetivo das questões 1 e 2 é familiarizar o entrevistado com a simbologia usada nas representações cartográficas em avaliação. Para responder às questões, o entrevistado necessitou interagir com os modelos e conhecer a simbologia adotada para representar os objetos e feições de cada área representada.

Na primeira questão, onze dos quatorze entrevistados relataram dificuldades em reconhecer o símbolo da igreja no modelo 1 (Figura 4.1). Suas principais críticas foram quanto à cor e a forma usadas para simbolizar o objeto, pois além de ser chapado, ou seja, sem altura, tem cor preta, como os demais objetos representados nesta mesma classe. Segundo estes entrevistados, a semelhança entre os símbolos usados para representar a igreja, a escola e as demais construções também dificultaram o reconhecimento. Quatro destes onze entrevistados, disseram que esperavam ver uma simbologia tridimensional, como por exemplo, uma esfera ou uma caixa com uma cruz. A figura a seguir apresenta os símbolos usados no modelo 1 para representar a igreja, a escola e as edificações de dois pontos de vistas diferente: próximo da vertical (Figura 4.1a) e próximo da horizontal (Figura 4.1b). Porém, apesar das dificuldades mencionadas, todos os entrevistados foram capazes de responder a questão 1 corretamente. Segundo um dos entrevistados, o que ajudou no reconhecimento do símbolo foi o conhecimento prévio da simbologia usada na carta topográfica.

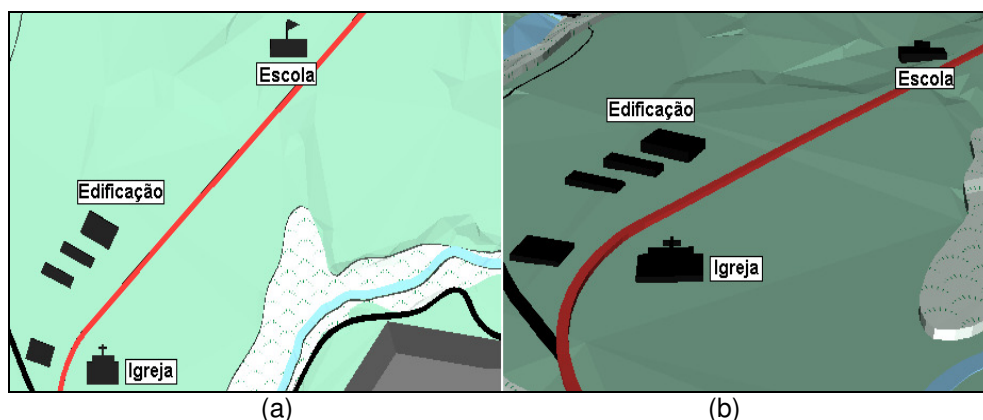


FIGURA 4.1 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 1 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS DE UM PONTO DE VISTA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO DA HORIZONTAL

Segundo Keates (1988, p.12), o reconhecimento implica na classificação do símbolo dentro de um grupo conhecido ou no relacionamento com uma imagem idêntica que é lembrada, e isto depende do conhecimento prévio da simbologia ou da familiaridade com o símbolo usado. Ou seja, é adquirido pela experiência e depende do usuário do mapa, e não pelo estímulo. Neste caso, todos os entrevistados do teste possuem conhecimento prévio da simbologia usada nas cartas topográficas, o que pode ter induzido ao reconhecimento da simbologia usada no modelo 1.

Ainda na questão 1, mas referente ao modelo 2, a facilidade de identificar o símbolo da igreja se deve à cor e à forma usadas na simbolização. Segundo os entrevistados, a forma tridimensional do símbolo se assemelha a uma igreja real, o que induz a associação. Além disso, a cor amarela usada no símbolo da igreja é diferente das demais cores usadas nesta representação cartográfica, o que ajuda a sua identificação e localização (Figura 4.2). Embora os entrevistados tenham sido unânimes em dizer que a identificação do símbolo da igreja no modelo 2 é mais fácil, cinco dos catorze entrevistados erraram a resposta.



FIGURA 4.2 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 2 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS

Com base na análise do teste, pode se inferir que as respostas incorretas são conseqüências de uma das características da navegação. Quando o usuário perde a visão geral do modelo e passa a navegar próximo a ele, perde também a referência espacial. Neste caso, o usuário pensa que encontrou uma nova igreja ao se deparar com a mesma que ele já viu anteriormente, mas de um ponto e vista diferente. O contrário também pode ocorrer, ele pensa que é a mesma igreja, mas é outra.

Segundo os entrevistados, o símbolo usado para representar a igreja no modelo 3 é muito semelhante ao objeto real e por isso é de fácil reconhecimento. Entretanto, como neste caso o telhado da igreja, da escola e das edificações possui um tom de cor semelhante, a identificação do objeto não foi feita com base nessa variável visual, mas em função da forma e do detalhamento dos objetos apresentados (Figura 4.3). Estes foram alguns dos comentários feitos pelos entrevistados sobre a identificação do símbolo da igreja no modelo 3.



FIGURA 4.3 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 3 PARA REPRESENTAR A CLASSE OUTROS ELEMENTOS

Todos os entrevistados acertaram a questão 1 referente ao modelo 3, porém, alguns entrevistados comentaram que no modelo 2 era ainda mais fácil de identificar o símbolo da igreja, devido à cor, o que na Cartografia entende-se por diferenciação pelo tom de cor.

Segundo Keates (1988, p.10), em condições ideais de iluminação, a cor provê uma melhor percepção visual do que a forma, uma vez que as células cones da retina necessitam de um maior estímulo do que os bastonetes. Isso pode explicar porque a igreja foi primeiramente identificada pela variável visual tom de cor, no modelo 2, e na falta desta variável, que é o caso do modelo 3, foi usada a variável visual forma.

Grupo da UFPR

Nesta questão, considerando o modelo 1, apenas um dos seis entrevistados não viu a igreja e, portanto, não respondeu corretamente. Porém, ao navegar para responder outra questão posterior, este entrevistado percebeu seu erro. Ele justificou a sua resposta anterior, errada, dizendo que estava “muito empolgado” no início do teste e por isso não percebeu o símbolo da igreja. Entretanto, todos os entrevistados mencionaram a dificuldade em identificar e separar os objetos da classe outros elementos, devido à forma e à cor usadas na simbologia.

No modelo 2, apenas um dos seis entrevistados respondeu erroneamente – o mesmo erro cometido por cinco dos catorze entrevistados do grupo da UFRRJ. Assim como foi justificado no primeiro grupo, o possível motivo foi a falta de visão geral do modelo, que acontece quando tem-se um ponto de vista próximo, que causa confusão dos objetos vistos e se eles são os mesmos já identificados anteriormente ou outros. Nesta questão, todos os entrevistados também disseram que o tom de cor amarelo usado no símbolo da igreja facilita a seleção e a identificação do objeto, em relação aos outros símbolos representados (Figura 4.2).

Todos os entrevistados responderam corretamente quando se usou o modelo 3. Segundo quatro dos seis entrevistados, a simbologia usada neste modelo também é de fácil reconhecimento, principalmente devido à forma da igreja, que se semelham ao objeto real (Figura 4.3). Porém, para os outros dois entrevistados do grupo, o grau de detalhamento do símbolo pode tornar a representação cartográfica confusa.

Segundo Keates (1988, p.10), um símbolo complexo se torna difícil de ser lembrado, se comparado a um símbolo simples que é rapidamente identificado. Esta identificação depende em parte da distinção que é feita do símbolo em relação a todos os outros e em parte da capacidade de se lembrar de suas características.

Questão 2: Quais os tipos de estradas podem ser identificados nos modelos?

Grupo da UFRRJ

Nesta questão pede-se aos entrevistados que naveguem nos modelos e respondam quais são os tipos de estradas que existem em cada uma das representações cartográficas. No primeiro modelo, quatro dos catorze entrevistados não encontraram a estrada de ferro. Porém, três destes quatro entrevistados disseram depois que encontraram a estrada de ferro quando navegavam para responder outras questões. Dois dos entrevistados justificaram que foram precipitados e que deveriam ter navegado por mais tempo no modelo antes de

responder à questão. Apenas um entrevistado não mencionou ter encontrado a estrada de ferro.

O fato destes entrevistados só ter encontrado a estrada de ferro depois, pode ser atribuído aos infinitos pontos de vista possíveis na navegação em modelos virtuais. Dependendo do ponto de vista escolhido pelo usuário, parte do modelo virtual pode se sobrepor e impedir que objetos e feições relevantes sejam vistos. No caso do modelo 1, a estrada de ferro está localizada próxima a um morro e isto pode dificultar que o usuário a veja, dependendo do ponto de vista. Na figura a seguir ilustra-se a estrada de ferro de dois pontos de vistas diferentes: frontal (Figura 4.4a) e lateral (Figura 4.4b).

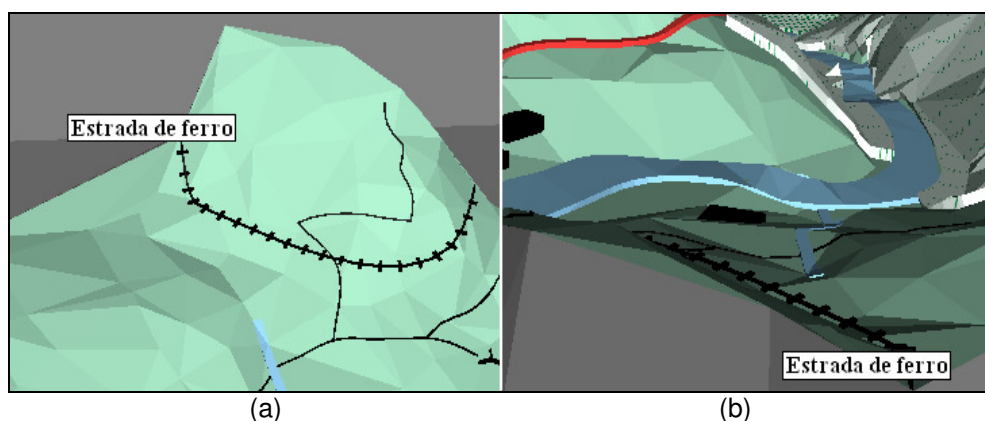


FIGURA 4.4 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 1 PARA REPRESENTAR ESTRADA DE FERRO DE UM PONTO DE VISTA (A) FRONTAL E (B) LATERAL

Apenas dois entrevistados não responderam a questão corretamente no modelo 2. Ambos responderam de forma incompleta, omitindo a classe caminho carroçável. Segundo alguns entrevistados, uma possível justificativa para essas respostas incorretas, ou incompletas, é a dificuldade de identificar o símbolo desta feição na representação cartográfica analisada. Na Figura 4.5, pode-se perceber a diferença, em espessura – ou seja, da variável visual tamanho – entre a representação da classe caminho carroçável e as demais classes do sistema de transportes, o que pode ter causado a dificuldade de identificação. Uma possibilidade, neste caso, seria manter o mesmo tamanho da primitiva gráfica usada para representar as demais feições da classe e alterar apenas a variável visual tom de cor.



FIGURA 4.5 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 2 PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES

Porém, a principal dificuldade relatada pelos entrevistados na questão 2 foi identificar os diferentes tipos de estradas representadas no modelo 3 (Figura 4.6). Segundo a maioria dos entrevistados, as texturas usadas para representar a rodovia pavimentada e o caminho carroçável dificultam sua identificação. Embora todos os entrevistados tenham respondido corretamente esta questão, alguns sugeriram que fossem feitas algumas modificações na simbologia usada, por exemplo, variar a luminosidade com as mesmas texturas (variando de claro a escuro), e variar a espessura (tamanho) da primitiva gráfica para facilitar a identificação e separação entre as classes.



FIGURA 4.6 – SIMBOLOGIA USADA NO MODELO 3 PARA REPRESENTAR A CLASSE SISTEMA DE TRANSPORTES

Em muitos casos, a discriminação de feições em uma representação cartográfica pode ser facilitada com uma mudança nas cores projetadas. Assim, se um determinado símbolo mostra-se insatisfatório quanto à percepção visual, a sua interpretação pode ser melhorada em função de uma mudança em saturação ou luminosidade sobre a primitiva gráfica representada (KEATES, 1988, p.11).

Grupo da UFPR

Na questão 2, houve respostas erradas apenas na interpretação do modelo 1. Dos seis entrevistados, dois não incluíram a classe estrada de ferro em suas respostas (Figura 4.4) e um entrevistado não incluiu a classe caminho carroçável. As demais respostas, referentes ao modelo 2 e ao modelo 3, foram todas corretas. Entretanto, quatro dos seis entrevistados relataram que sentiram dificuldades para identificar e separar as classes de estradas representadas no modelo 3, em função da textura usada para simbolizar a estrada pavimentada e o caminho carroçável (Figura 4.6).

4.1.2 Tarefa: Análise da simbologia por classes

Questão 3: Em qual dos três modelos você acha mais fácil identificar as diferentes classes de uma mesma feição? Por quê?

Nas questões 3, 4 e 5, todos os usuários optaram em manter os três modelos abertos em tela minimizada e, à medida que havia necessidade, essas telas eram maximizadas e os mapas eram vistos e comparados entre si. Segundo Robbi (2000, p.118), essa é uma das diferenças entre o mapa em papel e um sistema de representação cartográfica em tela, no qual se torna possível utilizar mais de uma tela de visualização, o que facilita a comparação entre eles.

Para responder à questão 3, o entrevistado deve analisar a simbologia usada para representar todos os objetos e feições presentes em cada uma das três representações cartográficas e, assim, responder quais são as mais adequadas. As

respostas são dadas em função das quatro classes: sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos.

a) Sistema de transportes:

Grupo da UFRRJ

Dos catorze entrevistados, quatro escolheram a simbologia usada no modelo 1 (Figura 4.7a) como a mais adequada para representar o sistema de transportes, cinco entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 2 (Figura 4.7b) e três escolheram os dois modelos, pelo fato da simbologia usada em ambos ser a mesma. Tanto os entrevistados que escolheram a simbologia usada no modelo 1 quanto os entrevistados que escolheram a simbologia do modelo 2 e a dos modelos 1 e 2 em conjunto, justificaram as suas escolhas com base nos mesmos motivos: o traçado da classe sistema de transportes é “bem definido” e as cores usadas são adequadas. Outro motivo citado pelos entrevistados foi o efeito visual causado pela simbologia da classe sistema de transportes e a simbologia usada nas outras classes, como por exemplo, o solo exposto ou superfície sem vegetação. Apenas dois entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 3 (Figura 4.7c), e justificaram as suas respostas pela facilidade de associar a simbologia usada com o objeto real, visto que a simbologia usada no modelo 3 é extraída de feições reais.

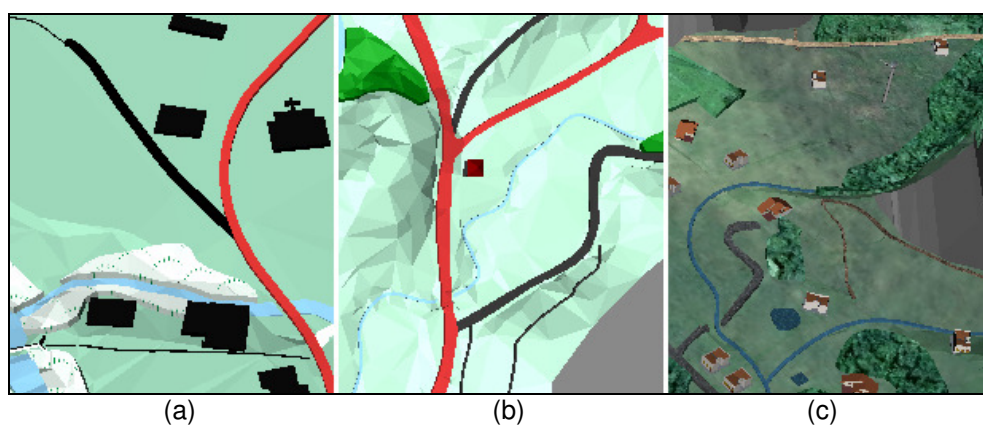


FIGURA 4.7 – SISTEMA DE TRANSPORTES: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3

De acordo com Keates (1988, p.11), há conflitos visuais entre tons de cor

usados que são semelhantes em saturação e luminosidade. Por isso, são visualmente agradáveis os mapas que usam os fundos em tom amarelo-claro ou amarelo-esverdeado, com linhas em tons de cor em vermelho, violeta, preto e sépia. Uma solução é aplicar para grandes áreas as cores pouco saturadas e tão claras quanto possível, de forma que o contraste com os símbolos de ponto e linhas não seja perdido. Assim, a justificativa dada pelos entrevistados que escolheram a mesma simbologia usada na carta topográfica, representada aqui no modelo 1 e no modelo 2, vai ao encontro à explicação dada por Keates. No caso do modelo 3, o contraste que há entre os símbolos que representam a classe sistema de transportes e os símbolos usados como fundo não promove o contraste visual adequado para uma representação cartográfica, pois as variáveis visuais se assemelham em luminosidade e saturação.

Grupo da UFPR

Dos seis entrevistados deste grupo, apenas um escolheu a simbologia usada no modelo 1, dois escolheram a simbologia usada no modelo 2, e três escolheram a simbologia usada no modelo 1 ou modelo 2, sem distinção, para representar o sistema de transportes. Os motivos foram os mesmos citados pelo primeiro grupo: a simbologia é “bem definida” em função da cor e da forma usadas, além do resultado visual agradável, decorrente da combinação da simbologia usada para representar a classe sistema de transportes com as demais.

Levando-se em consideração os dois grupos, dezoito dos vinte entrevistados optaram pela simbologia usada na carta topográfica (Figura 4.7a e b), e apenas dois entrevistados optaram pela simbologia usada no modelo 3 (Figura 4.7c), que usa textura real, para simbolizar o sistema de transportes.

b) Elementos de hidrografia:

Grupo da UFRRJ

A simbologia usada para representar os elementos de hidrografia no modelo

1 e no modelo 2 é a mesma, e diferente da simbologia usada no modelo 3. Para quatro dos quinze entrevistados, nas três representações cartográficas os elementos de hidrografia são “bem representados” – palavras usadas por eles –, pois a feição é contínua e sinuosa, como se ilustra na Figura 4.8 (a, b e c). Outros três entrevistados escolheram o modelo 2, e citaram que o motivo foi a primitiva gráfica “bem definida” e o efeito visual entre a representação dos elementos de hidrografia e das demais classes representadas (Figura 4.8b). Os outros sete entrevistados optaram pela simbologia usada no modelo 3 e justificaram sua escolha em função da semelhança da simbologia usada com as feições reais e, também, pelo efeito visual da representação desta classe com a classe vegetação (Figura 4.8c).

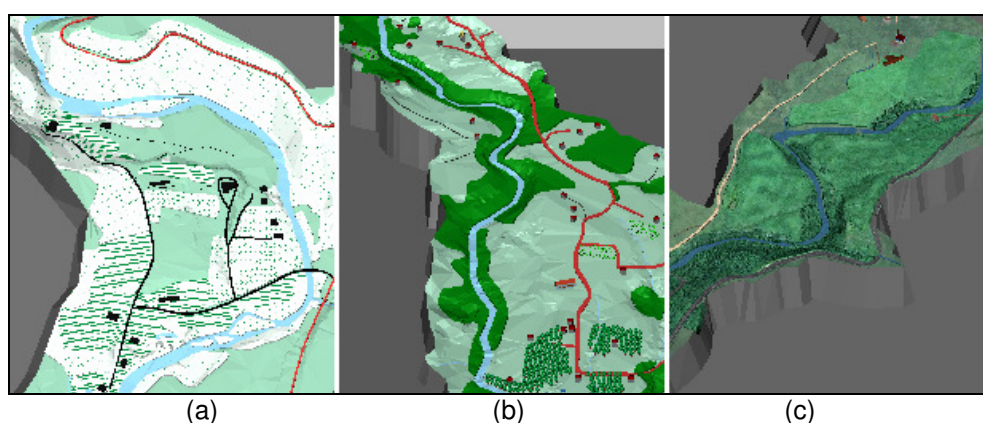


FIGURA 4.8 – ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3

Segundo Anderson e Verstappen (1982, p.41-42), os elementos básicos que caracterizam os objetos e feições presentes na superfície da terra são: tonalidade, forma, padrão, densidade, declividade, textura, tamanho, sombra, posição e adjacências. Às vezes, bastam informações de um ou dois elementos de reconhecimento para se interpretar corretamente o objeto ou a feição, outras vezes, no entanto, é necessário que se tenha um conjunto de informações sobre mais elementos de reconhecimento. De todos os elementos citados, em geral, a variação em forma é o elemento mais usado no reconhecimento das feições, porém, deve ser analisado em conjunto com outros elementos básicos, como o tamanho, para não permitir falsas interpretações. Outro elemento de reconhecimento, que se

caracteriza pela união ou extensão de formas, é o padrão. Alguns padrões são de rápido reconhecidos, como os aspectos retilíneos e axadrezado das cidades, como também uma rede de drenagem formada por rios e córregos.

Grupo da UFPR

Um entrevistado do grupo escolheu a simbologia usada no modelo 1 (Figura 4.8a) para representar a classe elementos de hidrografia. Dois entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 1 e modelo 2 (Figura 4.8b), sem distinção. Outros dois entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 3 (Figura 4.8c) e para um entrevistado a simbologia usada nos três modelos é adequada. Considerando que a simbologia usada no modelo 1 e modelo 2 é a mesma, pode-se dizer que não há uma definição na escolha dos entrevistados pela simbologia usada na carta topográfica ou pela simbologia que usa textura extraída da feição real para representar os elementos de hidrografia numa representação cartográfica tridimensional.

c) Elementos de vegetação:

Grupo da UFRRJ

Na representação dos elementos de vegetação, apenas um dos entrevistados optou pela simbologia usada no modelo 1 (Figura 4.9a). Tal entrevistado é funcionário de uma prefeitura e trabalha diariamente com cartas topográficas. Por isto, este entrevistado está familiarizado com esta simbologia. Um entrevistado optou pela simbologia do modelo 1 ou modelo 2. Segundo ele, ambas são identificadas sem dificuldades e, por isso, satisfatórias. Segundo os outros doze entrevistados, a representação dos elementos de vegetação do modelo 2 é mais coerente, devido à forma tridimensional, o tamanho e as cores usadas nos símbolos (Figura 4.9b). Outro fator mencionado foi a diferença entre a simbologia usada para representar a vegetação e a simbologia usada para representar as demais feições, o que facilitou o entendimento da representação cartográfica. Nenhum dos

entrevistados escolheu a simbologia usada no modelo 3 para representar a vegetação. Segundo alguns entrevistados, um dos motivos é a dificuldade em separar as diferentes classes de vegetação (Figura 4.9c), ou seja, o limite das classes, quando termina uma classe e começa a outra.

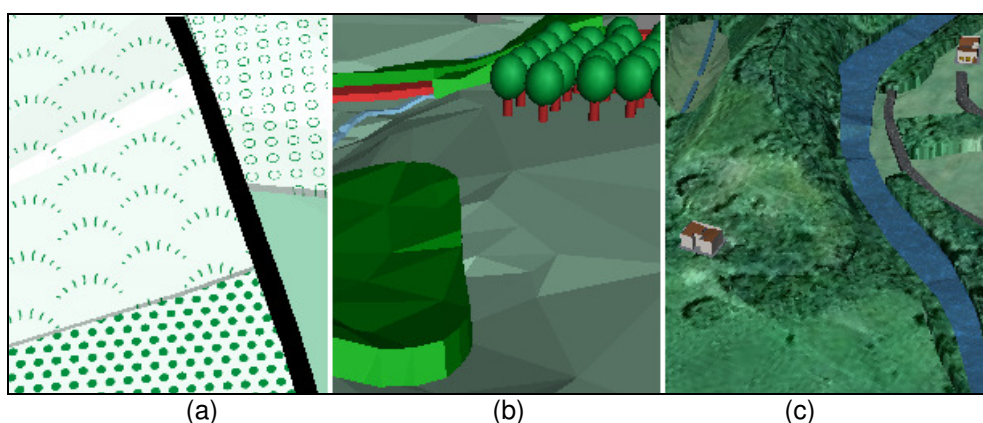


FIGURA 4.9 – ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3

As variações visuais na primitiva gráfica área podem ser simbolizadas de duas formas: pela variação em tom de cor, luminosidade e saturação, ou pela repetição de símbolos, tanto pontuais quanto lineares. As variações baseadas nas superfícies de área caracterizadas pela combinação ou repetição de símbolos pontuais ou lineares, são uma extensão da primeira, porém a diferença está na criação de uma textura ou padrão. Se o padrão é ampliado ao ponto de se tornar visível, esse se torna parte da identidade visual do símbolo e, dependendo do tamanho, os pontos individuais que o formam podem ser considerados símbolos pontuais ou de área, com forma e dimensão próprias. Neste caso, a textura de uma superfície pode ser definida pela forma, tamanho e disposição dos pontos, e estes pontos ainda podem ser substituídos por pequenos símbolos, como por exemplo, símbolos de árvores (KEATES, 1988, p.17-18).

A explicação dada por Keates para a simbologia da primitiva gráfica área no contexto da Cartografia plana pode ser estendida para a Cartografia tridimensional. No exemplo discutido no modelo 1, a primitiva gráfica área é representada pela textura derivada de uma seqüência de símbolos pontuais. Esta pode ser

considerada uma simbologia simples, se comparada às possibilidades oferecidas para uma representação cartográfica 3D. No modelo 2 a simbologia usada para representar a primitiva gráfica área é feita por símbolos pontuais tridimensionais. De acordo com a análise dos resultados do teste, esta simbologia resulta numa textura que parece ser mais adequada à representação de uma Cartografia 3D. No modelo 3, a primitiva gráfica área também é simbolizada pela textura. Sua variação é feita pela variável visual tom de cor, luminosidade ou saturação. Neste caso, onde a variação de áreas é feita pela variável visual cor, Keates (1988, p.17) sugere que seja aplicada a variação por saturação ou luminosidade para aumentar a diferença visual entre as classes.

Grupo da UFPR

Segundo os seis participantes do grupo, a simbologia usada no modelo 2 para representar a classe elementos de vegetação é a mais adequada para uma representação cartográfica tridimensional. Segundo os entrevistados, a forma tridimensional e as cores usadas facilitam a identificação e a associação dos símbolos com as feições reais (Figura 4.9b). Somando os dois grupos, dezenove dos vinte entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 2 para representar os elementos de vegetação. Este contexto sugere que a simbologia usada no modelo 2 para representar a classe elementos de vegetação seja a mais indicada das três para uma representação cartográfica tridimensional.

d) Outros elementos:

Grupo da UFRRJ

Na representação da classe outros elementos, a simbologia mais criticada foi a do modelo 1 (Figura 4.10a). Segundo os entrevistados, a forma e a cor usada nos símbolos não são adequados para uma representação cartográfica 3D. De acordo com eles, a forma dos símbolos usados para representar esta classe é muito semelhante e isso dificulta sua distinção. Ademais, os símbolos são achatados, e

pelo fato de se tratar de uma representação tridimensional, esperava-se que tais objetos também fossem representados em forma tridimensional. Além disso, foi usado apenas um tom de cor para representar a classe: o preto. Apenas um dos catorze entrevistados escolheu o modelo 2 como a simbologia ideal para representar a classe outros elementos, atribuindo o motivo de sua escolha às cores utilizadas na representação (Figura 4.10b). Entretanto, outros dois entrevistados não vêem diferença em usar a simbologia representada no modelo 2 ou no modelo 3, considerando ambas adequadas. Os outros onze entrevistados optaram pela simbologia usada no modelo 3, devido ao grau de detalhamento na forma e a variação em tom de cor (Figura 4.10c). Estas duas características fazem com que o símbolo seja mais coerente com uma representação tridimensional e mais semelhante ao objeto real, logo, mais fácil de ser identificado.

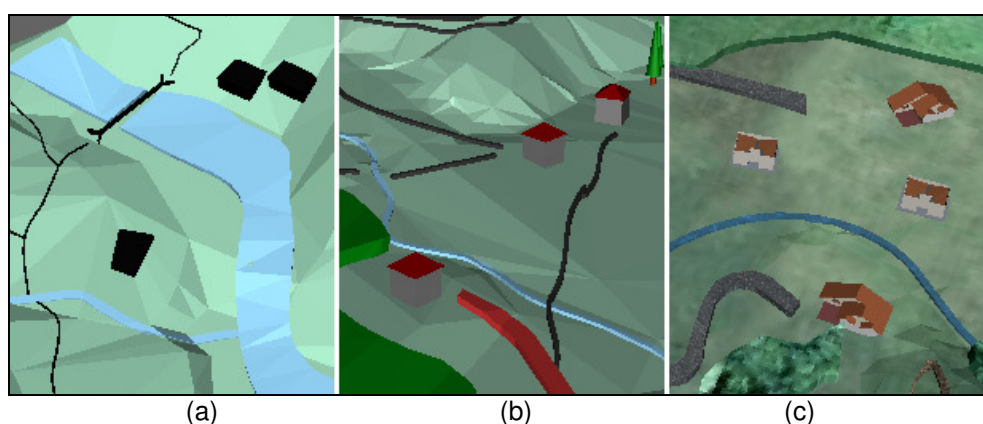


FIGURA 4.10 – OUTROS ELEMENTOS: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3

A forma é um dos critérios que pode ser usado para distinguir um símbolo, tal como o tom de cor, a luminosidade e a saturação. Segundo Bos (1984a, p. 19), os símbolos cartográficos podem ser agrupados em três categorias segundo a sua forma: símbolos pictóricos ou descritivos, símbolos geométricos ou abstratos, e símbolos de letras ou números. Os símbolos pictóricos são aqueles que de um modo realista, simplificado ou estilizado, representam o objeto com características semelhantes ao objeto real. Segundo este autor (BOS, 1984a, p.22) os símbolos pictóricos têm a vantagem de serem fáceis de ser interpretados.

A explicação dada por Bos, sobre a simbologia dos símbolos pictóricos usados nas representações cartográficas 2D, pode ser adaptada para as representações cartográficas 3D, visto que a possibilidade de variação em detalhamento do símbolo é a mesma, porém na forma tridimensional, ao invés de plana. De acordo com os resultados do teste pode-se complementar a afirmação do autor dizendo que esta facilidade de interpretação é proporcional ao detalhamento do símbolo pictórico, ou seja, quanto mais detalhado for o símbolo, mais semelhante ele poder ser ao objeto real, e por conseqüência, ele poderá ser identificado mais facilmente.

Grupo da UFPR

Três entrevistados escolheram a simbologia usada no modelo 3 como a mais adequada para representar a classe outros elementos. Um entrevistado escolheu a simbologia do modelo 2. Para dois entrevistados, as simbologias usadas nos modelos 2 e 3 são satisfatórias. Segundo os entrevistados, tanto a simbologia usada no modelo 2 quanto a simbologia usada no modelo 3 são adequadas, sendo que a simbologia usada no modelo 3 é mais fácil de reconhecer porque é mais parecida como os objetos reais (Figura 4.10c). Entretanto, segundo alguns entrevistados do grupo, o detalhamento dos símbolos do modelo 3 pode dificultar seu reconhecimento em algumas circunstâncias pelo excesso de detalhes, o que não acontece nos símbolos usados no modelo 2 (Figura 4.10b).

Mesmo considerando os dois grupos, nenhum dos entrevistados escolheu a simbologia usada no modelo 1 para representar a classe outros elementos. As respostas se dividiram entre o modelo 2 e o modelo 3.

4.1.3 Tarefa: Análise da simbologia num contexto geral

Questão 4: A simbologia de qual dos três modelos você escolheria para ser adotada nas representações cartográficas 3D? Por quê?

Grupo da UFRRJ

Nesta questão, pede-se que o entrevistado escolha um dos três modelos como a simbologia mais adequada para uma representação cartográfica tridimensional. Para todos os entrevistados da UFRRJ, a simbologia usada no modelo 2 é a mais adequada, pois a identificação é rápida e não é necessário recorrer à legenda com frequência para identificar os símbolos. Entretanto, um dos catorze entrevistados, mesmo tendo esta opinião, escolheu o modelo 3, por ser aquele que visualmente mais se aproxima da realidade. De acordo com este entrevistado, a atual dificuldade que há para identificar e separar as classes de vegetação é apenas uma questão de tempo, visto que as pessoas poderão se acostumar a fazer este tipo de leitura. Segundo a sua opinião, a simbologia adotada para representar a vegetação no modelo 3 é a tendência para as futuras representações cartográficas 3D.

Novamente, as justificativas¹ dadas pelos entrevistados para a escolha do modelo 2 são baseadas nas variáveis visuais cor e forma. Dez entrevistados justificaram que a forma tridimensional e as cores usadas na representação cartográfica do modelo 2 são as mais adequadas, se comparada aos outros dois modelos e, por isso, resulta numa identificação rápida e que requer poucas consultas à legenda, além de ser uma representação cartográfica agradável. Segundo três entrevistados, a forma tridimensional dos símbolos usados como elementos de vegetação no modelo 2 facilita a associação desta classe à feição real, e a influência visual desta classe em toda a representação cartográfica, faz com que esta seja a melhor opção de representação. Segundo outro entrevistado, a simbologia usada no modelo 2 facilita a identificação e discriminação dos diferentes

¹ Nesta questão apresentam-se mais justificativas que o número de entrevistados porque alguns deles citaram mais de um motivo para a escolha do modelo.

objetos e feições representados numa mesma classe. Três entrevistados analisaram a representação classe a classe, como discutido na questão 3, e concluíram que o modelo 2 é o mais adequado para a maioria delas, por conseqüência, o mais adequado no contexto geral. Outro motivo citado por um entrevistado foi que a simbologia usada no modelo 2 permite ver melhor as características do terreno, se comparado à simbologia dos outros dois modelos, o que pode ser relevante em alguns casos.

Grupo da UFPR

Na quarta questão, o segundo grupo foi unânime na escolha da simbologia do modelo 2. Os participantes justificam as suas respostas pela facilidade de interpretação. Segundo os entrevistados, as formas e cores usadas facilitam a associação de tais símbolos com os objetos e feições reais, resultando numa identificação rápida. Os mesmo apontam a simbologia usada no modelo 2 como adequada para uma representação cartográfica tridimensional.

4.1.4 Tarefa: Críticas e sugestões

Questão 5: Dê alguma sugestão, ou faça alguma crítica, sobre a simbologia usada em cada um dos modelos.

Grupo da UFRRJ

Por último, na quinta questão, pede-se aos entrevistados que dêem sugestões ou façam críticas a respeito da simbologia usada nas três representações cartográficas. No modelo 1, as principais críticas foram quanto à forma e às cores usadas na representação da classe outros elementos: a forma achatada e o tom de cor preto usados para simbolizar os objetos. Nesta representação cartográfica, o sistema de transportes e os elementos de hidrografia foram representados satisfatoriamente. Os elementos de vegetação se mostraram confusos, quando observados de um ponto de vista distante da representação cartográfica, pois o padrão usado para representar as classes deste elemento pode se alterar

visualmente, causando o “efeito de Moiré”. Na figura 4.11 ilustra-se um exemplo do efeito causado nas texturas (padrões) em função do ângulo e da distância do ponto de vista do usuário no modelo 1.

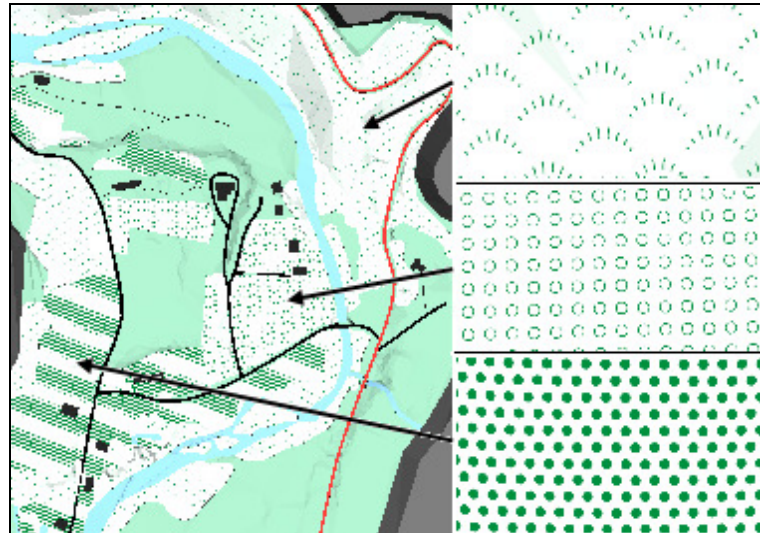


FIGURA 4.11 – EFEITO DE MOIRÉ – MODELO 1

O modelo 2 foi aprovado, sem qualquer restrição, por seis dos catorze entrevistados. Os outros oito entrevistados também aprovaram a simbologia usada, porém deram algumas sugestões. São elas: adotar a simbologia usada no modelo 3 para representar a classe outros elementos; mudar o tom de cor usado na representação do solo exposto, ou seja, a superfície do terreno sem o recobrimento da vegetação; representar a classe sistema de transportes rente ao solo, sem elevação, e alterar a sua largura; e materializar os limites das classes de vegetação. Como a classe elementos de vegetação é representada por objetos pontuais tridimensionais, em alguns casos, os seus limites tornam-se subjetivos. Na Figura 4.12 ilustra-se as críticas relatadas para o modelo 2: a cor usada para representar o solo exposto, que em alguns casos pode se confundir com a cor usada para representar o curso d’água; a largura e a altura acima do solo da estrada pavimentada; e a não materialização do limite de uma das classes de vegetação.

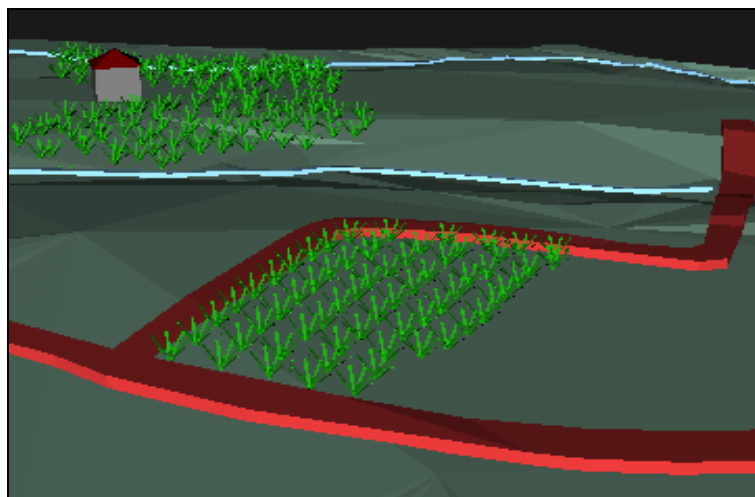


FIGURA 4.12 – CRÍTICAS E SUGESTÕES– MODELO 2

Segundo Keates (1988, p.11), quando dois símbolos de área são discriminados com base no tom de cor, a distinção entre eles precisa ser suficiente para manter a discriminação para as áreas pequenas. Uma área pequena de um determinado tom de cor, aparecerá menos clara e menos saturada que uma área maior, de mesmo tom de cor. Com isso, oceanos e lagos de grandes extensões em área aparecem nitidamente com um tom de cor azul claro, que é a cor usada para representar esta classe, enquanto que lagos e rios representados em pequenas extensões de área podem ter uma aparência de “quase” sem cor. Neste caso, a recomendação é alterar em saturação ou luminosidade a cor usada para representar os rios e lagos. Assim, a aparente confusão causada, às vezes, pelo tom de cor usado para representar o rio e o solo exposto poderá ser minimizada alterando a cor em luminosidade ou saturação.

No caso da materialização do limite das classes de vegetação, Keates (1988, p. 20) cita que, quando não há uma maneira óbvia pela qual o usuário possa deduzir a área representada, deve-se usar uma linha de contorno da área com os símbolos representativos da feição e, se necessário, estilizados. Um exemplo comum, deste caso, é a representação de uma área de uma floresta.

No modelo 3, todos os entrevistados citaram o sistema de transportes ou os elementos de vegetação, ou ambas, como as classes que devem ser modificadas.

Segundo os entrevistados, as texturas usadas na primitiva gráfica linha para representar o sistema de transportes se confundem (Figura 4.7c). O mesmo ocorre com os elementos de vegetação (Figura 4.9c). Ou seja, na opinião dos entrevistados estas duas classes devem ter a sua simbologia modificada.

Grupo da UFPR

As críticas ao modelo 1 foram a respeito da simbologia usada na classe elementos de vegetação e na classe outros elementos, que se apresentaram confusas e, por isso, necessitam modificação. Os seis entrevistados aprovaram a simbologia usada no modelo 2, porém deixaram duas sugestões de melhoria: testar novas cores para representar o curso d'água e o solo exposto, pois dependendo do ponto de vista as cores usadas podem dificultar a identificação destas feições, e usar a simbologia adotada no modelo 3 para representar a classe outros elementos. Para o modelo 3, as críticas foram a respeito da simbologia usada para representar a classe sistema de transportes e a classe elementos de vegetação. Segundo os entrevistados as duas classes apresentam uma simbologia confusa, que dificulta a identificação das feições representadas.

A Tabela 4.1 descreve, resumidamente, os resultados do grupo da UFRRJ, e a Tabela 4.2 descreve, também resumidamente, os resultados do grupo da UFPR, ambas referentes à parte de simbologia do teste de percepção.

TABELA 4.1 – RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO DA UFRRJ – PARTE SIMBOLOGIA

PRIMEIRA PARTE: SIMBOLOGIA			
Grupo da UFRRJ – 14 entrevistados			
Tarefa 1	Questão 1	Modelo 1	14 respostas corretas
		Modelo 2	9 respostas corretas – 5 respostas erradas
		Modelo 3	14 respostas corretas
	Questão 2	Modelo 1	10 respostas corretas – 4 respostas erradas
		Modelo 2	12 respostas corretas – 2 respostas erradas
		Modelo 3	14 respostas corretas
Tarefa 2	Questão 3	Sistema de transportes	
		Modelo 1	Escolhido por 4 entrevistados
		Modelo 2	Escolhido por 5 entrevistados
		Modelo 3	Escolhido por 2 entrevistados
		Modelo 1 e Modelo 2	Escolhido por 3 entrevistados
		Elementos de hidrografia	
		Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 3 entrevistados
		Modelo 3	Escolhido por 7 entrevistados
		Modelo 1, Modelo 2 e Modelo 3	Escolhido por 4 entrevistados
		Elementos de vegetação	
		Modelo 1	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 2	Escolhido por 12 entrevistados
		Modelo 3	-
		Modelo 1 e Modelo 2	Escolhido por 1 entrevistado
		Outros elementos	
		Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 3	Escolhido por 11 entrevistados
		Modelo 2 e Modelo 3	Escolhido por 2 entrevistados
Tarefa 3	Questão 4	Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 13 entrevistados
		Modelo 3	Escolhido por 1 entrevistados
Tarefa 4	Questão 5	Modelo 1	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 2	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 3	Críticas e sugestões descritas no texto

TABELA 4.2 – RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO DA UFPR – PARTE SIMBOLOGIA

PRIMEIRA PARTE: SIMBOLOGIA			
Grupo da UFPR – 6 entrevistados			
Tarefa 1	Questão 1	Modelo 1	5 respostas corretas – 1 resposta errada
		Modelo 2	5 respostas corretas – 1 resposta errada
		Modelo 3	6 respostas corretas
	Questão 2	Modelo 1	4 respostas corretas – 2 respostas erradas
		Modelo 2	6 respostas corretas
		Modelo 3	6 respostas corretas
Tarefa 2	Questão 3	Sistema de transportes	
		Modelo 1	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 2	Escolhido por 2 entrevistados
		Modelo 3	-
		Modelo 1 e Modelo 2	Escolhido por 3 entrevistados
		Elementos de hidrografia	
		Modelo 1	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 2	-
		Modelo 3	Escolhido por 2 entrevistados
		Modelo 1 e Modelo 2	Escolhido por 2 entrevistados
		Modelo 1, Modelo 2 e Modelo 3	Escolhido por 1 entrevistado
		Elementos de vegetação	
		Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 6 entrevistados
		Modelo 3	-
		Outros elementos	
		Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 1 entrevistado
Modelo 3	Escolhido por 3 entrevistados		
Modelo 2 e Modelo 3	Escolhido por 2 entrevistados		
Tarefa 3	Questão 4	Modelo 1	-
		Modelo 2	Escolhido por 6 entrevistados
		Modelo 3	-
Tarefa 4	Questão 5	Modelo 1	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 2	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 3	Críticas e sugestões descritas no texto

4.2 SEGUNDA PARTE: ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

A segunda fase do teste de percepção foi aplicada ao grupo de estudantes da Universidade de Karlsruhe, Alemanha. Como ocorreu na primeira parte do teste de percepção, a entrevista foi feita em sessões individuais com cada entrevistado. Dos três grupos, esse foi o grupo de mais experiência em navegação em modelos virtuais. Alguns entrevistados já haviam navegado em modelos virtuais e alguns outros já haviam gerado modelos em VRML para ver objetos em formas tridimensionais. Além disso, alguns entrevistados também já haviam participado de outros testes de percepção. Mesmo tendo participado do treinamento em VRML, um dos participantes do grupo teve dificuldades em navegação, o que comprometeu seus resultados. Assim, somente nove resultados foram analisados das dez pessoas que participaram do teste de orientação geográfica. A seguir, são apresentadas as respostas do grupo da Universidade de Karlsruhe, referentes às questões do teste de percepção.

4.2.1 Tarefa: Aptidão

Questão 1: Com base nos modelos e tendo como referência a igreja, qual é a direção da escola em termos de pontos cardeais?

O objetivo das questões 1, 2 e 3 é familiarizar o entrevistado com método de orientação geográfica das representações cartográficas em avaliação: modelo 4, modelo 5 e modelo 6. Para responder às questões, o entrevistado necessitou interagir com os modelos e usar o método de orientação geográfica adotada em cada representação cartográfica 3D.

Na questão 1, fez-se necessário que o entrevistado localizasse e orientasse um objeto em função de outro objeto e, para isso, foi necessário que ele interpretasse os pontos de orientação. Apenas um dos nove entrevistados respondeu errado a questão referente ao modelo 4. Como este entrevistado não é natural de um país de língua portuguesa, pode ter se confundido ao responder, uma

vez que acertou esta mesma questão referente ao modelo 5 e ao modelo 6. Outro entrevistado respondeu errado a questão 1, quanto aos 3 modelos, entretanto, acertou todas as outras respostas da questão 2 e da questão 3. Um possível motivo para isso é que tenha havido um erro de interpretação da pergunta. Todos os demais entrevistados responderam corretamente à questão 1.

Questão 2: Com base nos modelos e levando em consideração igreja, a torre de telecomunicações e a escola, qual destes objetos está localizado mais ao sul da área representada?

Na questão 2, foi necessário que o entrevistado localizasse alguns objetos e os oriente, um em relação ao outro, para responder à questão. Todas as respostas foram corretas quanto ao modelo 4 e ao modelo 6. Houve respostas erradas apenas quanto ao modelo 5, pois quatro dos nove entrevistados deram a resposta escola em vez de igreja.

Questão 3:

Modelo 4 - Localize a igreja e próximo a ela um lago. Qual é o objeto (ou feição) representado na direção oeste do lago?

Modelo 5 - Localize a escola e próximo a ela uma área de reflorestamento. Qual é o objeto (ou feição) que limita esta área ao sul?

Modelo 6 - Localize a igreja e a partir dela localize três pequenos lagos. Qual é a classe de vegetação localizada a leste dos lagos?

Na questão 3, foi necessário que o entrevistado localizasse um objeto a partir de uma orientação dada pelo objeto localizado anteriormente. Todas as respostas foram corretas quanto ao modelo 4 e ao modelo 5. Houve respostas erradas apenas quanto ao modelo 6, para o qual dois dos nove entrevistados responderam vegetação natural rasteira em vez de cultura permanente.

4.2.2 Tarefa: Funcionalidade

Questão 4: Qual dos três métodos usados nos modelos para indicar a orientação geográfica você considera mais funcional, ou seja, mais fácil de usar? Por quê?

Para cinco dos nove entrevistados o método de orientação geográfica representado no modelo 4 é o mais simples de usar, pois é possível ver os pontos de orientação de qualquer ponto de vista próximo do modelo. Segundo um entrevistado o modelo 5 é o mais simples, visto que a rosa dos ventos já é conhecida das representações planas. Para um dos entrevistados, a orientação geográfica é simples de ser usada tanto no modelo 4 quanto no modelo 5, devido aos motivos já citados neste parágrafo. Para dois entrevistados o método de orientação geográfica mais simples foi o representado no modelo 6. Segundo um deles, isso se deve à posição fixa da direção norte na figura usada como mapa plano auxiliar e ao sistema de localização interativo que mostra a posição do ponto de vista do usuário do modelo 3D. O outro entrevistado se justificou pelo uso da figura do mapa auxiliar, mas principalmente por ele ser um especialista da área Cartográfica, o que, segundo ele, torna o modelo 6 mais prático pelos conhecimentos já adquiridos, mas pode ser um modelo difícil para aqueles usuários que possuem menos conhecimento em Cartografia.

Com base na análise dos resultados obtidos por este grupo de entrevistados, e dentre as possibilidades aqui discutidas, não se pode concluir qual é a melhor maneira de representar a orientação geográfica numa representação cartográfica 3D. Percebe-se uma tendência que aponta para o modelo 4 como o método de orientação geográfica mais simplificado, quando leva-se em consideração usuários de mapa não especialistas da área de Cartografia.

4.2.3 Tarefa: Escolha do método de orientação geográfica

Questão 5: Qual dos métodos de orientação geográfica apresentados você adotaria para ser usado nas representações cartográficas 3D? Por quê?

Para dois dos nove entrevistados, o método de orientação geográfica usado no modelo 4 é o mais adequado para ser adotado nas representações cartográficas tridimensionais, pois é o mais fácil de ser usado por pessoas que não são especialistas da área de Cartografia, uma vez que é possível ter alguma referência de localização de qualquer posição próxima ao modelo virtual. Outros três entrevistados consideraram mais adequado o modelo 6, visto que apresenta uma figura de um mapa plano. Segundo estes entrevistados, a experiência no uso de mapas planos pode ajudar a se orientarem numa representação cartográfica tridimensional, além da marca itinerante de localização. Porém, este modelo pode ser de difícil interpretação para um usuário com pouco conhecimento cartográfico. Outros quatro entrevistados sugeriram alguma alteração para complementar a representação cartográfica, a fim de torná-la adequada.

Assim, de acordo com os entrevistados, o modelo 4 não é indicado para ser usado quando o objetivo é ter uma vista geral do modelo (Figura 4.13a), mas pode ser considerado o mais adequado para uma vista mais próxima dos objetos representados. Neste caso é possível ter a referência de um ou mais pontos cardeais ou colaterais e assim se orientar em qualquer ponto de vista próximo do modelo (Figura 4.13b). O modelo 4 também foi considerado o mais adequado para ser usado por não especialistas da área de Cartografia.

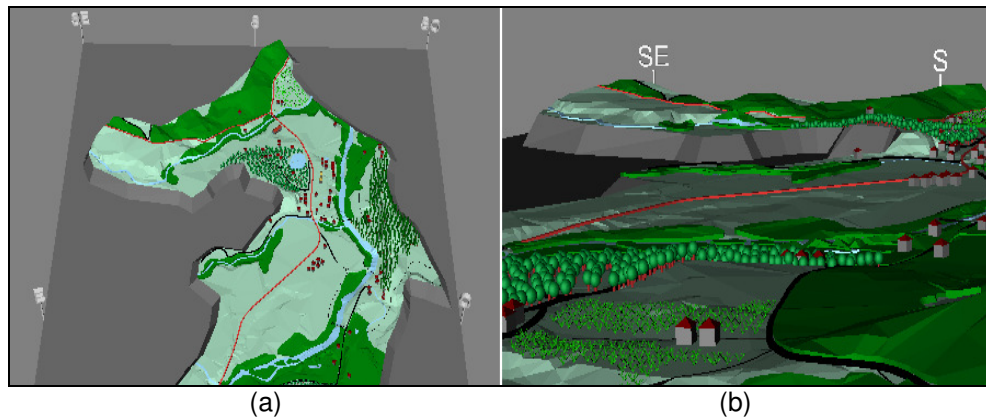


FIGURA 4.13 – MODELO 4: (A) VISÃO GERAL E (B) PONTO DE VISTA PRÓXIMO

No modelo 5 é necessário ter um ponto de vista mais distante do modelo para ver e usar a rosa dos ventos. Logo, o modelo 5 foi considerado o mais indicado para os casos em que a representação cartográfica é vista por completo (Figura 4.14a). Entretanto, de um ponto de vista próximo do modelo, usado para ver uma região específica, pode-se ter a perda da visão geral, e por consequência, o método pode-se tornar inadequado (Figura 4.14b).

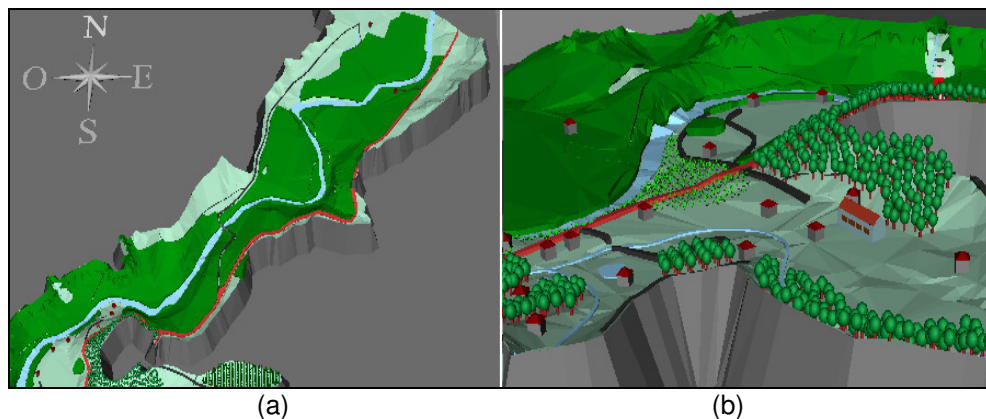


FIGURA 4.14 – MODELO 5: (A) VISÃO GERAL E (B) PONTO DE VISTA PRÓXIMO

O modelo 6 foi considerado por alguns entrevistados como o mais completo, pois a figura do mapa plano auxilia a localização e a marca itinerante complementa a interatividade dada ao usuário do sistema (Figura 3.19). Entretanto, isso pode depender uma energia mental maior, já que o usuário precisa interagir simultaneamente com o modelo virtual e com a figura do mapa auxiliar, podendo tornar-se um método mais complexo, em vez de mais prático.

4.2.4 Tarefa: Críticas e sugestões

Questão 6: Dê sugestões e críticas sobre o método de orientação geográfica usado em cada um dos modelos. E, caso você tenha outra sugestão como método de orientação geográfica para uma representação cartográfica 3D, descreva-o.

Dois entrevistados sugeriram unir o modelo 4 com o modelo 6, mantendo a figura do mapa auxiliar e o sistema de localização interativo, mas inserindo os pontos cardeais e colaterais no modelo virtual, como ocorre no modelo 4. Um entrevistado sugeriu que fosse acrescentado um eixo de referência XYZ na parte virtual do modelo 6 e outro entrevistado sugeriu que fosse usado o modelo 4 ou o modelo 5 acrescentado de uma bússola de orientação fixa no *display* do modelo virtual, ou usar o modelo 6 acrescentado de uma orientação do ângulo de visão do usuário na figura do mapa auxiliar, juntamente com a marca itinerante de localização (asterisco).

Uma crítica feita pelos entrevistados foi a respeito da legenda que, às vezes, torna-se pouco perceptível. A área da tela do computador disponível para a representação cartográfica fica dividida em duas partes, como mostra a Figura 4.15. Uma parte menor do lado direito com a legenda e, a outra, do lado esquerdo para o modelo virtual. Segundo os entrevistados, há uma grande diferença entre a legenda e o modelo virtual, visto que o modelo virtual é composto pela representação tridimensional do terreno e de símbolos, também tridimensionais, de objetos e feições da área representada, enquanto que a legenda é composta apenas por figuras planas dos símbolos usados e textos. Além de o modelo virtual ser interativo e a legenda ser estática.

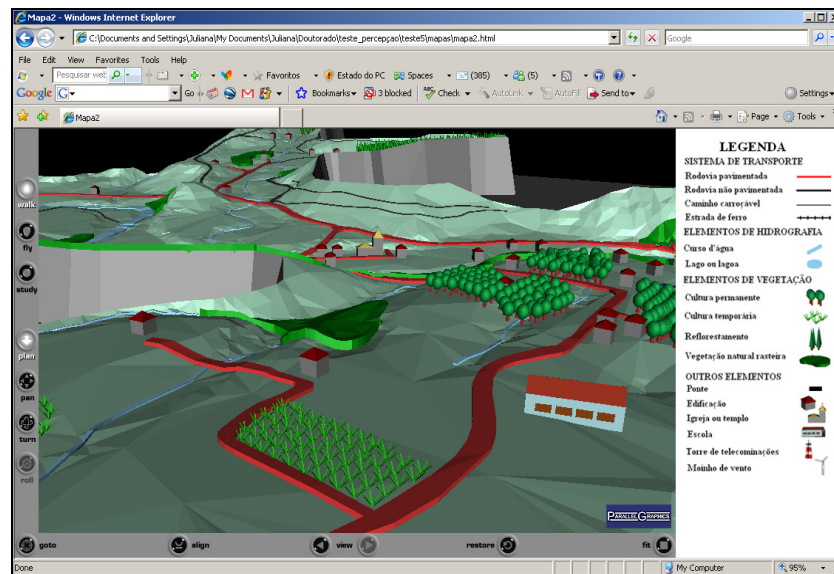


FIGURA 4.15 – ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DOS MODELOS

De acordo com MacEachren (1995, p.53), a percepção humana é constituída de múltiplos fragmentos de informação, alguns dos quais são organizados espacialmente e outros são organizados de acordo com atributos de estímulos, como por exemplo, cor, orientação, textura e movimento.

Neste caso, um dos possíveis motivos que pode ter direcionado a atenção dos entrevistados para o modelo virtual e que, conseqüentemente, dificultou a percepção da legenda, pode ser atribuído a um dos principais elementos capaz de despertar da atenção humana: o movimento. O modelo virtual, além de ser tridimensional, que já é um atributo que atrai a atenção humana pela formas e cores, é interativo, ou seja, produz movimento a cada ação do usuário. Com isso, a legenda, que é estática e composta de texto e figuras, produz menos estímulo à percepção de quem está observando a tela.

Uma sugestão dada pelos próprios entrevistados é fazer uma legenda interativa, semelhante à representação cartográfica, de forma que o usuário também tenha a sua atenção chamada para a legenda, em vez de apenas para o modelo virtual. Para isso, uma possibilidade é a representação de objetos na legenda tão interativos quanto nos modelos virtuais. Outra opção é criar caixas de texto que possam ser acessadas por um comando do usuário por meio do mouse sobre o

objeto desejado. Porém, este comando deve ter uma opção que permita habilitar e desabilitar esta caixa de texto, para que se evite que os objetos da representação cartográfica sejam ocultados pela sua sobreposição, e prejudique a leitura. Outro entrevistado sugeriu colocar a legenda do lado esquerdo da tela. Segundo este entrevistado, talvez a posição da legenda do lado esquerdo faça com que o usuário a perceba no primeiro momento de leitura da tela, já que o nosso sistema de leitura se dá da esquerda para a direita.

Outra observação feita pelos entrevistados foi a respeito do ponto de vista inicial. Segundo eles, a partir de um ponto de vista inicial pode haver diferença na leitura da representação cartográfica e resultar na necessidade de mais ou menos tempo para identificar e localizar os objetos e feições que se busca na representação cartográfica, pois diferentes pontos de vista resultam na apresentação de outras partes do modelo em tela ou de outros ângulos.

Ainda há uma observação, no que diz respeito ao modelo 4, detectada após a execução do teste. No modelo 4 usado, os pontos colaterais foram posicionados nas intersecções das laterais, porém como a superfície de referência horizontal usada para apoiar o modelo gerado não é quadrada, e sim retangular, isso significa que a localização de tais pontos está matematicamente incorreta. Porém, para efeitos do teste de percepção usado nesta tese não há diferença visual significativa na orientação feita pelos pontos posição apresentada no modelo 4 (Figura 4.16a) ou na posição definida a 45° dos pontos cardeais (Figura 4.16b). Entretanto, esta observação deve ser considerada nos novos modelos a serem gerados.

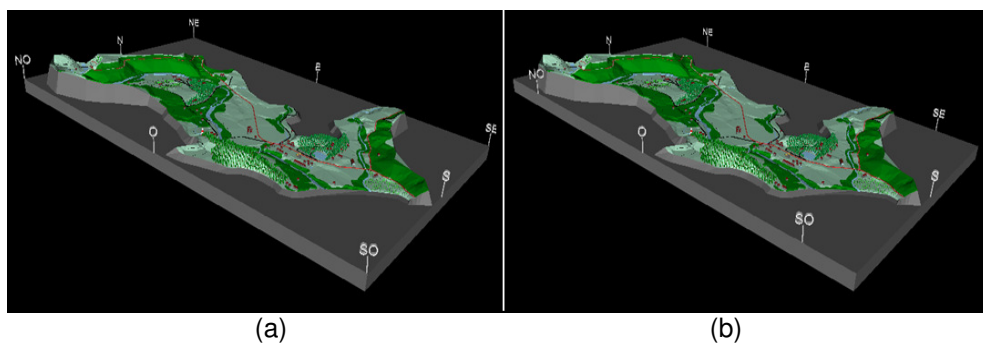


FIGURA 4.16 – MODELO 4: (A) PONTOS COLATERAIS DEFINIDOS NAS INTERSEÇÕES DAS BORDAS E (B) PONTOS COLATERAIS DEFINIDOS MATEMATICAMENTE

A Tabela 4.3 descreve, resumidamente, os resultados do teste de percepção do grupo da Universidade de Karlsruhe, referente à parte orientação geográfica do teste de percepção.

TABELA 4.3 – RESUMO DOS RESULTADOS DO GRUPO 3 - PARTE ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

SEGUNDA PARTE: ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA			
Grupo 3 da Universidade de Karlsruhe – 9 entrevistados			
Tarefa 1	Questão 1	Modelo 4	7 respostas corretas – 2 respostas erradas
		Modelo 5	8 respostas corretas – 1 resposta errada
		Modelo 6	8 respostas corretas – 1 resposta errada
	Questão 2	Modelo 4	-
		Modelo 5	5 respostas corretas – 4 respostas erradas
		Modelo 6	-
	Questão 3	Modelo 4	-
		Modelo 5	-
		Modelo 6	7 respostas corretas – 2 respostas erradas
Tarefa 2	Questão 4	Modelo 4	Escolhido por 5 entrevistados
		Modelo 5	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 6	Escolhido por 1 entrevistado
		Modelo 4 e 5	Escolhido por 2 entrevistados
Tarefa 3	Questão 5	Modelo 4	Escolhido por 2 entrevistados
		Modelo 5	-
		Modelo 6	Escolhido por 3 entrevistados
		Novo modelo	Proposto por 4 entrevistados
Tarefa 4	Questão 6	Modelo 4	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 5	Críticas e sugestões descritas no texto
		Modelo 6	Críticas e sugestões descritas no texto

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho teve início com a necessidade de estudar diretrizes para a simbologia do projeto cartográfico das representações tridimensionais, visto que atualmente as representações cartográficas 3D geradas não seguem regras de projeto e, além disso, há uma tendência de adotar uma aparência realística. Uma representação cartográfica 3D realística reproduz uma cena com características semelhante à cena real e por isso tende a ser reconhecida mais facilmente pelo usuário. Porém, carece de linguagem de comunicação para que as informações contidas em tais representações sejam interpretadas.

Como esse é um estudo inicial dentro desta linha de pesquisa, têm-se conclusões finais parciais, que podem servir para novos trabalhos a serem realizados. A hipótese a verificar foi aceita por meio da análise dos resultados do teste de percepção realizado, que mostra a necessidade de se estabelecer princípios de simbolização e a adoção de um método de orientação geográfica adequado para se obter uma representação cartográfica 3D eficiente.

Uma representação cartográfica 3D deve seguir princípios de simbolismo, tal como ocorre em uma representação cartográfica bidimensional. No caso em discussão, as representações cartográficas 3D foram geradas com o propósito de um mapa de uso geral, em que a linguagem cartográfica do projeto foi definida por meio das primitivas gráficas e das variáveis visuais, para três diferentes simbologias. Com base nas análises das respostas do teste de percepção, sob as condições discutidas neste trabalho, algumas diretrizes podem ser concluídas e outras devem ser indicadas para trabalhos futuros.

Sugere-se que objetos como igreja, escola e edificações, que são representados por símbolos pontuais no plano nas representações cartográficas 2D, sejam representados por símbolos pontuais tridimensionais, nas representações cartográficas 3D. Entretanto, o nível de detalhamento destes símbolos ainda deve ser melhor estudado, visto que quanto maior o detalhamento de um símbolo, tanto em forma quanto em cor, mais ele deve se assemelhar ao objeto real, o que a *priori*

proporciona uma melhor identificação, porém, em alguns casos, pode tornar a simbologia confusa. Assim, o grau de detalhamento dos símbolos pontuais tridimensionais deve ser estudado, de forma específica, a fim de indicar um limite entre a simplificação e a complexidade ideal para proporcionar uma interpretação adequada.

A linguagem cartográfica usada para representar o sistema de transportes deve seguir as mesmas regras de simbolização usadas na Cartografia plana. As variáveis visuais tom de cor e tamanho, associadas à primitiva gráfica linha, se mostraram adequadas para produzir uma comunicação cartográfica eficiente também nas representações cartográficas 3D.

A primitiva gráfica área foi usada para representar os elementos de hidrografia, que foram associados às variáveis visuais cor e textura. Neste caso, os resultados obtidos com o teste de percepção não foram suficientes para determinar qual a simbologia foi a mais adequada para ser usada nas representações cartográficas 3D, o que aponta a necessidade de novos estudos.

Para representar os elementos de vegetação, recomenda-se utilizar símbolos pontuais tridimensionais agrupados, no caso em que tais elementos são representados pela primitiva gráfica área. Entretanto, estudos devem ser feitos no que diz respeito à forma e às cores adequadas para simbolizar os elementos desta classe. Neste caso, ao representar uma região com um mesmo símbolo de vegetação, em função da disposição dos símbolos e da distância do ponto de vista da representação cartográfica, se cria uma aparência de “textura”, o que pode interferir na comunicação cartográfica e, portanto, também é necessário que haja estudos futuros.

Sugere-se ainda, aplicar a primeira parte do teste em um grupo de entrevistados que não conhece a simbologia usada na carta topográfica e assim verificar a influência do conhecimento adquirido no processo cognitivo de identificação da simbologia nas representações cartográficas 3D.

Uma característica relevante na navegação em modelos virtuais é a

possibilidade de usar infinitos pontos de vista. Esta característica pode ser desfavorável quando, dependendo do ponto de vista escolhido, objetos da cena se sobrepõem ou escondem outros objetos importantes. As conseqüências decorrentes desse fato também devem ser melhor estudada em trabalhos futuros. Além disso, a perda de referencia espacial causada quando o usuário usa pontos de vista próximo do modelo virtual deve ser melhor estudada em trabalhos futuros.

Uma variável importante nas representações cartográficas 3D, e que não foi discutida no escopo dessa pesquisa, é a iluminação. Nos modelos tridimensionais gerados neste trabalho foi usada a iluminação difusa, que é o tipo de iluminação que mais se assemelha a um ambiente natural. Porém, esta variável deve ser avaliada em novas pesquisas, aplicada de diferentes formas nas representações cartográficas 3D, a fim de que seja discutida a influência desta variável na orientação do usuário em um modelo virtual.

Como os estudos no âmbito da Cartografia 3D se encontram numa fase incipiente, este trabalho se restringiu a usar uma área de estudo com características físicas simples: uma área de zona rural, no interior do Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, uma representação cartográfica 3D em uma área densamente urbanizada, por exemplo, pode apresentar variáveis mais complexas e diferentes daquelas apresentadas aqui. Assim, sugere-se que trabalhos futuros também possam se aprofundar neste tema de pesquisa.

Quanto à orientação geográfica, um elemento essencial no projeto de uma representação cartográfica, não se obteve uma solução definitiva que pudesse ser indicada como um método de orientação adequado para ser usado nas representações cartográficas 3D, dentre as três propostas estudadas nesta tese. Isso se deve ao fato da complexidade de navegação num modelo 3D interativo, que possui infinitos pontos de vista, estabelecidos por diferentes distâncias e diferentes ângulos de interação do usuário com a representação cartográfica.

Algumas propostas de orientação geográfica para as representações cartográficas 3D foram feitas pelos participantes do teste, descritas no Capítulo 4.

Assim, sugere-se que os métodos de orientação geográfica propostos pelos entrevistados sejam avaliados a fim de propor um método adequado para cada grupo específico de usuários.

Sugere-se ainda que as sugestões dadas pelos usuários a respeito da legenda sejam todas verificadas, a fim de propor uma legenda mais eficiente para as representações cartográficas 3D. Sugere-se também um estudo que verifique a influência do ponto de vista inicial, e outros pontos de vistas pré-determinados, de uma representação cartográfica 3D no tempo de leitura.

Dentre as dificuldades encontradas na realização deste trabalho, pode-se salientar a escassez de material publicado na área, tanto no que diz respeito à geração das representações cartográficas tridimensionais quanto à elaboração de um teste de percepção que explorasse o produto cartográfico de forma interativa. Vale ressaltar que foi de extrema relevância para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa, o trabalho desenvolvido por Fosse et al. (2006), no qual foi criado um protótipo de mapa 3D e realizado um pré-teste de percepção cartográfica.

Além da simbologia e da orientação geográfica, a projeção cartográfica e a escala também são elementos importantes no âmbito das representações cartográficas 3D e devem ser estudados. Neste contexto, enfatiza-se que trabalhos continuem sendo desenvolvidos nesta linha de pesquisa, que é de suma importância para o desenvolvimento da Cartografia 3D.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, P. S.; VERSTAPPEN, H. TH. Aspectos básicos da Fotointerpretação. In: ANDERSON, P. S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982, p. 41-54.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Banco de informações e mapas de transportes**. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/bit/pg-inicial.htm>>. Acesso em: 11/2007.

BOS, E. S. **Cartographic Symbol Design**. The Netherlands: ITC, 1984a. 85 p. Lecture-notes.

BOS, E. S. Systematic symbol design in cartographic education. **ITC Journal**, The Netherlands, 1984b. p. 20-28.

EGBERT, S. L. **The design and evaluation of an interactive choropleth map exploration system**. 130 p. Doctor of Philosophy – Department of Geography, University of Kansas, Kansas, 1994.

FOSSE, J. M. **Representação cartográfica interativa tridimensional**: Estudo da variável visual cor em ambiente VRML. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FOSSE, J. M. et al. Avaliação de variáveis gráficas para a representação cartográfica tridimensional. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.1, n. 58, p. 81-90, abr/2006. Disponível em: <http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_58_2006/58_01_9.pdf>. Acesso em: 10/2007.

GOOGLE Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 01/2008.

HAEBERLING, C. Map symbolization in topographic 3D-map: Criteria for user-oriented design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19., 1999, Ottawa. **Proceedings...** Ottawa: ICC-ICA, 1999.

HAEBERLING, C. 3D Map presentation: A systematic evaluation of important graphic aspects. In: ICA MOUNTAIN CARTOGRAPHY WORKSHOP, 2002, Oregon. **Proceedings...** Oregon: ICC-ICA, 2002.

HAEBERLING, C. **Topographische 3D-karten**: Thesen für kartographische Gestaltungsgrundsätze. 255 p. Doktor der Technische Wissenschaften - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2003. [Nr. 15379]

HAEBERLING, C. Cartographic Design Principles For 3D Maps – A Contribution To Cartographic Theory. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 21.,2005, La Corunã. **Proceedings...** La Corunã: ICC-ICA, 2005.

JOBST, M; GERMANCHIS, T. The employment of 3D in cartography – An overview. In: CARTWRIGHT, W.;PETERSON, M. P.; GARTNER, G. **Multimedia cartography**. 2.ed. Berlin/Heidelberg: Springer, 2007, p. 217-228.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2.ed. Nova York: Longman Scientific and Technical, 1988. 266p.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Diagnóstico ambiental da faixa ambiental de proteção do Rio Sana**. Macaé, 2004. Relatório, versão preliminar.

MACEACHREN, A. M. **How maps work**: representation, visualization and design. London: The Guilford Press, 1995. 513 p.

MEDINA, N. de la O. et al. Desenvolvimento de um SIG para reconfiguração de redes de energia elétrica com interface integrada. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, 8, 2006, Campos do Jordão. **Proceedings...** Campos do Jordão: GEOINFO, 2006.

PETROVIC, D. **Nacela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih**. 164 p. Doktorska – Gradbenistvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2001.

PETROVIC, D. Cartographic design in 3D maps. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 21. 2003, Durban. **Proceedings...** Durban: ICC, 2003. p.1920-1926.

QUEIROZ, D. R. E. A linguagem gráfica e a eficácia da imagem. **Revista GeoNotas**, Maringá, v.4, n. 3, jul-set/2000. [ISSN 1415-0646]

ROBBI, C. **Sistema para visualização de informações cartográficas para planejamento urbano**. 369 p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - INPE / Ministério da Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2000. [INPE-7890-TDI/739]

SLOCUM, T. A. **Thematic cartography and visualization**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 293 p.

SONG, Y.; SHAN, J. Photorealistic building modeling and visualization in 3-D Geospatial Information System. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 20., 2004, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: ISPRS, 2004.

SUCHAN, T. A.; BREWER, C. A. Qualitative methods for research on mapmaking and map use. **The Professional Geographer**, Washington DC, v. 52, n. 1, p. 145-154, feb/2000.

TERRIBILINI, A. Maps In Transition: Development Of Interactive Vector-Based Topographic 3D-Maps. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19., 1999, Ottawa. **Proceedings...** Ottawa: ICC-ICA, 1999.

VALÉRIO NETTO, A. et al. Interface 3D para manipulação de dados em redes de distribuição de energia elétrica. **INFOCOMP – Journal of Computer Science**, Lavras, v.4, n.4, p.73-81, dez/2005. Disponível em: <<http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v4.4/art09.pdf>>. Acesso em: 01/2008.

WINTGERS, TH.; SAENGER, K. **Transformation of a Topographic Map in 2D Representation into a 3D Representation by 3D Studio Max Software**. München: Department of Geodesy and Geoinformation - FH München, 2000.

APÊNDICE

QUESTIONARIO DOS ENTREVISTADOS E DADOS REFERENTE AO TESTE DE PERCEPÇÃO CARTOGRÁFICA

I - DADOS PESSOAIS DO ENTREVISTADO**Identificação**

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: () Feminino () Masculino

Formação acadêmica:

() Graduação – cursando. Qual período? _____

() Graduação – concluída. Ano de conclusão: _____

() Especialização

() Mestrado () Mestrado em andamento Área: _____

() Doutorado () Doutorado em andamento Instituição: _____

Qual curso de graduação? _____

Cursado em qual universidade? _____

Dados físicos

Você tem alguma deficiência visual? (e.g.: miopia, astigmatismo, daltonismo)

() sim () não

Se sim, qual? _____ Usa lentes ou óculos para essa correção? () sim () não

Você tem alguma deficiência física? (e.g.: amputação do braço, mão ou dedos)

() sim () não

Se sim, qual? _____ Usa alguma prótese? () sim () não

II – USO DO MAPA

Você já usou algum tipo de mapa?

() Não, nunca.

() Sim, poucas vezes. Eu sempre evito os mapas, pois sempre que eu tento usá-los, eu me confundo e acabo por não encontrar as respostas de que necessito.

() Sim, o uso de mapas faz parte do meu cotidiano, e eu não tenho dificuldades para usá-los.

Você sabe executar as tarefas de localização, orientação e roteamento (rota) numa carta topográfica?

() Não, não sei o que são essas tarefas ou não consigo cumpri-las com êxito.

() Sim, mas tenho um pouco de dificuldade.

() Sim, sem problemas.

Você tem alguma experiência com mapas tridimensionais?

() Não, esta é a primeira vez que vejo este tema.

() Sim, mas apenas na universidade (nas aulas de cartografia).

() Sim, me considero um experiente nesta área, pois além de navegar eu também sei gerar mapas 3D.

III – USO DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃOVocê conhece o sistema que usa o *browser* da internet para visualização e navegação de modelos virtuais tridimensionais (linguagem VRML)? () sim () nãoVocê já utilizou o *plug in* cortona? () sim () não

Como você quantifica a sua habilidade em navegar neste sistema?

() Pouca ou nenhuma – Sempre me perco nos modelos virtuais e acabo desistindo de fazer algumas ações que eu gostaria de executar.

() Média – Consigo fazer as operações básicas de navegação nos modelos virtuais, às vezes, demoro um pouco ou me perco e tenho que começar de novo, mas, mesmo assim, consigo fazer o que preciso.

() Experiente – Não sinto nenhuma dificuldade em navegar nos modelos virtuais, pois sei usar adequadamente todas as ferramentas disponíveis pelo *plug in*.

IV – CAMPO DO PESQUISADOR (fase1)

Tempo total do teste: Início: _____ Término: _____ Data: _____

	Tempo (hh:mm:ss):		
	Modelo1	Modelo2	Modelo3
Questão 1:			
Questão 2:			

Questão 1:

Registro de ações, reações, expressões faciais e outras formas de linguagem corporal do entrevistado que foram relevantes:

Verbalização do pensamento:

Modelo1:

Modelo2:

Modelo3:

Questão 2:

Registro de ações, reações...

Verbalização do pensamento:

Modelo1:

Modelo2:

Modelo3:

Observações referentes às demais questões:

IV – CAMPO DO PESQUISADOR (fase2)

Tempo total do teste: Início: _____ Término: _____ Data: _____

	Tempo (hh:mm:ss):		
	Modelo4	Modelo5	Modelo6
Questão 1:			
Questão 2:			
Questão 3:			

Questão 1: (Registro de ações, reações, expressões faciais e outras formas de linguagem corporal do entrevistado que foram relevantes)

Verbalização do pensamento:

Modelo4:

Modelo5:

Modelo6:

Questão 2:

Modelo4:

Modelo5:

Modelo6:

Questão 3:

Modelo4:

Modelo5:

Modelo6:

Observações referentes às demais questões:
