ALFREDO PEREIRA DE QUEIROZ FILHO

**O VÔO VIRTUAL: METÁFORA E
REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL**

**Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
doutor em Engenharia**

São Paulo

2005

ALFREDO PEREIRA DE QUEIROZ FILHO

**O VÔO VIRTUAL: METÁFORA E
REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL**

**Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Doutor em Engenharia**

**Área de Concentração:
Engenharia de Transportes**

**Orientador:
Prof. Dr. Marcos Rodrigues**

**São Paulo
2005**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Rodrigues, pelas idéias, apoio e orientação.

Aos membros da banca do Exame de qualificação, Prof. Dr. Mário Miranda Filho e Prof. Dr. Eduardo Toledo Santos, pelas valiosas contribuições.

À Magali Franco Bueno, pelas inúmeras e rigorosas leituras, pelo incentivo, diálogo e paciência.

À Dra. Andréa de Castro Panizza, pelas oportunas contribuições.

À Profa. Dra. Núria Hanglei Cacete, da Faculdade de Educação da USP, pela colaboração nas questões sobre ensino e aprendizagem.

Ao Prof. Dr. Mário De Biasi, pelo apoio departamental.

Ao Prof. Dr. José Alberto Quintanilha, pela atenção e sugestões.

Aos amigos do Laboratório de Geoprocessamento da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Eduardo Jun Shinohara, Rodrigo Nóbrega, Rosangela Leal e Vinícius Maeda.

À Imagem, pela cessão do programa ArcGlobe, particularmente ao Lúcio Graça, Giandri Machado, George Serra e Dorival Arthur Júnior.

Ao Mário Otávio Costa, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, por ceder o arquivo de hidrografia. Ao Eng. Mário Rodrigues, do Departamento de Estradas de Rodagem, pela cessão da base de rodovias. Ao PqC Francisco Kronka, do Instituto Florestal de São Paulo, pela cessão do mosaico de imagens de satélite de 1998. Ao Rodrigo Gomes, do Estúdio Multimeios do CCE/USP, pelo corte e edição das imagens.

Ao Prof. Roberto Canner, pelo auxílio nas questões relativas à utilização do vôlei no ensino fundamental.

Às Bibliotecárias Maria Imaculada da Conceição e Marisa Luchetti da FFLCH-USP e Maria de Fátima da Silva da EP-USP.

À Profa. Dra. Diana Sarita Hambúrguer, do SENAC, pelas sugestões no Relatório de Qualificação.

RESUMO

A proposta deste trabalho é compreender o significado do voo virtual, avaliar as características envolvidas e buscar rumos que ampliem sua utilidade.

O voo virtual é considerado como uma metáfora do deslocamento aéreo. Por meio de representações computacionais, permite variações sequenciais de direção e de altitude sobre representações cartográficas tridimensionais. Caracteriza-se como uma interface flexível de apresentação de dados espaciais, que viabiliza a consulta dos seus atributos.

O voo possui um forte apelo visual, que une as características lúdicas dos jogos eletrônicos com o poder de atração das imagens de satélite. Permite o arranjo temático e temporal das informações mapeadas, aumenta as opções de representação (2 e 3D) e oferece uma visão integrada da superfície terrestre – horizontal e vertical –, proporcionada pelo sistema geocêntrico de coordenadas e pela pirâmide de múltipla resolução, que controla a variação de escala.

ABSTRACT

This work is prepared for the purposes of understanding the meaning of a virtual flight, to evaluate the characteristics involved and seek new ways to broaden its utility.

A virtual flight is considered as a metaphor of air displacement. Through computerized representations, it enables sequential direction and altitude variations over three-dimensional cartographical representations. It is characterized as a flexible spatial data interface, which makes it possible to query its attributes.

The flight has strong visual appeal, which combines the ludic characteristics of video games with the power of attraction of satellite images. It enables a thematic and temporal arrangement of mapped information, increases the options of representation (2 and 3D) and offers an integrated view of the land surface – horizontal and vertical – made possible through the geocentric system of coordinates and the multiple resolution pyramid, which controls the scale variation.

SUMÁRIO RESUMIDO

INTRODUÇÃO	1
1 ELEMENTOS DO VÔO VIRTUAL	6
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARTOGRAFIA	25
3 AS CARACTERÍSTICAS DA INTERATIVIDADE.....	53
4 ASPECTOS DA METÁFORA.....	76
5 ESCALA: ABORDAGENS E APLICAÇÕES	93
6 ENSINO, APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO	106
7 O ESPAÇO DO VÔO	117
8 MODELAGEM DE DADOS	129
9 PROTÓTIPO DO VÔO VIRTUAL.....	135
10 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE VÔO.....	150
11 DISCUSSÃO	165
12 CONCLUSÕES	190
ANEXOS.....	197
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
GLOSSÁRIO.....	I
ÍNDICE ONOMÁSTICO.....	VII
ÍNDICE REMISSIVO.....	X

SUMÁRIO EXPANDIDO

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
SUMÁRIO RESUMIDO.....	iv
SUMÁRIO EXPANDIDO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
INTRODUÇÃO	1
1 ELEMENTOS DO VÔO VIRTUAL	6
1.1 Formas e significados	6
1.2 O virtual e o vôo	7
1.3 Representação visual	16
1.4 Conexão entre os símbolos	20
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARTOGRAFIA	25
2.1 Aspectos gerais.....	25
2.2 Comunicação cartográfica.....	26
2.3 Visualização	30
2.4 Representação tridimensional	41
2.5 Cartografia e Internet	47
3 AS CARACTERÍSTICAS DA INTERATIVIDADE.....	53
3.1 As origens	53
3.2 Principais usos do termo	54
3.3 Níveis de interatividade	60
3.4 Interface	62
3.5 Interatividade e Cartografia.....	68
4 ASPECTOS DA METÁFORA.....	76
4.1 Panorama.....	76
4.2 Linguagem figurada e terminologia	77
4.3 Teorias da metáfora	80

4.4	Considerações sobre a metáfora.....	83
4.4.1	O papel da metáfora.....	84
4.4.2	Algumas críticas ao uso da metáfora	87
4.5	Aplicações da metáfora.....	88
5	ESCALA: ABORDAGENS E APLICAÇÕES	93
5.1	As abordagens sobre escala.....	93
5.2	Aplicações cartográficas	95
5.3	Escala e o meio digital	98
5.4	O vôo e a escala	102
6	ENSINO, APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO	106
6.1	Perspectiva histórica	106
6.2	Aspectos do conhecimento.....	108
6.3	O vôo e o conhecimento	113
7	O ESPAÇO DO VÔO	117
7.1	Delimitação	117
7.2	Considerações sobre o espaço	118
7.3	A construção da noção de espaço na criança	121
7.4	O usuário, o vôo e o espaço	125
8	MODELAGEM DE DADOS	129
8.1	Aspectos da modelagem de dados.....	129
8.2	Modelo conceitual do protótipo	131
8.3	Modelagem de dados em um SIG	132
9	PROTÓTIPO DO VÔO VIRTUAL.....	135
9.1	A escolha do <i>Software</i>	135
9.2	Comandos e funções.....	138
9.3	Exemplos de vôo	140
9.4	A interface do vôo	145
10	METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE VÔO.....	150
10.1	Metodologia para implementação do vôo.....	150
10.2	Estratégias de vôo	157
10.2.1	Localização espacial	157
10.2.2	Composição temática (2 e 3d)	159

10.2.3	Interpretação	160
10.2.4	Enquadramento	161
10.2.5	Roteiros	162
11	DISCUSSÃO	165
11.1	Significado do voo virtual.....	165
11.2	Características do voo.....	167
11.2.1	Constatações	167
11.2.2	Técnicas consagradas.....	169
11.2.3	Tecnologia e ensino	170
11.2.4	Internet e Cartografia	171
11.3	Aplicações do voo	172
11.3.1	Vantagens	172
11.3.2	Desvantagens	174
11.3.3	Análise do voo.....	176
11.3.4	Considerações sobre o uso do voo.....	180
11.4	Perspectivas futuras do voo.....	185
12	CONCLUSÕES.....	190
12.1	Sobre o significado	190
12.2	Os elementos do voo virtual.....	191
12.3	O futuro do voo virtual	194
	ANEXOS.....	197
	Anexo I: Figuras relacionadas às concepções recentes da Cartografia	197
	Anexo II: Figuras e tabelas sobre a interatividade	198
	Anexo III: Roteiro para interpretação visual de imagens de satélite.....	199
	Anexo IV: Modelo conceitual de dados	201
	Modelo de dados Entidade-Relacionamento (E-R).....	201
	Modelo E-R estendido.....	203
	Modelo de dados Orientado ao Objeto (O-O)	204
	Modelo de dados lógico.....	205
	Modelo de Redes.....	206
	Modelo hierárquico	206
	Modelo Relacional	207

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
GLOSSÁRIO.....	I
ÍNDICE ONOMÁSTICO.....	VII
ÍNDICE REMISSIVO.....	X

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do sistema de comunicação e as possíveis ambigüidades.....	22
Figura 2: Esquema de comunicação cartográfica	27
Figura 3: Visualização como uma ferramenta de pesquisa científica.....	34
Figura 4: Modelo de reconhecimento de padrões da visualização cartográfica.....	36
Figura 5: Base conceitual da Cartografia	36
Figura 6: Cubo cartográfico	38
Figura 7: Cubo cartográfico revisto	39
Figura 8: Ilustração dos seis graus de liberdade de navegação	43
Figura 9: Pirâmide de resolução múltipla	45
Figura 10: Tipos de recursos para aumentar a interatividade.....	69
Figura 11: Níveis das tarefas interativas	71
Figura 12: Níveis de abstração	90
Figura 13: Relação entre Metáfora, Interatividade e Cartografia no vôo virtual	92
Figura 14: Articulação das cartas topográficas	95
Figura 15: Relação entre escala, detalhamento e área mapeada.....	97
Figura 16: Exemplo de modelos de dados em escalas distintas	100
Figura 17: Tipos de formação de conhecimento	111
Figura 18: Esquema do processo de descentralização	122
Figura 19: As três montanhas (visões ortogonal e oblíqua).....	123
Figura 20: Mapa da aldeia (visões ortogonal e oblíqua).....	124
Figura 21: Modelo como um meio de simplificação/generalização do mundo real.....	129
Figura 22: Representação da modelagem de dados.....	130
Figura 23: Níveis de abstração do banco de dados.....	131
Figura 24: Modelo de dados.....	132
Figura 25: Representação da superfície terrestre (Estado de São Paulo realçado)...	137
Figura 26: Arquitetura do programa Arcgis 9	137
Figura 27: Exemplo 1.....	142
Figura 28: Exemplo 2.....	142
Figura 29: Exemplo 3.....	142
Figura 30: Exemplo 4.....	143
Figura 31: Exemplo 5.....	143

Figura 32: Exemplo 6.....	143
Figura 33: Exemplo 7.....	144
Figura 34: Exemplo 8.....	144
Figura 35: Exemplo 9.....	144
Figura 36: Curva de aprendizado do sistema hipotético	146
Figura 37: Três tipos de experiência dos usuários.....	147
Figura 38: Fluxograma de atividades para implementação do voo virtual	153
Figura 39: Equilíbrio entre desafio e habilidade	163
Figura 40: Pirâmide de aplicações, usuários e níveis de dificuldades	180
Figura 41: Equilíbrio entre interpretação das representações e orientação espacial	182
Figura 42: Relação entre velocidade, ângulo e altitude de voo	183
Figura 43: Exemplo de diagrama E-R para Cadastro de Imóveis	202
Figura 44: Diferentes estruturas de dados	205

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificações dos tipos de interatividade	61
Tabela 2: Classificação das tarefas por tipo de dado	67
Tabela 3: Tipos de interatividade	71
Tabela 4: Formas básicas de tropos (retórica tradicional)	78
Tabela 5: Padrão de Exatidão de Cartas topográficas de classe A	96
Tabela 6: Relação entre as escalas e as distâncias (altitude) do observador.....	104
Tabela 7: Relação entre os temas, as escalas de visualização e os intervalos.....	105
Tabela 8: Tipos de usuários, de vôo, de comandos e conceitos cartográficos	127
Tabela 9: Planos de informação e formas de representação.....	134
Tabela 10: Metodologia de implementação do vôo.....	151
Tabela 11: Níveis de dificuldade do vôo.....	156
Tabela 12: Vantagens e desvantagens do vôo virtual	177

LISTA DE ABREVIATURAS

BD: Banco de dados;

CAD: *Computer Aided Design* (Projeto auxiliado por computador);

CPU: *Central Processing Unit* (Unidade de Processamento Central);

DNA: Ácido desoxirribonucléico;

E-R: Entidade-relacionamento;

FN: Forma normal;

GEOVRML: *Geographic Virtual Reality Modeling Language*;

ICA: *International Cartographic Association*;

ISO: *International Organization for Standardization*;

KBPS: *Kilobits* por segundo ou 1024 *bits* por segundo;

MDE: Modelo digital de elevação;

O-O: Orientado ao objeto;

PEC: Padrão de exatidão cartográfico;

PI: Plano de Informação;

QI: Quociente de inteligência;

SGBD: Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados;

SIG: Sistema de Informações Geográficas;

SQL: *Structured Query Language* (linguagem de consulta estruturada);

TCP/IP: *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol* (Protocolo de comunicação da Internet);

VRML: *Virtual Reality Modeling Language*;

WAP: *Wireless Application Protocol*. É um protocolo de comunicação sem fio;

WGS-84: *World Geodetic System*. É um sistema geocêntrico de coordenadas, elaborado em 1984;

WMV: *Windows Media Video* (tipo de arquivo de vídeo).

INTRODUÇÃO

O objetivo do trabalho é entender o significado do voo virtual, ponderar sobre suas características e inferir caminhos que ampliem sua utilidade.

A idéia desta pesquisa surgiu quando se supôs o potencial do voo no ambiente virtual e, simultaneamente, notou-se a ausência de uma abordagem conceitual específica. Embora exista um robusto suporte tecnológico para a construção de aplicativos, acredita-se que os exemplos existentes não exploram satisfatoriamente os recursos disponíveis. A falta de uma abordagem conceitual estruturada, a adoção de um modelo inconsistente de integração dos formatos de dados (*raster* e vetorial) e o uso de interfaces inadequadas seriam os fatores majoritariamente responsáveis por esta lacuna.

A principal contribuição da pesquisa é o estabelecimento de um arcabouço teórico sobre o significado do voo virtual. Ao invés de testar um programa ou avaliar sua utilização para determinada finalidade, buscou-se compreender o significado do voo virtual independentemente das limitações técnicas atuais ou das características da interface do *software*. Além disso, as propostas de uma metodologia para a implementação do voo e de estratégias para conduzir o voo virtual complementam a contribuição do trabalho.

O voo virtual é considerado como uma metáfora do deslocamento aéreo, caracterizado por mudanças sequenciais de direção (perspectiva) e de altitude (escala), sobre representações cartográficas tridimensionais. Diferencia-se da simulação literal do voo das aeronaves, pois são desconsideradas as leis da aerodinâmica, as regras de tráfego aéreo e as noções sobre Meteorologia. Consiste na criação de um ambiente computacional que permita a perscrutação dos dados representados.

A premissa dessa pesquisa é de que o voo pode ser utilizado como um método exploratório visual que, por meio de recursos computacionais, aumenta a capacidade de apreensão do conteúdo das representações. Sua principal função é estimular a procura de novos pontos de vista e colaborar para o estabelecimento de padrões e de relacionamentos entre os dados.

Decorre dessa premissa a constatação de que pode ser mais vantajoso voar em um ambiente virtual do que sobre o próprio terreno. Embora esses dois tipos de voo permitam a mesma visão privilegiada da superfície terrestre, com a variação de escala e a alternância dos ângulos de observação, a diferença fundamental do meio virtual é a possibilidade de intervenção sobre os objetos visualizados. Controlar o que pode ser observado, isto é, elaborar cenários ou construir representações expande os tipos e as combinações, temáticas e temporais, das paisagens sobrevoadas. Torna-se possível, por exemplo, percorrer as imagens de satélite da região de Ubatuba, da década de 1990, e sobrepor – quando necessário – suas curvas de nível e redes viária e de drenagem.

As representações tridimensionais são mais simples de interpretar do que os bidimensionais. Exigem menor nível de abstração do usuário, pois possuem maior semelhança com as entidades observadas no cotidiano. A possibilidade de se deslocar sobre a área de estudo voando sobre o modelo digital de elevação (MDE), ao qual podem ser sobrepostos mapas temáticos e imagens de satélite, amplia a probabilidade de entendimento dessas representações.

A perspectiva de controle da direção, velocidade e altitude de deslocamento, tal como o piloto de um avião, somada à alternância dos níveis de abstração, isto é, a visualização separada ou conjunta, da imagem de satélite – com baixo nível de abstração – e dos mapas temáticos (compostos por pontos, linhas e polígonos) – de elevado nível de abstração – também estimulam os mecanismos de aprendizagem do usuário.

A compreensão do teor dos mapas pode ser amplificada com o aumento da interatividade entre o usuário e a representação cartográfica. A utilização de recursos como ampliar/reduzir (*zoom*), mudança de ponto de vista ou ângulo de observação e o controle de *layer*¹ aumentam a possibilidade de apreensão das representações cartográficas e dos seus diferentes relacionamentos e padrões de ocorrência.

A variação da escala, propiciada pelo comando ampliar/reduzir, permite tanto a observação de uma pequena área do mapa, com grande número de detalhes, quanto de uma grande extensão, mas com poucas particularidades. Isso facilita a percepção de entidades espacialmente representadas e estimula a apreensão da ocorrência, pois

¹ *Layer* é um nível de informação de uma representação gráfica. Muito utilizado no formato digital, esse termo é empregado como sinônimo de nível, camada ou plano de informação (PI).

permite o ajuste ou estabelecimento da distância apropriada para a análise dos elementos estudados.

A visualização de fenômenos de vários pontos de vista também enriquece a compreensão, não só da sua representação, pois permite vê-la de diferentes ângulos, como dos seus relacionamentos (vizinhança, continência, etc.). A utilização dinâmica desse recurso possibilita que o usuário escolha uma seqüência de perspectivas, de azimutes e inclinações (ângulos horizontais e verticais) para observar as diversas nuances e contextos da ocorrência espacial. Assim como uma filmadora, manipulada pelo usuário, é possível definir o seu estacionamento ou conduzir o seu deslocamento e verificar os respectivos efeitos da mudança dos pontos de vista.

Considera-se também que, no processo cognitivo que envolve o ato de voar, o excesso de informações pode ser tão negativo quanto a sua escassez. O exagero na variedade, tamanho e quantidade dos símbolos e dos planos de informação de um mapa torna a representação cartográfica muito saturada, de difícil compreensão. Um dos auxílios para a assimilação do conteúdo do mapa é permitir que o usuário controle, através dos *layers*, o tipo, a ordem e a quantidade de informações a serem visualizadas.

Assim, o usuário possui uma dupla atribuição: compreender o significado das representações e manipular o vôo. Nesse sentido, a metáfora exerce um papel importante, pois estabelece uma ponte entre as estruturas cognitivas que são familiares e as desconhecidas. Pode colaborar para a compreensão do conteúdo das representações e para a diminuição da complexidade da interface entre o usuário e o aplicativo.

A construção do arcabouço conceitual sobre o vôo virtual foi auxiliada pela utilização do programa ArcGlobe. Embora o objetivo do trabalho transcenda a avaliação de um *software*, esse módulo – que integra o Sistema de Informações Geográficas (SIG) denominado ArcGis, versão 9.0 –, foi empregado para orientar e ilustrar os tópicos da pesquisa. Em decorrência, o texto contém dois tipos distintos de referências: à família de programas e ao aplicativo utilizado. A maioria das menções refere-se ao tipo de programa que possibilita o vôo virtual, isto é, ao grupo genérico de aplicativos computacionais que permite esse tipo de deslocamento. Em ocasiões

mais específicas e menos numerosas, como no capítulo sobre o protótipo do voo, o trabalho refere-se às características do programa utilizado.

Ainda que o lançamento desse *software* (ArcGlobe) seja muito recente, que as exigências para o processamento sejam elevadas e que seu funcionamento seja local, isto é, fique restrito à máquina em que está instalado, esta pesquisa supõe que, em um período muito curto, outros programas serão desenvolvidos e que as suas funcionalidades serão expandidas e aperfeiçoadas, podendo ser oferecidas pela Internet².

A argumentação sobre as questões relativas ao voo virtual foi distribuída em 12 capítulos e a sua ordem indica, como será visto adiante, uma abordagem metodológica para a implementação do voo. Além dessa introdução, o trabalho está estruturado em: Elementos do Voo; Considerações sobre Cartografia; As Características da Interatividade; Aspectos da Metáfora; Escala: abordagens e aplicações; Ensino, Aprendizagem e Conhecimento; O Espaço do voo; Modelagem de dados; Protótipo do Voo Virtual; Metodologia e Estratégias de Voo; Discussão; Conclusões e Perspectivas. Os itens posteriores contêm: Anexos, Referências Bibliográficas, Glossário, e Índices Onomástico e Remissivo.

O primeiro capítulo explora as formas e significados do voo, e a discussão sobre o termo virtual. Questões sobre a representação visual e a conexão entre os símbolos complementam seu conteúdo.

O segundo capítulo versa sobre Cartografia. Nele, os aspectos teóricos, como a comunicação e a visualização cartográficas, a representação tridimensional e o papel da Internet na disseminação dos mapas são abordados.

No terceiro capítulo, As Características da Interatividade, são tratados os usos do conceito, os diferentes níveis de interatividade, a sua relação com a informática, a interface e o seu vínculo com a Cartografia.

Aspectos da Metáfora, denominação do quarto capítulo, contém: uma visão geral do conceito e das terminologias correlatas, a classificação das suas teorias e a relação com os temas discutidos nos capítulos anteriores.

² No senso comum, Internet é uma rede mundial de computadores. Entretanto, a definição adotada é de um sistema de redes interconectadas, que utiliza o protocolo TCP/IP (O *Internet Protocol* é responsável pelo encaminhamento de pacotes de dados desde a sua origem até o destino. O *Transmission Control Protocol* tem a missão de dividir e remontar os pacotes de informação). Consultar <http://www.w3.org/> para mais informações. Acesso em: 21 fev. 2005.

O quinto capítulo trata da Escala. Contém algumas abordagens conceituais e discorre sobre seus usos no meio analógico e digital. No sexto capítulo, as questões relacionadas à perspectiva histórica do processo de ensino e aprendizagem, aos aspectos do conhecimento e a sua relação com o vôo são desenvolvidas.

Considerações sobre o espaço, a construção da noção desse conceito na criança e a relação com o vôo são mencionadas no sétimo capítulo. O capítulo oito versa sobre Modelagem de dados, particularmente sobre banco de dados e seus mecanismos de modelagem para um SIG.

O nono capítulo menciona as especificações e funcionalidades do programa utilizado para o vôo (Protótipo). Possui exemplos do vôo e os critérios para a análise da interface do programa. As abordagens metodológicas para a implementação do vôo e as estratégias para condução do vôo virtual estão contidas no décimo capítulo.

O décimo primeiro capítulo relata a discussão dos resultados. Conclusões e Perspectivas constituem o décimo segundo capítulo. No final do texto estão os Anexos, as Referências Bibliográficas, um Glossário de termos, e os Índices, de Autores e Remissivo.

1 ELEMENTOS DO VÔO VIRTUAL

Neste capítulo foram agrupados os principais aspectos relacionados ao vôo. As suas formas e significados são tratados no primeiro item (1.1). A discussão sobre o termo virtual, bem como a sua associação ao vôo, constitui o conteúdo do segundo tópico (1.2). Os últimos assuntos dizem respeito à representação visual (1.3) e à conexão entre os símbolos (1.4), tratando, respectivamente, de considerações sobre a visão e a construção das imagens, e a ambigüidade na cadeia de representações simbólicas.

1.1 Formas e significados

Voar é uma forma de sustentação ou locomoção aérea atribuída, inicialmente, às aves. Foi somente no final do século XVIII, após inúmeras e dispersas tentativas, que essa capacidade deixou de ser exclusiva dos animais. O primeiro vôo tripulado do qual se tem registro foi realizado em um balão, em 1783, na França. Mas foi só em 1906, nesse mesmo país, que Alberto Santos Dumont tornou realidade um antigo sonho humano: realizar um vôo tripulado com uma máquina mais pesada do que o ar³.

Quando se pensa no significado da palavra vôo, pode-se supor inúmeras interpretações. Desde a referida forma de locomoção das aves, o movimento no ar – que pode expressar uma grande velocidade ou o desaparecimento, o sumiço de algo ou alguém –, até o substantivo que se refere ao transporte aéreo. Seus diferentes sentidos são retratados, recorrentemente, na literatura, como, por exemplo, a obra “Vôo Noturno”, escrita por Saint-Exupéry, além de inúmeros títulos destinados ao público infantil.

Quase cem anos depois do primeiro vôo, aperfeiçoados e multiplicados, os meios utilizados para voar foram incorporados a diferentes segmentos da indústria, do comércio e dos serviços, como o de transporte, bélico, esportivo, de lazer e de exploração sideral. Atualmente, um interessado pode optar por cursos, passeios,

³ Embora controversa, por falta de registro fotográfico e ausência de autonomia na decolagem, alguns pesquisadores sustentam que o primeiro vôo foi realizado em solo norte-americano, pelos irmãos Wright, em 1903, na Carolina do Norte.

locação e, em alguns casos, aquisição de equipamentos como: balão, planador, asa delta, *paraglide*, dirigível, avião, helicóptero e outros meios, como o ônibus espacial.

Dentre os aparelhos mencionados, o que mais se assemelha à proposta do trabalho é o helicóptero. Mesmo inferindo que uma expressiva parte dos futuros usuários tenha maior familiaridade com o avião – pois já utilizou o meio de transporte ou o conhece de forma indireta, por intermédio de filmes ou do uso dos *videogames* –, optou-se pelo exemplo do helicóptero, por causa da agilidade de vôo e da possibilidade de parar em pleno ar. Dos possíveis ocupantes dessa aeronave, nenhum tipo parece identificar-se exatamente com o usuário do vôo. Como os pilotos controlam o deslocamento de boa parte das aeronaves por instrumentos, nem sempre se orientando por referências visuais, e como os passageiros não participam da sua condução, seus perfis – isolados – não representam adequadamente o indivíduo que usufrui o vôo virtual. Como é possível direcionar o deslocamento, visualizar e perscrutar a superfície, acredita-se que as características do usuário do vôo podem ser obtidas pela combinação de atribuições do piloto (condução da aeronave) com a do passageiro (observação e extração de informações sobre a paisagem).

1.2 O virtual e o vôo

O termo virtual é muito comum em áreas ligadas à informática, sendo constantemente utilizado para adjetivar as palavras realidade, meio e ambiente⁴. No senso comum, é utilizado para caracterizar a ausência de uma presença tangível, de algo concreto e material, de realidade.

Como geralmente está relacionado a alguma tecnologia de ponta, é possível presumir que um neófito associe o seu significado ao estágio de desenvolvimento tecnológico. Porém, o termo é muito antigo, originário do latim *virtualis*, que significa o que existe como faculdade, porém sem exercício ou efeito atual, suscetível de se realizar, potencial.

De acordo com Lévy (2003), virtual é o que existe em potência e não em ato. É algo que está contido em uma matéria e pode vir a existir. Assim, o virtual se opõe

⁴ O exemplo pode ser constatado pelas linguagens VRML e GEOVRML, mencionadas no item 2.4 (Representação tridimensional).

ao atual e não ao real. Ex.: A árvore está virtualmente presente na semente, mesmo que nunca venha a germinar. A árvore é o ato da semente.

Para o filósofo, quando algo se virtualiza, torna-se não presente, o que significa, entre outros aspectos, uma mutação de identidade, uma desterritorialização, um descompasso entre o espaço geográfico⁵ e a temporalidade do relógio e do calendário. Em outras palavras:

“A virtualização submete a narrativa clássica a uma prova rude: unidade de tempo sem unidade de lugar (graças às interações em tempo real por redes eletrônicas, às transmissões ao vivo, aos sistemas de telepresença), continuidade de ação apesar de uma duração descontínua (como na comunicação por secretária eletrônica ou por correio eletrônico). A sincronização substitui a unidade de lugar, e a interconexão, a unidade de tempo” (Lévy, 2003. p.21).

Essas polêmicas afirmações não são isoladas, já que um considerável número de autores partilha da mesma posição e trata essa questão como uma mudança radical na concepção de tempo e de espaço. Parte considera essa “onda virtual” como uma revolução de dimensões apocalípticas⁶, ou seja, como presságios negativos do desenvolvimento tecnológico da atual civilização.

Mesmo diante do rigor das argumentações, é possível considerar outra abordagem para o termo virtual, pelo menos no que diz respeito às expressões não presença, desterritorialização e perda de identidade, que parecem inapropriadas para designar as características do meio computacional.

O filósofo utiliza o exemplo de uma comunidade que se relaciona pela Internet para ilustrar a idéia de não presença. Contudo, essa falta de referência estável de lugar ou de localização não parece ser suficiente para justificá-la. Existir significa, de algum modo, estar presente ou manifesto para os nossos sentidos e pensamentos. A mobilidade, tão comum aos povos nômades, é inadequada para

⁵ Lévy (2003) trata espaço geográfico e lugar como sinônimos.

⁶ Esse tipo de comportamento pessimista pode ser observado em determinados autores pós-modernos. Consideram que a simulação, por meio de imagens, “apaga” a diferença entre o real e o imaginário, entre o ser e a aparência. De acordo com Santos, J.F. (1986, p.13): “Na era da Informática, que é o tratamento computadorizado do conhecimento e da informação, lidamos mais com signos do que com coisas. Preferimos a imagem ao objeto, a cópia ao original, o simulacro (a reprodução técnica) ao real”.

assegurar a idéia da não presença. Quem se comunica está, necessariamente, presente em algum lugar, mesmo que esteja em movimento ou distante.

O virtual, no sentido que o autor utiliza, significa um tipo de representação. Uma representação não é o próprio objeto, é um outro, uma abstração de parte dos seus atributos. São duas categorias distintas: o objeto real e a sua representação, o mesmo e o outro. Contudo, a representação de uma entidade não implica na modificação dos seus atributos originais. Um objeto real não se desterritorializa ou perde sua identidade ao ser representado virtualmente. A árvore e a semente são dois momentos distintos do mesmo ser.

Dessa forma, o termo virtual é inadequado para caracterizar qualquer tipo de representação. Se virtual é algo potencial – o que pode vir a existir –, e o atual é o modo de existir oposto (semente e árvore), seria possível que uma representação (virtual) se transformasse em real (atual)? A modelo de um estúdio de pintura não se modifica por ter sido pintada por estudantes de Belas Artes e, tampouco, suas telas podem se transformar na própria mulher que posou para os artistas. Além disso, também parece incoerente supor um movimento unidirecional, o de desterritorialização, sem o seu contrário, o de reterritorialização, e o da perda de identidade sem a construção de uma nova identidade.

Entende-se que a virtualização de um objeto não implica na ausência dos seus vínculos espaciais e temporais, mas na criação de uma forma distinta de representação, de comunicação e de localização espacial. Forma é o que individualiza e determina a matéria, é o que atualiza as virtualidades contidas na matéria. Essa transformação cria um objeto distinto, um outro em relação ao real, mas não provoca a perda da sua identidade. Mudança de forma não significa alteração da essência.

Para Haesbaert (2003), a idéia de desterritorialização de Pierre Lévy não deve ser tratada apenas como sinônimo de desenraizamento, resultado do aumento da mobilidade e da destruição física de fronteiras. Para o autor, considerar desterritorialização como consequência da contínua superação das distâncias, das rugosidades da superfície, pode revelar uma visão muito parcial do conceito de território, aquela que o separa das suas redes.

Entretanto, a complexidade dessa questão é grande, já que essa distinção entre os conceitos de território⁷ e rede⁸ pode não ser muito nítida. Considerando distintas escalas de análise, a rede pode tanto se transformar em um elemento do território, quando se encontra subordinada às suas fronteiras, como o território pode transformar-se em um elemento da rede, na medida em que ele se torna um ponto na articulação de fluxos (Haesbaert, 2003).

Embora a relação entre territórios e redes seja pertinente, não será desenvolvida neste trabalho. Além de não ser vital ao escopo da pesquisa, o assunto – do ponto de vista geográfico – é complexo e extenso. A discussão sobre as diferenças entre a virtualização e a desterritorialização dos elementos foi encaminhada pelo viés da representação computacional, orientada basicamente pela questão da forma.

Para ilustrar a argumentação, optou-se por usar o exemplo de uma empresa, o mesmo utilizado por Lévy (2003, p.18). Ao contrário da interpretação do filósofo, acredita-se que uma empresa ou serviço que só existe na Internet, isto é, que não possui um escritório tradicional – uma sede física que contém as referências espaciais urbanas convencionais, ou seja, códigos de localização (endereço, município, estado, país, CEP, telefone, fax); ela se virtualiza mas não se desterritorializa. Ela se insere em um dos sistemas do território, distinto das convenções: passa a ser representada nas redes de comunicação. A empresa continua a existir, mesmo que a alvenaria seja substituída por algoritmos, pois são formas distintas do mesmo ser.

Independentemente do espaço de inserção da referida pessoa jurídica, alguém se responsabiliza pelas suas atividades, pelo seu funcionamento e manutenção. E, mesmo que a forma de diálogo se altere, é imprescindível que a comunicação entre as partes (representantes e usuários) se concretize. De maneira análoga à da empresa dita convencional, a possibilidade de solicitar ou cancelar serviços, produtos e

⁷ Para Souza (2003), território é um conceito que nasce, na tradicional Geografia Política, como o espaço concreto (natural) que é apropriado por um grupo social. De acordo com Raffestin (1993), o território é um espaço definido e delimitado por e a partir de relações de poder. Esse geógrafo francês discorda de algumas abordagens de Lévy, pois reitera que as redes constituem um meio de produzir o território e, dessa forma, são partes dele constituintes.

⁸ De acordo com Dias, L.C. (2003), uma rede caracteriza um sistema geral de comunicação, cujo reflexo mais evidente é a re-configuração espacial de regiões e países, integrando processos produtivos, comerciais, financeiros e de informação.

informações; acompanhar o andamento ou tramitação de pedidos e processos se mantém – e por vezes se amplia – pela Internet. A comunicação ocorre mesmo que as distâncias e a simultaneidade se modifiquem.

Essa questão conduz a um aspecto material relevante, pois é necessário um suporte físico, localizável geográfica e temporalmente, para que a empresa virtual possa existir. Para estabelecer a comunicação, pela Internet, entre o prestador de serviços e o usuário, é necessário o uso de equipamentos que, de alguma forma, estão materializados em um local determinado. A dualidade dessa arquitetura, entre o servidor e o cliente, pressupõe o uso de equipamentos para codificar e decodificar as mensagens que trafegam pela rede que une as duas referidas partes. São necessários, no mínimo, os seguintes dispositivos: computadores (servidor) para oferecer o serviço e para acessar a rede (cliente), além dos programas específicos; a vinculação a uma rede (de cabos, fibras óticas ou de transmissão de dados por micro-ondas); uma conexão com um provedor de acesso à Internet e um domínio da Internet⁹.

Sob esse ponto de vista, o virtual caracteriza-se pela mudança de paradigma de localização espacial. As referências mudam, mas não desaparecem. Ao invés do endereço convencional, a empresa assume um endereço na rede, uma sequência numérica unívoca que a identifica. Uma empresa continua a existir, possuindo, porém, diferentes tipos de endereços.

Essas múltiplas referências espaciais não implicam, obrigatoriamente, na existência de distintas empresas. Da mesma forma que é possível existir a matriz e suas filiais, ou seja, distintas referências espaciais dos escritórios de uma mesma corporação (alvenaria + alvenaria), uma empresa que possui endereços físico e na rede (alvenaria + algoritmo) não se duplica. Uma empresa pode possuir distintas referências na rede (algoritmo + algoritmo) e nem por isso tornar-se, necessariamente, outra pessoa jurídica.

O Departamento de Geografia – FFLCH – USP, por exemplo, que está localizado à Av. Prof. Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, São Paulo, CEP

⁹ Domínio é um nome que serve para localizar e identificar conjuntos de computadores na Internet. Seu objetivo é facilitar a memorização dos endereços de computadores na rede, que são representados por uma sequência grande de números. Exemplo: ao invés de memorizar o número: 143.107.240.111, acredita-se ser mais fácil memorizar o nome <http://www.geografia.fflch.usp.br>. Outras informações podem ser obtidas no Registro de domínios para a Internet no Brasil. Disponível em: <<http://registro.br>> Acesso em: 21 fev. 2005.

05508-900, também está presente, na Internet, no endereço: <http://www.geografia.fflch.usp.br> (ou 143.107.240.111). Assim como a mencionada empresa não se desterritorializa quando sua localização espacial se transforma (alvenaria/algoritmo), o Departamento de Geografia não se torna uma unidade distinta ou outra instituição pelo fato de possuir uma sede física e um endereço na rede (alvenaria + algoritmo).

A proliferação de novas formas de representação, de comunicação e de localização, mediadas pela informática – particularmente neste período inicial de ascensão da virtualização – podem causar a sensação de fluidez e de ausência de materialidade. Mesmo que esta transformação das formas (alvenaria/algoritmo) possa criar uma possível insegurança no usuário, isto é, que essa mutação do vínculo espacial palpável e concreto para um abstrato e intangível cause certo desconforto, vale insistir que o seu conteúdo está necessariamente materializado fisicamente em um arquivo magnético. Seus vínculos espaciais são distintos dos tradicionais – e por isso mais difíceis de identificar –, mas existem; podem ser pouco compreensíveis aos leigos – já que estão codificados –, porém tanto os equipamentos quanto os seus responsáveis possuem referências convencionais (endereço, telefone, etc.).

Da mesma forma, a citada mutação de identidade, sugerida por Lévy, também não parece caracterizar com precisão uma entidade virtual. Não se trata de uma mutação de identidade porque um objeto, quando representado virtualmente, não perde totalmente seus atributos. Muda sua forma, mas não suas características. Acredita-se que uma entidade virtual, no caso dessa pesquisa, é somente uma forma de representação computacional e que, por essa razão, a essência das suas características originais não é alterada. Assim, um usuário que voa sobre uma representação numérica do relevo, o MDE, que pode ser sobreposta por uma imagem de satélite, se desloca sobre a superfície terrestre codificada por números, uma construção edificada para representar o próprio terreno. A representação de um fenômeno não implica na mudança da sua identidade¹⁰, mas na sua reprodução de maneira simplificada e seletiva.

¹⁰ Considera-se identidade no sentido de Aristóteles: “as coisas só são idênticas se é idêntica a definição de substância delas. A unidade da substância expressa, portanto, o significado de identidade (Abbagnano, 2000, p.528).

O virtual deve ser considerado como um tipo de representação¹¹, digital e interativa, de fenômenos. No caso do voo virtual, o relevo, a hidrografia, a rede viária, os limites municipais, representados numericamente, não se desterritorializam e tampouco perdem suas identidades. Ao contrário, suas representações, em escala – por meio de pontos, linhas e polígonos –, têm a intenção de preservar sua localização espacial; manter, com fidelidade, o relacionamento entre as entidades espaciais (adjacência, conectividade, etc.) e de garantir, por intermédio dos seus atributos (nome, largura, extensão, etc.), que seus aspectos mais importantes sejam conservados.

E o que seria um voo virtual? Neste trabalho, consiste em reproduzir um conjunto sistemático de fenômenos, via computador, por abstração. Essa realidade virtual é uma realidade abstrata e seletiva do terreno, portanto, não é uma imitação do real, é algo construído.

Sob essa perspectiva, os conceitos de virtual e o de número de Aristóteles¹² possuem semelhanças. Chauí (2002), comentando a obra *Metafísica* do filósofo, diz que a essência dos seres físicos ou naturais – que se caracterizam por nascer, viver, mudar, reproduzir-se e desaparecer –, são seres em devir¹³ e que existem no devir. Ao contrário, a essência dos seres matemáticos – como os contidos no voo virtual –, não existe em si mesma, somente como forma das coisas naturais. Estes seres se distinguem dos naturais pela essência, pois não nascem, não mudam, não se transformam, não estando em devir nem no devir.

No que se refere ao voo virtual, os números podem ser considerados como códigos que representam aspectos da superfície terrestre. Nesse caso, o conceito de representação caracteriza-se como uma forma de tradução entre dois sistemas. Do ponto de vista computacional, esse aspecto pode ser ilustrado pelo número trinta e sete, que pode ser representado em diferentes sistemas: arábico (37), romano (XXXVII) ou binário (100101) (Marr, 1982).

¹¹ Para Nöth (2002), representação é um termo polissêmico que tornou-se essencial para a ciência da computação. Pode ser utilizado com os sentidos de modelo, aproximação, abstração, codificação e correspondência.

¹² Ver Aristóteles (1969), *Metafísica*, livro XIII.

¹³ Vir a ser, transformar-se, tornar-se. É uma passagem contínua, um fluxo permanente, um movimento ininterrupto de uma coisa ao seu estado contrário.

Ainda do ponto de vista do ambiente do voo, o computacional, não se deve deixar de considerar que:

“Teoricamente, é possível descrever a operação de um computador digital puramente em termos de impulsos elétricos trafegando por uma rede complexa de elementos eletrônicos, sem considerar esses impulsos como símbolos de alguma coisa. Assim como determinado número no computador pode representar um campo relevante de objetos (como a localização de um satélite), uma análise mais profunda mostra que o número não é propriamente um objeto no computador, mas um padrão de impulsos ou de estados elétricos que, por sua vez, representa o número” (Winograd; Flores, 1987, p.86-87).

Assim, os impulsos elétricos de um computador representam componentes binários (0 ou 1) que são associados a números, que, por sua vez, expressam, através de símbolos, os objetos da superfície terrestre.

Portanto, por mais sofisticado, flexível e interativo que o sistema virtual possa ser considerado, as entidades cartografadas são codificações numéricas que representam seletivamente a realidade. Assim, suas mudanças são todas previsíveis, isto é, o comportamento das figuras geométricas é determinado pelas linhas do programa. E, como todas as ações e movimentos são previamente determinados, é fictícia a possibilidade de autonomia ou de comparação com o devir. A qualidade, a quantidade e a criatividade dessas transformações criam a ilusória sensação de realidade.

Por essa razão, o termo voar não deve ser utilizado no sentido de simulacro. O voo virtual diferencia-se do produto dos simuladores de voo eletrônicos, cujo objetivo é reproduzir fielmente todas as circunstâncias e eventualidades que possam ocorrer ao piloto de uma aeronave, como as leis da aerodinâmica, regras de tráfego aéreo e condições meteorológicas.

Nesse trabalho, o voo também se distingue dos jogos eletrônicos. Não exige a habilidade e tampouco oferece os estímulos proporcionados pelos desafios que caracterizam os *videogames*. No entanto, é possível estabelecer uma analogia entre eles, pois são “representações da realidade que podem ser manipuladas” (Shneiderman, 1998, p.202). A suposição é de que a facilidade de controle da altitude

e da direção, isto é, da trajetória, tende a tornar a interface transparente, de forma que o usuário julgue que está em contato direto com o ambiente representado¹⁴.

O termo virtual, à luz do exposto, deve ser utilizado para adjetivar o voo? Acredita-se, embora possa parecer contraditório, que sim.

Os argumentos que desaconselham o seu uso são: 1) o embate semântico e a falta de consenso entre as distintas abordagens tornam o vocábulo, no mínimo, pouco apropriado, pois permite interpretações divergentes; 2) um objeto virtual, nesse sentido computacional, nunca terá autonomia de transformação – o devir –, e, assim sendo, a distinção entre potencial e atual torna-se irrelevante¹⁵. Por que ressaltar uma característica que não existe de fato?

Por outro lado, o aspecto que recomenda sua utilização é considerável: o significado popularmente consagrado, ao contrário da etimologia, não implica na atualização dos objetos. Como o termo virtual está cotidianamente vinculado ao domínio da informática e dos jogos, parece ser pouco relevante a tentativa de resgatar sua essência ou de criar uma nova palavra. Assim, o termo virtual deve ser utilizado para caracterizar o voo, pois ainda que o significado seja inapropriado, a acepção do senso comum colabora decisivamente para uma aproximação ao sentido desejado: um sistema computacional que permite que o usuário voe sobre a representação de determinados aspectos de uma região.

Numa perspectiva ampla, o “voar” deve ser compreendido mais como uma privilegiada capacidade de análise visual do terreno do que dos seus mecanismos de movimentação. É muito mais importante o que se observa voando do que como se voa. O voo virtual, então, será considerado como um método exploratório visual de dados da superfície terrestre, que possui uma forma interativa de deslocamento – a qual se assemelha ao movimento de um helicóptero – proporcionado por um programa de computador. Os comandos de controle do voo emulam a liberdade de movimentação. As representações cartográficas tridimensionais podem reproduzir – tal como uma metáfora –, a conexão entre as propriedades conhecidas da superfície terrestre (Ex.: relevo) e as representações gráficas abstratas (Ex.: curva de nível).

¹⁴ Ver referência no item 3.4, sobre Interface.

¹⁵ “Potência só é potência por que tem a possibilidade de se tornar atual” (Aristóteles, 1969, p.199).

1.3 Representação visual

Dentre os cinco sentidos humanos, é a visão que estabelece – majoritariamente – a nossa relação com o mundo. Quando os olhos são abertos, as imagens que estimulam a retina são diretamente associadas às entidades observadas. Mas, é somente por força do hábito que a relação entre o objeto visualizado e as sensações retinianas torna-se automática. É necessário aprender a ver. A experiência é imprescindível para correlacionar luzes, cores e movimentos aos objetos e fenômenos¹⁶.

Conforme o neurologista Oliver Sacks (1999) – que estudou o comportamento de indivíduos cegos os quais voltaram, após muitos anos, a enxergar –, passamos a vida aprendendo a ver. O mundo não nos é dado, ao contrário, é construído desde a infância através da experiência. Esse processo envolve, entre outros, as atividades de classificação, o uso da memória visual e o reconhecimento dos objetos.

De um outro ponto de vista, o pesquisador de História da Arte, Ernest Hans Gombrich, ressalta que nunca podemos separar com nitidez o que vemos do que sabemos. Ele também afirma que “só se vê aquilo que se conhece”, que pode ser percebido na seguinte citação do cientista austríaco:

“Na representação visual, o sinal figura em lugar de objetos do mundo visível, e estes nunca podem ser dados tais como são. Qualquer quadro, por sua própria natureza, permanece como um apelo à imaginação visual; e tem que ser suplementado a fim de ser compreendido. Essa é apenas uma maneira de dizer que uma imagem não pode representar mais do que aspectos do seu protótipo (....) A não ser que conheçamos as convenções, não temos meios de saber que aspectos nos são apresentados. O que nos leva de volta à sabedoria de Filostrato, quando faz seu herói Apolônio dizer que ninguém pode entender um cavalo pintado, ou um touro, se não sabe como são esses animais” (Gombrich, 1995, p.255-256).

¹⁶ O psicólogo canadense Donald Hebb, no trabalho *The organization of behaviour*, menciona que são necessários aproximadamente 15 anos de aprendizado para alcançar o pleno desenvolvimento da visão (Sacks, 1999, p.154).

O filósofo John Locke, em seu *Essay Concerning Human Understanding*, de 1690, também abordou aspectos dessa questão. Seu colega de profissão, cuja esposa era cega, perguntou-lhe: supondo que um homem nascido cego, que aprendeu a distinguir um cubo de uma esfera pelo tato, volte a ver. Seria possível este homem distinguir os objetos pela visão (sem tocá-los)? A resposta do filósofo foi negativa. Em 1709, na obra *A New Theory of Vision*, George Berkeley examinou uma questão semelhante, a relação entre a visão e o tato, e concluiu que não havia necessariamente conexão entre o mundo tátil e o da visão. Uma conexão entre os dois só poderia ser estabelecida com base na experiência (Sacks, 1999, p.125).

Além da forma, há outras variáveis percebidas apenas por meio da experiência. Um curioso exemplo evidencia a sua importância para relacionar atributos como tamanho e distância. Há relatos de pessoas que, nunca tendo saído de densas florestas tropicais – nas quais o horizonte é de poucos metros –, quando colocadas em paisagens amplas parecem incapazes de interpretar horizontes distantes. Um pigmeu, quando levado para pastagens abertas, olhando uma afastada manada de búfalos, perguntou: que insetos são aqueles? (Tuan, 1999).

Outro exemplo interessante pode ser obtido no livro *Meu último suspiro*, uma autobiografia do cineasta espanhol Luis Buñuel. O autor relata suas experiências de adolescente com o cinema mudo, no final da década de 1910:

“Em Saragoça, além do pianista tradicional, cada sala de exibição de cinema tinha o seu explicador, isto é, um homem que, de pé, ao lado da tela, explicava a ação em voz alta. (...). O cinema trazia uma nova forma de relato, tão nova, tão inabitual, que a imensa maioria do público tinha dificuldade de compreender o que ocorria na tela, e de que maneira os acontecimentos se encadeavam de um cenário a outro. (...) Não posso esquecer meu espanto, compartilhado, aliás, por toda a sala, quando vi o meu primeiro *travelling*. Na tela, uma cabeça avançava em nossa direção, cada vez maior, como que para engolir-nos. Era impossível imaginar um só instante que a câmara se aproximava da cabeça – ou que esta aumentava por um truque. O que víamos era uma cabeça que vinha em nossa direção e que aumentava

desmedidamente. E, como São Tomé, acreditávamos no que víamos”
(Buñuel, 1982, p.46-47).

Esses exemplos ratificam a importância da experiência para a associação dos fenômenos, isto é, a correlação dos feixes de energia eletromagnética aos objetos. Porém, é pertinente resgatar uma perspectiva distinta sobre a imagem para confrontá-la com as citações anteriores. Se a afirmação de que “só vemos o que conhecemos” for considerada verdadeira, como entendê-la diante da menção de Tukey (1977, p.vi), segundo a qual “o maior valor de uma imagem é quando ela nos força a compreender o que nós nunca esperaríamos ver”? Isto é, se é certo que os estímulos visuais só adquirirem significado a partir de um longo processo de construção e associação, como pode uma imagem colaborar para a apreensão de algo que não esperaríamos ver?

Não parece haver contradição entre as afirmações, pois compreender algo que nunca esperaríamos ver, algo novo ou inesperado, através de uma imagem, não significa o desconhecimento sobre as circunstâncias ilustradas. Ao contrário, elas complementam-se, uma vez que é necessário, inicialmente, compreender as convenções de uma imagem para perceber seu significado e, somente a partir disso, entender quais são os novos aspectos ou pontos de vista que estão sendo destacados. Acredita-se que a utilização de imagens pode ser considerada como uma estratégia utilizada para aprofundar, enriquecer ou ampliar o conhecimento previamente adquirido, isto é, como um procedimento de síntese visual.

A questão da representação visual também é de grande importância para os antropólogos. Para Meneses (2003), os trabalhos de Margaret Mead e Gregory Bateson, da década de 1940, contribuíram para a formação da denominada Antropologia Visual, na qual a natureza discursiva das fontes visuais é reconhecida e valorizada. Nessa direção, a abordagem de Miriam Moreira Leite, ainda que trate especificamente de um só tipo de fonte, a fotografia, é muito pertinente. A autora reafirma a necessidade de aprender a ver e destaca o seu papel no processo de reflexão:

“Um conhecimento preexistente da realidade representada na imagem mostrou-se indispensável para o re-conhecimento do conteúdo da fotografia. Essa apreensão requer, além de aguçados mecanismos de

percepção visual, condições culturais adequadas, imaginação, dedução e comparação dessa com outras imagens para que o intérprete possa se constituir num receptor competente. É que, entre a imagem e a realidade que representa, existe uma série de mediações que fazem com que, ao contrário do que se pensa habitualmente, a imagem não seja a restituição, mas reconstrução – sempre uma alteração voluntária ou involuntária da realidade, que é preciso aprender a sentir e ver ou, nas palavras de Goethe: ‘olhar apenas para uma coisa não nos diz nada. Cada olhar leva a uma inspeção, cada inspeção a uma reflexão, cada reflexão a uma síntese, e então podemos dizer que, com cada olhar atento, estamos teorizando’. Ver, portanto, é comparar o que se espera da mensagem com aquela que nosso aparelho visual recebe” (Leite, 1998, p.40).

Dentre as importantes contribuições de um dos pioneiros do estudo da semiologia – o francês Roland Barthes –, para o tema da pesquisa, destacam-se sua abordagem sobre a fotografia e a relação desta com o texto. De acordo com o autor, entre todas as imagens, somente a fotografia transmite a informação (literal) sem utilizar signos e regras de transformação. Assim, a foto pode ser considerada uma mensagem sem código. O fotógrafo pode escolher o tema, o enquadramento e o ângulo, mas não pode intervir nos objetos fotografados. Na fotografia,

“a relação entre os significados e os significantes não é de ‘transformação’ mas de ‘registro’, e a ausência de código reforça, evidentemente, o mito do ‘natural’ fotográfico: a cena está aqui, captada mecanicamente, mas não humanamente (o elemento mecânico é, aqui, garantia de objetividade)” (Barthes, 1990, p.36).

Nesse sentido, o autor recomenda opor a fotografia (mensagem sem código) ao desenho, que é uma mensagem codificada. A cópia pictórica, característica da fotografia, se diferencia da necessidade de utilização seletiva dos símbolos que compõem o desenho. Essa diferença é capital para a compreensão do vó virtual, uma vez que essas características do desenho podem ser transpostas às cartas

topográficas e, da mesma forma, as fotografias podem ser associadas às imagens de satélite¹⁷.

Barthes também ressalta a relação entre a fotografia e o texto. Em alguns casos a palavra, frase ou texto pode complementar a imagem. Em outros, o título, a legenda ou, no caso da pesquisa, a toponímia associada à fotografia (ou imagem de satélite) enfatizam determinados aspectos da imagem, orientando a sua interpretação. Nesse caso, ocorre o que pode ser considerado como uma inversão das funções tradicionais da imagem e do texto, pois a imagem não ilustra a palavra, mas é a palavra que fixa e identifica os elementos da fotografia ou, por vezes, produz um significado novo.

A imagem visual, no sentido amplo, não é uma simples representação da realidade, e sim um sistema simbólico¹⁸. E, como toda imagem é polissêmica (vários significados), trazendo uma cadeia flutuante de significados, dos quais o leitor pode escolher uns e ignorar outros, a ambigüidade se transforma em uma característica constante da imagem visual (Barthes, 1990). Essa ambigüidade será abordada no próximo item, de maneira a esclarecer a conexão entre as imagens e os seus significados.

1.4 Conexão entre os símbolos

A comunicação humana é um complexo processo concretizado por meio de ações expressivas que funcionam como sinais, signos e símbolos. A importância das pesquisas sobre esses três termos é de tal dimensão, que são realizadas há séculos, em diversas áreas do saber. O número de trabalhos produzidos é elevado, e uma parcela foi elaborada por autores de grande expressão, tais como: C.S. Pierce, F. Saussure, E. Cassirer, L. Hjelmslev, C. Morris, R. Jakobson e R. Barthes.

¹⁷ Como a imagem de satélite é realçada e filtrada após a sua obtenção, não pode ser considerada como idêntica à fotografia, no sentido preconizado por Barthes. Contudo, a idéia do autor será mantida, pois é útil para ilustrar as diferenças entre os formatos *raster* e vetorial.

¹⁸ Existem duas abordagens principais na discussão do processo de significação da imagem: a imagem como signo lingüístico, tratando de questões como a arbitrariedade, imitação e referências; e a dos traços específicos da imagem, como a profundidade, distância, extensão, cor, sombra, textura, etc.. Esses enfoques podem ser associados às correntes de pensamento propostas por Ferdinand de Saussure, o Estudo dos Sistemas de Signos – baseado na transferência dos conceitos da análise da linguagem verbal para as linguagens não verbais (semiologia); e por Charles Sanders Pierce, a Teoria Geral dos Signos (semiótica).

Para essa pesquisa, no entanto, somente uma parte diminuta desses conceitos será utilizada. A questão de maior interesse decorre dos problemas de comunicação, na qual se destacam a polissemia e a ambigüidade, entre o usuário e as representações cartográficas ou imagens de satélite.

Conforme mencionado, a importância do uso de símbolos é reconhecida e sua aplicação ocorre em inúmeras áreas do conhecimento. O filósofo alemão, Edmund Husserl, em seu tratado sobre Semiótica – “A Lógica dos Sinais”, de 1890 –, é enfático sobre a questão: “Os símbolos servem à economia do trabalho intelectual tal como as ferramentas e as máquinas servem ao trabalho mecânico” (Fidalgo, 1998, p.6).

Os símbolos possuem um papel de destaque na comunicação. Considerando o mapa como uma forma de expressão e de comunicação, o estudo de certas especificidades é fundamental para a pesquisa. Sob essa ótica, Edmund Leach (1992) avalia que o maior problema da mensagem está em determinar até que ponto o sentido transmitido ao receptor se mantém igual ao que o emissor pretendia transmitir.

O autor salienta que os nomes que associamos às coisas e fatos no mundo são convenções arbitrárias. Por essa razão, ocorre uma ambigüidade em relação às imagens sensoriais e as *conceptualizações* criadas pela aparência dessas coisas. No nível da língua, dois exemplos comuns de ambigüidade são: a homofonia (mesmo som, mas significados diferentes. Ex.: passo e paço) e a sinonímia (nomes diferentes para o mesmo objeto. Ex.: automóvel, carro, veículo).

Outra fonte possível de ambigüidade está relacionada aos conceitos que não têm referência direta com os objetos e fatos (Ex.: bom e mau). É possível, entretanto, projetar sobre os objetos esses conceitos criados no cérebro. Ex.: a noiva se veste de branco e a viúva de negro. Utiliza-se a oposição branco/negro para exprimir noiva/viúva, associando as idéias (metáforas) de feliz/infeliz. A figura 1 ilustra o esquema pelo qual as ambigüidades de sentido podem se manifestar no sistema de comunicação.

Figura 1: Esquema do sistema de comunicação e as possíveis ambigüidades

Fonte: Leach (1992)

A relação entre X e Y é intrínseca, pois constituem as duas faces da mesma moeda. Ex.: a imagem de um elefante (significante) corresponde a uma representação ou conceito do referido animal (significado)¹⁹. Embora haja uma correspondência, a relação entre Y e Z é sempre arbitrária. Em consequência, ocorre uma associação simbólica (metafórica). Como o elefante possui várias características, é um animal grande, pesado e de excelente memória, é possível transpor parte desses atributos para outro contexto. Ex.: “o rapaz chegou tão inchado ao hospital que mais parecia um elefante de óculos”. É uma associação simbólica e não intrínseca.

Quando se trata da linguagem verbal, a arbitrariedade é óbvia. O corpo de água que os brasileiros chamam de *rio* é denominado, pelos ingleses, por *river*. As palavras, portuguesa e inglesa, são símbolos da mesma coisa. A ligação entre o som (significante) e o conceito (significado) é intrínseco.

É possível, então, supor uma cadeia de representações, um sistema de conexão entre os símbolos. Os conceitos (idéias) ligam-se a dadas palavras, em determinada língua; os objetos ou acontecimentos unem-se a palavras diferentes, em línguas diferentes.

Mas, quando se refere a um contexto não verbal, a situação torna-se muito mais complexa, pois é possível que cada indivíduo perceba o seu mundo de acordo com o que lhe é sugerido pelo seu meio cultural (Leach, 1992).

¹⁹ Nos indivíduos cegos, essa associação ocorre majoritariamente de forma tátil e sonora.

Tomando como base a figura 1, é possível citar exemplos verbais e não verbais. No caso da linguagem verbal, uma rodovia (Z) possui uma relação arbitrária com distintas palavras (símbolos ou imagens): estrada, via, *road*, *route*, *carretera* (Y); e esse símbolo mantém um relacionamento intrínseco com o conceito (X). Entretanto, no contexto não verbal, como dos mapas ou do vó virtual, uma dificuldade é agregada ao processo uma vez que não se trata da própria rodovia (Z), mas de uma representação, uma abstração expressa por segmentos de linhas conectados. Outro aspecto que deve ser considerado é a possibilidade da forma de representação da rodovia modificar-se de acordo com a escala (cor, espessura, tipo de linha, etc.), conforme o número de faixas de rolamento (pistas), tipo de pavimento, esfera administrativa (municipal, estadual ou federal). O conhecimento dos símbolos, neste caso das convenções cartográficas da rede viária, é imprescindível para a associação do objeto ao conceito.

Até aqui, a abordagem sobre as referidas ambigüidades do processo de comunicação ficou restrita às representações estáticas. É plausível, senão óbvio, supor que o gerenciamento do processo de conexão entre os símbolos torne-se mais complexo em um ambiente dinâmico, como o vó virtual, no qual as imagens se modificam constantemente. Essa distinção entre a representação estática e a dinâmica pode ser ilustrada pela comparação entre a fotografia e o filme.

“Ver um filme não é olhar para uma fotografia. São atos de observação, posturas do olhar, muito diferentes. ‘Assiste-se’ a um filme, ‘mergulha-se’ numa fotografia. De um lado, um olhar horizontal, do outro um olhar vertical, abissal. As imagens projetadas levam o espectador num fluxo temporal contínuo, que procura seguir e entender; as fotografias, por sua vez, fixam-no num congelamento do tempo do mundo e convidam-no a entrar na espessura de uma memória. Diante da tela, somos viajantes e navegadores; diante da fotografia, tornamo-nos analistas e arqueólogos. Posturas diferentes do olhar, sobretudo maneiras diferentes de ver e pensar o mundo. No primeiro caso, pensa-se o mundo na sua continuidade, no seu fluxo, na sua dinâmica; no outro, pensa-se o mundo na sua descontinuidade, na sua fragmentação, no seu recorte. Existem, atrás e dentro dessas

matrizes imagéticas – fotográfica, cinematográfica, videográfica, informática –, lógicas e filosofias que temos ainda que descobrir” (Samain, 1998 p.56).

Essa interessante comparação entre o filme e a fotografia, contudo, não abrange todo o contexto do voo virtual, que possui características peculiares. A mais importante refere-se à possibilidade de controle do deslocamento. O usuário pode determinar o enquadramento, a distância, o ângulo, a velocidade de deslocamento e os tipos de informações visíveis durante o voo.

Também cabe esclarecer que a representação cartográfica dinâmica não significa a atualização²⁰ constante dos dados mapeados ou a visualização em “tempo real” das transformações espaciais. O adjetivo dinâmico indica somente as possibilidades de mudança de escala e de ponto de vista. Os dados cartografados representam, sempre, um determinado período, que corresponde ao instante do mapeamento.

No próximo capítulo, Considerações sobre Cartografia, as questões ligadas ao processo de comunicação, nos modos estático e dinâmico, serão tratadas. A abordagem será orientada à comunicação e à visualização cartográficas, de forma a subsidiar a discussão do propósito da tese.

²⁰ Atualização, no sentido cartográfico, é utilizada com uma conotação temporal. É sinônimo do registro mais recente possível dos contornos e limites dos entes representados.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARTOGRAFIA

Esse capítulo contém considerações sobre os aspectos gerais da Cartografia (item 2.1) e a respeito da comunicação cartográfica (2.2). Elementos da visualização são tratados no tópico 2.3, as representações tridimensionais são discutidas no item 2.4 e, por último, a relação entre Cartografia e a Internet é abordada (2.5).

2.1 Aspectos gerais

O mapa²¹ é uma forma de comunicação muito antiga e há indícios inequívocos de que sua utilização preceda a própria escrita, pois o homem, desde o período pré-histórico, sempre utilizou recursos para registrar seu deslocamento.

Até o início do século XV, todos os documentos eram copiados manualmente. Os manuscritos, livros e mapas eram reproduzidos unitária e pacientemente por artesões, até que Gutenberg, com o intuito de imprimir bíblias, desenvolveu um sistema de impressão com tipos móveis, em 1438. Uma verdadeira revolução para a época. As informações podiam ser mais rápida e eficientemente reproduzidas, além de evitar os erros, e até modificações, atribuídos aos copistas.

Aperfeiçoados no decorrer do tempo, os mecanismos de armazenamento, manipulação e distribuição de informações vivenciaram um grande avanço no final do século XX. A Cartografia foi muito favorecida com o desenvolvimento das tecnologias de comunicação e da informática; no primeiro momento, com a automação dos cálculos e, posteriormente, com os bancos de dados, os editores de desenhos, a impressão de mapas e o intercâmbio de dados.

“A origem desta dramática mudança ocorreu em meados da década de 80, quando o aperfeiçoamento da interface com o computador fez com que seu uso fosse rapidamente disseminado. Para a Cartografia, esta interface tornou possível a exibição dos mapas. Avanços no armazenamento de dados (CD-ROM / DVD) e da Internet (*World*

²¹ O termo mapa será utilizado, conforme sugere Oliveira, C. (1983), como uma representação, geralmente em uma superfície plana e em determinada escala, das características naturais e artificiais terrestres ou subterrâneas.

Wide Web)²², no início de 1990, contribuíram para a segunda onda de desenvolvimento cartográfico” (Peterson, 1999, p.31).

Essas transformações influenciaram e, em algumas circunstâncias, causaram o desenvolvimento de distintas abordagens teóricas sobre a Cartografia. As suas correntes de pensamento, representadas pela comunicação cartográfica (baseada em diferentes teorias: da informação, da semiologia gráfica, dos modelos e da cognição) e pela visualização serão tratadas nos próximos itens.

2.2 Comunicação cartográfica

De acordo com Kanakubo (1990), foi principalmente a partir da década de 1960 que os pesquisadores buscaram a sistematização do conhecimento cartográfico. O incremento das especificidades da Cartografia – representado pelas pesquisas sobre projeções, cores, formas de representação do relevo, fotogrametria, tipos de Atlas – contribuiu para a formação de uma teoria da representação cartográfica e, simultaneamente, para o processo gradual de desvinculação entre Cartografia e Geografia.

A autonomia da ciência cartográfica foi construída sobre a distinção entre a forma de representação, de domínio dos cartógrafos, e seu conteúdo, atribuído aos especialistas dos fenômenos representados (geógrafos, geólogos, engenheiros, biólogos, arquitetos, etc.).

Com o progresso da Cartografia, no período pós II Guerra Mundial, foram criadas instituições cartográficas em diferentes países. Seu desenvolvimento foi caracterizado, nos primórdios, por dificuldades na troca de informações entre os pesquisadores. As diferenças políticas e culturais entre as nações eram significativas no referido período, principalmente pela polarização entre dois grandes blocos hegemônicos e pela publicação em diferentes línguas, como, por exemplo, o inglês, francês, alemão, polonês, tcheco e russo. Para congregar esses especialistas foi criada, em 1959, a *International Cartographic Association* (ICA).

²² *World Wide Web*, ou simplesmente *Web*, pode ser didaticamente resumido como uma interface para o acesso à rede Internet. É uma grande coleção de documentos interligados por hipertexto.

A primeira edição do *International Yearbook of Cartography*, da ICA, de 1961, continha um artigo do norte-americano J.C. Sherman. O autor considerava os mapas como uma forma de comunicação e vinculava esse processo à teoria da informação. O conceito de comunicação cartográfica foi, no entanto, formalmente definido pelo inglês J.S. Keates, em 1964.

Os princípios da comunicação em Cartografia são oriundos do sistema de comunicação geral (emissor, mensagem, receptor), proposto por Shannon; Weaver, em 1949, e edificados sobre o tripé: cartógrafo, mapa e usuário, conforme figura 2 (Robinson; Petchenik, 1976; Simielli, 1986).

Figura 2: Esquema de comunicação cartográfica

Fonte: Robinson; Petchenik (1976)

No processo de comunicação, de acordo com Oliveira, L. (1978), pode-se identificar um codificador e um decodificador. O codificador, para emitir a mensagem, utiliza-se de um código²³ e, da mesma forma, o decodificador o utiliza para transcrever a mensagem. Assim, o código se configura como o intermediário que faz a ligação entre as três partes do processo de comunicação: o emissor, a mensagem e o codificador.

“No mapa, o processo de codificação vai do significado para a imagem, e o processo de decodificação segue o sentido inverso. E, como é a partir do código que o receptor compreende a mensagem, equivale a dizer que para ocorrer a leitura cartográfica é necessário o leitor interpretar o que o fazedor de mapa construiu. Enquanto linguagem, o mapa trata de abolir a distância entre os elementos de comunicação, procurando uma continuidade, ou melhor,

²³ Código, para esse trabalho, será definido como qualquer grupo de símbolos que, de forma organizada, faça sentido para alguém.

estabelecendo uma linguagem comum através dos pontos, linhas, áreas, enfim, dos símbolos” (Oliveira, L. 1978, p.23)²⁴.

Essa corrente teórica que considerava os mapas como um meio de comunicação tornou-se predominante nas décadas de 1970 e 1980. A comunicação cartográfica, intensamente discutida por comissões e grupos de trabalho da *International Cartographic Association* (ICA)²⁵, todavia, foi construída a partir de perspectivas conceituais diferentes, como: a teoria da informação, a teoria da semiologia gráfica, a teoria da cognição e a teoria dos modelos.

O maior expoente da teoria da informação, segundo Simielli (1986), foi Antonin Kolacny. A grande contribuição desse pesquisador tcheco foi propor um esquema que unisse a etapa de criação e produção do mapa à da sua leitura e utilização, até então pouco explorada, em um único processo. Esse esquema, denominado de Comunicação da Informação Cartográfica, seria o único caminho para a resolução dos problemas da Cartografia, isto é, não seria possível tratá-los sem supor a conexão mútua entre os dois componentes do processo de comunicação (produção / utilização).

A semiologia gráfica, que pode ser considerada como uma aplicação de conceitos da semiótica à linguagem cartográfica, está associada ao estudo das propriedades da percepção visual. O francês Jacques Bertin, o mais expressivo autor dessa linha de pesquisa, propôs uma forma de representação gráfica baseada nas variáveis visuais (cor, forma, tamanho, orientação, granulação e valor), que ressalta as três relações fundamentais entre os signos: de diversidade, de ordem e de proporcionalidade (Martinelli, 2003).

O equívoco cartográfico mais grave, para Bertin (1988), não é o da exatidão da posição geográfica, mas o da utilização inapropriada dos símbolos. É necessário dominar a sintaxe dessa linguagem visual para representar corretamente as três referidas relações entre os signos, pois menosprezar esse modo de representar os fenômenos pode significar a transmissão de uma falsa informação.

²⁴ A figura 1 pode contribuir para ilustrar esta citação.

²⁵ Sua fundação, em 1959, caracteriza uma tendência de renovação e, simultaneamente, de separação institucional entre a Cartografia e a Geografia (Girardi, 2003). A última reunião internacional conjunta entre ICA e UGI (União Geográfica Internacional) ocorreu em Tóquio, em 1980.

Artur Robinson e Barbara Petchenik, autores da obra *The nature of maps*, de 1976, foram os pesquisadores que mais se destacaram no desenvolvimento da teoria da cognição. Esta abordagem da comunicação cartográfica prioriza o estudo dos processos de compreensão e de representação do espaço pelos usuários.

De acordo com Petchenik (1977), os cartógrafos não devem se preocupar essencialmente com a natureza dos objetos, mas com o conjunto de relações entre tais objetos, pois o leitor deve reconstruir estas relações na sua mente para que o mapa adquira significado. Para a autora, a principal questão é saber como ocorre a associação do conhecimento pessoal do usuário, das entidades espaciais e seus relacionamentos do mundo real com os símbolos representados no mapa.

Na teoria dos modelos, de acordo com Kanakubo (1995), os representantes mais ativos foram o inglês C. Board, o polonês L. Ratajski, o norte-americano J. Morrison e o russo K. Salichtchev. Para Board (1971), os mapas não deveriam ser visualizados exclusivamente como modelos da realidade, mas também como modelos conceituais de alguma generalização do mundo real. O autor propôs um diagrama, o *The map-model cycle*, no qual examinou o papel dos mapas intermediado por um sistema de comunicação generalizado. Para esse autor, como os mapas são modelos da realidade, além de colaborarem com a compreensão do mundo real, são instrumentos centrais da metodologia geográfica.

Assim, nas décadas de 1960 e 1970, as maiores preocupações na Cartografia estavam ligadas à elaboração e sistematização de um *corpus* teórico para a disciplina. O papel fundamental do mapa era de comunicar e, o da Cartografia, de verificar o processo de comunicação. A padronização dos mapas temáticos internacionais, particularmente dos seus símbolos, também foi alvo das pesquisas cartográficas. O reconhecimento do potencial da Cartografia assistida por computador, na década de 1980, resultou na formação de um novo grupo de trabalho na ICA, cujo objetivo era examinar os seus impactos nas teorias e procedimentos cartográficos (Kanakubo, 1995).

2.3 Visualização²⁶

A origem desse termo, na Cartografia, está ligada à expansão do papel da computação nas atividades científicas. A organização do evento *Visualization in Scientific Computing Report - ViSC* e a publicação dos trabalhos apresentados, em 1987, pela *Association for Computing Machinery Special Interest Group on Computer Graphics (ACM-SIGGRAPH)*, marcaram o início do uso desse conceito. A visualização científica foi, então, definida como um método computacional e um instrumento para a interpretação de imagens, alimentação de dados e geração de representações multidimensionais complexas (McCormick *et al.*, 1987).

A questão da difusão da informática na Cartografia foi, inicialmente, tratada com ressalvas. O então presidente da ICA, D. R. Taylor, afirmou, em 1991, que o desenvolvimento conceitual e teórico da Cartografia, na década de 1980, foi retardado pelo interesse na produção de mapas no meio digital (Taylor, 1991). Após um período de mera incorporação das técnicas para a elaboração de mapas, o computador começou a ser visto como um meio de comunicação e, em decorrência, o conceito de visualização foi integrado às discussões sobre o assunto.

A visualização cartográfica pode ser vista como uma extensão lógica da comunicação cartográfica (Peterson, 1994). Segundo o autor, a interatividade²⁷ é a chave de todo o processo de visualização, que pode ser definido como um procedimento mental, intimamente ligado à memória, que depende do reconhecimento de padrões, exibidos estática ou dinamicamente.

Entretanto, conforme MacEachren; Ganter (1990), o paradigma da Cartografia como ciência da comunicação não pode ser aplicado à visualização cartográfica. Os autores afirmam que a perspectiva da comunicação considera o mapa como um tipo de ilustração geográfica, cujo objetivo é comunicar fatos conhecidos. A visualização cartográfica, de forma distinta, tem como cerne o pensamento geográfico, isto é, estimular o raciocínio sobre questões desconhecidas e auxiliar na busca por padrões e relacionamentos entre os dados²⁸.

²⁶ Para Card *et al.* (1999), a evolução histórica da visualização de informações é oriunda de diversas áreas. Os autores destacam os trabalhos de Bertin (1967), Tukey (1977) e de Tufte (1983).

²⁷ Esse conceito será discutido no próximo capítulo.

²⁸ Essa abordagem de visualização é condizente com a afirmação de Tukey (1977, p.vi), mencionada no item 1.3 (Representação visual).

Wood (1994) questiona a validade do uso da terminologia visualização cartográfica, considerando-a um termo novo para descrever um dos mais antigos processos de investigação geográfica. Na sua interpretação, muitas visualizações foram realizadas sem a utilização do computador. Contudo, o baixo nível de interatividade entre o investigador, a ferramenta gráfica e os dados restringiu sua implementação, tornando-se mais um instrumento de apresentação dos mapas do que propriamente de visualização cartográfica.

De acordo com MacEachren (1994), a visualização não é um novo aspecto da Geografia, mas uma renovada forma de olhar para uma aplicação da Cartografia – composta pelas linhas da comunicação visual –, a qual foi o centro das pesquisas dos últimos 30 anos, e do pensamento visual²⁹.

O historiador Eugene Ferguson, no artigo: *The mind's eye: nonverbal thought in technology*, exemplifica a importância do pensamento por meio de imagens, esquemas e modelos para a história do desenvolvimento tecnológico.

“Muitos dos pensamentos criativos dos projetistas do nosso mundo tecnológico não são verbais e dificilmente reduzíveis em palavras: sua linguagem é um objeto, um desenho ou uma imagem visual da mente” (Ferguson, 1977, p.835).

A expressão “pensamento visual” tornou-se mais popular após a publicação de dois livros, a partir do final da década de 1960. Ainda que a essência dessas obras fosse semelhante, a atenção dos autores era bastante diferenciada. No livro *Visual Thinking*, de 1969, Rudolf Arnheim destaca a percepção, do ponto de vista da Psicologia da Arte. Robert Mckim, com a obra *Experiences in visual thinking*, de 1970, ilustra o potencial do pensamento visual, abordando as circunstâncias de descobertas científicas e de alguns projetos de pesquisa.

McKim (1970) argumenta sobre a separação entre o pensamento visual e a apresentação ou exposição das idéias, resgatando as pesquisas de Fleming sobre a penicilina; de Watson, com as moléculas de DNA; de Tesla, com a lâmpada fluorescente e o alternador de corrente elétrica; e de Kekulé, sobre a estrutura do benzeno.

²⁹ Em artigos publicados em épocas distintas (1990 e 1994), o autor usou os termos: pensamento geográfico e pensamento visual, no mesmo sentido. Neste trabalho serão considerados como sinônimos.

O autor destaca o relacionamento integrado entre o olhar, o pensamento e o desenho. Ressalta a afirmação de Watson, para quem o desenho e o pensamento são de tal forma simultâneos, que a imagem gráfica aparece como uma extensão orgânica do processo mental. McKim propõe a expressão “idealização gráfica”, para denominar o processo de concepção e desenvolvimento de idéias. Ele teria início com o esboço de idéias, no qual os pensamentos seriam desenhados ou representados esquematicamente, em seguida seriam avaliados e, finalmente, reciclados, gerando um movimento circular do processo.

Esse contexto, comum ao pensamento visual e à idealização gráfica, é detalhadamente tratado no texto de Braden (1996), intitulado *Visual Literacy*. Na introdução, o autor destaca a falta de uma definição consagrada para a referida expressão, bem como a ausência de coesão teórica sobre o tema. O seu aspecto mais relevante, nesse momento, é uma das possíveis interpretações: a de que, na realidade, essa modalidade de “escrita visual” não é nada mais do que uma confluência de teorias de outras áreas, uma distinta abordagem para a relação visual entre símbolos, signos e ícones.

Nesse sentido, parece possível agrupar algumas das referidas afirmações e ponderar se elas não seriam distintos olhares sobre a mesma questão – a relação visual entre símbolos –, oriundos da Estatística, História da Arte, Engenharia, Neurologia e Cartografia:

- “O maior valor de uma imagem é quando ela nos força a compreender o que nós nunca esperaríamos ver” (Tukey, 1977). Ressalta o poder dos símbolos para a produção de *insights*. Para a Estatística, indica, entre outros, a capacidade da representação gráfica para complementar, ilustrar ou sintetizar dados numéricos;
- “Só vemos aquilo que conhecemos” (Gombrich, 1995). Constata a importância do conhecimento prévio das convenções (símbolos) utilizadas na representação. O observador precisa conhecê-las para poder interpretá-la;
- O desenho e o pensamento são de tal forma simultâneos, que a imagem gráfica aparece como uma extensão orgânica do processo mental (McKim, 1970). Enfatiza a relação e a semelhança entre o caráter simbólico do raciocínio humano e da representação gráfica;

- É necessário aprender a ver. O mundo não nos é dado, ao contrário, é construído desde a infância através da experiência (Sacks, 1999). Destaca o desenvolvimento cumulativo do processo de correlação entre os estímulos visuais e os objetos. A experiência é armazenada (memorizada) de uma forma simbólica;
- A visualização cartográfica visa estimular o raciocínio sobre questões desconhecidas e auxiliar a busca por padrões e relacionamentos entre os dados (MacEachren; Ganter, 1990). Realça a utilização dos símbolos cartográficos para a compreensão dos fenômenos espaciais.

Contudo, as semelhanças entre as abordagens não permitem a exclusão dos respectivos contextos. Mesmo que a proposta de Mckim materialize a essência da visualização cartográfica, sua aplicação é limitada, pois as necessidades de mapeamento – que freqüentemente demandam o uso de grandes conjuntos de dados – são mais amplas e diversificadas do que esquemas e esboços utilizados para a investigação científica.

Para Wood (1994), visualização pode ser definida como o uso interativo de mapas para facilitar o pensamento visual. Sua maior vantagem é a mudança da velocidade de interação, que resulta no aumento de produtividade – qualitativa e quantitativa –, além das possibilidades de inovação no desenvolvimento e uso da Cartografia como um instrumento de exploração científica.

É importante ressaltar, no entanto, que distintos autores se referem de forma diferente ao mesmo assunto. Embora visualização cartográfica e visualização geográfica (*geovisualização*) tenham sido consideradas como sinônimos, pois, em princípio, se referem ao mesmo conteúdo, algumas nuances as distinguem. Em alguns casos, a visualização cartográfica destaca a interatividade, enquanto que a segunda, mais abrangente, incorpora o processo de tomada de decisão. Há indícios de que a opção por uma dessas terminologias também seja influenciada pela formação acadêmica de cada autor, pela época de publicação do artigo – por conta das transformações do conceito – e pelo contexto de cada projeto³⁰.

³⁰ “Os termos novos são, muitas vezes, a doença infantil de uma nova ciência ou de um ramo novo da ciência. Quando discutíamos problemas fonológicos na década de 1920, eu próprio introduzi muitos neologismos e depois, por acaso, livre-me dessa doença terminológica” (Jakobson, 2003, p.19).

Um exemplo dessa opção terminológica é ilustrado por MacEachren; Monmonier (1992). De acordo com esses autores, a sobreposição de interesses pelas funções cognitivas e de suporte à decisão, características da visualização científica e da Cartografia, foi denominada de visualização geográfica. Ela pode ser definida como o uso de representações visuais, em papel ou no meio digital, para tornar visíveis problemas e contextos espaciais.

DiBiase (1990) propôs uma abordagem sobre a visualização a partir do conceito de análise exploratória de dados, originário da Estatística (Tukey, 1977). No contexto da pesquisa científica das Ciências da Terra, o autor destaca o papel do mapa na sequência do trabalho acadêmico, conforme a figura 3.

Nessa figura, que ilustra a visualização geográfica, a curva demonstra a sequência da pesquisa científica. Nos quatro diferentes estágios, a representação gráfica é utilizada para facilitar o raciocínio. Na fase da exploração de dados, sua função é revelar questões pertinentes. Na de confirmação, é ilustrar os relacionamentos aparentes entre os dados, à luz de hipóteses formais. Nas fases de síntese e de apresentação da pesquisa, seu papel é de explanar os resultados do trabalho, para que possam ser veiculados em conferências e publicações.

Figura 3: Visualização como uma ferramenta de pesquisa científica

Fonte: DiBiase (1990)

O processo começa no domínio particular (*private realm*) de um ou mais especialistas e os seus respectivos objetos de pesquisa. Os pesquisadores mudam gradualmente a ênfase das suas questões para a comunicação das suas idéias.

Finalmente, a pesquisa é disseminada para o domínio público. Assim, a visualização evolui em paralelo com a progressão da investigação, do âmbito particular para o público.

Conforme DiBiase (1990), o pensamento visual implica na geração de idéias através da inspeção e interpretação de representações visuais de dados, *a priori* não-visíveis, enquanto que a comunicação visual restringe-se à apresentação de idéias na forma visual. A contribuição das novas ferramentas de visualização computacional pode ocorrer no domínio particular, onde a ênfase não é tanto na geração de imagens, mas no uso de imagens para produzir novas idéias.

Nesse mesmo ano, MacEachren; Ganter (1990) propuseram um modelo de interatividade baseado no reconhecimento de padrões da visualização cartográfica (figura 4). Esse modelo possui dois principais estágios: vendo que (reconhecendo padrões) e raciocinando porquê. No primeiro, o pesquisador busca o reconhecimento e a correlação entre os padrões, a partir do conhecimento previamente armazenado e dos estímulos externos. No segundo estágio, ocorre a busca por respostas, numa constante e circular aproximação para entender o fato, pois raramente existe uma correlação exata entre os padrões. São geradas imagens e proposições que podem coincidir com os padrões existentes (armazenados) ou gerar novos padrões, implicando na modificação de julgamentos e procedimentos prévios³¹.

³¹ A figura 4 pode ser compreendida como uma representação gráfica da “idealização gráfica”, isto é, do relacionamento integrado entre o olhar, o pensamento e o desenho proposta por McKim (1970). Esse modelo de interatividade, baseado no reconhecimento de padrões, também pode ilustrar a complementaridade entre as expressões “só se vê aquilo o que se conhece” e “o maior valor de uma imagem é quando ela nos força a compreender o que nós nunca esperaríamos ver”.

Figura 4: Modelo de reconhecimento de padrões da visualização cartográfica

Fonte: MacEachren; Ganter (1990)

Uma perspectiva complementar da visualização cartográfica foi proposta por Taylor, em 1991, e revisada em 1994. Um diagrama triangular foi utilizado para expor a relação entre os conceitos da Cartografia (figura 5).

Figura 5: Base conceitual da Cartografia

Fonte: Taylor (1994)

Nessa figura, a visualização ocupa o centro do diagrama triangular, que une a cognição, a comunicação e o formalismo (novas tecnologias computacionais). Para Taylor (1994), é o formalismo cartográfico que tem recebido, por parte dos pesquisadores, maior atenção. A tecnologia computacional, particularmente a multimídia, continua majoritária em relação aos outros processos que integram o

esquema (cognitivos e de comunicação). O elemento chave para a compreensão da visualização é o aumento do dinamismo e da interação entre o usuário e a representação gráfica.

Em outra proposta contemporânea, a de MacEachren (1994), a visualização é definida em termos do uso do mapa. Diferentemente dos modelos existentes, seu principal destaque está baseado na forma de interação do usuário com a representação. A idéia fundamental do autor é de que o uso do mapa pode ser concebido como um espaço tridimensional, definido por 3 *continua* (ver figura 6):

- 1) do uso do mapa, que é particular – onde o indivíduo gera um mapa para suas próprias necessidades –, para o público, onde os mapas ficam disponíveis para todos os interessados;
- 2) do uso do mapa, que vai da apresentação de dados conhecidos, para a revelação de fatos desconhecidos;
- 3) do uso do mapa, que possui baixa interação homem/mapa, ou seja, limitada possibilidade de intervenção no conteúdo, para a alta interação entre o usuário e a representação.

Nesse cubo cartográfico é possível perceber os diferentes tipos de uso dos mapas. A Cartografia tradicional enfatiza o uso público, de baixa interatividade e dos conhecimentos existentes, enquanto que a visualização ressalta o uso particular, com alta interatividade e de exploração do desconhecido.

Dessa maneira, a visualização tornou-se uma linha de pesquisa muito consistente. A relevância dessa abordagem era de tal ordem que, em 1995, a ICA aprovou a formação de uma nova comissão de trabalho, a de Visualização. Seu foco inicial de pesquisa era o uso dos mapas dinâmicos (que mudam conforme a ação do usuário) como estímulo ao pensamento.

Figura 6: Cubo cartográfico

Fonte: MacEachren (1994)

Uma grande variedade de atividades dessa Comissão de Visualização foi implementada. Numa delas, o resultado foi a re-interpretação do modelo conceitual proposto por MacEachren (figura 7) para explicar o uso do mapa. Essa revisão reduziu a tensão entre as abordagens cartográficas da comunicação e da visualização, tratando a visualização geográfica (*geovisualização*) como uma categoria que engloba a apresentação dos mapas e expandindo as fronteiras do uso da *geoinformação*³².

Segundo o Termo de Referência da ICA³³, *geovisualização* pode ser definida como uma forma de visualizar informações, baseada em mapas, que destaca a contribuição e o desenvolvimento de métodos visuais projetados para facilitar a exploração, análise, síntese e a apresentação de informações geo-referenciadas. Pode ser considerada como uma combinação do desenvolvimento de teorias, ferramentas e métodos e do entendimento de como elas são utilizadas para estimular o pensamento e facilitar a tomada de decisões.

³² Ver Termo de Referência da *International Cartographic Association* disponível em: <<http://www.icaci.org/en/nominations/cv/visualization.html>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

³³ Idem.

Figura 7: Cubo cartográfico revisto

Fonte: MacEachren (2001)

De maneira semelhante, para MacEachren; Kraak (2001) a *geovisualização*³⁴ integra as abordagens da visualização computacional científica (ViSC), Cartografia, análise de imagens, análise exploratória de dados e Sistemas de Informações Geográficas para prover teorias, métodos e ferramentas para a exploração visual, análises, sínteses e a apresentação de dados *geoespaciais*. Os principais temas que a compõem são: a representação da informação *geoespacial*, a integração entre a componente visual e os métodos computacionais de construção do conhecimento, o desenvolvimento de interfaces, os aspectos cognitivos envolvidos e o seu uso. Tem o potencial de prover janelas para diversos fenômenos e processos associados, através da construção de novas cenas, de ambientes virtuais e colaborativos, estimulando percepções sobre as estruturas e relacionamentos contidos nesses complexos e interligados conjuntos de dados.

E o que é possível deduzir disso? A análise das cinco últimas figuras, números 3, 4, 5, 6 e 7 é bastante interessante e torna possível extrair algumas considerações sobre o tema³⁵. Com exceção da número 4, todas as outras ilustram as duas principais vertentes da Cartografia: comunicação e visualização. As figuras 6 e 7 mostram, com o auxílio de uma figura tridimensional, todos os aspectos

³⁴ A importância da *geovisualização*, segundo os autores, baseia-se no fato de que 80% dos dados digitais gerados incluem algum tipo de referência espacial, como coordenadas geográficas/UTM, endereços ou códigos de endereçamento postal.

³⁵ As figuras foram inseridas, para facilitar a análise, em uma única página (ver Anexo I).

representados linearmente (2D) na figura 3, exceto a interatividade, cujos estágios são representados na figura 4. Então, as figuras 6 e 7 podem ser consideradas como uma espécie de fusão das figuras 3 e 4, a menos dos termos: comunicação e visualização (segundo os autores sua exclusão é suficiente para reduzir a tensão entre ambas). As figuras 3, 6 e 7 enfatizam os possíveis tipos de usos, ao passo que a figura 5 ressalta a visualização como um campo da computação gráfica, pois, segundo o autor, predomina sobre os da comunicação e da cognição.

Mas comparar os termos e o formato das figuras geométricas é insuficiente para a compreensão necessária sobre o assunto. Uma pergunta central antecede esse cotejo. Seria possível separar a comunicação da visualização cartográfica a partir do tipo de uso ou do meio? Ou melhor, é admissível propor uma abordagem conceitual para a Cartografia com base nos tipos de uso das representações? Se usarmos o mesmo raciocínio desenvolvido para discutir a questão sobre o termo virtual, a resposta certamente é negativa. A essência da representação cartográfica é idêntica na exploração e na apresentação de dados. As distintas aplicações dela feitas não transformam seu conteúdo. Da mesma maneira, converter o teor da carta topográfica (papel) em um arquivo magnético não implica em mudança da sua essência ou identidade. O meio altera somente a forma, mas não o conteúdo.

Então, sobre o que estaria a Cartografia estruturada? A resposta começa com a recuperação das origens da sistematização do conhecimento cartográfico, na década de 1960. Quando Kanakubo diz que a autonomia da ciência cartográfica foi construída sobre a distinção entre a forma de representação – atribuída aos cartógrafos – e o conteúdo das representações – de domínio dos diversos especialistas –, significa que a Cartografia é o campo que estuda as diferentes formas de representação, mas que o seu conteúdo é emprestado de áreas como a Geografia, Engenharia, Geologia ou Biologia.

Na primeira fase teórica (comunicação), o mapa era considerado um meio de comunicação. Assim, foram incorporadas ou adaptadas as distintas vertentes teóricas sobre a comunicação. Na segunda etapa (visualização), os tipos de uso do mapa foram enfatizados. A assimilação do computador ao processo cartográfico, o “motor”

da visualização, foi responsável pela incorporação das suas especificidades: velocidade, dinamismo e interatividade³⁶.

Se nessa análise for incluído o questionamento sobre as possíveis ambigüidades da comunicação, o contexto associado à figura 1, pode emergir uma “decepcionante interpretação”, como a descrita por Braden (1996): a de que a Cartografia, expressa pela comunicação e/ou visualização, não significa mais do que uma confluência de teorias de outras áreas, calcada no estudo das relações entre símbolos, signos e ícones.

Contudo, negar a existência da Cartografia como área do conhecimento pode parecer uma atitude semelhante ao repudiado comportamento apocalíptico de certos autores frente ao processo de virtualização. Como as distintas abordagens que compõem a comunicação cartográfica são conceitualmente bem embasadas, e como o suporte teórico que sustenta a visualização é menos consistente, é possível avaliar que este elevado *status* só pode ser explicado pela perplexidade face aos complexos mecanismos e procedimentos do vigoroso desenvolvimento tecnológico³⁷. Assim como acontece com o termo virtual, há uma supervalorização da aparência em detrimento da essência. A visualização, ao contrário da comunicação, não parece estar apoiada sobre conceitos teóricos, mas refletir as etapas da evolução tecnológica aplicada à Cartografia.

2.4 Representação tridimensional

Um dos aspectos importantes da *geovisualização* é a possibilidade de representar dados cartográficos tridimensionais (3D). A representação 3D é aquela que incorpora o eixo z, o qual expressa as altitudes, aos eixos x e y, que indicam o comprimento e a largura, no plano. Os modelos digitais de elevação (MDE) podem ser considerados como um tipo de representação tridimensional da superfície

³⁶ Nota-se, em ambas as fases, o interesse em integrar aspectos correlatos. Na primeira, a aproximação entre as atividades de produção/utilização dos mapas e, na segunda, a exploração/apresentação dos mapas.

³⁷ Outro aspecto importante, mencionado em nota anterior, é a tendência de criação de novos termos em áreas emergentes.

terrestre e são fundamentais para caracterizar as variações topográficas da superfície sobrevoada.

Embora os blocos diagramas e os relevos sombreados sejam formas muito antigas de representação topográfica numa superfície bidimensional, os sistemas atuais não só agilizam a produção do modelo digital de elevação, a partir de pontos cotados ou curvas de nível, como permitem que ele seja observado de qualquer ponto de vista, com a variação do azimute e do ângulo zenital; além disso, viabilizam a sobreposição de uma imagem à superfície do modelo.

Swanson, J. (1999) argumenta que a vantagem de usar uma representação cartográfica tridimensional está na simulação da realidade espacial, permitindo que o usuário reconheça mais rapidamente as mudanças nas elevações. Com o mapa bidimensional, ao contrário, o cérebro necessita, primeiramente, construir um modelo conceitual do relevo, antes que qualquer análise possa ser realizada. Outra vantagem que o autor ressalta é o aumento da interatividade, pois o usuário pode controlar seu deslocamento ou ponto de vista, consultar outros dados e mudar a escala de representação.

Ainda segundo o autor, a linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) representa o primeiro meio interativo e distribuído para o mapeamento tridimensional. Embora tenha sido impulsionada pela demanda por propagandas comerciais (*banners*) mais interativas no ambiente da *Web*, pode perfeitamente ser utilizada como ferramenta cartográfica, pois faculta a associação de imagens, animações e sons, e uma grande liberdade de movimento ao usuário.

O potencial dessa linguagem foi rapidamente percebido pelo meio cartográfico. Do ponto de vista institucional, destaca-se a Comissão de Visualização, que atuou de 1995 até 1999, quando teve sua denominação inicial expandida para Comissão sobre Visualização e Ambientes Virtuais. Essa ampliação foi, mais uma vez, determinada pela evolução tecnológica, particularmente pelo aperfeiçoamento da VRML.

O termo realidade virtual, *lato sensu*, é tratado como uma forma avançada de interface que, utilizando elementos geométricos, permite criar ambientes

computacionais pelos quais o usuário pode navegar³⁸ e interagir, em um espaço tridimensional, com os seus componentes. Alguns fatores que caracterizam a virtualidade são: a imersão, a interatividade, a intensidade de informações e o comportamento dos objetos.

Para Valerio Netto *et al.* (2002), realidade virtual pode ser entendida como um espelho da realidade física, na qual o usuário interage em três dimensões. Ela permite a navegação e a observação tridimensional, em tempo real, com seis graus de liberdade. Esses movimentos são: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, inclinação para cima/baixo, angulação à esquerda/direita e rotação à esquerda/direita (figura 8).

Figura 8: Ilustração dos seis graus de liberdade de navegação

A partir da comparação dessas afirmações com a noção de virtual adotada no item 1.2 (O virtual e o vôo), algumas observações foram realizadas. Definir realidade virtual como uma avançada interface não explica sua essência, mas a sua forma, o meio na qual acontece. Também parece pouco adequado associá-la ao espelho da realidade física. Ainda que resgate uma das idéias corriqueiras sobre o termo virtual, é mister diferenciar o próprio espelho, lâmina de vidro polido que reflete raios luminosos, da imagem que ele produz. Também é importante salientar que um espelho reflete, em princípio, todos os raios e que, portanto, todos os objetos seriam nele refletidos. A realidade virtual, entretanto, consiste na reprodução de um

³⁸ Embora a expressão “navegar” esteja cotidianamente associada ao deslocamento entre os nós de um hipertexto, *sites* e páginas da Internet, a navegação tridimensional será considerada como o contínuo processo de seleção dos parâmetros de visualização, semelhante ao manuseio de uma filmadora (ver mais informações em Hanson; Wernert, 1997).

conjunto de fenômenos, via computador, por abstração. É uma construção seletiva de elementos do terreno e, dessa forma, diferencia-se de uma simulação do real.

A visualização em ambientes virtuais já era mencionada por Crampton (1998). Para o autor, os programas interativos de mapeamento podem alterar a rotação dos elementos em 3 dimensões, adicionar ou extrair dados durante a exploração ou consultar os atributos do mapa.

Entretanto, somente em 1998 um grupo foi criado para integrar a linguagem VRML às necessidades cartográficas, gerando a linguagem GEOVRML. Sua maior vantagem é permitir que os arquivos grandes, como os de imagens de satélite e fotografias aéreas, consigam trafegar rapidamente pela rede, sem criar problemas de sobrecarga nos sistemas de transmissão e recepção. As suas principais características são:

- Sistema de coordenadas: incorpora coordenadas geocêntricas (ex.: latitude e longitude) à linguagem VRML;
- Multi-resolução: possibilita a representação das imagens em várias resoluções distintas;
- Precisão: expande a precisão da linguagem VRML, permitindo a representação de dados, em escala planetária, com exatidão submilimétrica;
- Animação: faculta o registro dos deslocamentos sobre o modelo digital de elevação;
- Metadados: permite o armazenamento das características do processo de produção dos dados cartográficos.

De acordo com Reddy *et al.* (2001), o grupo de trabalho da GEOVRML faz parte do Consórcio Web3D³⁹ e utiliza o padrão ISO VRML97 para expandir a linguagem e atender às necessidades cartográficas de representação. Embora o seu desenvolvimento esteja, no momento, interrompido, foi elaborado um sistema interativo e distribuído, de código aberto, que permite a navegação sobre representações tridimensionais do terreno, denominado de *Terra Vision*⁴⁰.

O elemento chave desse sistema é a criação de uma pirâmide de múltipla resolução (figura 9), isto é, a partição da imagem original em vários planos de

³⁹ Disponível em: < <http://www.web3d.org/> >. Acesso em: 21 fev. 2005.

⁴⁰ O sistema *Terra Vision* pode ser obtido gratuitamente em < <http://www.tvgeo.com> >. Acesso em: 21 fev. 2005.

informação (PIs) com resoluções progressivamente menores. A posição do usuário – a altitude e o ângulo de visualização – determina a resolução adequada e a extensão (área) da imagem que deve ser utilizada pelo programa⁴¹.

Figura 9: Pirâmide de resolução múltipla

Fonte: Sistema *Terra Vision*

A utilização desse mecanismo diminui o número de *bytes* que trafega pela rede, pois não é necessário receber o arquivo completo da imagem para manipular o aplicativo. Se o usuário está visualizando a imagem de uma elevada altitude, não há necessidade de grande nível de detalhamento, sendo suficiente a imagem do topo da pirâmide (baixa resolução). Quando o usuário visualiza a imagem numa altitude baixa (escala grande), torna-se indispensável o uso da resolução alta, mas a extensão é pequena, ou seja, a área que é vista corresponde a uma fração da imagem da base⁴².

No deslocamento vertical, tem-se a sensação de que o foco da imagem melhora na medida da aproximação da superfície terrestre. O programa, automaticamente, substitui a resolução da imagem conforme a posição do usuário. Como mostra a figura 9, existe uma resolução para cada intervalo de altitude ou

⁴¹ Do ponto de vista operacional, este é o componente mais importante do voo virtual.

⁴² Os conceitos de escala e resolução serão abordados no capítulo 5 (Escala).

escala de visualização. Quando o usuário navega no sentido horizontal ou diagonal, somente as áreas próximas à direção de vôo são mostradas com maior resolução, enquanto que as áreas distantes permanecem representadas por uma resolução baixa. Da mesma forma, os retângulos que compõem a imagem têm a sua resolução aumentada nas proximidades da localização do usuário.

Com esse dispositivo, é possível o deslocamento (vôo) sobre uma imagem de satélite que está armazenada em um servidor Internet. O usuário pode navegar, desde que use uma banda⁴³ compatível, sobre representações tridimensionais. Cartas topográficas, imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas temáticos podem ser sobrepostos ao modelo digital de elevação – gerado com as curvas de nível – e possibilitar maior semelhança com a superfície terrestre.

Apesar de todos esses recursos de visualização espacial, Swanson, J. (1999) sustenta que Internet é eminentemente não-espacial, isto é, significa que não existe espaço no *cyberespaço*. Embora seja possível navegar por inúmeros locais, é difícil descobrir onde a informação está realmente armazenada. Além disso, o tempo gasto na Internet não é função das distâncias que as informações percorrem, mas da capacidade de transmissão dos dados (largura da banda). Para esse autor, a pretensão dos criadores da linguagem VRML era inventar uma metáfora espacial de busca para a *Web* e, de alguma maneira, colocar o ser humano no centro da Internet.

Embora as idéias do texto de Swanson sejam interessantes, a afirmação de que não existe espaço no *cyberespaço* “destoa” diante das outras. Mas, como não houve preocupação desse autor em aprofundar os conceitos envolvidos, a discussão pode ser infértil. Ainda que espaço venha a ser discutido somente no capítulo 7 e a relação entre Cartografia e Internet seja o conteúdo do próximo item, destaca-se que parece mero efeito retórico relacionar espaço e *cyberespaço*, ou seja, afirmar que não há espaço físico (alvenaria) no espaço cibernético, o das redes (algoritmo).

Embora ainda existam restrições tecnológicas para a utilização do vôo virtual pela Internet, acredita-se que serão superadas rapidamente e, dessa forma, o vôo poderá migrar do ambiente local, instalado em um único equipamento, para um

⁴³ Banda é uma referência de velocidade de comunicação da Internet. Quanto maior a largura da banda maior a velocidade de transmissão de dados. As conexões via telefone não permitem o vôo sobre imagens de satélite por causa da baixa velocidade (média de 56 kbps). Para a utilização do sistema *Terra Vision*, é necessário, pelo menos, 256 kbps (unidade que, no momento e contexto brasileiro, pode ser considerada como banda larga).

distribuído, onde um servidor de dados possa viabilizar o acesso de qualquer usuário pela Internet.

2.5 Cartografia e Internet

Segundo Peterson (1999), a *World Wide Web* tornou-se, em um curto período, um dos maiores meios de comunicação e os mapas, um dos seus mais importantes componentes. O seu impacto na Cartografia, do ponto de vista da produtividade, já pode ser considerado maior do que o da imprensa, de Gutenberg. A pesquisa do autor indica que a estimativa de produção mundial era, na época, de aproximadamente 10 milhões de mapas por dia. Uma avaliação atual aponta, seguramente, para uma cifra superior a 200 milhões de mapas veiculados diariamente pela Internet (Peterson, 2003).

Uma das razões que explica essa magnitude é a grande utilidade cotidiana dos mapas, já que colabora para localizar endereços, indicar rotas para os motoristas, ilustrar a rede comercial ou de serviços mais próxima ao usuário e fornecer informações turísticas e culturais sobre as cidades (hotéis, restaurantes, museus, cinemas, teatros, espetáculos, etc.).

A densidade da malha viária, a intensidade e a concentração de fluxo dos veículos implicam em consideráveis problemas de trânsito para médios e grandes centros urbanos. Estes argumentos reforçam a idéia de que os mapas da rede viária são os mais solicitados, pois indicam rotas, entre origem e destino, aos usuários. Devido à sua utilização, não requerem alta resolução e elevada exatidão cartográfica.

Além disso, também é importante considerar os serviços que utilizam os mapas, apesar deles não aparecerem. Por diversas razões – como a dificuldade de enviar, interpretar, manipular ou visualizar o mapa –, as consultas espaciais podem ser realizadas e transmitidas de forma não gráfica, como texto e até mesmo pela voz⁴⁴.

⁴⁴ É comum encontrar sistemas que, por exemplo, solicitam a sua localização (rua, cidade ou CEP) ou trajeto (residência/trabalho) para fornecer os endereços de estabelecimentos comerciais mais próximos.

Estes sistemas consideram que parte das necessidades de localização espacial pode ser suprida com informações extraídas dos mapas. Supondo uma hierarquia de necessidades, respondem às consultas, em primeiro lugar, de forma textual – ou por voz –, indicando os endereços, as principais vias de acesso, rotas alternativas e, somente se necessário, fornecem o mapa, a representação cartográfica que forma a base dessa pirâmide (nível hierárquico).

Conforme Crampton (1998), os mapas *on-line*, definidos pelo usuário de acordo com a sua demanda, são resultantes da convergência das tecnologias espaciais, como a Cartografia Digital, os Sistemas de Informações Geográficas e a Internet.

Da mesma forma, MacEachren; Kraak (2001) também definem a Internet como o meio mais importante de disseminação de dados *geoespaciais* e mapas. Os mapas não estão mais limitados às formas estáticas e bidimensionais. É possível tirar vantagens dos ambientes que permitem altos graus de imersão e de interatividade para explorar e apresentar dados *geoespaciais* dinâmicos.

“No passado, os mapas de papel foram confeccionados para armazenar e apresentar informações. Com o advento da Cartografia Digital e dos SIGs, nos anos de 1960, esta tarefa foi dividida. Desenvolvimentos recentes estão tornando possível, novamente, a junção do armazenamento, nos bancos de dados, com a exibição, na tela, de forma nunca antes possível. O mapa é agora uma interface que, se bem construída, pode dar suporte e acesso às informações e à construção de conhecimento, além de preservar o seu tradicional papel de apresentação de dados. Num ambiente baseado em mapas, eles podem literalmente usar a *World Wide Web* como seu banco de dados” (MacEachren; Kraak, 2001, p.4).

Embora a consulta e a manipulação de mapas, pela Internet, tenha se tornado uma atividade cotidiana, os mecanismos subjacentes são muito complexos. Algumas questões envolvidas neste processo têm grandes desdobramentos, tanto para a Cartografia, quanto para os Sistemas de Informações Geográficas, como por exemplo:

- a integração e padronização de dados;

- os metadados;
- a interoperabilidade;
- os repositórios de dados.

Segundo Green; Bossomaier (2002), dois grandes grupos desenvolvem as atividades de padronização dos dados: o *Object Management Group* (OMG) e o *OpenGIS*. O consórcio *OpenGIS* e o *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) trabalham em conjunto, desenvolvendo a especificação ISO/TC 211, com o objetivo de estabelecer um padrão formal e global de metadados espaciais⁴⁵.

Metadados podem ser definidos como dados sobre os dados. Descrevem o histórico do seu processo de obtenção e produção, o seu conteúdo, sua qualidade, sua condição e demais características. O grande desafio para a sua criação é estabelecer um padrão compacto e equilibrado para as diferentes necessidades dos usuários, isto é, considerar a melhor forma de representar o seu conteúdo, e, simultaneamente, o custo e o tempo para a sua implementação.

Segundo Goodchild *et al.* (1997), interoperabilidade é a capacidade de compartilhar e trocar informações de um sistema. Seus principais significados são:

- tornar aberta a estrutura interna dos arquivos de dados;
- viabilizar a conversão de dados entre os programas;
- popularizar a interação com o usuário.

De acordo com Green; Bossomaier (2002), *data warehouse* são repositórios de dados, ou seja, coleções de bancos de dados e processos que permitem a recuperação, interpretação e visualização de informações. Outra iniciativa do gênero é a *Clearinghouse*. É um sistema descentralizado de servidores, conectado à Internet, que contém informações sobre os dados geográficos. Assim como uma lista telefônica, sua função é indicar onde o usuário pode encontrar os dados e, por isso, não os armazena fisicamente. A *Geography network*, nome comercial para uma *Clearinghouse*, fornece a infraestrutura necessária para permitir o compartilhamento das informações geográficas entre os produtores de dados, instituições governamentais e usuários de qualquer parte do mundo, através da Internet. É uma fonte *on-line* para busca e compartilhamento de informações geográficas.

⁴⁵ Esse esforço de padronização pode ser comparado ao contexto que gerou a criação da *International Cartographic Association* (ICA), em 1959.

Contudo, o desenvolvimento de tecnologia relacionada à Cartografia, que tem implicações, tanto na produção e visualização, quanto nas formas de acesso aos mapas, tem gerado preocupações que transcendem os aspectos técnicos mencionados.

As evoluções e formulações teóricas sobre a integração e compartilhamento dos dados são muito mais lentas do que o desenvolvimento tecnológico, ficando a teoria “a reboque” da tecnologia. O intercâmbio multidisciplinar na área da Cartografia, proporcionado pela evolução tecnológica – Internet, multimídia, comunicação sem fio, serviços de localização e *roteamento* –, tem gerado preocupações sobre o futuro da disciplina, mas, por outro lado, aberto novas oportunidades de trabalho – aumentando a variedade de campos de atuação.

“O desenvolvimento teórico da cartografia e dos seus métodos estão muito aquém da sua evolução tecnológica. Hoje, a confecção e as atividades de uso dos mapas tendem a ser mais orientados pelas técnicas e os produtos cartográficos se tornaram mais funcionais. Ao invés de seguir o mote ‘A teoria de hoje é a chave para a prática de amanhã’, os cartógrafos têm empenhado a maioria dos seus esforços no aprendizado das últimas e voláteis tecnologias, como se estar atualizado com os desenvolvimentos tecnológicos fosse a única escolha que pudesse protegê-los do fracasso profissional numa sociedade extremamente competitiva. Embora as novas tecnologias ajudem a melhorar a prática cartográfica, elas não necessariamente tornam melhores os produtos e sistemas. Nesta longa jornada, a falta de teorias e métodos, que deveria conduzir os processos cartográficos, pode causar a degradação do valor científico da Cartografia” (Meng, 2003, p.8).

Assim, é possível deduzir que a expansão de esforços de importação de teorias e métodos, de várias disciplinas, colabora para a fragmentação conceitual. Considerar os mapas como instrumentos de análise, multimídia, exploração visual, colaboração e adaptação visuais pode indicar um comportamento passivo dos pesquisadores diante da profusão tecnológica. A opção de considerar a visualização como uma charmosa, mas fracassada tentativa de teorizar sobre os distintos usos,

pois não há conteúdo para construir as formulações – somente formas –, também “soa” dissonante e extremada.

Embora o debate sobre a separação entre ciência e tecnologia ultrapasse o escopo deste trabalho, ele pode tornar-se central por conta das características atuais da Cartografia. Ainda que seja possível perceber, conforme preconiza Meng (2003), uma perspectiva negativa do desenvolvimento tecnológico, que não é acompanhado de uma evolução teórica, Lévy (1993) ressalta que não se pode conceber a pesquisa científica sem equipamentos complexos que transformem as antigas divisões entre experiência e teoria, pois é a partir da incorporação tecnológica que emerge o conhecimento produzido pela simulação⁴⁶.

No entanto, é cada vez mais difícil, atualmente, que um indivíduo se identifique, mesmo parcialmente, com uma teoria. As normas dessas teorias e a atividade crítica que as acompanha cedem terreno aos modelos, com regras de eficiência e julgamentos de pertinência que presidem a sua avaliação. Um modelo raramente é definitivo, não pode ser considerado verdadeiro nem falso, é apenas mais ou menos útil, em relação a determinados objetivos. E se há cada vez menos contradições, é porque a pretensão à verdade diminui, não se critica mais, corrigem-se os erros. Um modelo digital não é lido ou interpretado como um texto clássico, ele geralmente é explorado de forma interativa (Lévy, 1993).

A mencionada degradação do valor científico da Cartografia, porém, pode ser interpretada sob outra perspectiva, ou seja, como uma circunstância da fase de transformação dessa área de conhecimento, pois:

“A emergência de novas teorias é geralmente precedida por um período de insegurança profissional pronunciada, pois exige a destruição em larga escala de paradigmas e grandes alterações nos problemas e técnicas da ciência normal” (Kuhn, T.S. 1978, p.95).

Mesmo que essa discussão sobre o relacionamento entre a teoria e a técnica, transcenda, em muito, o objetivo deste trabalho, é irrefutável que a tecnologia – desde a década de 1980 e, principalmente, após a popularização da Internet – tenha influenciado fortemente os procedimentos e as abordagens da Cartografia.

⁴⁶ Essa simulação não deve ser associada ao voo. Conforme referência anterior (item 1.2), o voo virtual não é uma simulação, mas uma construção seletiva de elementos da superfície terrestre.

Qual seria, nesse contexto, a relação entre o voo virtual e a Cartografia? Ambos são caracterizados pela ênfase na forma de representação de dados espaciais. O voo, pode ser considerado como o sistema ou a interface utilizada para a exploração visual de dados, um mecanismo que propicia um determinado tipo de uso das representações cartográficas. A Cartografia abrange um conjunto de procedimentos destinado a uma das formas de representação de dados da superfície terrestre. Seu papel primordial é verificar o processo de comunicação proporcionado pelo mapa, que será utilizado no voo.

Ao considerar que a comunicação cartográfica ocorre, cada vez mais, por intermédio da tela do computador, e que a visualização cartográfica pressupõe o seu uso é possível supor algumas desvantagens, como a dependência de energia elétrica e do equipamento (CPU, monitor, teclado e *mouse*) e a dificuldade de transporte desses mapas. Entretanto, o uso de computadores portáteis, com baterias recarregáveis, e o acesso, sem fio, à Internet, minimizam essas limitações. A redução das dimensões e o problema da portabilidade do mapa⁴⁷ são compensados pelo aumento da capacidade de interação entre o usuário e a representação cartográfica. Surge, dessa maneira, a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre esse intercâmbio de informações.

⁴⁷ A questão da portabilidade está sendo revista por causa da expansão da tecnologia WAP (*Wireless Application Protocol*). É um conjunto de especificações que permite, basicamente, acesso à Internet via telefone celular.

3 AS CARACTERÍSTICAS DA INTERATIVIDADE

O capítulo sobre interatividade trata das origens do termo (item 3.1), dos seus principais usos (3.2) e dos níveis de interatividade (3.3); posiciona a interface em relação à interatividade (3.4) e discute a relação entre a interatividade e a Cartografia no último tópico (3.5).

3.1 As origens

O uso intenso de computadores, que caracteriza grande parte das atividades científicas, técnicas e administrativas do momento, introduziu novos desafios e problemas de comunicação com os respectivos usuários. A chave para a superação de algumas dessas dificuldades de diálogo pode, hoje, ser sintetizada pelo conceito interatividade.

No entanto, a discussão sobre a interatividade antecede a relação entre o homem e o computador. Além disso, a sua definição:

“se presta hoje às utilizações mais desencontradas e estapafúrdias, abrangendo um campo semântico dos mais vastos (...). Um termo tão elástico corre o risco de abarcar tamanha gama de fenômenos a ponto de não poder exprimir coisa alguma” (Machado, 1997, p.250).

A origem da expressão pode ser situada no final da década de 1970, quando passou a designar uma modalidade de comunicação baseada na bidirecionalidade entre emissores e receptores. Surgiu em um contexto de crítica à unidirecionalidade dos meios de comunicação de massa, como o rádio, o jornal e a televisão.

Segundo Machado (1997), em 1932, Bertold Brecht já falava em interatividade ao imaginar a participação direta dos cidadãos no sistema radiofônico alemão. Mas foi nos anos 70 que a expressão tomou corpo. Nessa época, a interatividade foi pensada como um mecanismo de troca permanente de papéis entre emissores e receptores. Os meios de comunicação poderiam deixar de ser unidirecionais e se converteriam em um sistema de intercâmbio, de conversação constante entre os implicados no processo de comunicação. No final dessa mesma década já havia críticas ao que viria a ser chamado de indústria da interatividade,

pois a maioria das tecnologias difundidas como interativas era simplesmente reativa, uma vez que o usuário ficava restrito à seleção de alternativas muito limitadas.

De acordo com Silva, M.A. (1999), a ascensão do termo interatividade se dá como um movimento de múltipla causalidade, gerado pela imbricação dos fatores tecnológicos, amparado nas inovações dos componentes eletrônicos; de marketing, sustentado pelas estratégias comerciais de valorização da individualidade dos clientes; e sociais, caracterizado pela proliferação de segmentos distintos da sociedade e pelas suas necessidades de diferenciação e de personalização.

A emergência da interatividade é um fenômeno da sociedade de informação, resultado da fértil união entre o computador e as telecomunicações. Embora ela seja inerente às atividades de comunicação, o termo passou a ser vinculado ao funcionamento “amigável” do computador, provavelmente como resultado das estratégias comerciais para a venda destes equipamentos.

Embora esse texto trate da interatividade de forma ampla, é no sentido computacional que ela interessa a esta pesquisa. Os principais usos desse multifacetado conceito serão explorados no item seguinte.

3.2 Principais usos do termo

O significado da palavra interatividade pode ser obtido pela decomposição dos seus dois componentes: *inter*, prefixo que significa entre, dentro de, no meio; e *atividade*, que denota a idéia de atuação, energia, de causar ou sofrer modificação. Do ponto de vista semântico, as apropriações mais representativas do termo, no senso comum, são:

- intervenção do espectador sobre o conteúdo;
- transformação do espectador em ator;
- diálogo individualizado com os serviços conectados;
- ações recíprocas entre os usuários, ou entre estes e os equipamentos (em tempo real);
- criação aberta e comum aos participantes.

As críticas mais frequentes ao uso do termo são: a aplicação oportunista, revelando as estratégias de marketing subjacentes; o predomínio da técnica; a polissemia e a sua banalização.

Outra crítica relevante é a de que a noção de interação⁴⁸ possui um caráter restritivo, pois está centrada na idéia de equilíbrio entre os participantes. Como esse fato nem sempre ocorre, há indícios de que a comunicação entre os atores seja determinada por um contrato latente de estabilidade, onde prevalece o imediatismo da reciprocidade, a despeito do seu conteúdo e das suas circunstâncias (Costalat-Founeau, 1985 *apud* Silva, M.A., 1999, p.122)⁴⁹.

A questão do equilíbrio pode ser tratada de várias formas. Pode caracterizar-se pela igualdade ou compensação entre as diferentes partes externas envolvidas, mas também pode indicar um estado interno de balanceamento entre mecanismos.

Esse assunto foi muito enfatizado por Jean Piaget. Para o educador e psicólogo suíço, doutor em biologia, o desenvolvimento intelectual age do mesmo modo que o desenvolvimento biológico: "a adaptação intelectual é um equilíbrio progressivo entre um mecanismo assimilador e uma acomodação complementar" (Piaget, 1991, p.13).

De acordo com Piaget (1977), o desenvolvimento e a formação do conhecimento estão baseados no equilíbrio de processos cognitivos. Os dois principais conceitos envolvidos no processo são: a assimilação e a acomodação. Na assimilação, há a tendência de incorporar elementos externos de natureza compatível, que se encaixam nas estruturas existentes. No processo de acomodação, ocorre a modificação das estruturas existentes para assimilar elementos externos incompatíveis.

O conhecimento não parte do sujeito e tampouco do objeto, mas das interações entre ambos, acrescidas das atividades espontâneas do organismo e dos estímulos externos. A proposta de Piaget é denominada de construtivista

⁴⁸ É do termo interação, como a ação recíproca entre dois elementos, que a palavra interatividade se origina. Conforme Multigner (1985), o conceito de interação vem da física, sendo incorporado pela sociologia e psicologia. Ao ser assimilado pela área de informática, sofre uma modificação e transforma-se no vocábulo interatividade.

⁴⁹ Costalat-Founeau, A. M. *De l'interaction à l'interactivité: la nécessité d'une refonte conceptuelle?* In: Bulletin de L'IDATE, julho de 1985, (20) 245-249 (Centro Georges Pompidou); citado no trabalho de Silva, M.A. (1999).

interacionista exatamente por considerar o conhecimento como resultado de uma construção interativa entre o sujeito e o objeto (Piaget, 1996).

A afirmação “as relações entre o sujeito e os objetos são dialéticas e interativas” (Piaget, 1977) pode ser analisada a partir de várias perspectivas. No entanto, do ponto de vista deste trabalho, serão priorizadas as abordagens que tratam especificamente das relações entre os usuários e os sistemas computacionais.

O conflito com o esquema clássico da informação (emissor, mensagem e receptor) é um outro aspecto muito importante da interatividade e, por conseguinte, inerente à evolução da informática. Em um sistema interativo não existe um emissor específico (cartógrafo), mas conteúdos que podem ser manipulados. O receptor (leitor do mapa) tampouco mantém sua característica passiva. A mensagem (mapa) adquire significado conforme sua intervenção.

“Esta mudança tem implicações paradigmáticas na teoria da comunicação. Na teoria clássica, um conteúdo informacional é uno e indivisível, porque fundado na *performance* da emissão e na transmissão sem distorções. Nos termos da comunicação interativa reconhece-se o caráter múltiplo, complexo, sensorial, participativo do receptor, o que implica conceber a informação como manipulável, como ‘intervenção permanente sobre os dados’ ” (Silva, M. A. 2000, p.1).

Essa questão assume proporções consideráveis para a Cartografia, pois a vertente da Comunicação Cartográfica está embasada nesse esquema clássico da comunicação (ver figura 2). Se o esquema é alterado, torna-se necessário rever a estrutura e avaliar os impactos nas áreas que o utilizam. Embora seja muito relevante para o trabalho, a magnitude desse tema conduziria a pesquisa para uma direção distinta da inicialmente prevista. Optou-se, então, por registrar o fato, mas sem desenvolvê-lo ou aprofundá-lo⁵⁰.

A interatividade, conforme Rafaeli (1988), é a expressão da amplitude de trocas do processo de comunicação. Qualquer mensagem dele resultante decorre do nível do diálogo inicialmente estabelecido. Os atributos isolados – como bidirecionalidade, resposta imediata, largura da banda de informações, controle do

⁵⁰ Embora não seja explorada no momento, essa questão indica uma interessante possibilidade de pesquisa, que pode ser realizada no futuro.

usuário, quantidade de ações do usuário, respostas (*feedback*), transparência, presença social e inteligência artificial – não garantem o caráter interativo da comunicação.

Steuer (1994) relaciona interatividade à magnitude da participação de um usuário na modificação da forma e do conteúdo de um ambiente computacional. Assim, a interatividade pode ser considerada como sendo uma variável dirigida por estímulos externos e determinada pela estrutura tecnológica do meio. Os três principais fatores que contribuem para a interatividade são:

- velocidade ou tempo de resposta: é o tempo que uma mensagem gasta para ser assimilada pelo ambiente (a interação em tempo real caracteriza o mais alto valor dessa variável);
- amplitude: refere-se ao número de atributos que podem ser manipulados em um determinado momento, isto é, à quantidade de modificações que o usuário pode realizar;
- mapeamento: é a capacidade do sistema em representar graficamente o controle das modificações no ambiente.

De acordo com Jonassen (1988), interatividade é descrita – no contexto educacional – como o diálogo, mediado por um computador, entre dois organismos. A qualidade da interação é uma função da participação do educando e do *feedback* do computador.

Sims (1997), analisando a questão do ensino, considera que a implementação da interatividade é uma arte, pois requer a integração de um amplo espectro de requisitos, como, por exemplo, a capacidade de entendimento do usuário, a eficiência do *software*, o rigor do projeto educacional e a aplicação de interfaces gráficas adequadas.

A evolução cronológica dos usos do conceito de interatividade, adaptados de Klasturp (2003), pode ser resumida pelas abordagens dos seguintes autores:

- Brenda Laurel, em 1991, classificou a interatividade usando os parâmetros: frequência (quantas vezes é possível interagir?), variação (quantas escolhas estão disponíveis?) e significância (quão profunda é a interação? Pode influenciar o desenvolvimento ou a estrutura do sistema?). Sua maior contribuição foi a

mudança do eixo de discussão dos aspectos técnicos da interação para a percepção da interatividade pelo usuário;

- Michael Joyce, em 1995, ressaltou a distinção entre a habilidade de influenciar a materialidade do texto e o simples processo de escolha. Sugeriu a diferenciação entre os hipertextos exploratórios (que podem ser percorridos) e os construtivos (que podem ser edificados). Além disso, o autor menciona que a questão mais importante não é saber *o que e onde* consultar o hipertexto, mas *como e por que*;
- Marie-Laure Ryan, em 1997, diferenciou trabalhos com níveis altos e baixos de interatividade e buscou representar graficamente os seus distintos padrões e estruturas;
- Celia Pearce, projetista de jogos, publicou o livro *The Interactive Book* (1997), onde diferenciou dois tipos de interatividade: a gratuita e a valorativa. Um dos critérios dessa diferenciação é permitir que o usuário saiba que suas escolhas têm consequências. A interatividade gratuita não é capaz de promover experiências importantes, e a valorativa cria a sensação de que essas escolhas fazem sentido, que elas possuem significado e geram resultados;
- Erkki Huhtamo, em 1998, relacionou a interatividade com aspectos históricos do processo de automação. Resgatou a antiga dicotomia na qual a máquina pode ser vista, ou como um sistema que intervêm nas atividades humanas, ou como uma extensão do homem, liberando-o das tarefas repetitivas e mecânicas. A interatividade pode, então, ser entendida como uma atividade libertadora ou restritiva, permitindo ao homem mais controle de algumas situações ou possibilitando que seja por ela controlado;
- Nygaard, Wiibroe e Andersen, em 2001, discutiram níveis de interação em um ambiente de 3D: a possibilidade de dirigir a história, o acesso às informações do enredo e a transformação das formas de movimento (deslocamento);
- Jens Jensen, em 2001, considera que a interatividade pode ser entendida, do ponto de vista sociológico, como ações de dois ou mais agentes mutuamente interdependentes. Pode ser definida como a medida da habilidade potencial de um meio em permitir que o usuário exerça influência sobre o assunto ou tipo de comunicação.

Vale ressaltar, a propósito dos conceitos de interatividade, o aumento da velocidade de comunicação e de incorporação das tecnologias. É plausível supor que, com a aceleração do tempo de resposta dos diálogos, a comunicação ocorra com mais frequência e cresça o volume de informações às quais o usuário tem acesso. No entanto, por mais rápida que a comunicação aconteça – ou maior o número de informações obtidas –, existe um limite humano que a evolução tecnológica não é capaz, no momento, de alterar. Nesse sentido, é inegável o descompasso entre a capacidade de apreensão do usuário e o desenvolvimento dos instrumentos de comunicação⁵¹.

Além disso, a diversidade de opções de um sistema interativo pode, eventualmente, produzir o efeito inverso, inibindo sua utilização. O usuário, principalmente o inexperiente, pode sentir-se desestimulado ao perceber o tempo necessário para a compreensão do funcionamento do sistema. Em boa parte dos casos, o nível de complexidade do sistema é proporcional ao período necessário para a sua apreensão. Outra decorrência desses sistemas ditos complicados⁵² é a sub-utilização. Como o usuário tem um elevado grau de liberdade de participação – que é a essência da interatividade –, é possível, se não provável, que as funcionalidades do sistema não sejam exploradas como poderiam. Mesmo que se definam, classifiquem ou desenvolvam distintos procedimentos interativos, não é possível prever qual será a sua utilização.

Sob essa perspectiva, acredita-se que existe uma característica comum entre os sistemas interativo e virtual. A magnitude de participação ou a amplitude de trocas do processo de comunicação, que identifica a interatividade, existe em potência. A comunicação, em um sistema interativo, só ocorre (atualiza-se) conforme o comando do usuário. Mesmo que um sistema seja sub-utilizado, ele não perde sua característica potencial, pois a comunicação pode acontecer. Por causa das suas especificidades, todavia, os termos interatividade e virtual não devem ser utilizados como sinônimos, mesmo que partilhem predicados comuns. Um sistema interativo

⁵¹ Para alguns usuários, o aumento do número de funções dos aparelhos de telefonia celular atuais ilustra bem o fato (acesso à Internet, filmadora, correio eletrônico, etc.).

⁵² Nesse caso, as expressões e termos: elevado número de alternativas ou opções de escolha, complexidade e complicado foram utilizados como sinônimos.

possui características virtuais, no que se refere ao potencial de comunicação, mas nem tudo que é virtual pode ser considerado interativo.

Além dos níveis de interatividade, que serão discutidos no próximo item, é importante salientar a preocupação de vários desses autores não apenas com o grau de interação do usuário com o computador – quanto ou em que velocidade se dá essa relação – mas, principalmente, com a qualidade desse relacionamento e com as experiências adquiridas durante o processo.

3.3 Níveis de interatividade

É possível identificar, nas referências bibliográficas, numerosas propostas de classificação dos níveis de interatividade. Embora, certamente por causa da já mencionada amplitude e elasticidade do significado do termo, não haja consenso sobre a sua taxonomia, tal classificação, no entanto, possibilita um ponto de partida para a compreensão e o desenvolvimento de atividades interativas.

A tabela 1, extraída do trabalho de Sims (2000), ilustra a diversidade de classificações das formas de interatividade. Esses sete tipos de interatividade foram sintetizados a partir de uma pesquisa que envolveu 46 estudantes universitários de um curso de multimídia. A tabela 1 mostra os tipos mais comuns de interatividade e descreve o seu conteúdo.

De outra forma, Jonassen (1988) identificou 5 graus de interatividade, priorizando os seus efeitos sobre o processo de aprendizagem via computador. Os níveis incluem a modalidade de reação do educando, a natureza da tarefa, o nível de processamento, o tipo de programa e o nível de inteligência do projeto.

Schwier; Misanchuk (1993) criaram uma classificação, também do ponto de vista educacional, baseada em três dimensões: nível (reativo, pró-ativo e mútuo), funcional (verificação, ritmo, navegação, pesquisa, elaboração) e transação (teclado, mouse, voz, tela).

Interatividade	Descrição
Exploratória	O participante explora e busca informações sobre as aplicações, estruturas e operações.
Navegacional	O usuário escolhe os seus caminhos ou seleciona opções em um menu.
Expositiva	O participante observa a exposição dinâmica de informações (aula, palestra, etc.).
Envolvente	O usuário propositalmente se envolve em um conjunto de ações para atingir determinado objetivo.
Operatória	O participante manipula ativamente os conteúdos para atingir um objetivo.
Reflexiva	O usuário discute aspectos das suas experiências com o observador.
Acidental	O participante inicia uma interação para a qual o programa não está preparado para responder.

Tabela 1: Classificações dos tipos de interatividade

Fonte: Sims (2000)

Embora o termo interatividade seja utilizado em distintos contextos, adotou-se a definição de Steuer (1994) na elaboração da pesquisa, pois ressalta a relação do usuário com o computador, a sua estrutura tecnológica e o aspecto cognitivo do processo. Para o autor, interatividade significa a magnitude da participação de um usuário na mudança da forma e do conteúdo do ambiente computacional. É dirigida por estímulos e determinada pela estrutura tecnológica do meio, além de ser baseada em três fatores predominantes: velocidade, amplitude e mapeamento. Também por conta da sua adequação aos objetivos do trabalho, os níveis de interatividade considerados nas análises posteriores serão baseados em Sims (2000), anteriormente citado.

E como os dados da tabela 1 aplicam-se ao voo virtual? Os níveis de interatividade desejados durante o voo, pela ordem, são: exploratório, navegacional e operatório⁵³. Embora seja necessário controlar o deslocamento (operar) e definir os rumos (navegar), o nível mais importante é o exploratório, pois coincide com o

⁵³ Espera-se, já que não é possível eliminá-lo, que o nível de interatividade acidental aconteça no menor número possível de vezes durante o voo. Não se relacionou o nível envolvente, pois foi considerado redundante em relação aos demais.

escopo do voo virtual e permite que os dados sobre a superfície terrestre sejam perscrutados⁵⁴.

3.4 Interface

Interface significa o dispositivo físico ou lógico que faz a adaptação entre dois sistemas. Na visão computacional, realiza a mediação entre a linguagem do homem e a da máquina, desempenhando o processo de tradução entre as partes⁵⁵. Pode ser considerada como uma superfície de contato que reflete as propriedades físicas dos elementos que interagem, as funções que serão realizadas e o equilíbrio de poder e controle entre elas (Laurel, 1996). Em outras palavras, é a materialização de um mecanismo que permite a interatividade entre o usuário e o computador.

De acordo com Helander (1990), nos primórdios dos estudos da interação homem-computador, os pesquisadores orientaram seus trabalhos para o desenvolvimento de *hardware*, em projetos de monitores e dispositivos de entrada de dados. Com o passar dos anos, o foco das pesquisas direcionou-se para os aspectos cognitivos e de processamento da informação.

De forma semelhante, Laurel (1996) afirma que o conceito de interface era compreendido como o *hardware* e o *software* que viabilizavam a comunicação entre o homem e o computador. No processo de evolução semântica, passou também a englobar aspectos cognitivos e emocionais, e, acima de tudo, as necessidades dos usuários.

Segundo Carroll *et al.* (1994), um dos temas dominantes dos estudos da interação homem-computador é o controle da complexidade. A questão principal é saber como projetar interfaces que serão de fácil aprendizado e utilização.

Em 1962, Ivan Sutherland, do *Massachusetts Institute of Technology*, desenvolveu um programa que permitia que os usuários criassem pontos, linhas e círculos, o *SketchPad*. Por esta razão, lhe é atribuído o título de pai das interfaces

⁵⁴ O termo exploração é utilizado com o mesmo sentido para caracterizar um estágio da visualização cartográfica e, simultaneamente, um nível de interatividade.

⁵⁵ Guardadas as devidas proporções, é possível relacionar esse papel de tradução das linguagens à cadeia de conexão de símbolos (figura 1).

gráficas. Embora essa implementação possa parecer rudimentar, a essência da idéia, de eliminar comandos complexos, permanece fundamental ainda hoje.

“Um criativo e pioneiro projetista de sistemas interativos, Ted Nelson (1980), percebeu a excitação do usuário quando a interface era construída pelo que ele chamou de *princípio da virtualidade* – uma representação da realidade que pode ser manipulada. Rutkowski (1982) apresentou um conceito similar no seu *princípio da transparência*, onde: ‘a ferramenta parece desaparecer e o usuário utiliza sua capacidade intelectual diretamente na tarefa’” (Shneiderman, 1998, p.202).

Se a interface realmente é capaz de “desaparecer”, o usuário não percebe mais a mediação e passa a supor que está em contato direto com o ambiente representado. Esta é uma das razões do sucesso dos *videogames*, pois está relacionado à sensação de imersão no cenário do jogo, um estado de ilusão e de magia onde se perde a noção de atuar sobre uma representação da realidade (Kay, 1998; Domingues, 2001).

A despeito da experiência enriquecedora e produtiva propiciada pela utilização de um sistema hipermídia, a navegação pode causar uma certa frustração, pois é freqüente a perda de concentração ou de pontos de referência do usuário. Dois grandes desafios para os projetistas de sistemas são: desenvolver interfaces que facilitem a orientação e a localização do navegador; e minimizar os efeitos da sobrecarga cognitiva, decorrente do número e variedade de ações, decisões e elementos presentes na interface (Tori, 1996).

No vôo virtual, a questão da desorientação do usuário assume uma proporção muito expressiva. Após alguns minutos de deslocamento, a ausência de referências espaciais, como: rios, represas, estradas, topografia e linha da costa litorânea, a probabilidade do navegador se perder é muito alta.

Numa perspectiva mais ampla, que excede o âmbito da interface, Shneiderman (1998) destaca que o uso dos computadores não traz somente benefícios. Atrelado ao processo de ascensão e apologia tecnológica, ocorrem problemas em diversos níveis: pessoal, organizacional, político ou social. O autor agrupa essas dificuldades em dez itens, denominados de “pragas da era da informação”:

- ansiedade;
- alienação;
- exclusão digital;
- impotência do indivíduo;
- complexidade e velocidade de transformações (dificuldade de se manter atualizado);
- fragilidade organizacional (a dependência de tecnologia, cada dia mais complexa, pode tornar a organização mais frágil, tanto quanto a concentração de conhecimento em um número reduzido de pessoas e instituições);
- invasão de privacidade;
- desemprego;
- falta de responsabilidade profissional (limitações do operador);
- deterioração da imagem das pessoas.

Entretanto, o autor indica princípios que devem ser seguidos para superar os problemas mencionados. Além de reconhecer a diversidade dos usuários (situações, tarefas, habilidades, frequência de uso, faixa etária, etc.), recomenda usar oito regras para o projeto de interfaces:

- buscar a consistência;
- permitir o uso de atalhos aos usuários frequentes;
- oferecer *feedback* informativo;
- projetar diálogos para permitir proximidade;
- oferecer prevenção de erros e procedimentos para corrigi-los;
- permitir a fácil reversão das ações;
- possibilitar que o usuário se sinta no controle das ações;
- reduzir a necessidade de uso da memória de curto prazo.

Conforme Carroll *et al.* (1994), o uso da metáfora é uma abordagem alternativa para o controle da complexidade das interfaces. Ao invés de reduzir totalmente a complexidade da interface, o uso da metáfora permite aumentar a familiaridade inicial das ações, procedimentos e conceitos, tornando-os similares às ações cotidianas dos usuários.

“A metáfora é uma invisível rede de termos e associações que estrutura nossa forma de expressão e pensamento. As metáforas

funcionam como um modelo natural, permitindo que o conhecimento sobre objetos familiares e experiências possa ser usado para estruturar conceitos mais abstratos” (Erickson, 1996, p.66).

Outro aspecto relevante, no que tange a interatividade, é a constatação de que o sucesso da manipulação das interfaces é um indício da supremacia da representação gráfica das informações, dos ícones⁵⁶, sobre as descrições textuais. O ditado popular “uma imagem vale mais do que mil palavras”, neste caso, ratifica a facilidade de compreensão de informações no formato visual. Em algumas circunstâncias, no entanto, pode se contrapor à afirmação de Barthes (1990), sobre a capacidade, da palavra, de fixar e identificar os elementos polissêmicos da imagem.

De acordo com Pierce (1975), o conceito de ícone está associado à semiótica, que pode ser definida, sucintamente, como a ciência dos signos. As três principais relações dos signos ocorrem com outros signos, com os objetos designados pelo signo e com o sujeito que o utiliza. O estudo do primeiro tipo de relação, entre os signos, é denominado de sintaxe ou gramática; o segundo, de semântica ou lógica; e, o terceiro, de pragmática ou retórica.

Para o autor, existem três variedades de signos: o ícone, o índice e o símbolo. O ícone é um signo⁵⁷ que se parece com aquilo que significa, é um sinal que se refere ao objeto que denota. Índice é um signo cujo significado se explica conforme os efeitos que seu objeto nele produz (Ex.: a sombra é um indício da posição do Sol). O símbolo é um signo que, por associação de idéias, é interpretado como se fosse aquele objeto, a sua réplica (Mota; Hegenberg, 1975).

A relação entre a semiologia e a interface não pode ser menosprezada. A semiologia contribui para o estudo das interfaces, pois estuda a relação entre símbolos e ícones, empregados na comunicação entre dois sistemas. Do ponto de vista da Cartografia, esses vínculos foram reforçados com a proposta de Bertin (1967), a da semiologia gráfica, relacionada com a aplicação desses conceitos às propriedades da percepção visual (ver referência no item 2.2 – Comunicação cartográfica).

⁵⁶ Neste trabalho, o termo ícone – oriundo do grego *eikon* – será utilizado com o sentido de imagem, uma figura que representa uma coisa ou pessoa.

⁵⁷ Signo possui um significado muito amplo: palavra, ação, pensamento ou qualquer coisa que admita um “interpretante”, que seja capaz de dar origem a outros signos. É algo que representa alguma coisa para alguém, sob algum prisma” (Pierce, 1975, p.26-27).

Também é clara a relação entre interface e visualização. Segundo McCormick *et al.* (1987), visualização é um método computacional que transforma a representação simbólica em representação geométrica, possibilitando que os pesquisadores observem suas simulações. Permite ver o que não é visto, enriquecer o processo de descoberta científica, além de promover percepções profundas e inesperadas⁵⁸.

No que se refere à visualização de informações, Shneiderman (1998) propõe uma classificação de tarefas por tipo de dado (tabela 2), para identificar os distintos tipos de visualização de dados e as tarefas necessárias para manipulá-los.

⁵⁸ A visualização científica, nesses moldes, não se diferencia das mencionadas abordagens de McKim (1970), Tukey (1977), MacEachren; Ganter (1990), Gombrich (1995) e Sacks (1999).

Classificação de tarefas por tipo de dado	
Tipos de dados	Exemplos
Dados lineares (1D)	Textos, documentos, códigos-fonte de programas, lista alfabética de nomes, etc.
2D	Mapas topográficos e temáticos, plantas, <i>layout</i> de jornais.
3D	Representações tridimensionais.
Temporais	Linhas do tempo, animações, representações da evolução de fenômenos.
Multidimensionais	Representação das informações de bancos de dados e estatísticas, onde itens com n atributos se tornam pontos num espaço n -dimensional.
Árvore	Coleções de dados hierárquicos, nas quais as ligações entre os itens e seus descendentes estão conectadas a vários atributos.
Rede	Representações de relacionamentos que não podem ser associados através de estrutura hierárquica.
Tarefas	
<i>Overview</i>	Permitir uma visão geral das coleções de dados textuais.
<i>Zoom</i>	Possibilitar o afastamento/aproximação de dados 2 e 3D.
Filtro	Viabilizar a consulta estruturada ao banco de dados.
Detalhamento	Permitir a seleção de itens e a obtenção de mais detalhes sobre eles.
Relacionamento	Possibilitar a visualização dos relacionamentos entre os itens representados.
Histórico	Viabilizar o armazenamento do histórico das ações para permitir: desfazer (<i>undo</i>), refazer (<i>replay</i>) e refinar progressivamente.
Extração	Permitir que o usuário imprima, copie, salve e exporte os dados manipulados.

Tabela 2: Classificação das tarefas por tipo de dado

Fonte: Shneiderman (1998)

O autor sugere, ainda, que o princípio central para a ordenação das informações visuais em uma interface, é:

- permitir a visão geral;
- possibilitar a aproximação/afastamento e o filtro das informações;
- permitir o detalhamento conforme requisição do usuário.

Esses princípios e as informações da tabela 2 expressam com muita propriedade as particularidades da interação homem-máquina. E, como são apropriadas para ilustrar a relação entre o usuário e o vó virtual, seria oportuno

questionar se existe diferença, no que se refere à interatividade, entre distintos sistemas (não cartográfico e cartográfico). Interagir com a representação de um veículo, um edifício, da mobília de escritório ou de uma engrenagem mecânica seria diferente da interatividade com os modelos do relevo, de um rio ou de uma estrada?

3.5 Interatividade e Cartografia

A interatividade, tal como foi concebida por Steuer (1994), possui uma intrínseca relação com a Cartografia, pois as duas principais funções do mapa, a comunicação e a visualização cartográfica, são cada vez mais intermediadas pelo monitor de um computador.

Por essa razão, a interatividade com o mapa impresso será excluída da análise desta pesquisa. Esta decisão é ratificada por Asche; Herrmann (1994), que consideram que a interatividade entre o usuário e o mapa requer um sistema digital. Os autores descartam a possibilidade de interagir com o mapa impresso, pois a principal característica da interatividade, a bidirecionalidade da comunicação, não se concretiza.

Cartwright *et al.* (2001) fazem distinção entre a interatividade geral e a tecnológica e ressaltam que o que é interativo na tecnologia computacional não é ela própria, mas a sua interface. Os autores destacam, ainda, a interface como uma das principais características relacionadas à visualização de informações espaciais, enfatizando os seguintes aspectos:

- interface e representação geográfica: o que diferencia a interface de visualização normal e a *geoespacial* são as referências espaciais das representações geográficas (coordenadas), as variações de escala e as generalizações decorrentes, e o fato de que o próprio fenômeno representado pode ser utilizado para a navegação;
- interface e navegação: as interfaces devem permitir a navegação entre representações gráficas (mapas), dentro de representações gráficas (*zoom*, panorâmica, escala e generalização), entre e dentro de conjuntos de dados, entre objetos espaciais e seus aspectos temporais, entre atributos temáticos e informações correlatas, entre os objetos espaciais e os metadados;

Outro aspecto ressaltado pelos autores diz respeito ao acesso universal à tecnologia. Eles consideram que uma atenção especial deve ser dada aos fatores sociais e às restrições de acesso aos meios tecnológicos, às diferentes línguas dos usuários e suas possíveis deficiências físicas.

Numa pesquisa sobre a multimídia no ensino de Geografia, Krygier *et al.* (1997) sugerem que os recursos da multimídia podem ser empregados para aumentar a interatividade com o usuário. Os autores propõem uma tipologia da interatividade, combinando as formas e as funções dos recursos (figura 10), que lembra a proposta dos tipos de dados de Shneiderman (1998).

Funções dos recursos	condicional	☐	☐	☐	☐	☐
	hierárquica	☐	☐	☐	☐	☐
	sequencial	☐	☐	☐	☐	☐
	animação	☐	☐	☐	☐	☐
	estática	☐	☐	☐	☐	☐
		imagens	mapas	diagramas	gráficos	tabelas
		Formas dos recursos				

Figura 10: Tipos de recursos para aumentar a interatividade

Fonte: Krygier *et al.* (1997)

As funções dos recursos estão ordenadas por grau de interatividade. Embora possua importante papel educacional, os recursos estáticos não podem ser considerados verdadeiramente interativos. Os recursos animados expressam mudanças ou movimento quando ativados pelo usuário. Os recursos sequenciais, hierárquicos e condicionais descrevem diferentes formas de busca dos dados, como um encadeamento, como uma árvore hierárquica ou condicionada a decisões prévias.

Segundo Monmonier (1994), o uso interativo dos mapas se assemelha à conversa entre duas ou mais pessoas. As duas metáforas da cartografia dinâmica são

a narração e a navegação. Para o autor, a metáfora da navegação é utilizada como sinônimo de exploração de dados conduzida pelo usuário⁵⁹. Por outro lado, o comportamento do usuário é, comparativamente, mais passivo na narrativa gráfica, pois observa a sucessão de cenas que o sistema produz. A narrativa deve ser compreendida, fundamentalmente, como um *script*. Esse conceito é oriundo da Inteligência Artificial e pode ser definido como uma estrutura que descreve seqüências apropriadas de eventos, em um contexto particular. Embora representem estratégias diferentes, essas abordagens são consideradas complementares mais do que competitivas. O autor ilustra essa relação citando o exemplo do usuário que observa uma narração (*guided tour* ou visita guiada) sobre um determinado assunto e, posteriormente, pode interagir e explorar padrões e aspectos do mapa que julgar necessário.

Crampton (2002) também aborda a relação entre a interatividade e a Cartografia. O autor propõe o agrupamento das tarefas que os usuários podem realizar em um sistema de *geovisualização*. As cinco principais categorias, do menor para o maior nível de interatividade estão ilustradas na figura 11. Assim como a proposta de Krygier *et al.* (1997), esta também se assemelha às tarefas propostas por Shneiderman (1998).

No nível inferior, o usuário realiza tarefas para examinar, observar ou inspecionar os dados espaciais. No nível imediatamente superior, o da comparação, o usuário pode realizar o cotejo entre dois ou mais conjuntos de dados. O patamar posterior, de maior sofisticação, é o de re-ordenamento dos dados espaciais que, além de permitir a visualização, possibilita a manipulação e a correlação entre os dados. No nível de extração e supressão, os dados espaciais podem ser selecionados e filtrados. No patamar mais elevado, o usuário pode analisar os dados de forma a verificar causas e efeitos das ocorrências espaciais.

⁵⁹ Navegação e exploração não devem ser utilizadas como sinônimos no contexto do vôo virtual.

Figura 11: Níveis das tarefas interativas

Fonte: Crampton (2002)

Com base nesses níveis de interatividade, Crampton (2002) propõe uma tipologia de interatividade para a *geovisualização* (tabela 3), que pode ocorrer de forma isolada ou em conjunto.

Interação com a representação dos dados	Interação com a dimensão temporal
Iluminação	Navegação
Ponto de vista (câmera)	Vôo
Orientação dos dados	Avanço/recuo
<i>Zoom</i>	Ordenamento
Re-escalamento	
Mudança dos símbolos	
Interação com os dados	Interação contextualizada
Consulta ao banco de dados e exploração dos dados	Múltiplas visadas
Refinamento (limpeza) estatístico, geográfico e temporal	Arranjo dos <i>layers</i>
Filtragem (exclusão)	Justaposição de janelas
Destaque dos dados (inclusão)	Conexão

Tabela 3: Tipos de interatividade

Fonte: Crampton (2002)

No tipo Interação com a representação dos dados, o usuário pode obter diferentes pontos de vista (perspectivas) a partir da manipulação da aparência dos dados espaciais. Equivale ao nível de exame, da figura 11, de menor interatividade. As principais tarefas são:

- *iluminação*: pode ser exemplificada pelas mudanças do ângulo de iluminação do sombreado do relevo e dos atributos do comprimento de onda de uma imagem de satélite;
- *ponto de vista (câmera)*: consiste na mudança do ponto de vista dos dados espaciais, que pode ser proporcionado pela metáfora de uma “câmara virtual”;
- *zoom*: refere-se à aproximação e afastamento do objeto visualizado. Implica em questões como a mudança progressiva e suave da escala e o armazenamento de dados em diferentes escalas;
- *redimensionamento*: está associado à mudança das unidades de medida dos atributos graficamente representados. Um exemplo é a transformação da forma linear para a logarítmica, num gráfico estatístico; ou das unidades de área por percentual, etc.;
- *mudança dos símbolos*: consiste na modificação das variáveis visuais (cor, forma, tamanho, orientação, granulação e valor) das representações espaciais.

No nível Interação com a dimensão temporal, estão incorporados os mapas dinâmicos, o movimento e as animações. São representações espaciais que se transformam continuamente no tempo, sob o comando do usuário. Dentro dessa categoria existem diferentes níveis de interatividade:

- *navegação*: está associado com escolhas, com as quais o usuário constantemente se depara, sobre qual caminho seguir num ambiente interativo. Essas paisagens virtuais representam dados gráficos e não gráficos de distintos períodos;
- *vôo*: consiste em uma jornada animada sobre representações de distintas épocas. Pode ser um sobrevôo pré-determinado, cuja única ação possível é iniciar/parar o processo, ou um vôo comandado pelo usuário, viabilizado pelos sistemas baseados na linguagem GEOVRML;
- *avanço/recuo*: refere-se, basicamente, à possibilidade de avançar e recuar. Pode ser utilizado para destacar as transformações em períodos de tempo distintos;
- *ordenamento*: diz respeito à classificação dos dados, conforme a ordem desejada, de forma a ressaltar suas características particulares.

A categoria de Interação com os dados caracteriza-se pelo alto nível de interatividade e os seus quatro principais tipos são:

- consulta ao banco de dados e exploração dos dados: consiste no processo interativo para a descoberta de padrões e tendências em bancos de dados de grande porte;
- refinamento (limpeza) estatístico, geográfico e temporal: seu objetivo é explorar as correlações entre padrões estatísticos e geográficos;
- filtragem: pode ser entendido como um processo de generalização no qual os dados são excluídos, simplificados ou omitidos da tela;
- destaque dos dados: significa o oposto da filtragem e representa a inclusão e o realce dos dados espaciais.

O último nível, o de Interação contextualizada, agrupa as alternativas para ampliar a exploração dos dados, isto é, para compor e integrar a visualização dos dados. Suas principais subdivisões são:

- múltiplas visadas: possibilita a visualização de diferentes pontos de vista, simultânea e seqüencialmente, dos mesmos dados espaciais;
- arranjo dos *layers*: recurso consagrado de CADs e SIGs, permite a seleção dos planos de informação que serão visualizados;
- justaposição de janelas: permite que várias janelas sejam abertas, de forma a visualizar os dados em escalas diferentes;
- conexão: consiste no recurso para ligar ou indexar um conjunto de dados com o outro.

A partir das tabelas 1, 2, 3 e das figuras 10 e 11, é possível elaborar considerações sobre o relacionamento entre a interatividade, a Cartografia e o vôo virtual⁶⁰. Destacam-se: as semelhanças e particularidades das tabelas e figuras, a tentativa de diferenciação entre interatividade cartográfica e não cartográfica e a relação entre visualização e interatividade.

Conforme mencionado, a figura 10 possui aspectos em comum com a proposta de tipos de dados exposta na tabela 2 (Shneiderman, 1998), da mesma forma como a figura 11 lembra as tarefas sugeridas pelo mesmo autor. A tabela 1 (Sims, 2000) ressalta os tipos mais comuns de utilização da interatividade, indicando uma abordagem complementar e horizontal dos relacionamentos entre os atores/sistema. De forma distinta, as figuras 10 e 11 evidenciam uma abordagem

⁶⁰ Para facilitar a análise, essas figuras e tabelas foram agrupadas em uma única página (Anexo II).

vertical ou hierárquica, um aprofundamento sucessivo dos efeitos que a interatividade pode causar no usuário.

A tabela 3 (Crampton, 2002), à exemplo da tabela 1, também ilustra os tipos de interatividade, mas explora as possíveis interações que a visualização cartográfica (geovisualização) permite. Por essa razão, é a que melhor representa a participação do usuário nas atividades do voo virtual.

Entretanto, mesmo que o autor queira ressaltar as diferenças e destacar as especificidades, a essência da tabela 3 é semelhante à da tabela 2. A interação com a representação dos dados (tabela 3) é muito parecida com as tarefas (tabela 1). A interação com a representação dos dados, interação contextualizada e a interação com a dimensão temporal (tabela 3) podem ser consideradas como atributos da visualização dos tipos de dados (tabela 1).

Embora os cartógrafos formulem argumentos para justificar as diferenças, a interatividade não parece ser distinta nos meios cartográficos e não cartográficos. Seria possível diferenciar a interatividade entre as representações de um cubo e do relevo? Em princípio, não. Com exceção de particularidades, como o sistema de projeção cartográfica – necessário para diminuir as distorções de representação da superfície esférica em um plano –, a sua essência é idêntica⁶¹. A geovisualização não se distingue da visualização, o que muda é o tipo de objeto observado.

Se o elemento mais importante da visualização cartográfica é a interatividade, que, como se viu, é um componente da comunicação homem-máquina, seria plausível classificar a visualização cartográfica não como uma corrente teórica, mas como uma área que estuda um tipo específico de interface. E, pelo fato de ser uma especialização tecnológica, que desenvolve regras e mecanismos de comunicação entre o homem e o computador, não deveria ser considerada como corrente teórica da Cartografia.

Entretanto, se esse raciocínio for levado ao extremo, isto é, se todos os elementos abordados podem ser reduzidos a um aspecto tecnológico, o meio computacional imporia uma profunda transformação das áreas em que é aplicado: a informática ocuparia o lugar da Cartografia, os bancos de dados o dos Sistemas de

⁶¹ Um exemplo interessante, a propósito, é *software Archibus*. É um tipo de Sistema de Informações Geográficas desenvolvido para gerenciar equipamentos, materiais e mobiliário de edifícios e escritórios.

Informações Geográficas e etc.. Para manter a coerência do raciocínio, é importante destacar que o meio digital implica, somente, em modificações da forma de manipulação, armazenamento e apresentação dos dados.

Essa necessidade de diferenciação (comunicação/visualização) e os procedimentos de incorporação tecnológica, então, podem ser entendidos como um mecanismo de defesa profissional para preservar as especificidades de cada área. Como a Cartografia se preocupa essencialmente com a forma de representação de dados, a informática – que possui características próprias de codificação –, poderia “varrer” o seu saber tradicional, alterando seus conceitos, procedimentos e práticas.

Nessa relação entre Interatividade e Cartografia, em resumo, é importante destacar: a necessidade de controlar a complexidade, de facilitar a orientação e localização e de minimizar a sobrecarga cognitiva das interfaces. Os princípios da transparência e virtualidade⁶², bem como a utilização dos ícones, também são elementos muito relevantes da interatividade do usuário com o computador.

Em linhas gerais, a interatividade cartográfica parece obedecer aos preceitos gerais de interatividade, sintetizados por Shneiderman (1998). Contudo, os aspectos que não podem ser menosprezados na visualização cartográfica são as referências espaciais (coordenadas) e o fato do próprio fenômeno ser utilizado para a navegação.

Além da exemplificada e inerente relação entre a interatividade e a Cartografia, nota-se a importância da metáfora – tratada no próximo capítulo –, primeiramente, para diminuir a complexidade das interfaces e aumentar a familiaridade do usuário com o sistema computacional, e, num segundo momento, devido ao seu potencial na exploração, análise e síntese das informações geográficas.

⁶² Ver citação de Shneiderman no item 3.4 – Interface.

4 ASPECTOS DA METÁFORA

O primeiro item do capítulo retrata o panorama histórico da metáfora (4.1). Em seguida, são abordadas a linguagem figurada e a sua terminologia (4.2), as teorias da metáfora (4.3), as considerações sobre a metáfora (4.4) e as suas principais aplicações para o escopo do trabalho (4.5).

4.1 Panorama

A origem dos estudos sobre a metáfora remonta aos filósofos gregos. Aristóteles considerava a metáfora como uma figura de linguagem, um ornamento com o propósito de comunicação. Suas reflexões, particularmente das obras *Retórica* e *Poética*, influenciam, ainda hoje, algumas abordagens sobre o assunto. Assim, metáfora e retórica permaneceram vinculadas pelos séculos subseqüentes.

A retórica ainda desfrutava de grande prestígio durante o império romano e foi enriquecida pelas obras de grandes oradores como Cícero e Quintiliano. Após a queda desse império, a importância da retórica foi diminuindo progressivamente e, mesmo sobrevivendo como prática, não era considerada como objeto de estudo. Este quadro foi agravado pelo predomínio do pensamento racional cartesiano na filosofia e na ciência ocidentais, nos últimos três séculos (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 1988).

O poder figurativo da linguagem e a possibilidade de usá-la de forma sedutora e enganosa em discursos de persuasão foi, durante muitos anos, um dos grandes argumentos para desqualificar a retórica e, conseqüentemente, o uso de metáforas. Cohen (1992) cita as obras *Leviathan*, de Hobbes (parte 1, capítulo 4), e o *Essay Concerning Human Understanding*, de Locke (livro 3, capítulo 10), para ilustrar a visão negativa da metáfora. Embora as referências possam parecer remotas, seus efeitos foram percebidos até um período muito recente. Muitos filósofos do século XX compartilham a idéia de que as metáforas são frívolas e secundárias, perigosas e logicamente incorretas, negando-lhes: qualquer capacidade de conter ou transmitir conhecimento; qualquer conexão com os fatos; ou qualquer significado real.

Estas posturas induziram a uma polarização entre os sentidos literal e metafórico, contrapondo o discurso metafórico ao discurso científico. As figuras de linguagem seriam representações mais adequadas da imaginação, convenientes às artes, e o rígido método geométrico seria apropriado à investigação, ao uso da razão, indicado para a filosofia e a ciência (Nunes, 2000).

A mudança de enfoque sobre a metáfora é relativamente recente. O interesse contemporâneo da comunidade científica foi muito influenciado pelos trabalhos de I. A. Richards (1936) e Max Black (1962), que fomentaram esta transformação. Segundo Zanotto (2002), é possível distinguir dois momentos das pesquisas recentes sobre metáfora: a década de 1970, que culmina com a publicação da coletânea *Metaphor and thought*, em 1979, organizada por Ortony, e a década de 1980, devido à publicação de *Metaphor we live by*, por Lakoff e Johnson.

Assim, as abordagens tradicionais sobre a metáfora e a linguagem foram revistas. Conforme Lakoff; Johnson (2002), o predomínio dessa visão retórica da metáfora era justificada pelo denominado mito do objetivismo (termo genérico que engloba o Racionalismo, o Cartesianismo, o Empirismo, a Filosofia Kantiana e o Positivismo Lógico). A partir de 1970, ocorre uma transformação paradigmática, gerando uma reformulação nas concepções de objetividade, verdade, sentido e metáfora.

De acordo com Ortony (1988), a noção básica do positivismo é de que a realidade pode ser literalmente descrita por meio de uma linguagem clara, sem ambigüidade, que possa ser testada ou verificada. Entretanto, uma nova abordagem é possível. A idéia central do novo paradigma é a de que a cognição é o resultado de uma construção mental. O conhecimento da realidade, originário da percepção, da linguagem ou da memória, precisa ir além da informação dada. Ele surge da interação dessa informação com o seu contexto e com o conhecimento preexistente do sujeito.

4.2 Linguagem figurada e terminologia

Conforme Brandão (1989), o estudo da linguagem figurada está associado ao pressuposto de que há duas maneiras básicas e equivalentes de dizer as coisas, uma

própria e outra figurada. Essa lógica, baseada no contraste, está presente nas definições das figuras e tropos. As figuras se constituem nas maneiras de falar que são distantes daquelas que são naturais, simples, ordinárias. Os tropos são as figuras pelas quais se atribui a uma palavra uma significação que não lhe é própria.

Os tropos recebiam, na retórica tradicional, diferentes denominações conforme a relação entre o primeiro significado (o próprio) e o segundo significado (o figurado). As quatro formas básicas de tropos, conforme a tabela 4, são:

Relações	Tropos
Semelhança	Metáfora
Correspondência	Metonímia
Conexão	Sinédoque
Contrariedade	Ironia

Tabela 4: Formas básicas de tropos (retórica tradicional)

Fonte: Brandão (1989)

A metáfora pode ser considerada como uma importante forma de discurso não literal. Entretanto, também existem outras figuras que são relevantes para esta pesquisa, embora nem todas façam parte da mencionada divisão tradicional da retórica:

- analogia: é um tipo de mapeamento de entidades e relacionamento entre duas partes. Uma analogia demonstra a correspondência de similaridades entre dois sistemas, geralmente na forma: A está para B assim como C está para D. Analogias são semelhantes à metáfora, entretanto expressam, sempre, o conceito de similaridade;
- elipse: é a omissão de um termo que o contexto ou a situação permitem facilmente suprir. Exemplo: Ao redor, bons pastos, boa gente, terra boa para se plantar (supressão do verbo haver);
- hipérbole: construção que exagera uma idéia de modo a destacá-la. Exemplo: “Eu já disse um milhão de vezes que não fui eu quem fez isso!”;
- metonímia: pode ser explicada por uma relação de correspondência entre dois atributos ou entidades, de modo que haja entre eles uma relação de causa e efeito (trabalho, por obra), de continente e conteúdo (copo, por bebida), lugar e produto

(porto, por vinho do Porto), matéria e objeto (bronze, por estatueta de bronze), abstrato e concreto (bandeira, por pátria), autor e obra (Camões, por um livro de Camões), a parte pelo todo (asa, por avião);

- **símile:** é utilizado para uma comparação explícita, onde as similaridades são claramente definidas. Pode ser identificado pela presença do termo “como”. Exemplo: “João agiu como um cavaleiro”. A distinção entre símile e metáfora não é sempre clara. Em alguns casos, metáfora e símile são textualmente diferentes, mas funcionalmente iguais;
- **sinédoque:** caracteriza a relação de substituição da parte pelo todo, do plural pelo singular, do gênero pela espécie, ou vice-versa. Exemplo: “Ter um teto”. A parte (teto) é empregada pelo todo (casa).

É possível detectar sobreposições entre as figuras de linguagem. A metáfora pode ser vista como um desvio do sentido literal para causar uma mudança de significado. Ela excede a esfera das palavras isoladas, além de nem sempre implicar na similaridade entre duas coisas.

Segundo Ricoeur (1975), embora a metáfora possua características semelhantes com a metonímia e a sinédoque, seu conteúdo é muito mais amplo do que esses dois tropos, pois a metáfora não está limitada à designação pelo nome, e sim associada a uma relação entre idéias.

Ao abordar a questão da afasia, Jakobson (2003) afirma que esse distúrbio da fala consiste em uma deterioração da faculdade de seleção e de substituição, ou da capacidade de combinação e de contextualização. Essas dificuldades podem ser associadas à supressão da relação de similaridade (metáfora) e de contigüidade (metonímia), respectivamente.

“Jakobson, que foi o primeiro a chamar a atenção para a importância da polaridade metáfora/metonímia, explicitou, desde o início, o seguinte: nas formas discursivas realmente observáveis, verbais ou não verbais, misturam-se sempre os dois tipos, embora um possa sobrepor-se ao outro. Um sistema geral que veicula uma mensagem não é representado por uma sucessão de caracteres, mas pela execução de uma orquestra, na qual coexistem a harmonia e a melodia” (Leach, 1992, p.39).

Por outro lado, existem grandes dificuldades para identificar uma metáfora. As expressões metafóricas não são sempre literalmente falsas e não envolvem sempre uma justaposição imprópria de idéias. Não seguem um padrão sintático regular e tampouco se distinguem claramente da linguagem literal, nos níveis das palavras e das sentenças (Way, 1991).

Porém, antes de examinar algumas das teorias sobre a metáfora, é conveniente resgatar alguns termos que são usados no seu estudo. No seu artigo de 1936, Richards introduziu dois termos técnicos para facilitar a análise das metáforas: *tenor* (teor) e *vehicle* (veículo). Sua estrutura foi dividida em duas metades, que podem ser denominadas por idéia original e idéia emprestada. Na metáfora “homens são lobos”, a palavra “homens” é o teor ou significado e “lobos” é o veículo que “atribui” outro sentido à idéia original.

Outros autores expandiram a proposta de Richards, adicionando um terceiro termo: *ground*, para designar o conjunto de características compartilhadas entre *tenor* e *vehicle*. Na mencionada metáfora “homens são lobos”, *ground* seria a “feroz competitividade” que caracteriza tanto o teor (homens) quanto o veículo (lobos).

Ao invés de teor e veículo, Monroe Beardsley (1958)⁶³ menciona os termos *subject* (assunto ou tema) e *modifier* (modificador), onde *modifier* caracteriza a conotação atribuída ao *subject*.

Max Black (1962), propõe um outro conjunto de termos: *frame* e *focus*. A designação *focus* caracteriza uma das palavras que está sendo utilizada com sentido metafórico na sentença. *Frame* é uma palavra que está sendo usada no sentido literal. Outros termos utilizados como sinônimos, pelo autor, são *primary* e *secondary subject*.

4.3 Teorias da metáfora

Conforme Aristóteles (2000), a metáfora é a transferência do nome de uma coisa para outra, ou do gênero para a espécie, ou a espécie para o gênero, ou de uma espécie para a outra, ou por analogia. Para o filósofo grego, o estudo da metáfora

⁶³ Beardsley, M.C. *Aesthetics: problems in the philosophy of criticism*. New York. Harcourt Brace and Co. 1958.

engloba dois domínios, o da poética e o da retórica. Embora tenha uma só estrutura, possui as duas referidas funções. A *lexis*⁶⁴, na Retórica, tem a função da demonstração, da prova, da função lógica, denotativa. Na Poética, a *lexis* tem a função da *mimesis* (imitação), a função subjetiva, emocional, alógica, a função da conotação.

A retórica se caracteriza como técnica de eloquência, de persuasão. A poesia busca compor uma representação das ações humanas por meio da ficção, da fábula, da tragédia. A metáfora é a transposição de termos, um nome que designa uma outra coisa. A perspectiva aristotélica ainda menciona o valor instrutivo da metáfora, cuja virtude é o prazer de aprender, que deriva do efeito da surpresa. A função da metáfora é ensinar através da aproximação entre coisas que parecem distantes.

A metáfora é caracterizada, também em autores contemporâneos, como uma teoria dos desvios. Descreve o abstrato sob os traços do concreto, tem o poder de visualizar relações, pois mostra o inanimado como animado.

“A mesma estratégia de discurso aciona a força lógica da proporção ou da comparação, o poder de por diante dos olhos, o poder de falar do inanimado como animado, em suma, a capacidade de significar a atualidade” (Ricoeur, 1975, p.59).

O estreito vínculo entre retórica e metáfora, forjado pela importância da comunicação oral dos gregos, se atenuou ao longo dos séculos. Na atualidade, a metáfora está inserida como parte das figuras de linguagem, correlatas à arte de escrever bem. Este deslocamento da ênfase do recurso retórico-oral para o poético-visual da metáfora, não significa que ela não seja mais utilizada nos discursos verbais e, tampouco, que não era utilizada como expressão artística. A pluralidade de áreas do conhecimento que, nas últimas décadas, se interessaram pelo estudo da metáfora, como a filosofia, a lingüística, a psicologia, a informática e a pedagogia, são exemplos que ratificam as transformações das abordagens.

Existem distintas teorias sobre metáforas, algumas baseadas nas suas similaridades e outras nas suas diferenças. Qualquer uma delas envolve suposições e implicações sobre a natureza da linguagem, do discurso literal e do metafórico. Adotou-se a proposta de agrupamento das teorias sobre metáfora de Way (1991), por

⁶⁴ A palavra *lexis* pode ser traduzida por: discurso, elocução ou estilo (Ricoeur, 1975).

conta da sua qualidade, atualidade e abrangência, que as divide em teorias: emocional, de substituição, de anomalia e de interação. Por causa das suas características e da sua aplicabilidade ao trabalho, somente a teoria da interação será explicitada.

A teoria da interação foi proposta por Max Black, no seu artigo *Metaphor*, de 1955 (re-impreso no livro *Models and Metaphor*, 1962) e complementado pelo artigo *More about Metaphor*, em 1977 (re-impreso em 1988). A metáfora interativa possui dois diferentes temas, o primário e o secundário. Eles compartilham um conjunto de idéias comuns, de domínio de uma comunidade. A metáfora implica na sua interação, na qual as idéias associadas ao tema secundário são transferidas ao primário. O tema primário, assim, é visto através de um filtro das propriedades do secundário, que seleciona, enfatiza, suprime e organiza as características do tema primário.

De acordo com Way (1991), os principais pontos da visão interativa da metáfora, proposta por Max Black, são: a) a metáfora envolve um sistema de suposições e de lugares-comuns que são associadas aos termos envolvidos; b) o processo metafórico funciona como um filtro, onde as idéias associadas do tema secundário (veículo) enfatizam, suprimem e organizam aspectos do tema primário; c) a compreensão da metáfora frequentemente envolve uma mudança de significado; d) uma metáfora não pode ser reduzida a qualquer afirmação literal de comparação; e) a metáfora pode criar similaridade entre idéias distintas.

Conforme menção anterior, o termo metáfora interativa foi forjado em contexto e época distintos daquele em que a interatividade adquiriu o significado que possui atualmente: o da bidirecionalidade da comunicação, do mecanismo de troca de papéis entre receptores e emissores. Contudo, esse processo metafórico – o filtro para a associação de idéias –, possui uma grande afinidade com a interface, uma vez que representa a essência da sua função de adaptação física ou lógica entre dois sistemas (linguagens), realizando o processo de tradução entre os seus componentes⁶⁵.

Outro aspecto que merece ser recuperado é o da relação arbitrária e metafórica entre a imagem sensorial e o objeto ou acontecimento do mundo exterior,

⁶⁵ Ainda que os termos simplificação, tradução, similaridade entre idéias distintas e transferência de significado não sejam sinônimos, possuem características comuns.

expressos na figura 1. Essa relação pode, também, ser interpretada como um filtro, no qual as idéias associadas ao tema secundário realçam os aspectos do tema primário.

4.4 Considerações sobre a metáfora

Para Ricoeur (1992), o dom de elaborar boas metáforas depende da capacidade de ponderar sobre as semelhanças. Na teoria da interação de Black, o condutor do sentido metafórico não é mais a palavra, mas toda a sentença.

Gardner; Winner (1992) afirmam que a percepção da metáfora pode não se basear no conhecimento lexical, mas em virtude do conhecimento e da sua sensibilidade ao contexto lingüístico, visual e situacional.

“É como se uma mudança de distância entre significados ocorresse dentro de um espaço lógico. A nova pertinência ou congruência adequada a um enunciado metafórico significativo decorre de uma espécie de proximidade semântica que de repente se obtém entre termos, apesar de seu distanciamento. Coisas ou idéias que estavam remotas parecem agora próximas” (Ricoeur, 1992, p.148).

Conforme Booth (1992), aquilo que está sendo comunicado depende do contexto, ou seja, o sentido não pode ser determinado sem referência à situação. Embora não seja fácil quantificar ou descrever, muito mais é comunicado do que literalmente dito.

A conquista da intimidade é um ponto muito importante da metáfora, e que independe da questão da cognitividade e do caráter estético. A aproximação entre o criador e o ouvinte de uma metáfora se dá da seguinte maneira: a) o falante emite um tipo de convite oculto; b) o ouvinte despende um esforço especial para aceitar o convite; c) a transação constitui o reconhecimento de uma comunidade (Cohen, 1992).

Booth (1992) afirma que a pergunta sobre o que é metáfora não tem resposta única, pois a palavra está sujeita a todas as ambigüidades das nossas noções sobre semelhanças e diferenças. O fato de uma metáfora ser considerada boa depende inescapavelmente de seu contexto: o que a envolve no texto, falado ou escrito, quem fala, para quem fala e com que intenção.

De acordo com Reddy, M.J. (1998), idéias são objetos, expressões lingüísticas são recipientes, comunicação é enviar (*conduit metaphor* ou metáfora do canal). O falante coloca idéias (objetos) dentro das palavras (recipientes) e as envia (através de um canal) para o ouvinte, que retira as idéias-objetos das palavras-recipientes.

Segundo Lakoff; Johnson (1992), a essência da metáfora é compreender e experimentar uma coisa em termos de outra. Argumentam que a metáfora não é somente uma questão de linguagem, pois os processos do pensamento são em grande parte metafóricos. Esses autores desenvolveram a idéia de metáfora orientacional. Ela é aplicada quando um conceito é estruturado metaforicamente em termos de outro. Sua denominação decorre do fato de que a maioria delas está relacionada com a orientação espacial, do tipo: para cima/ para baixo, dentro/fora, frente/trás, em cima de, fora de, fundo/raso, central/periférico (Ex.: “estou me sentido pra cima hoje”).

Os autores salientam ainda que nenhuma metáfora pode ser compreendida, ou até mesmo representada, de forma adequada, independentemente da sua base experimental⁶⁶. A estrutura dos nossos conceitos espaciais emerge da nossa constante experiência espacial, da nossa interação com o ambiente físico, como por exemplo:

- homens e outros mamíferos dormem deitados e levantam-se quando acordam;
- postura caída corresponde à tristeza e depressão; postura ereta significa um estado emocional positivo;
- graves doenças nos forçam a ficar deitados. Ao morrer ficamos deitados;
- tamanho está normalmente ligado à força física e o vencedor numa luta está normalmente por cima;
- *status* é co-relacionado ao poder (social) e poder (físico) é para cima.

4.4.1 O papel da metáfora

“A metáfora pode, por vezes, gerar um novo conhecimento e um *insight* pela mudança de relacionamento entre as coisas mencionadas (temas principal e secundário)” (Black, 1988, p.37). A metáfora desempenha um importante papel

⁶⁶ Sob esta perspectiva, assemelha-se às representações visuais.

criativo. São instrumentos cognitivos indispensáveis para detectar conexões que, uma vez percebidas, ficam verdadeiramente presentes⁶⁷ (Black, 1988).

O papel da metáfora fica muito evidenciado diante das afirmações de Booth (1992, p.67), quando sustenta que “a qualidade de qualquer cultura será medida pela qualidade das metáforas e dos seus juízos, (...) o desenvolvimento das civilizações é essencialmente uma progressão de metáforas”.

“A metáfora, por ser uma afirmação errônea, entra em conflito com nossas expectativas. Ela libera, aciona e estimula nossa predisposição a detectar o erro e a corrigi-lo (...). Somos lançados a um ato criativo, inventivo e prazeroso. Dando novo enfoque às palavras de Piaget, inventar é compreender. Para que o ouvinte ou leitor de uma metáfora descubra por si mesmo a natureza do erro e invente sua própria versão (conjectural) da verdade, é preciso que haja entendimento e satisfação e, portanto, prazer. É possível que esse prazer tenha origem na atividade lúdica metafórica da infância e seja enfatizado por ecos da própria infância. (...). Uma metáfora é um convite obrigatório à descoberta. O que deve ser descoberto são as inúmeras alusões ou atributos em comum entre a metáfora e a verdade subjacente à qual ela remete” (Swanson, D.R., 1992, p.164).

O uso metafórico de termos tem o propósito de delimitar e de escolher novos usos para os quais não temos descrições literais simples e bem conhecidas. O seu uso sistemático pode ampliar o poder de análise e de síntese e, por essa razão, é freqüentemente utilizado nas atividades didáticas.

Para embasar o seu argumento sobre o papel da metáfora no ensino, Petrie (1988) questiona: como é possível aprender algo radicalmente novo? Parte da resposta se inicia com o resgate do paradoxo de *Ménon*, extraído dos diálogos de Platão:

“Mas, de que maneira vais tu investigar, Sócrates, aquilo que de todo em todo ignoras o que seja? Efectivamente, se te propuseres essa tarefa, qual das coisas que não sabes vai estudar? Ou, então, se te

⁶⁷ O significado dessas conexões, mencionado por Black, indica uma semelhança com a cadeia de conexão entre os símbolos (Capítulo sobre o Vão).

encontrares, por acaso, com essa coisa precisamente, como irás reconhecer que era aquilo que tu ignoravas?” (Platão, 1993, p.71)⁶⁸.

Para o autor, a metáfora constitui a ponte entre o conhecimento antigo e o novo conhecimento. As justificativas que comprovam sua afirmação, são: a) a experiência nunca é obtida diretamente do mundo como ele é, mas é sempre constituída por nossos modos de representação e compreensão; b) a maioria das experiências de aprendizado consiste no seu processamento a partir de um conjunto de regras e modos de aprendizado pessoal; c) em algumas ocasiões, aprende-se transformando o contexto de aprendizado⁶⁹.

Ainda de acordo com Petrie (1998), o uso educacional da metáfora envolve quatro passos:

- uma anomalia é criada no estudante (a afirmação da metáfora costuma ser falsa e o aluno pressupõe que o professor não faz declarações falsas);
- o estudante percebe a anomalia e entende que precisa lidar com uma nova situação. A metáfora é um guia que diz “veja e trate desta nova situação como se fosse uma que você já conhece”;
- o terceiro passo é a busca pela solução da anomalia, a construção do raciocínio para resolver o problema;
- a última etapa consiste na correção da atividade. A correção do *insight* inicial do aluno e as iterações do processo criam um mecanismo que aproxima o estudante do contexto do novo conhecimento.

“Da mesma forma que o estereoscópio traz a terceira dimensão para o que era considerada uma figura plana (bidimensional), a justaposição entre dois diferentes domínios de conhecimento pode produzir um terceiro domínio construído com as relações conceituais dos dois

⁶⁸ De acordo com Platão, Sócrates acreditava na teoria da reminiscência, associada à imortalidade da alma. Em decorrência, o filósofo defendia a idéia de que “aprender é recordar”. Para Sócrates, existe maior predisposição para o aprendizado quando o aluno tem seus argumentos refutados e toma consciência da sua ignorância. Dessa forma, a ignorância não é nada mais do que esquecimento. Aprender é um processo no qual, por meio de repetidos interrogatórios, as opiniões verdadeiras “despertam” no indivíduo.

⁶⁹ Conforme mencionado no capítulo sobre Interatividade, para Piaget existem duas formas de “aprendizado”: os processos de assimilação e de acomodação. Durante a assimilação aprende-se pela incorporação da experiência cognitiva nos esquemas existentes (classificação dos eventos nas estruturas que o indivíduo já possui). Durante a acomodação, aprende-se pela modificação dos nossos esquemas (conceitos) e modos de aprendizado para incorporar a experiência vivida (Piaget, 1991).

primeiros. Em ambos os casos, o todo é muito mais do que a soma das suas partes – partes que são essencialmente descrições incompletas” (Sticht, 1992, p.480).

Nesse sentido, considera-se que algumas características do uso educacional da metáfora podem ser relacionadas ao papel das imagens na visualização cartográfica, na idealização gráfica e, complementarmente, à afirmação de Tukey (1977) “o maior valor de uma imagem é quando ela nos força a compreender o que nós nunca esperaríamos ver”. As imagens, assim como as metáforas, podem exercer funções semelhantes caso aproximem o conhecimento antigo do novo ou estimulem o raciocínio e a geração de novos pontos de vista.

4.4.2 Algumas críticas ao uso da metáfora

Para Black (1988), o maior perigo do uso de metáforas é o risco de reducionismo, de encorajar a simplificação extremada dos conceitos científicos.

Segundo Petrie (1988), uma das críticas do uso da metáfora, na área educacional, é de que ela pode simplificar raciocínios e análises, reduzindo a complexidade dos fenômenos e estimulando a preguiça.

Conforme Sticht (1988), a metáfora consiste em uma forma de estender a capacidade de comunicação, ampliando a capacidade da memória ativa. Entretanto, recomenda que não se exagere no número de metáforas e que o seu uso seja evitado na comunicação escrita, pois o leitor não poderá consultar o escritor para resolver eventuais ambigüidades e a iteração necessária poderá não se concretizar.

Uma crítica contundente ao uso da metáfora foi realizada por Donald Davidson (1992). O autor afirma que o erro fundamental está baseado na idéia de que a metáfora tem, além do seu significado literal, outro sentido ou significado. As metáforas significam aquilo o que as palavras, no sentido literal, significam, nada mais do que isto. O autor compara fazer uma metáfora com contar uma mentira.

“A comparação é adequada porque mentir, como fazer uma metáfora, não tem a ver com o significado das palavras e sim com o seu uso. Contar uma mentira não exige que o que você diz seja falso, mas que você pense que é falso. O que faz a diferença entre uma mentira e uma

metáfora não é a diferença nas palavras usadas ou o que elas significam, mas como são usadas” (Davidson, 1992, p.46).

Parece claro, em determinadas circunstâncias, que essas avaliações críticas sobre a metáfora possuem fundamentos. Porém, entende-se que o reducionismo, a simplificação dos conceitos científicos e o estímulo à preguiça não se apliquem ao trabalho, pois a compreensão das representações simbólicas demanda atividades como as abstrações e as ponderações. Por outro lado, a redução da complexidade, quando aplicada à interface, deixa de ser um aspecto negativo e transforma-se em um benefício⁷⁰. A utilização da metáfora não decorre do interesse de ornamentar os diálogos, mas da necessidade de facilitar a comunicação entre as partes envolvidas.

4.5 Aplicações da metáfora

O voo pode ser associado, no nosso imaginário, a distintas características e circunstâncias. O deslocamento dos pássaros sempre encantou o homem, cativando particularmente as culturas primitivas ou indígenas. Mesmo após a invenção do avião, no início do século XX, as lendas, mitos, histórias e metáforas associadas ao voo continuaram muito difundidas.

A mais conhecida das lendas, originária da mitologia grega, é a de Dédalo e Ícaro, na fuga do labirinto de Creta. Ícaro é o filho de Dédalo e de uma escrava chamada Náucrte. Pai e filho foram encarcerados pelo rei Minos, depois que Dédalo ensinou a Ariadne a forma de Teseu encontrar o caminho do labirinto e este matou o Minotauro. Este habilidoso arquiteto e escultor construiu duas estruturas semelhantes às asas dos pássaros, para que ele e o filho pudessem escapar voando. Após alçar voo, Ícaro desobedeceu a Dédalo e, embriagado por esse prazer, começa a voar muito alto. Os raios solares derreteram a cera que unia as penas à estrutura da asa e Ícaro caiu no mar⁷¹.

Embora mitológica, essa lenda ilustra a engenhosidade humana para superar suas limitações físicas e os prazeres dela decorrentes. Voar pode significar a busca de

⁷⁰ Algumas minúcias tecnológicas não devem transparecer, pois são desnecessárias para o propósito do sistema.

⁷¹ A versão da lenda de Dédalo e Ícaro foi extraída de Grimal (1993).

dimensões inexploradas, mas também simbolizar a liberdade de deslocamento, que é indissociável da capacidade de orientação e localização.

De acordo com Couclelis (1998), todas as culturas usam a metáfora como um meio de entendimento e organização do mundo. O uso de metáforas geográficas minimiza o esforço de aprendizagem necessário para tornar compreensíveis as representações espaciais, pois uma gama de formas, cores, texturas e padrões pode ser associada com um enorme conjunto de experiências sensoriais, cognitivas e afetivas.

Por outro lado, é extensa a contribuição das metáforas para a explicação ou esclarecimento sobre a inteligência humana. Sternberg (1990) afirma que as metáforas – geográficas, computacionais, biológicas, epistemológicas, antropológicas, sociológicas ou de sistemas – exercem um papel de destaque na elaboração de modelos, pois são capazes de materializar relações e esquemas mentais. E, com frequência, assume-se que a representação mental é similar ao conhecimento cartográfico (Hirtle, 1998).

O autor afirma que o SIG pode ser utilizado como exemplo de metáfora da memória. Lembrar é interpretado como recuperar uma informação guardada e, assim, algumas das metáforas da memória – do bloco de cera, da central telefônica (PABX) e do gravador –, estão comumente associadas à evolução tecnológica, como dispositivos de armazenagem. Desse ponto de vista, relacionam-se aos mecanismos de busca espacial e às linguagens estruturadas de consulta dos SIGs.

Conforme Fairbairn *et al.* (2001), o mapa é frequentemente visto como uma metáfora para a apresentação e representação de todos os tipos de dados, espaciais e não espaciais. Os dados e as informações que eram tradicionalmente descritos, enumerados, tabulados e ordenados, hoje, são mapeados. O uso da expressão mapa, no sentido metafórico, possui aplicações muito amplas, podendo ser utilizada em vários níveis de abstração.

De acordo com Dykes *et al.* (1999), o grau de abstração pode ser representado por uma linha contínua (figura 12). Sob a perspectiva cartográfica, o menor grau de abstração corresponde à representação mais realista, como, por exemplo, as fotografias aéreas, as imagens de satélite e as representações do relevo. No extremo

oposto, localizam-se as representações mais esquemáticas e abstratas, como as distribuições de dados estatísticos, os pontos, linhas e polígonos.

Figura 12: Níveis de abstração

Fonte: Adaptado de Dykes *et al.* (1999)

O potencial da metáfora foi muito explorado no meio computacional. Ela causou um impacto muito significativo no desenvolvimento de projetos de interfaces com o usuário, estabelecendo-se como um poderoso meio para controlar a complexidade da interação com o computador.

Para Kuhn, W. (1993), a metáfora, na interface, tem que se comunicar com o usuário através de ícones e símbolos. A escolha destes ícones é essencial para a força do argumento metafórico, mas não deve ser confundido com a escolha da metáfora. Entretanto, faz pouca diferença como os ícones e menus são desenhados, caso eles representem metáforas inapropriadas.

O emprego de metáforas para o desenvolvimento das interfaces também colaborou para expandir a função do computador. A noção inicial de ferramenta se transformou na idéia de representação virtual do mundo com o qual o usuário interage. Dessa maneira, o computador não deve ser visto como uma máquina, mas como um meio⁷², no qual se destaca a criação de: objetos, ambientes e personagens para a ação (Passarelli, 1993).

Entretanto, segundo Cartwright *et al.* (2001), existem ainda grandes desafios em relação ao desenvolvimento e a aplicação de metáforas na *geovisualização*, como por exemplo:

⁷² Essa diferenciação entre ferramenta e meio pode ser relacionada com separação entre comunicação e visualização cartográfica. O mapa, instrumento de comunicação, se transforma em um meio para exploração de dados.

- entender o relacionamento entre as metáforas e as funcionalidades da interface;
- compreender os processos cognitivos associados e a interação entre o usuário e as informações geográficas;
- entender como as metáforas podem ser efetivamente mescladas para suportar os acessos à *geoinformação* e as necessidades de análises multiescalares, multivariadas e multidisciplinares;
- desenvolver instruções para a utilização prática das metáforas;
- determinar as melhores metáforas para diferentes ambientes de uso (*Web*, celular), para tarefas distintas e para diferentes usuários;
- identificar metáforas apropriadas para as interfaces colaborativas e multi-sensoriais.

Diante do exposto, surge uma questão: de que forma o vôo virtual torna-se uma metáfora? Pela associação do significado dos dois termos: 1) o vôo caracteriza-se pela liberdade de deslocamento e pela visão perspectiva ou ortogonal, da superfície terrestre, que as aves têm durante seu movimento aéreo; 2) o virtual indica a forma de reprodução, em ambiente computacional, das características da superfície terrestre. A idéia é de que as representações cartográficas, as imagens de satélite e os mecanismos de vôo estejam integrados de modo a criar a sensação, para o usuário, de estar interagindo com a própria realidade (princípio da virtualidade ou da transparência).

Na terminologia específica, o vocábulo vôo expressa o sentido literal, o *frame* ou o teor, o aspecto familiar ou conhecido dos usuários. E o termo virtual representa o *focus*, o veículo, o assunto secundário, o metafórico. O aplicativo é o sistema que permite essa navegação sobre representações cartográficas tridimensionais. Como, literalmente, é impossível voar utilizando um computador, a evidente falsidade da afirmação remete o usuário ao relacionamento entre as características do vôo e do virtual.

O vôo virtual, idealizado para propiciar uma forma de representação dinâmica⁷³ da superfície terrestre, proverá ao usuário a capacidade de alternar os níveis de abstração das representações (mapas e imagens). Conforme a figura 13, o

⁷³ Conforme a observação anterior, representação dinâmica refere-se, principalmente, à mudança de escala e de ponto de vista.

mapa, a metáfora e a interface, no vôo, exercem um determinado papel no processo de comunicação. O mapa, dependendo do uso, possui a função de apresentação e de exploração gráfica de dados, que a literatura denomina, respectivamente, de comunicação e de visualização (no sentido do pensamento visual, ou seja, de facilitar o raciocínio, ilustrar relacionamentos e proporcionar o reconhecimento de padrões da superfície terrestre). A metáfora estimula o processo cognitivo e a compreensão instantânea do usuário e colabora para a redução da complexidade da interface, que efetua o papel de tradução entre as linguagens do computador e a do homem.

Figura 13: Relação entre Metáfora, Interatividade e Cartografia no vôo virtual

O próximo capítulo trata de um aspecto que está diretamente ligado à representação e à manipulação de dados da superfície terrestre: a escala. Com relação à figura 13, ela poderia ser visualizada nos vértices do triângulo imaginário que unem o computador e a superfície terrestre ao usuário.

5 ESCALA: ABORDAGENS E APLICAÇÕES

O capítulo sobre escala começa com a exposição de algumas abordagens conceituais sobre o termo (5.1). As suas aplicações cartográficas são tratadas no tópico seguinte (5.2), as características da escala no meio digital, no item 5.3, e a relação entre o vôo virtual e a escala (5.4) encerra o tema.

5.1 As abordagens sobre escala

Escala é um termo polissêmico e caracteriza várias dimensões da pesquisa científica. De acordo com Montello (2001), está sempre associada a uma unidade de tamanho, mesmo que seja usada em diferentes domínios, como o espacial (dimensão linear), o temporal (unidade de tempo) e o temático (agrupamento de variáveis ou atributos).

“Todas as observações terrestres devem possuir uma dimensão linear pequena, definida como a resolução espacial limitante, o tamanho do menor objeto observável, o tamanho do *pixel*, o grão da emulsão fotográfica ou algum parâmetro similar definido. Essas observações também devem possuir uma dimensão linear grande, definindo a extensão do estudo, do projeto ou da coleção de dados. Existem muitas maneiras de definir ambos parâmetros, e isso é um dos fatores que contribui para a riqueza do tema escala” (Goodchild; Quattrochi, 1997, p.2).

Para Castro (2003), pode ser considerada como uma estratégia de aproximação do “mundo real”, um mecanismo de compreensão da realidade, por causa da impossibilidade de apreendê-la na sua totalidade.

O microscópio, o telescópio e os satélites orbitais são exemplos de instrumentos criados para ampliar ou reduzir objetos, isto é, para modificar o seu tamanho – a sua escala de visualização – e facilitar o seu estudo. Segundo Goodchild; Quattrochi (1997), a escala pode ser avaliada como um aspecto fundamental das pesquisas, pois, em princípio, quanto mais próximo o observador se colocar do seu objeto de estudo, mais detalhes ele perceberá.

Entretanto, existem inúmeras circunstâncias nas quais a proximidade do fenômeno não significa melhor capacidade de compreensão. A ampliação da escala de visualização gerada por dispositivos óticos, mecânicos e eletrônicos é muito útil, mas nem sempre necessária. Dependendo do caso, o distanciamento pode ser – literal e metaforicamente – uma estratégia mais apropriada para a compreensão do objeto estudado. Por exemplo: quando uma imagem de satélite é ampliada, observa-se melhor um detalhe, mas perde-se a noção do conjunto e de relacionamento entre as entidades. Portanto, é fundamental selecionar a distância que corresponde a uma escala adequada para compreender um fenômeno⁷⁴.

Nas análises geográficas, segundo Fabrikant (2001), a escala está relacionada ao tamanho dos objetos estudados e ao nível de detalhe que será utilizado. A natureza dos fenômenos determina a escala, que define o seu grau de generalização.

A noção de escala é intrínseca à de representação da realidade. A representação do espaço possui uma conotação de forma geométrica, quando está associada à Cartografia; mas também de nível de análise ou recorte espacial, quando relacionada à Geografia (Lacoste, 1976; Racine *et al.*, 1983).

Do ponto de vista espacial, Montello (2001) propõe três principais significados para o termo escala: o cartográfico, o de análise e o do fenômeno⁷⁵, mas ressalta que elas se inter-relacionam, mesmo que possam ser tratadas separadamente. Suas características são:

- **escala cartográfica:** indica a proporção entre o tamanho do objeto no terreno e as suas dimensões no mapa. Suas aplicações serão detalhadas no próximo item;
- **escala de análise:** representa a unidade de tamanho na qual um fenômeno é analisado. A dimensão espacial de um trabalho, por exemplo, pode ser local, regional ou global. Os dados do censo podem ser agrupados por setor censitário, por distrito e por município, etc.;
- **escala dos fenômenos:** pode ser caracterizado como a verdadeira grandeza dos fenômenos. Indica as dimensões da sua ocorrência sobre a superfície terrestre.

⁷⁴ Como será visto adiante, também existe uma relação direta entre distância e escala.

⁷⁵ Por causa do seu detalhamento e adequação ao contexto do trabalho, a proposta de Montello (2001) foi adotada nesta pesquisa.

5.2 Aplicações cartográficas

O emprego da escala depende da formação e do tipo de trabalho do pesquisador, pois pode variar do biólogo para o astrônomo, do dentista para o geógrafo. No caso da Cartografia, envolve sempre um processo de redução dos fenômenos da superfície terrestre e é definida como uma proporção entre o tamanho do objeto no terreno e as suas dimensões no mapa. É, numericamente, representada por uma fração (Ex.: 1/100.000), ou por uma barra graduada, quando expressa graficamente.

A escala é uma referência para a classificação e articulação de cartas topográficas. A Cartografia Sistemática Brasileira está estruturada a partir da Carta do Brasil ao Milionésimo (1/1.000.000), que integra a Carta Internacional do Mundo, de mesma escala. O território nacional é recoberto por 46 folhas ao milionésimo, que se subdividem em escalas maiores⁷⁶, conforme ilustra a figura 14.

Figura 14: Articulação das cartas topográficas

Além da relação com o sistema cartográfico internacional e o sistema de articulação e nomenclatura brasileiros, a escala indica outros dois parâmetros

⁷⁶ Para representar a mesma área, no terreno, de uma carta 1/1.000.000, são necessárias quatro cartas 1/500.000. Da mesma forma, são necessárias quatro cartas 1/250.000 para representar a mesma área de uma carta 1/500.000. A área de uma carta 1/250.000 é representada por seis cartas 1/100.000. Uma carta 1/100.000 se subdivide em quatro cartas 1/50.000.

importantes: a exatidão da posição dos objetos e a densidade das informações planimétricas (Ex.: hidrografia).

O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é um indicador estatístico de dispersão que define a exatidão de trabalhos cartográficos. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC estabelecido. Por exemplo: nas cartas de classe A, a de maior exatidão, o PEC dos elementos planimétricos corresponde a 0,5 mm na escala da carta, e, para a altimetria, equivale à metade da equidistância entre as curvas de nível⁷⁷ (ver tabela 5).

Escala	Planimetria		Altimetria *		
	PEC	Valor	PEC	Equidistância	Valor
1/50.000	0,5 mm	25 m	½ equidistância	20 m	10 m
1/100.000	0,5 mm	50 m	½ equidistância	50 m	25 m
1/250.000	0,5 mm	125 m	½ equidistância	100 m	50 m
1/500.000	0,5 mm	250 m	½ equidistância	100 m	50 m
1/1.000.000	0,5 mm	500 m	½ equidistância	100 ou 200 m	50 ou 100 m

(*) A equidistância das curvas de nível pode sofrer pequenas variações dependendo do tipo de relevo da carta.

Tabela 5: Padrão de Exatidão de Cartas topográficas de classe A

A densidade dos elementos das cartas topográficas, como as redes viária e de drenagem, os detalhes da mancha urbana, o tipo/tamanho das edificações, a equidistância das curvas de nível, entre outros, também varia de acordo com a escala. Quanto maior a escala, menor a extensão mapeada e maior o número de detalhes representado. A sua essência pode ser representada graficamente como uma figura triangular: quanto mais próximo do vértice inferior esquerdo, maior a escala e o nível de detalhe e menor a extensão visualizada do terreno; e, quanto mais perto do seu topo, menor a escala e o nível de detalhe das representações cartográficas, embora uma área maior torne-se visível (figura 15).

⁷⁷ Extraído da Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR. Decreto nº 89.817, de 20/06/1984. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/cc32.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

Figura 15: Relação entre escala, detalhamento e área mapeada

Diante do exposto, é possível ponderar sobre a relação entre escala e interatividade, em outras palavras, entre distância (longe/perto) e níveis de comunicação (participação). Conforme mencionado, as tabelas 2 e 3 têm em comum as ações de visão geral (*overview*), detalhamento, filtro e extração; que estão associadas às funções de buscas de dados hierárquicas, sequenciais e condicionais da figura 10, e ao aumento do nível de interatividade (exame, comparação, ordenamento, extração e causa/efeito) da figura 11.

Essas ações e níveis também podem ser empregados como atributos das diferentes escalas. As escalas menores, nas quais se observa grande área e poucos detalhes, prestam-se às funções de visão geral e de exame do contexto. A visualização dos mesmos dados em escalas sucessivamente maiores pode viabilizar a comparação, o ordenamento, o filtro, a extração/supressão e colaborar para o estabelecimento de possíveis causas e efeitos dos fenômenos.

Assim, os níveis de detalhe de uma representação podem condicionar as distintas funções de análise. A visualização de dados em uma determinada escala favorece um certo tipo de diagnóstico, característico de um grau de comunicação entre usuário e o sistema (nível de interatividade). A variação da distância entre o observador e o objeto de estudo altera a percepção, a representação e a capacidade de análise e síntese do fenômeno, limitando-as ou propiciando seu enriquecimento.

Essas observações são reforçadas pelos trabalhos de Furnas (1999)⁷⁸, sobre as estruturas de arquivos, e de Spence; Apperley (1999), sobre a navegação em um banco de dados. Esses pesquisadores tratam de dados no meio digital – assunto que será abordado no próximo item – e, embora partindo de pontos distintos, chegaram a conclusões similares sobre a questão foco/contexto ou detalhe/visão geral.

Furnas propôs a metáfora da visão do olho de peixe, que pode ser comparada à lente grande angular de uma câmara fotográfica. O autor sustenta que, além da distância geométrica do objeto estudado, deve-se avaliar também o grau de interesse em determinado aspecto, ou seja, a medida da sua importância (que pode ser resumida em nível de detalhamento geométrico). Um objeto pode ser mais relevante do que outro que está na mesma distância e, por isso, deve possuir detalhamento distinto. O nível de detalhe geométrico envolve, então, o uso de filtros e/ou a redução do tamanho dos objetos.

Spence e Apperley propuseram a metáfora das lentes bifocais. Ao mover o objeto pela divisão das lentes bifocais, a quantidade de detalhes aumenta ou diminui. Os autores utilizam também a expressão escala semântica para caracterizar o acesso às informações representadas em uma estrutura hierárquica (árvore). Ao invés de utilizar o mencionado nível de detalhe geométrico, o usuário pode ampliar os detalhes das informações por intermédio dessa estrutura lógica de dados.

5.3 Escala e o meio digital

A escala, nas cartas impressas, é indicada numérica e graficamente na área externa à representação cartográfica. Além disso, as informações marginais, como a nomenclatura e as referências da legenda, reforçam a sua indicação.

Entretanto, a utilização dos mapas no meio digital agregou novas características ao sentido cartográfico tradicional. A alteração da escala de representação (*zoom*) tornou-se uma função básica e fundamental dos programas. Contudo, esse procedimento pode ser fonte de equívocos aos usuários desatentos,

⁷⁸ O trabalho foi originalmente publicado em 1981, e reimpresso em 1999.

pois a variação do tamanho do objeto na tela do computador (escala de visualização) não altera sua posição geográfica ou o volume de informações representado.

Assim, no meio digital, é fundamental diferenciar a escala em que a carta foi produzida da escala na qual é visualizada. A principal razão é que o usuário precisa conhecer a qualidade da informação que manipula, pois a exatidão dos elementos plani-altimétricos de uma carta não varia com a escala de visualização. Esse aspecto torna-se ainda mais significativo diante da facilidade de reprodução e de transmissão no meio digital, pois é comum que um arquivo obtido não possua referências sobre seu processo de produção⁷⁹.

Isso significa que a ampliação visual da carta não é acompanhada pela melhoria da exatidão dos elementos representados. Por exemplo: mesmo que seja visualizada na escala 1/50.000, uma carta que foi produzida na escala 1/1.000.000 manterá sempre a exatidão planimétrica da escala na qual foi gerada, isto é, noventa por cento dos pontos deverão apresentar erros inferiores a 500 metros (ver tabela 6)⁸⁰. Essa ampliação sucessiva pode ser desaconselhável para alguns tipos de uso. Embora compatível com a escala 1/1.000.000, o erro de até 500 metros é inaceitável para aplicações como projetos de rodovias ou de edificações.

Outro aspecto referente à escala, mas no extremo oposto – o da redução –, também pode ser percebido. A visualização, por exemplo, da hidrografia de uma carta 1/50.000, pode ficar irreconhecível na escala 1/1.000.000, pois o excesso de corpos d'água representados pode transformar uma bacia hidrográfica em uma mancha disforme.

Uma alternativa para evitar os problemas referidos é a utilização de duas ou mais escalas diferentes, isto é, de modelos de dados distintos. Mesmo que o usuário não perceba essa mudança, o sistema pode consultar arquivos diferentes, contendo distintas escalas, quando o comando ampliar/reduzir é acionado.

A figura 16 ilustra, de forma simplificada, a utilização de modelos em duas escalas distintas (múltiplas escalas). A representação gráfica é diferente, por causa do

⁷⁹ Este aspecto realça a necessidade de metadados. É possível estabelecer uma analogia entre os seus campos – histórico do processo de produção, conteúdo, qualidade, etc. – e as informações marginais das cartas topográficas impressas.

⁸⁰ A escala e o PEC são considerados como parâmetros complementares. Uma carta na escala 1/250.000 pode possuir diferentes PEC's, assim como a classe A do PEC pode estar presente em distintas escalas. A primeira variável ressalta a proporção (fator de redução) e a segunda, a posição (fidelidade da localização).

nível de detalhamento, da simbologia e da toponímia, assim como o tipo e o número de informações dos seus atributos (banco de dados).

As diferenças na representação cartográfica, em escalas distintas, de uma mesma região são visualmente perceptíveis. No caso da figura 16, a representação do país foi obtida pela redução do número de segmentos que compõe os limites dos estados. Da mesma forma, a fronteira estadual foi gerada pela agregação dos limites municipais.

Este procedimento é usual para a produção de cartas topográficas em escalas pequenas. A carta 1/1.000.000, por exemplo, é derivada, reduzida ou generalizada de outras escalas (Oliveira, C., 1988). Assim, independentemente do meio de armazenamento e do método de produção, a generalização cartográfica é uma tarefa muito importante para os cartógrafos.

Figura 16: Exemplo de modelos de dados em escalas distintas

Conforme D'Alge; Goodchild (1996), o processo de generalização cartográfica consiste na seleção e na simplificação da forma e da estrutura dos objetos representados, considerando uma hierarquia de importância.

De modo geral, significa que uma mesma entidade pode ser representada de forma mais detalhada, idêntica, ou com características completamente diferentes

quando é visualizada em escalas grande e pequena. Ambas as representações são, do ponto de vista da Cartografia, corretas, mas se diferenciam pelo nível de detalhe e objetivo de cada carta.

O conceito de generalização cartográfica é fundamental para definir a forma e o conteúdo de cada um dos modelos de dados. Deve-se considerar, quando a generalização cartográfica é aplicada aos dados de um SIG, quatro aspectos: a integração, a visualização, a análise e transformação da base de dados (D'Alge; Goodchild, 1996).

Entretanto, deve-se ressaltar que um objeto não se modifica pelo fato de ser visualizado em diferentes escalas e com atributos distintos. Para Merleau-Ponty, cada objeto percebido possui projeções particulares, mas o mesmo conteúdo. Existe uma fragmentação apenas perceptiva do real: “as representações dêle em diversas escalas são diferentes quadros visuais do mesmo em si” (Merleau-Ponty, 1971, p.208).

Por outro lado, a escala – proporção entre as dimensões de um objeto no terreno e no mapa – não pode ser utilizada como resolução espacial, isto é, como unidade de medida das imagens de satélite. A resolução espacial da imagem é definida pelo tamanho do *pixel*, originário do campo de visada instantânea do sensor do satélite (*instantaneous field of view* - IFOV), e representa a menor área no terreno que o sensor é capaz de detectar. O *pixel*, portanto, refere-se ao menor elemento da imagem, e não do objeto ou da sua posição no terreno.

Apesar de não estar diretamente associado à escala de representação, o tamanho do *pixel*, possui, entretanto, uma relação com o objeto de estudo. É necessário avaliar o tamanho e o padrão da sua ocorrência espacial para determinar a resolução adequada da imagem de satélite. Por exemplo: um *pixel* com tamanho de 30x30 metros, que representa 900 m² no terreno, não é indicado para o estudo de espécies arbóreas de ocorrência muito dispersa ou cujas manchas sejam muito pequenas. Mesmo considerando que escala e resolução tenham naturezas distintas, pode-se perceber a sua correlação. Como é possível sobrepô-las, é admissível estabelecer uma relação, mesmo que empírica, entre as duas. Quanto maior o tamanho do *pixel*, ou seja, quanto mais detalhes o sensor conseguir detectar, menor é a área que ele representa no terreno e, portanto, maior deverá ser a correspondência

entre os elementos dessa imagem e da carta topográfica em escala grande⁸¹. A seguir, estes aspectos serão retomados sob a perspectiva do voo.

5.4 O voo e a escala

Os dois aspectos cartográficos cruciais do voo são a variação constante de escala e de perspectiva. Cada mudança significativa de ponto de vista pode representar a visualização de um modelo de dados ou resolução de imagem distintos, ou seja, diferentes estruturas de armazenamento físico e lógico de dados.

Por causa da recorrente variação de escala e da relação intrínseca entre a área mapeada e o nível de detalhe, é necessário delimitar as escalas máxima e mínima de visualização⁸². Os três principais motivos para essa definição (teto e piso), são: o tamanho do objeto observado na tela, a visualização conjunta de vetor e *pixel*, e o volume de informações representado.

Essas escalas limítrofes são necessárias para que sejam evitados problemas decorrentes dos dois extremos da visualização. O usuário não deve perceber a estrutura matricial da imagem (quadriculado), característica das sucessivas ampliações (escala grande), assim como é importante evitar que a área de estudo fique pequena demais na tela do computador (ponto), fato gerado por repetidas reduções (escala pequena).

A visualização conjunta ou sobreposta, por causa das diferenças entre as representações vetorial e *raster*, também requer limites. As ampliações sistemáticas podem causar uma distorção geométrica entre os elementos representados. Quanto maior a escala, menor a possibilidade de correspondência entre o contorno dos objetos. Por exemplo: a representação vetorial de um rio sobrepõe-se perfeitamente à imagem na escala 1/100.000, mas certamente não será correspondente se visualizada na escala 1/5.000. Dependendo da escala, pode ser notado um efeito de duplicação, tal como os “fantasmas” da imagem de uma televisão com problemas de recepção de

⁸¹ Um elevado número de trabalhos vem sendo publicado sobre o potencial das imagens de satélite para a atualização cartográfica, abordando a relação entre escala, tamanho de *pixel* e tipo de sensor (Ex.: satélites *Ikonos*, *Quick Bird*, entre outros).

⁸² Essas decisões são necessárias para estruturar o “cenário” do voo. As escalas foram definidas pelo autor, *a priori*, com o objetivo de conhecer as características do programa e gerar exemplos de voo.

sinuosidades da hidrografia, representadas pelos *pixels* da imagem e pelos vetores do mapa, podem estar próximas, mas não serem coincidentes; possuir as mesmas formas, mas estarem deslocadas uma em relação à outra.

O volume de informações vetoriais também deve ser considerado na construção do ambiente do voo. Conforme mencionada anteriormente, a densidade de informações das cartas topográficas está associada à escala, que por sua vez está ligada ao tamanho da área mapeada (ver figura 15). As escalas mínima e máxima também devem ser estabelecidas por causa da referida fidelidade de posicionamento e da saturação de elementos na tela.

O segundo aspecto de grande relevância no voo virtual é a mudança de ponto de vista, a alteração da perspectiva de observação. Ao contrário da visão ortogonal fixa, característica das cartas topográficas, o voo permite que o usuário observe as representações cartográficas de qualquer ângulo (azimute e inclinação). Por esse enfoque, o voo liberta o usuário da obrigatoriedade tradicional da visada perpendicular, mas cria uma dificuldade de determinação da escala. A constante mudança dos ângulos, das alturas e das distâncias de observação, impede o cálculo da escala de visualização, pois não existe um plano de referência fixa. Por exemplo: duas pistas de pouso, que possuem a mesma extensão, são representadas com o mesmo tamanho – mesmo que distantes – numa carta topográfica, mas apresentam tamanhos distintos se observados numa perspectiva oblíqua (quanto mais perto do observador, maior ela será percebida).

É por essa razão que o voo não indica a escala de visualização. Ele utiliza somente o parâmetro distância, que mostra a altura do observador em relação ao nível do mar (é grafada no canto inferior direito da tela, no programa utilizado).

A tabela 6 foi elaborada para exemplificar a relação entre escala e distância do voo virtual. Para estabelecer essa correspondência, um objeto de dimensões conhecidas, a partir de um ponto de vista ortogonal, foi inserido em uma região plana e mensurado. Se os tamanhos da tela e da área útil do monitor forem idênticos o usuário deve estar a uma distância (altura) de 5 km para visualizar as entidades cartográficas na escala 1/50.000⁸³.

⁸³ Esta relação entre a distância e a escala permite estabelecer uma analogia com as fotografias aéreas. Considerando a fórmula de cálculo da escala de uma fotografia aérea (escala = distância focal / altitude), é possível deduzir que uma suposta distância focal do voo seria igual a 10 centímetros.

Escala aproximada	Distância (km)
1/50.000	5
1/100.000	10
1/250.000	25
1/500.000	50
1/1.000.000	100

Tabela 6: Relação entre as escalas e as distâncias (altitude) do observador

Outra particularidade do voo é a disparidade entre os mecanismos de gerenciamento da visualização. A pirâmide de múltipla resolução equaciona a visualização das imagens *raster*, em distintas escalas (altitudes), mas os dados vetoriais requerem a utilização de múltiplas escalas e/ou a determinação de limites máximo e mínimo de visualização.

A utilização do princípio da pirâmide de múltipla resolução⁸⁴ soluciona a dificuldade de visualização de grandes imagens, pois decompõe o arquivo em uma série de imagens, com resoluções menores. Mais do que agilizar o processamento, este artifício administra a resolução espacial da imagem durante a aproximação e o afastamento do usuário. Mesmo considerando a sua eficácia, é necessário definir a escala máxima de visualização para cada elemento, evitando as degradações geradas pelas sucessivas ampliações/reduções.

O dispositivo de exibição de dados vetoriais, no caso do aplicativo utilizado, não possui a mesma eficiência. Estas representações (pontos, linhas e polígonos), independentemente da sua espessura ou dimensão, tendem a tornar a imagem borrada em escalas pequenas, além de influir negativamente na velocidade de deslocamento do usuário. Assim, a alternativa adotada para minimizar o problema foi diminuir o intervalo vertical de visualização, ou seja, aproximar as escalas mínima e máxima das representações vetoriais.

Como se supõe que essa restrição técnica seja momentânea, pois deve ser resolvida nas próximas versões do programa⁸⁵, é razoável destacar que esses limites⁸⁶

⁸⁴ Ver item 2.3 (Visualização).

⁸⁵ O programa utilizado foi o Arcglobe (módulo que acompanha a versão 9.0 do programa ArcGis).

podem ser utilizados para minimizar os efeitos da ausência de outras escalas (menores ou maiores), mas não substituem o uso de múltiplas escalas.

Considerando essa questão, a extensão territorial da área de estudo – o estado de São Paulo, com 248.209 km² –, a disponibilidade dos dados cartográficos e o tamanho dos arquivos, optou-se pela utilização de uma única escala para as representações vetoriais: a 1/250.000 (hidrografia, rodovias e ferrovias). A resolução escolhida para a imagem de satélite foi de 15 metros (mosaico de 1999/2000). A tabela 7 ilustra a relação entre os temas selecionados, as escalas mínimas e máximas de visualização e o respectivo intervalo (altitude).

Tema	Escala mínima	Escala máxima	Intervalo (km)
Imagem (15 metros)	1/5.000.000	1/10.000	500 e 1
Ferrovias	1/500.000	1/25.000	50 e 2,5
Hidrografia	1/500.000	1/25.000	50 e 2,5
Limite estadual	1 /5.000.000	1/100.000	500 e 10
Limites municipais	1/500.000	1/25.000	50 e 2,5
Rodovias	1/500.000	1/25.000	50 e 2,5
Sedes de municípios	1/1.000.000	1/10.000	100 e 1

Tabela 7: Relação entre os temas, as escalas de visualização e os intervalos

Essas sucessivas mudanças de escala e de ângulo de observação garantem ao voo virtual um grau elevado de interatividade, uma vez que o usuário pode optar por um grande número de alternativas (trajetórias e cenários). Entretanto, como é um instrumento de exploração visual de dados, é necessário considerar que o observador pode não conhecer/reconhecer as representações cartográficas ou as imagens de satélite. Se há a necessidade de aprender a ver (item 1.3 - Representação visual), é importante abordar o significado dessa aprendizagem, particularmente no contexto do voo virtual.

⁸⁶ Essa determinação de intervalos também pode ser considerada como um exemplo do grau de importância, proposto por Furnas (1999). Se sua visualização for relevante, pode estar presente em todas as escalas, ou seja, em qualquer distância do objeto de estudo. Caso seja secundária, pode ficar restrita a uma certa faixa de distância.

6 ENSINO, APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO

A perspectiva histórica do processo de ensino e aprendizagem inicia o capítulo (tópico 6.1). Os aspectos do conhecimento são tratados no item posterior (6.2) e a relação entre o voo e o conhecimento é discutida na parte 6.3.

6.1 Perspectiva histórica

Os debates sobre esse tema são realizados desde longa data, por vários povos e nos mais variados locais da superfície terrestre. Porém, pode-se destacar o fecundo período da Antiguidade Clássica, quando os filósofos gregos, particularmente Sócrates, Platão e Aristóteles, contribuíram não só para o ensino e a aprendizagem, como para outros temas afins, tais como percepção, conhecimento, memória, imaginação, linguagem, inteligência, entre outros.

Platão é o primeiro pensador a distinguir entre dois tipos de associação de idéias (experiências): por contigüidade e por similaridade. Aristóteles ampliou essa proposta, incorporando a associação por contraste. Para o filósofo, as idéias que ocorrem ao mesmo tempo e no mesmo lugar se associam por contigüidade; as idéias semelhantes associam-se por similaridade; e idéias diametralmente opostas associam-se por contraste (Pfromm Netto, 1987).

Ainda segundo o autor, entre os romanos – da mesma forma que na metáfora –, Cícero e Quintiliano são reconhecidos como os responsáveis pelos fundamentos sobre o ensino e a aprendizagem. Cícero enfatizava a importância das aptidões naturais, da necessidade de observação e reflexão e de uma sólida base de cultura geral. Criticava o ensino e a aprendizagem mecânicos e superficiais e a educação precocemente especializada. Quintiliano enaltecia o aprendizado infantil e, dessa forma, sugeria cuidados na seleção de ambientes e de pessoas que cercam as crianças desde seu nascimento, bem como o uso de jogos, e ressaltava as disposições naturais dos alunos.

Na Idade Média, os nomes de maior projeção foram Santo Agostinho e Santo Tomás de Aquino, embora separados por nove séculos. O primeiro, influenciado pela filosofia patrística, preconizava a aprendizagem pela iluminação interior. Para o

segundo, influenciado pela Escolástica, o conhecimento podia ser obtido por princípios interiores (busca individual) e exteriores (ensino e instrução), e também por meio da descoberta, à qual Tomás de Aquino atribuía um papel de destaque.

Durante o Renascimento, ao contrário, o desenvolvimento das potencialidades humanas foi muito mais valorizado do que a preparação espiritual para a vida eterna. Comênio, Hobbes e Locke foram os pensadores, nessa área, de maior relevância no século XVII. Comênio concebeu um sistema escolar para crianças de seis a doze anos – para estimular a inteligência, a imaginação e a memória, em conjunto com os órgãos sensoriais e da fala –, a escola secundária, dos doze aos dezoito anos, e a academia ou ensino superior, para os estudantes de maior capacidade (Pfromm Netto, 1987).

A importância dessa breve recapitulação histórica decorre da atualidade de alguns dos seus aspectos e, simultaneamente, da necessidade de especificar seus usos. Ao longo do texto é possível identificar inúmeras passagens onde os termos ensino, aprendizagem e conhecimento foram mencionados. Para que haja uma compreensão adequada dos seus significados, é importante abordar e discriminar suas utilizações.

O processo educacional está fundamentado nas atividades de ensino e de aprendizagem. De forma muito ampla, ensino pode ser considerado como “fazer com que as pessoas aprendam”, ou ainda a “transmissão de conhecimento” (Kueth, 1974, p.2). Entretanto, o autor ressalta que o termo não deve ser empregado para designar a atividade do professor, pois nem sempre a aprendizagem se efetua, ou seja, considera que “não ensinamos quando a criança não aprendeu”. O papel do professor é de orientar e desenvolver atividades com o estudante, com o objetivo de estimular a sua aprendizagem.

A formulação de uma definição satisfatória de aprendizagem, no entanto, é mais complexa por causa do número de fatores envolvidos. Uma das mais aceitas é a de que a aprendizagem é “o processo pelo qual a conduta se modifica em resultado da experiência”. Entretanto, nem todas as mudanças de conduta são exemplos de aprendizagem. Defini-la a partir da medida do desempenho nem sempre é útil, pois os exames criados para medir a aprendizagem avaliam, na verdade, a interação da aprendizagem com a motivação, com fatores da personalidade, com padrões de

resposta e com a confiabilidade do instrumento de medida empregado. A aprendizagem engloba os conteúdos, as atitudes e as relações interpessoais, envolvendo, direta ou indiretamente, professores, alunos, familiares, recursos didáticos e os hábitos de estudo (Kuethe, 1974).

Mesmo diante da complexidade mencionada, o processo de ensino e de aprendizagem será interpretado, nesta pesquisa, como um conjunto de atividades educacionais relacionadas à construção do conhecimento. No próximo item serão elaboradas considerações sobre o conhecimento.

6.2 Aspectos do conhecimento

A reflexão sobre o conhecimento é muito antiga e está presente nos textos metafísicos dos filósofos gregos Platão e Aristóteles. De acordo com Hessen (1987), a teoria do conhecimento torna-se uma disciplina autônoma somente a partir de 1690, com a obra *An essay concerning human understanding*, de John Locke, quando as questões da origem, essência e certeza do conhecimento humano foram tratadas de forma sistemática. Outros filósofos que muito contribuíram com o tema foram Leibnitz, Berkeley, Hume e, particularmente, Kant, com a obra *Crítica da razão pura*, de 1771.

O conhecimento, numa visão simplificada da abordagem fenomenológica, pode ser considerado como uma relação entre sujeito e objeto. Um conhecimento é tido como verdadeiro se o seu conteúdo concorda com a imagem do objeto designado (Hessen, 1987).

Segundo Silva, F.L. (1985), embora existam tantas teorias do conhecimento quantos os filósofos que se preocuparam com o problema, tal teoria pode ser definida como a investigação sobre as condições do conhecimento verdadeiro⁸⁷. As principais questões relacionadas ao assunto são: as fontes ou pontos de partida do

⁸⁷ De acordo com Chauí (2002), existem quatro principais concepções sobre a verdade: a) teoria da correspondência: a verdade está nas próprias coisas. A idéia é verdadeira quando corresponde ao seu conteúdo. Está associada ao ver-perceber; b) teoria da coerência interna ou lógica: relaciona-se à linguagem, ao falar-dizer, à precisão de criação e uso das regras da linguagem, com a exatidão de um relato do que aconteceu; c) teoria do consenso: refere-se ao acordo ou pacto de confiança, entre os pesquisadores, sobre convenções universais a respeito do conhecimento (crer-confiar); d) teoria pragmática: define o que é verdadeiro por um critério prático e não teórico. Verdadeiro é o que pode ser verificado, experimentado.

conhecimento; o processo de transformação dos dados em juízos ou afirmações; a atividade do sujeito frente ao objeto a ser conhecido e o âmbito do que pode ser conhecido.

O conhecimento, considerado como conjunto de observações, crenças, hipóteses e teorias, é uma abstração feita a partir da atividade investigativa. A observação pode ser considerada como uma forma de investigação, pois o processo de busca de informações que a caracteriza é uma maneira de ampliar os conhecimentos (Dutra, 2000).

Segundo Chauí (1985), conhecer é relacionar, estabelecer um nexo causal, determinar quais as identidades e diferenças entre os seres. Para adquirir, demonstrar ou verificar conhecimentos, é necessário um instrumento racional, denominado de método. Essa palavra originou-se do grego, *methodos*, composto por *meta*: através de, e *hodos*: via, caminho. É o caminho ordenado do pensamento, por meio de um conjunto de regras e procedimentos, para a permitir a descoberta, a verificação e a demonstração de conhecimentos verdadeiros. O método, considerado como a ciência universal da ordem e da medida, pode ser analítico (indutivo), quando o caminho é das partes em direção ao todo, ou sintético (dedutivo), quando se parte do todo para chegar ao particular⁸⁸ (Chauí, 2002).

O conhecimento pode ser considerado como uma representação⁸⁹. Assim, o método nasce para solucionar os problemas originários dessa concepção, isto é, de saber se as idéias representadas correspondem verdadeiramente às coisas representadas. Um bom método caracteriza-se por permitir o conhecimento verdadeiro do maior número de coisas com o menor número de regras (Chauí, 1985).

Para Dutra (2000), conhecimento é um termo associado ao processo de aprendizagem. Entretanto, o aprendizado antecede o conhecimento, o que significa que o conhecimento pode ser considerado como resultante da aprendizagem. Aprender é investigar, ensaiar, explorar um novo caminho, tentar um novo modo de proceder e de resolver um problema.

⁸⁸ Parece possível correlacionar os procedimentos indutivo e dedutivo às mudanças de escala (Ex.: mudança da escala de análise para a do fenômeno).

⁸⁹ Esse aspecto reforça ainda mais a necessidade de aprender a ver, de associar os estímulos visuais que impressionam a retina ao seu significado.

Para o autor, investigar e aprender são dois termos diferentes para descrever o mesmo fenômeno. Nos dois casos, é a mudança de comportamento do aprendiz que está em questão. Ele aprendeu algo quando o seu comportamento foi modificado. No entanto, investigar caracteriza um processo ativo, onde a pessoa age sobre o meio em que está, ao passo que a aprendizagem é um processo passivo, onde o meio age sobre o indivíduo. A teoria do conhecimento é, ao mesmo tempo, uma teoria da aprendizagem e da investigação.

De um outro ponto de vista, a proposta da Epistemologia Genética – de Jean Piaget – renuncia estudar o que é o conhecimento. Suas buscas estão direcionadas para as questões: como os conhecimentos são formados? Como eles aumentam? A sua gênese é ressaltada, isto é, o conhecimento é pesquisado em função da sua construção psicológica, considerando-o como relativo a um certo nível do mecanismo dessa construção (Dolle, 1978).

Conforme Piaget (1973), o conhecimento não resulta nem do sujeito consciente de si próprio e nem dos objetos existentes, ele é consequência de interações que são produzidas por ambos. A figura 17 ilustra, segundo o autor, uma representação da formação dos conhecimentos.

Nessa figura estão representadas seis variedades de aquisição de conhecimento, além da maturação, que é considerada como produto do desenvolvimento hereditário. O autor distingue a aprendizagem no sentido amplo, que significa um processo adaptativo desenvolvendo-se no tempo, em função das respostas dadas pelo sujeito a um conjunto de estímulos anteriores e atuais; e estrito, no qual o conhecimento é adquirido em função da experiência (embora nem toda experiência se constitua em uma aprendizagem). Diferencia também o conhecimento adquirido por meios: mediato, isto é, uma compreensão gradual e que se desenvolve no tempo; e imediatos, como a percepção e a compreensão instantânea (*insight*).

A figura 17 também faz referência aos estágios de desenvolvimento da inteligência. Para o educador suíço, a inteligência, da mesma maneira que a aprendizagem, é uma forma de adaptação. Conforme mencionada anteriormente⁹⁰, a adaptação intelectual é um equilíbrio progressivo entre um mecanismo assimilador e

⁹⁰ Ver item 3.2, sobre os principais usos do termo interatividade.

uma acomodação complementar. O desenvolvimento das estruturas da inteligência está relacionado a quatro principais estágios:

- **Sensório-motor:** é essencialmente baseado nos reflexos neurológicos hereditários, pois as representações, conceitos e linguagem estão ausentes (até os dois anos);
- **Inteligência simbólica ou pré-operatória:** a criança desenvolve a habilidade de substituir um objeto ou acontecimento por uma representação, por um símbolo. Um atributo do seu pensamento é o egocentrismo intelectual (2 a 7-8 anos);
- **Inteligência operatória concreta:** a criança desenvolve as noções de tempo, velocidade, espaço, casualidade, ordem. É capaz de relacionar e abstrair distintos elementos da realidade e desenvolve a noção da reversibilidade, isto é, a capacidade de representar uma ação no sentido inverso de uma anterior (7-8 a 11-12 anos);
- **Inteligência operatória formal:** representa o nível mais elevado de desenvolvimento das estruturas cognitivas da criança, que é capaz de pensar logicamente, formular hipóteses e buscar soluções, não mais dependente apenas da observação da realidade (a partir de 12 anos, com patamar de equilíbrio por volta dos 14-15 anos).

Figura 17: Tipos de formação de conhecimento

Fonte: Piaget; Grêco (1974)

Mais recentemente, Howard Gardner propôs a abordagem das inteligências múltiplas⁹¹, na obra *Estruturas da Mente: a teoria das inteligências múltiplas*, de 1983. Para o autor, a avaliação da cognição humana não deve ser restrita aos instrumentos verbais padronizados e testes com papel e lápis, como o de Q.I. (Quociente de Inteligência). A maioria desses testes ressalta os processos lógicos e lingüísticos para a solução de problemas, mas ignoram os aspectos biológicos, a criatividade e a importância dos símbolos nas atividades humanas.

“O uso de símbolos foi chave na evolução da natureza humana, dando surgimento ao mito, à linguagem, à arte, à ciência; ele foi também central nas mais elevadas conquistas criativas dos seres humanos, todas as quais exploram a faculdade simbólica humana” (Gardner, 1994, p.19-20).

Adotar essa perspectiva simbólica não significa negar a epistemologia do conhecimento proposta por Piaget. Ao contrário, Gardner expande sua aplicação, usando os seus métodos e esquemas gerais não só para os sistemas lingüísticos, lógicos e numéricos, mas também nos sistemas simbólicos que abrangem os aspectos musical, espacial e pessoal. Assim, Gardner (1994) propõe sete tipos de inteligência, que se desenvolvem de forma relativamente autônoma: lingüística, lógico-matemática, espacial, musical, corporal-cinestésica, interpessoal e intrapessoal⁹².

O conhecimento espacial, o tipo mais próximo ao tema desta pesquisa, pode ser útil a um grande número de finalidades científicas, um auxílio ao pensamento, uma forma de captar informações, uma maneira de formular problemas ou como próprio meio para resolvê-los. Consiste na capacidade de manipulação mental de objetos ou formas (Gardner, 1994). Essas funções da inteligência espacial podem ser relacionadas aos distintos “olhares” sobre a relação visual entre símbolos (ver item 1.3), e aos aspectos comuns entre escala e interatividade.

A afirmação de McFarlane Smith, mesmo que polêmica, deve ser levada em consideração, pois reforça o significado que é atribuído – por diferentes autores – à

⁹¹ A idéia das inteligências múltiplas é antiga e foi “revivida” pelo autor, baseada em novas evidências, oriundas do estudo de: prodígios, indivíduos talentosos, pacientes com danos cerebrais, *idiots savants* (idiotas sábios), crianças e adultos normais, especialistas de diversas áreas e indivíduos de diversas culturas.

⁹² De acordo com Oliveira-Castro; Oliveira-Castro (2001), Gardner, em trabalho posterior, incluiu a inteligência naturalística à lista original. Em consequência da sua subdivisão, mais dois tipos foram adicionados aos sete inicialmente propostos: a inteligência espiritual e a inteligência existencial.

inteligência espacial: “é a habilidade para lidar com as questões espaciais que determina até onde o pesquisador progredirá nas ciências” (Smith, 1964, p.236).

Outro aspecto específico e relevante que Gardner aborda é a capacidade de criar metáforas. Para o autor, este processo de forjar conexões e propor analogias se transforma em um desafio na medida em que esta habilidade parece atravessar vários domínios intelectuais, isto é, pode ser associada a uma capacidade de integrar diversas inteligências, distanciando-se da noção de inteligências separadas.

Mesmo considerando a afirmação de Aristóteles, de que a capacidade de criar metáforas é uma marca dos gênios, Gardner não encontra evidências suficientes para denominar uma forma separada de inteligência. O autor acredita que esta valorizada atividade adulta mantém sempre uma “inteligência hospitaleira”, ou seja, ainda que a metáfora se propague por várias áreas do conhecimento, como a poesia, música ou matemática, o ponto de partida é o campo no qual o formulador é profundamente conhecedor:

“os indivíduos que são metaforizadores hábeis desenvolveram esta capacidade em um ou mais domínios, como parte do processo de aprendizagem geral, porém, agora sentem-se suficientemente seguros com esta habilidade de modo que podem aplicá-la nos domínios nos quais eles por acaso estão envolvidos” (Gardner, 1994, p.225).

Por fim, a questão do conhecimento torna-se essencial nessa pesquisa, na medida que é constituinte do processo de ensino e de aprendizagem. A compreensão dos tipos de formação do conhecimento colabora para a delimitação do papel do vôo virtual, que deverá explorar os meios imediatos de aquisição de conhecimento, como a percepção e a compreensão instantânea (*insight*) e os mediatos, bem como estimular aspectos relacionados à inteligência espacial, a partir das correlações entre os elementos da paisagem.

6.3 O vôo e o conhecimento

Mas o que pode ser aprendido durante o vôo? A resposta dessa pergunta depende do nível de conhecimento do indivíduo (iniciante ou experiente). Também se deve avaliar, além da faixa etária – da qual pode ser inferido o nível de

escolaridade do usuário –, o contexto no qual ele é utilizado (Ex.: pesquisa, ensino, etc.) e as limitações para a investigação da superfície visualizada durante o sobrevôo.

De acordo com o exposto no item Representação visual (1.3), é necessário aprender a ver. No caso do vôo, é imprescindível que se conheça alguns elementos de representação cartográfica. Nessa direção, Simielli (1996) propõe a expressão alfabetização cartográfica para tratar das tarefas que envolvem o ensino de Cartografia. Ressalta que o aluno não deve ser um copiador, mas um usuário e, até mesmo, o construtor do mapa.

Durante o processo de alfabetização, a autora preconiza o desenvolvimento gradual das seguintes noções: visão oblíqua e vertical, imagens bi e tridimensionais, alfabeto cartográfico (ponto, linha e área), construção da noção de legenda, proporção e escala. Do ponto de vista do ensino fundamental e médio, sugere a seguinte progressão:

- 1 a 4ª séries: alfabetização cartográfica (ênfase no espaço concreto da criança: a escola, o bairro, etc.);
- 5ª a 8ª séries: alfabetização cartográfica, análise/localização e correlação (explorar as unidades espaciais da cidade, município, estado, etc.);
- 2º grau (ensino médio): análise/localização, correlação e síntese.

Essa divisão foi baseada nas propostas de Rimbert (1964) e Libault (1971)⁹³, e é condizente com as experiências de Piaget e Inhelder, tratadas no próximo capítulo. Para Sylvie Rimbert, a Cartografia constitui-se em um instrumento geográfico que possui três funções ou níveis: analítico, de experimentação e de síntese. André Libault complementa a proposta da geógrafa francesa e sugere quatro estágios:

- nível compilatório: coleta e organização dos dados;
- nível correlatório: relacionamento entre os dados obtidos no primeiro nível;
- nível semântico: busca e estabelecimento dos significados das correlações;
- nível normativo: proposta de um modelo resultante da síntese do trabalho.

A plena utilização do vôo depende, então, de uma série de conteúdos desenvolvidos no período escolar. Assim como o indivíduo que, cego por muitos

⁹³ A essência das propostas dos autores é semelhante à da visualização cartográfica, mas foram publicadas décadas antes da informática ser incorporada à Cartografia.

anos, volta a enxergar, tem enormes dificuldades para associar os estímulos visuais aos significados dos objetos, empregar o voo virtual com usuários que, por alguma razão, não possuem os conceitos da denominada alfabetização cartográfica requer um grande número de cuidados.

Sem esses conteúdos, mesmo que o usuário possa voar, ou seja, controlar o deslocamento com o *mouse* do computador, não será possível compreender e interpretar as entidades representadas e os seus relacionamentos. Nessas circunstâncias, a utilização do voo virtual pode ser dividida em dois estágios: manipulação do deslocamento, na qual é ressaltada a habilidade manual (destreza motora), e a interpretação das representações, na qual o significado dos símbolos é processado.

Deve-se ressaltar, contudo, que o voo virtual pode ser empregado para desenvolver a alfabetização cartográfica. Tomadas às devidas precauções, acredita-se que o voo pode ser utilizado para ilustrar as diferenças entre a visão oblíqua e vertical, elucidar as imagens bi e tridimensionais, explicar os conceitos de representação pontual, linear e zonal; e explicar as noções de legenda, proporção e escala. Nesse sentido, o voo pode ser usado no processo de construção dos conceitos que ele próprio exige para sua integral utilização.

Uma outra noção fundamental para o uso do voo é a de plano de informação (PI) e dos seus sinônimos: camada ou *layer*. Conforme mencionado em nota anterior, é um nível de informação da representação gráfica. No formato digital, os dados de uma determinada espécie são acondicionados em níveis separados para que possam ser visualizados em conjunto ou isoladamente, tal como transparências sobre uma mesa de luz⁹⁴.

Cada tipo de tema da superfície terrestre deve ser armazenado em um plano de informação (PI) distinto, para permitir que o usuário escolha a sua composição. Além de facilitar a busca dos seus atributos, esta opção também leva em conta o fato de que uma representação muito saturada de informações pode dificultar a sua interpretação. Esta postura é condizente com um dos princípios de excelência

⁹⁴ O artifício da mesa de luz é muito antigo e, assim como no meio digital, tem a função de facilitar as atividades analíticas. Como o *layer* está associado à decomposição e ao armazenamento de níveis de informação, é razoável supor características comuns entre PI, escala e níveis de interatividade.

gráfica: “oferecer ao observador o maior número de idéias no menor tempo, com a menor quantidade de traços e no menor espaço” (Tufte, 1983, p.51).

Embora o usuário possa habilitar ou desabilitar a visualização de cada PI, a mudança da sua ordem deve ser realizada sob critérios. Isso é necessário por causa da natureza dos formatos de representação *raster* e vetorial, já que um tipo pode encobrir o outro. Existe uma hierarquia que deve ser respeitada para permitir a visualização de todas as formas: no plano superior, os pontos, seguidos de linhas e polígonos e, por último, a imagem *raster*. A composição, isto é, o número e o arranjo dos planos de informações visíveis poderão ser modificados pelo usuário, conforme suas necessidades ou curiosidades.

A exploração visual pode ser concretizada por intermédio de diferentes tipos de representação das formas da superfície terrestre, pelo dinamismo do vôo e pelo alto grau de interatividade entre o usuário e o sistema. A compreensão das representações cartográficas é facilitada pela visualização, alternada ou simultânea, dos planos de informação de baixo e alto níveis de abstração, que pode ser interpretada como pensamento visual, e pela consulta aos atributos de cada plano de informação (PI). A idéia principal é estimular as correlações entre os temas cartográficos representados e a compreensão de padrões e de relacionamentos.

Por outro lado, há inúmeras restrições sobre o que pode ser investigado, embora, do alto, exista uma grande facilidade de deslocamento e uma visão privilegiada. Parte dessas limitações decorre do fato da interação ocorrer sobre uma representação da superfície terrestre e da constatação de que há um percentual considerável de usuários com dificuldade de compreensão das abstrações contidas nos mapas e nas imagens de satélite. O próximo capítulo investigará, entre outros aspectos, as limitações das representações espaciais.

7 O ESPAÇO DO VÔO

Dada a magnitude do tema, o tópico que inicia o capítulo é denominado de delimitação (7.1). Os itens posteriores são: considerações sobre o espaço (7.2), a construção da noção de espaço na criança (7.3), e, por último, aborda-se a relação entre o usuário, o vôo e o espaço (7.4).

7.1 Delimitação

A tarefa de discutir os conceitos de espaço é complexa e ampla, não só por que as questões que envolvem o tema são debatidas desde os filósofos gregos, mas por conta dos seus distintos significados para cada uma das áreas do conhecimento, como a Matemática, a Filosofia, a Geografia, a Física e a Psicologia, entre outras; e também por causa das transformações do conceito, ao longo do tempo, em cada um desses campos.

A amplitude da abordagem filosófica ratifica essa extensão. Para Abbagnano (2000), a noção de espaço pode ser discutida sob três perspectivas:

- a) a natureza do espaço: que envolve o problema da sua exterioridade ou daquilo que torna possível a relação extrínseca entre os objetos. As duas principais teorias abordam o espaço como a qualidade posicional dos objetos materiais no mundo e como continente de todos os objetos materiais;
- b) a realidade do espaço: pode ser estudada do ponto de vista físico ou teológico, da subjetividade – iniciada por Hobbes –, e pela tese de que o espaço é indiferente ao problema da realidade ou irrealidade (amadurecida após a descoberta de geometrias não euclidianas);
- c) a estrutura métrica do espaço: associada à geometria⁹⁵.

Considerando o âmbito do vôo virtual, optou-se por restringir a abordagem e tratar, na pesquisa, somente dois aspectos complementares: a noção de espaço do ponto de vista da sua estrutura métrica, por causa da sua relação intrínseca com a Cartografia, e da gênese desse conceito no ser humano, isto é, da construção da

⁹⁵ Para Abbagnano (2000), geometria é considerada, genericamente, como a ciência que estuda as estruturas métricas dos conjuntos.

noção de espaço nas crianças, por causa da necessidade de compreensão das relações espaciais projetivas e euclidianas.

7.2 Considerações sobre o espaço

A filosofia grega, mais uma vez, é referência para o início da discussão do tema. Para Platão, o espaço era considerado como um recipiente de tudo o que existe e, para Aristóteles, era o lugar no qual os objetos se localizam. Enquanto a noção de Platão era mais geométrica, a de Aristóteles era mais topológica (Benedikt, 1992).

Aristóteles, na sua obra intitulada *Física*, desenvolve o conceito de lugar, que caracteriza o limite imóvel que abrange um corpo, em oposição ao de tempo. O filósofo diferencia lugar de coisa. O vazio não existe, não há espaço se não houver um objeto material.

Na Idade Média, o elemento religioso foi incorporado à visão aristotélica, que até então predominava. O espaço, caracterizado pela aparente infinitude, imaterialidade e imanência, tornou-se a luz, o espírito, uma manifestação divina. No século XVII, Descartes resgatou a visão mecânica do espaço. A extensão se transformou em um atributo do que é físico, da matéria. Ao invés de definir o espaço como ele é, evidenciou o que ele faz: é o que permite o movimento mecânico. Da mesma forma que Aristóteles, negava a existência do espaço vazio (Benedikt, 1992).

A existência do espaço independente dos objetos contrapôs as posturas de Leibniz e Newton. O primeiro considerava o espaço como algo puramente relativo, como uma ordem das coexistências e, para Newton, o espaço era puro vácuo, um absoluto e imóvel *plenum* de nada além do que posições, pontos, contínuo e vazio em todas as direções (Benedikt, 1992).

Segundo Martin (1993), Kant se destacou ao propor uma solução original para a polêmica entre Leibniz e Newton, ao postular que é necessário distinguir uma noção inata de outra empírica para tratar o espaço e o tempo. Sustenta que o espaço não é um conceito nem uma percepção, mas uma intuição *a priori*.

Nas ciências humanas, a noção de espaço é muito segmentada. Para Bettanini (1982), embora o termo possua uma reconhecida polissemia, somente a Geografia parece se aproximar de uma reflexão epistemológica.

Para o geógrafo Milton Santos, o espaço constitui uma realidade objetiva, um produto social em permanente processo de transformação. Para estudar o espaço é necessário compreender os elementos fundamentais da sua produção: forma, função, estrutura e processo. A forma é o aspecto visível, o arranjo ordenado, o padrão de ocorrência de um objeto. A função é a atividade, a ação, a tarefa desempenhada por uma forma, pessoa, instituição ou objeto. A estrutura é o modo de organização, a inter-relação das partes de um todo. Processo é a ação, na maioria das vezes contínua, visando um resultado qualquer (Santos, M. 1985).

O mesmo autor, em 1996, aprimora seu conceito de espaço, afirmando que o espaço geográfico é um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações.

“Sistemas de objetos e sistemas de ações interagem. De um lado, os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, o sistema de ações leva à criação de objetos novos ou se realiza sobre objetos preexistentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma” (Santos, M. 1996, p.52).

Entretanto, Câmara *et al.* (2003) afirmam que, no contexto de um SIG, a relevância dessas definições de espaço é mais conceitual do que prática. A justificativa para esse fato é de que existem limitações para a representação de informações nos sistemas computacionais.

“Na atual geração de SIG, podemos caracterizar adequadamente a forma de organização do espaço, mas não a função de cada um dos seus componentes; podemos ainda estabelecer qual a estrutura do espaço, ao modelar a distribuição geográfica das variáveis em estudo, mas não capturarmos, em toda a sua plenitude, a natureza dinâmica dos processos de constante transformação da natureza, em consequência das ações do homem” (Câmara *et al.*, 2003, p.89-90).

Ainda segundo os autores, os sistemas disponíveis estão orientados por uma lógica cartográfica do espaço, que nem sempre é adequada à compreensão das dimensões envolvidas nas definições de espaço.

Embora o conceito de espaço seja essencial para a Geografia e para a Cartografia⁹⁶, as limitações de representação espacial reduzem-no às relações geométricas e topológicas entre os fenômenos. Independentemente do conceito de espaço adotado, as limitações dos atuais meios de representação impedem a cartografia dos seus complexos e interdependentes aspectos, principalmente se o considerarmos como um produto social em permanente processo de transformação⁹⁷.

Em decorrência, a representação de dados, no vôo virtual, ficará restrita à codificação digital de dados da superfície terrestre, ou seja, à representação geométrica dos objetos. Somente as entidades que possuem alguma forma de expressão espacial, capaz de manifestar sua localização, podem ser associadas a um sistema de coordenadas. No que se refere à dimensão temporal, também é necessário realçar que esses dados caracterizam as circunstâncias específicas de um instante definido do passado (ver observação no item 1.4). A representação é estática, pois está associada a um momento pretérito, mas sua visualização é dinâmica, uma vez que é possível variar sua escala e ângulos de observação⁹⁸.

Converter dados para a forma visual é uma estratégia que permite que o homem utilize e amplie suas habilidades de percepção e manipulação. “Os três eixos do espaço são as mais efetivas dimensões para codificar dados” (Card *et al.*, 1999, p.57). Essa representação dos dados sobre os eixos ortogonais (X, Y e Z) pode ser considerada como um poderoso instrumento para visualizar informações mas, assim como os estímulos visuais precisam ser associados aos respectivos significados pela experiência, há limites – principalmente etários – para sua utilização. O próximo item discorre sobre a construção das noções espaciais na criança.

⁹⁶ Essa é uma das características que integra as duas áreas. Conforme nota anterior, a separação institucional da Geografia e da Cartografia é relativamente recente (final da década de 1950).

⁹⁷ Câmara *et al.* (2003) ressaltam que o uso de Ontologias nos SIGs é muito útil, mas não elimina os problemas técnicos de representação do conhecimento. Seus paradigmas não modelam adequadamente a dimensão temporal e os relacionamentos dinâmicos (dependentes do contexto entre objetos).

⁹⁸ No vôo virtual, só é possível deslocar-se na dimensão espacial. A percepção da evolução temporal pode ser obtida pela alternância da data das representações ou pela sobreposição de dados de épocas distintas. Ex: imagem de satélite de 1990 e rodovias de 2000.

7.3 A construção da noção de espaço na criança

De acordo com as pesquisas de Piaget; Inhelder (1993), a construção das relações espaciais ocorre, progressivamente, do espaço perceptivo ou sensório-motor para o espaço representativo, para o espaço projetivo e, finalmente, para o espaço euclidiano⁹⁹.

As relações espaciais da criança são estabelecidas a partir do seu nascimento e, na fase inicial, estão ligadas aos mecanismos de percepção e de motricidade. A noção de espaço perceptivo se desenvolve intensamente até o surgimento simultâneo da linguagem e da representação figurada (função simbólica). O início da construção do espaço representativo coincide com o da elaboração de imagens. Nessa fase, a criança é orientada por percepções táteis, mas busca formar uma imagem visual ou gráfica das circunstâncias que vivencia.

Durante as duas primeiras fases são desenvolvidas as relações espaciais topológicas elementares. Essas relações, por ordem de ocorrência, são: de vizinhança, na qual os objetos percebidos se encontram próximos ou contíguos; de separação, que gradualmente introduz a noção de delimitação e fronteira; de ordem, que implica na idéia de sucessão, de antes e depois; de envolvimento, na qual os objetos – antes isolados – se inter-relacionam (um objeto pode estar entre outros dois); e de continuidade, que caracteriza os objetos como integrantes de um todo, fazendo parte de um mesmo contínuo.

O pensamento intuitivo da criança, entre 4 e 7 anos, para Piaget, está vinculado à aparência dos fenômenos ou à sua percepção. A criança, que inicialmente utiliza o seu corpo como referência espacial, paulatinamente percebe a relação entre os objetos e a possibilidade de vê-los de diferentes pontos de vista. Este fato configura-se como uma importante transformação e permite que a criança seja inserida em um novo estágio, o das relações espaciais projetivas.

“Esse processo é chamado de *descentralização* e consiste na passagem do egocentrismo infantil para um enfoque mais objetivo da realidade, através da construção de estruturas de conservação que permitem à criança ter um pensamento mais reversível. Isso ocorre

⁹⁹ Essa questão é fundamental para determinar a idade mínima que o usuário deve possuir para compreender as representações do voo virtual.

porque ela começa a considerar outros elementos para a localização espacial e não apenas sua percepção ou intuição sobre os fenômenos” (Almeida; Passini, 1994).

Conforme Hannoun (1977), a extensão do conceito de espaço vai aumentando gradativamente no processo de descentralização. A figura 18 ilustra os principais elementos dessa evolução, denominados de lateralidade, profundidade e anterioridade.

Figura 18: Esquema do processo de descentralização

Fonte: Hannoun (1977)

De acordo com o autor, a descentralização evolui da análise do espaço ocupado pela criança para a do espaço do objeto exterior; da análise do posicionamento dos objetos em relação à criança para a da posição dos objetos em relação uns aos outros; e da análise da posição dos objetos em relação à criança para a do movimento dos objetos em relação a um ponto de referência distinto.

Uma das atividades que Piaget; Inhelder (1993) utilizaram para estudar a capacidade de compreensão das perspectivas, pelas crianças, envolvia uma maquete com três montanhas (figura 19). Uma boneca era colocada em diversas posições (A,

B, C e D) e as crianças eram questionadas sobre o que ela poderia ver a partir desses diferentes pontos de vista da maquete.

Figura 19: As três montanhas (visões ortogonal e oblíqua)

Fonte: Piaget; Inhelder (1993)

O problema associado ao modelo das três montanhas não se caracteriza como uma questão topológica de vizinhança ou de separação; sendo assim, as respostas não podem ser obtidas pela percepção da criança. Ela só tem acesso às relações espaciais projetivas mediante um ato de inteligência, que permite realizar a conexão entre

todos os pontos de vista possíveis, isto é, de imaginar-se na posição dos objetos e, posteriormente, colocar-se mentalmente nestas mesmas posições (Oliveira, L., 1978).

O estabelecimento das relações espaciais euclidianas é simultâneo e interdependente das relações projetivas. O reconhecimento das relações euclidianas pressupõe a noção de um sistema de coordenadas, que posiciona um objeto em relação aos outros.

Uma das experiências de Piaget; Inhelder (1993) para verificar a presença das relações euclidianas nas crianças é a maquete do mapa da aldeia (figura 20). Nesse esquema topográfico, as figuras A e B, separadas por um anteparo, são idênticas, mas rotacionadas em 180° (contém um rio, uma estrada, um caminho, uma colina, duas casas e três árvores isoladas). As crianças foram solicitadas a posicionar uma boneca na figura B, nos mesmos lugares em que o experimentador situou a sua boneca no modelo A. No segundo momento, pediu-se para que as crianças desenhassem a aldeia, de um determinado ponto de vista e em escala reduzida.

Figura 20: Mapa da aldeia (visões ortogonal e oblíqua)

Fonte: Piaget; Inhelder (1993)

Do ponto de vista do voo virtual, estas duas experiências são muito importantes, pois indicam o limite mínimo de idade dos usuários. As crianças de 5 a 8 anos distinguem o que está à sua direita e sua esquerda (lateralidade), mas não identificam a anterioridade (à frente e à trás). É somente por volta dos 10 anos que a criança é capaz de coordenar o seu próprio ponto de vista com os de outros possíveis observadores, podendo responder com êxito às questões sobre as três montanhas. Nas atividades relacionadas ao mapa da aldeia, contudo, o melhor desempenho foi de crianças entre 12 e 13 anos.

Fica clara, assim, a relação entre os referidos estágios da construção das relações espaciais e os conteúdos da citada alfabetização cartográfica (desenvolvimento gradual das noções: visão oblíqua e vertical, imagens bi e tridimensionais, alfabeto cartográfico – ponto, linha e área –, as noções de legenda, proporção e escala).

Mesmo considerando as diferenças entre o contexto do trabalho de Piaget; Inhelder (1993) e do cotidiano escolar brasileiro¹⁰⁰, o rigor e a profundidade de suas pesquisas sobre a formação da noção de espaço nas crianças é fundamental para orientar a utilização do voo virtual. Dessa forma, acredita-se que a idade mínima¹⁰¹ para a sua utilização é de 14 anos, que também coincide com o estabelecimento das capacidades inerentes à Inteligência Operatória Formal¹⁰².

7.4 O usuário, o voo e o espaço

Após especificar a abordagem do aspecto geométrico do espaço e a idade mínima para o uso do voo virtual, é fundamental identificar três elementos que se correlacionam: os tipos de usuários, as formas de voo e a área de estudo.

Assim, é necessário supor a utilização do voo virtual por dois tipos de indivíduos: iniciantes e experientes, e de dois pontos de vista: primeiro, da

¹⁰⁰ Uma possibilidade de continuação da pesquisa é verificar, empiricamente, se as afirmações de Piaget; Inhelder (1993) aplicam-se à geração atual de alunos brasileiros.

¹⁰¹ A idade máxima para utilização do voo virtual não foi abordada. Esse limite pode ser determinado, caso a caso, dependendo da habilidade motora e da capacidade de raciocínio do usuário.

¹⁰² Quando o voo for utilizado por usuários com idade muito inferior a 14 anos, haverá uma sub-utilização das suas potencialidades. Ficará restrito ao desenvolvimento da habilidade motora de condução do voo, pois não há possibilidade de compreensão das entidades representadas e dos seus relacionamentos.

navegação, que se manifesta pela habilidade de deslocamento, e, segundo, da compreensão dos entes representados, isto é, da familiaridade com a linguagem simbólica dos mapas.

O sistema deve contemplar os usuários iniciantes, introduzindo, passo a passo, os mecanismos para a navegação, mas permitindo também atalhos para os usuários experientes, conforme recomenda Shneiderman (1998). Supõe-se que esses usuários, iniciantes ou experientes, possuam algum nível de alfabetização cartográfica. Também é importante que sejam aptos para operar o *mouse* e o teclado do computador.

Esses dois principais tipos de usuários podem interagir de, pelo menos, três diferentes formas, com o programa: voo livre, monitorado e misto (ver tabela 8). O voo livre é indicado para o usuário experiente e que sabe como manusear os comandos de voo e interpretar as informações contidas nos PIs. O voo monitorado, indicado para os iniciantes, é caracterizado pela evolução gradual de uso dos comandos e do significado das representações, ou seja, é uma instrução orientada que utiliza determinado número de funções do voo e explora seus significados. O voo misto, por sua vez, resulta da união dos dois tipos anteriores, sendo indicado para os iniciantes mais hábeis ou para os experientes que desejam realizar uma tarefa específica.

Esses usuários iniciantes e experientes, interagindo de forma monitorada, mista ou livre, podem entrar em contato com representações cartográficas bi e tridimensionais de determinados temas da superfície do estado de São Paulo (ver menção no tópico 5.4). Esta opção¹⁰³ foi tomada considerando a existência de dados, a capacidade do sistema de manipular grandes volumes de informação, a diversidade de altitudes do relevo (de 0 a 2797 metros) e de tipos de usos do solo (como os diferentes tipos de vegetação, pastagens, culturas anuais, áreas urbanas, etc.).

A rede de drenagem, cedida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), foi produzida em 1998. A rede viária, cedida pelo Departamento de Estradas de

¹⁰³ É importante reforçar que essas decisões devem ser tomadas durante a etapa de especificação do voo, antes do usuário manipulá-lo. Nesse caso, o objetivo foi conhecer as características do programa e produzir exemplos de voo para subsidiar a pesquisa.

Rodagem (DER), foi gerada em 1999 (recebe atualizações constantes, segundo o órgão)¹⁰⁴.

Tipos de Usuário	Tipos de Vôo	Comandos do vôo	Conceitos cartográficos
Iniciante	Monitorado	Deslocamento (voar e andar; escolher: orientação, velocidade, distância)	Visão oblíqua e vertical; imagens bi e tridimensionais
		Composição e simbologia (habilitar os planos de informação e modificar sua simbologia)	Alfabeto cartográfico (ponto linha e área). Construção das noções de legenda, proporção e escala
	Experiente	Misto	Busca de atributos (selecionar o deslocamento conforme as características de cada uma das representações)
Interpretação (interpretar as cores, formas, etc, das imagens e vetores, a partir do uso de roteiros)			Todos
Animação (usar procedimentos para o registro dos deslocamentos)			Todos
Livre		Todos (sem restrições)	Todos

Tabela 8: Tipos de usuários, de vôo, de comandos e conceitos cartográficos

O mosaico de imagens do satélite Landsat ETM+ 7, cedido pela Agência Espacial Americana (NASA)¹⁰⁵, foi produzido a partir de imagens obtidas entre 1999 e 2000 (bandas 7, 4 e 2, *pixel* de 30 metros, reamostrado para 15 m). As divisões municipais e estadual e as sedes de municípios, produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), correspondem à situação do ano de 2001 (645 municípios). O MDE foi gerado, em 2000, pelo projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), desenvolvido pelo *Jet Propulsion Laboratory* da NASA¹⁰⁶.

No próximo capítulo, Modelagem de dados, os procedimentos para a estruturação e representação conceitual desses dados espaciais serão discutidos.

¹⁰⁴ Uma determinação do governo paulista facilitou o intercâmbio de informações e bases de dados entre as instituições estaduais.

¹⁰⁵ Disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> Acesso em: 21 fev. 2005.

¹⁰⁶ Disponível em: <http://seamless.usgs.gov/> Acesso em: 21 fev. 2005.

Também será representada, graficamente, a relação entre os temas do voo: hidrografia, rede viária, o mosaico de imagens de satélite, os limites municipais e estadual, as sedes de municípios e o modelo digital de elevação.

8 MODELAGEM DE DADOS

A relevância deste item decorre da utilização de um Sistema de Informações Geográficas, que está diretamente ligado ao conceito de banco de dados, para implementar o voo virtual. O capítulo trata de aspectos gerais sobre a modelagem de dados (item 8.1), do modelo conceitual do protótipo do voo (8.2) e da modelagem de dados em um SIG (8.3).

8.1 Aspectos da modelagem de dados

De acordo com Rodrigues; Almeida (1994), os modelos são representações que simplificam a realidade e tornam possível o seu estudo e a sua manipulação. São representações úteis para um determinado propósito, que generalizam e simplificam aspectos complexos do mundo real¹⁰⁷ (figura 21).

A expressão modelo de dados é utilizada para denominar a descrição da estrutura de um banco de dados. Pode ser definida como uma coleção de ferramentas conceituais para a descrição dos dados e dos seus relacionamentos, das suas restrições e da sua semântica. Consiste, basicamente, na organização formal, notação gráfica, definição do vocabulário e dos conceitos de todos os aspectos relevantes do problema estudado (Korth; Silberschatz, 1995).

Figura 21: Modelo como um meio de simplificação/generalização do mundo real

Fonte: Fortes (1998)

¹⁰⁷ Duas observações são oportunas: 1) o conceito de representação assume a forma de modelo; 2) a relação direta entre representação e escala, ou seja, entre modelo e generalização cartográfica.

O modelo de dados é uma ferramenta útil no projeto de um banco de dados, pois possibilita a aquisição do conhecimento sobre o assunto tratado (figura 22). É o elemento que estabelece a comunicação entre todas as equipes envolvidas no projeto e pode ser considerado como a atividade mais importante do ciclo de desenvolvimento de um sistema (Fortes, 1998)¹⁰⁸.

Em um sistema, o conjunto de dados é chamado de banco de dados¹⁰⁹ e os programas para acessar esses dados são denominados de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD (Korth; Silberschatz, 1995).

Figura 22: Representação da modelagem de dados

Fonte: Fortes (1998)

De acordo com Tsichritzis; Klug (1978) um banco de dados (BD) pode ser descrito por três níveis básicos de abstração: o externo, que descreve a visão que cada usuário possui do BD; o conceitual, que mostra quais são os seus dados e relacionamentos; e o interno, que ilustra como os dados estão fisicamente armazenados¹¹⁰ (figura 23).

O modelo de dados, no referido nível de abstração conceitual, possui duas partes: o próprio modelo de dados conceitual – que não depende de *software*, *hardware* e do formato dos dados (vetorial ou *raster*); e o modelo de dados lógico,

¹⁰⁸ Nota-se que as representações, neste caso, os modelos, cumprem a função de comunicação em inúmeras áreas do conhecimento.

¹⁰⁹ De acordo com Date (1986), o termo “dado” pode ser usado para se referir aos valores fisicamente registrados no banco de dados e o vocábulo “informação” para denominar o significado desses valores para algum usuário.

¹¹⁰ Esses níveis de abstração podem ser representados hierarquicamente e serem associados ao conceito de escala, particularmente à idéia do *zoom* semântico.

que corresponde à evolução do nível conceitual para o nível físico, o de implementação do sistema.

Os assuntos referentes aos modelos conceitual e lógico estão abordados nos Anexos, pois não foram considerados imprescindíveis à compreensão da tese.

Figura 23: Níveis de abstração do banco de dados

Fonte: Tsichritzis; Klug (1978)

8.2 Modelo conceitual do protótipo

O modelo conceitual é uma forma de representação gráfica das informações envolvidas no projeto¹¹¹. A modelagem Entidade-Relacionamento (E-R) foi utilizada considerando os objetos bidimensionais, pois o processo de busca por atributos (SQL ou linguagem de consulta estruturada) e a ordenação do banco de dados são independentes da visualização tridimensional. A figura 24 mostra a representação gráfica do modelo de dados utilizado no projeto piloto (tratado no capítulo 9).

¹¹¹ Ver mais informações no Anexo IV - Modelo conceitual de dados.

Figura 24: Modelo de dados

8.3 Modelagem de dados em um SIG

A eficiente utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)¹¹² depende da utilização de um modelo e de uma estrutura de dados apropriados. Contudo, existem algumas particularidades, no tratamento das informações espaciais¹¹³, que não foram previstas, inicialmente, no modelo de dados Entidade-Relacionamento.

A representação de dados geográficos pode significar um problema de grande magnitude por causa dos seus distintos níveis de detalhe e da amplitude das inter-relações entre os seus três componentes fundamentais: a posição ou o local, o tempo

¹¹² Para Burrough (1986), SIG é um poderoso conjunto de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais geo-referenciados.

¹¹³ Embora alguns autores diferenciem os termos “informação espacial” de “informação geográfica” pela magnitude da sua aplicação, eles serão considerados sinônimos nesse trabalho. O adjetivo “geográfico” refere-se à superfície terrestre ou às suas proximidades, e o adjetivo “espacial” refere-se ao espaço no sentido amplo, não somente o da superfície terrestre.

e os atributos (Longley *et al.*, 2001). Os autores justificam a afirmação citando a existência de distintos sistemas de coordenadas, as planas, as polares e as locais, referenciados a diferentes origens (Ex.: *datum* Córrego Alegre, *South American Datum* – SAD-69, *World Geodetic System* – WGS-84) para materializar a posição de um determinado ponto.

Como existe uma enorme variação de velocidade dos fenômenos que se manifestam na superfície terrestre, também existem muitas unidades para representar a sua ocorrência temporal, como: horas, dias, meses, anos, décadas, séculos. A modificação do nível do mar e alguns processos erosivos, por exemplo, ocorrem na escala de centenas ou milhares de anos.

Da mesma forma, também é ampla a variedade de tipos de atributos da informação geográfica. Alguns se modificam rápida ou lentamente, são oriundos de processos distintos, como os físicos ou humanos. Os tipos mais comuns são classificados em: nominais, ordinais, intervalares, relacionais e cíclicos (Longley *et al.*, 2001).

Considerando que um modelo de dados é uma representação seletiva do mundo real, onde a realidade é restrita pela natureza finita e discreta (não contínua) dos recursos computacionais¹¹⁴, Longley *et al.* (2001) destacam, além da referida importância do nível de detalhe da representação geográfica, a relevância da escolha entre os dois esquemas conceituais: os objetos discretos e os campos, descritos a seguir:

- o esquema dos objetos discretos representa o mundo como uma superfície ocupada por entidades identificáveis, que possuem atributos específicos. Exemplo: Mapa dos focos de incêndio de uma floresta;
- o esquema dos campos representa o mundo real como uma superfície contínua, na qual os fenômenos variam segundo diferentes distribuições. Exemplo: mapa temático de uso do solo de um município.

As representações gráficas utilizadas para a modelagem de dados do projeto piloto do voo virtual (ver capítulo 9) estão sintetizadas na tabela 9.

¹¹⁴ Sob a perspectiva da representação seletiva, o modelo de dados possui características semelhantes à representação virtual.

Planos de informação	Classe	Representação gráfica
Ferrovias	Objeto	Linha
Imagem de satélite ETM+ 7	Campo	<i>Pixel</i>
Limite estadual	Objeto	Polígono
Limites municipais	Objeto	Polígono
MDE	Campo	<i>Pixel</i>
Represas	Objeto	Polígono
Rios	Objeto	Linha
Rodovias	Objeto	Linha
Sedes de municípios	Objeto	Ponto

Tabela 9: Planos de informação e formas de representação

Após compreender e representar conceitual e graficamente as entidades e relacionamentos que estarão presentes no voo virtual, a próxima atividade será abordar o *software* utilizado para implementá-lo. O capítulo sobre o Protótipo do voo virtual contempla as características do programa, exemplos de voo e considerações sobre a análise das características da sua interface.

9 PROTÓTIPO DO VÔO VIRTUAL

Antes de iniciar o capítulo, é importante ressaltar que o programa utilizado para ilustrar o vôo virtual (ArcGlobe) será, agora, enfatizado¹¹⁵. Mesmo que o trabalho não se limite ao *software* adotado, ele é muito importante para ilustrar as possibilidades de uso e verificar as necessidades de dados.

Uma questão terminológica igualmente relevante é a de que o termo protótipo é utilizado para definir os testes realizados e pode ser considerado como sinônimo da expressão projeto-piloto. Nesse contexto, o vocábulo aplicativo é empregado para designar o *software* que possibilita o vôo, isto é, o arquivo executável que, sob um sistema operacional, não depende de outros programas para funcionar.

O último aspecto a ser destacado é de que parte das especificações do protótipo foi definida nos capítulos sobre Escala (5) e Espaço (7), na medida em que os temas foram abordados.

No primeiro item do capítulo (9.1), o *software* utilizado é descrito, no tópico 9.2, suas funções são mencionadas. O item 9.3 contém os exemplos do vôo e o 9.4 contempla os parâmetros de análise da interface do programa.

9.1 A escolha do *Software*

No período inicial de concepção do projeto de tese (setembro/2002), o único programa disponível para efetuar um vôo virtual era o *Terra Vision* (ver mais detalhes no item 2.3 - Visualização). Os benefícios da sua utilização eram consideráveis, pois além de ser gratuito e de código aberto (*open source*), sua utilização viabilizaria o acesso pela Internet¹¹⁶. Um grande número de horas foi gasto na tentativa de operação desse programa mas, embora previsto, não foi possível oferecer o acesso pela *Web*. Os motivos que levaram ao abandono do seu uso foram: o intercâmbio de informações entre os usuários não se concretizou, a interface era

¹¹⁵ Conforme mencionado na Introdução, o vôo virtual foi associado, na maioria do texto, a um grupo de programas genéricos.

¹¹⁶ Além de ampliar o número de usuários do vôo virtual, a importância de utilização da Internet decorre do potencial das tecnologias desenvolvidas. O ambiente de programação *Active Server Pages* (ASP), por exemplo, propicia a geração de páginas dinâmicas, interativas e de alto desempenho.

muito modesta e o desenvolvimento do *software* foi interrompido (a última atualização ocorreu em novembro de 2002).

A segunda opção de programa para viabilizar o voo virtual era o ArcGis, produzido pela Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI). Este popular Sistema de Informações Geográficas oferecia uma alternativa para realizar as mudanças constantes de pontos de vista e altitude, por intermédio do módulo ArcScene. Esta ferramenta garantia a realização parcial das tarefas necessárias ao projeto, sua interface era considerada – comparativamente ao *Terra Vision* – boa, mas não permitia o acesso pela Internet. Após a realização de alguns testes, notou-se que o programa ficava instável ao gerenciar imagens de satélite grandes (> 300 Mbytes). A notícia de que a versão 9 do *software* ArcGis incorporaria uma nova ferramenta, o ArcGlobe, mais apropriada ao trabalho, resultou no encerramento das tentativas de uso do ArcScene.

Com o lançamento da versão 9, em junho de 2004, as experiências com o programa foram retomadas. De acordo com a ESRI, o módulo ArcGlobe permite que o usuário visualize seus dados em um globo tridimensional, ou seja, que manipule qualquer informação geográfica tratando-a como um *layer* geo-referenciado sobre a superfície terrestre do planeta (ver figura 25). É possível movimentar a exibição, pesquisar e analisar dados em escala global, ampliar uma área específica sem perder a alta definição da imagem¹¹⁷, além de possibilitar a visualização dos símbolos cartográficos 3D, em tempo real (durante o voo).

Embora o ArcGlobe também não ofereça o acesso ao seu conteúdo pela Internet, esta restrição deve ser solucionada em um prazo curto, pois a empresa desenvolve programas para a consulta de dados geográficos pela *Web* (ver ilustração da arquitetura do programa na figura 26).

¹¹⁷ De forma semelhante ao do programa GEOVRML, uma técnica de indexação gerencia, simultaneamente, as várias resoluções.

Figura 25: Representação da superfície terrestre (Estado de São Paulo realçado)

Figura 26: Arquitetura do programa Arcgis 9

9.2 Comandos e funções

Os principais comandos e funções do voo foram agrupados em: deslocamento, visualização, operações, seleção e configurações. O conjunto deslocamento pode ser considerado como a única inovação do programa, já que os outros grupos são característicos da maioria dos SIGs (visualização, operações, seleção e configuração). Os ícones do menu e alguns controles de parâmetros estão reproduzidos abaixo:

Deslocamento

Navegar: permite fixar ou variar o ângulo de visualização;

Voar: faculta o deslocamento em direção e altitude;

Andar: possibilita o deslocamento em direção. A altitude fica constante, mas pode ser alterada com as setas do teclado.

Visualização

Aproximar: amplia a escala da imagem;

Afastar: reduz a escala da imagem;

Visualizar toda a área: restaura a visualização da área inteira;

Centro do alvo: centraliza o ponto selecionado;

Visualizar o alvo: centraliza e amplia a área selecionada;

Mover: desloca a imagem;

Transparência: diminui a intensidade das cores de um *layer*.

Operações

Medir: fornece a distância, em quilômetros, entre os pontos medidos;

Identificar: mostra os atributos do item selecionado;

Buscar: permite a consulta simples dos atributos;

Animação: registra o deslocamento do usuário. As duas opções são: interpolação de fotografias ou gravação do vôo;

Ligação externa (*hyperlink*): permite o acesso a uma informação externa, como um endereço da Internet.

Seleção

Esta opção deve se acionada pelo menu superior. Permite selecionar feições: por atributos (Ex.: mostre cidades com população menor do que 50.000 habitantes) e por localização (Ex.: selecione todos os rios que fazem intersecção com a rodovia Washington Luís), além de criar áreas de influência (*buffer*) ao redor das entidades representadas (Ex.: crie uma figura de 3 km ao redor da ferrovia Santos-Jundiaí).

Configuração

Estas opções são acionadas pelo menu lateral esquerdo. Os itens mais importantes são:

- Controle de *layer* (ligado/desligado);
- Controle de símbolos e de cores;
- Distância mínima e máxima de visualização (escala);
- Exagero vertical do MDE;
- Sobreposição do *layer* sobre o MDE;
- Deslocamento vertical ou *Offset* (altura do símbolo ou feição acima do MDE);
- marcador de página ou *bookmark* (permite armazenar o ângulo de visada do observador);

- ajustes da visualização (*view settings*): insere uma “bússola digital”, que indica o norte geográfico, e um painel com coordenadas do observador e do alvo (ponto observado).

9.3 Exemplos de voo

Foram criados nove exemplos para ilustrar o potencial do voo virtual. Como não é possível imprimí-los, foram inseridos em um disco (CD), que está encartado na última página da tese. Os arquivos são do tipo *Windows Media Video* (WMV) e devem ser visualizados com o *software Windows Media Player*. Esses exemplos de voo mostram:

- Diferentes formas de referências de navegação: rio, relevo e rodovia;
- Dois tipos de mapas temáticos: com o uso predominante de cor e dos símbolos;
- Uso de referências espaciais mistas: hidrografia, relevo e rede viária.

Mesmo gerando exemplos curtos e com baixa resolução, o tamanho dos arquivos ficou maior do que o esperado (entre 1 e 12 Mbytes). Outra particularidade é a de que alguns símbolos tridimensionais desaparecem da tela durante a aproximação do terreno (exemplo 6). Como o fato não se repete durante o voo, acredita-se que seja uma limitação do mecanismo de exportação. Este dispositivo requer aperfeiçoamento, pois é incapaz de ajustar a velocidade de navegação e a capacidade de regeneração dos símbolos.

As nove seqüências criadas para ilustrar o potencial do voo virtual são:

- Hidrografia: ressalta o uso da rede de drenagem como referência para o voo. No exemplo 1, uma parcela do rio Tietê, a partir de Barra Bonita, é percorrida. No exemplo 2, o rio São Pedro do Turvo orienta o deslocamento até a sua confluência com o rio Paranapanema. O exemplo 3 ilustra a relação entre hidrografia/relevo e a visualização controlada pela altitude de voo (escala). As represas do estado estão sobrepostas ao MDE e os cursos d’água se tornam visíveis somente a partir da altitude de 5 km (aprox. 1/50.000);
- Relevo: destaca o uso da topografia como referência de orientação. O exemplo 4 tem início em Ilhabela e segue pela linha de costa próxima à base da escarpa;

- Rodovia: realça a linearidade da rede viária como guia para o deslocamento. O exemplo 5 percorre uma parcela da rodovia Anhanguera, a partir da cidade de Campinas;
- Composição temática (2 e 3D): percorre a parte sudeste do estado de São Paulo. No exemplo 6, a população dos municípios é agrupada em classes e representada por cores (quanto mais escuro maior a população) e o símbolo tridimensional (pirâmide) representa a área do município;
- População: sobrevoa a porção sudeste do estado de São Paulo. No exemplo 7, a superfície foi gerada a partir da taxa média de variação populacional dos municípios entre 1991 e 2000. A barra verde indica a população total, os círculos vermelhos, a população feminina, e os azuis, a masculina;
- Referências mistas: a navegação é realizada com o apoio das três referências espaciais (hidrografia, relevo e rodovia). No exemplo 8, o vôo acontece entre as cidades de Santos e de São Paulo, terminando sobre a cidade universitária (USP). No exemplo 9, parte do trecho paulistano do Vale do Paraíba é percorrida.

Figura 30: Exemplo 4

Figura 31: Exemplo 5

Figura 32: Exemplo 6

9.4 A interface do voo

A avaliação informal das características da interface do voo virtual foi realizada a partir do critério de usabilidade¹¹⁸. Como o objetivo do trabalho não é analisar o programa ArcGlobe, sua interface não foi testada com um grupo selecionado de usuários ou submetida a um exame formal de parâmetros. Mesmo que esse juízo de valor possa ser insuficiente para os especialistas em interface, sua importância reside na compilação dos principais quesitos para a sua avaliação, pois fornece subsídios para dimensionar a metodologia do voo virtual (tratada no próximo capítulo).

De acordo com Nielsen (1993), o termo usabilidade pode ser considerado como uma evolução da inadequada expressão “uso amigável” de um sistema. Essa afirmação é sustentada por duas razões: 1) o usuário não necessita, realmente, de uma máquina amiga, mas de um equipamento que efetue adequadamente suas tarefas; 2) os usuários possuem diferentes necessidades e, dessa forma, um sistema que é amigável para um usuário pode não ser para outro. Além disso, relata o surgimento de inúmeras siglas para denominar o campo dos profissionais ligados à interface: Interação Homem/Computador (IHC), Projeto Centrado no Usuário (PCU), Interface Homem/Máquina (IHM), Interface Operador/Máquina (IOM), Projeto de Interface do Usuário (PIU).

Por esses motivos, Nielsen (1993) menciona sua preferência pelo emprego do termo usabilidade. Numa perspectiva ampla, pode ser interpretado como uma medida da aceitabilidade de um sistema pelos seus usuários. O autor menciona ainda que a usabilidade possui múltiplos componentes, mas está associada a cinco principais atributos:

- Facilidade de aprendizagem: deve ser fácil de manipular, de forma que o usuário possa rapidamente começar a utilizá-lo;
- Eficiência: deve permitir eficácia no seu uso, proporcionando uma produtividade elevada. Está, portanto, relacionada aos usuários experientes, que possuem determinado tempo e desenvoltura na sua utilização;

¹¹⁸ Para Dias, C. (2003) é um neologismo oriundo do termo inglês *usability*, mas amplamente difundido e aceito pela comunidade computacional.

- Facilidade de memorização: sua utilização deve ser fácil de lembrar. Um usuário esporádico, após um período de inatividade, deve poder usá-lo sem ter que aprendê-lo novamente;
- Taxa de erros: deve permitir que os eventuais erros, ocorridos durante o uso do sistema, sejam reversíveis;
- Satisfação: deve ser agradável ao usuário. Um sistema que desagrada ao usuário pode afetar o desempenho do operador.

Ainda segundo o autor, a facilidade de aprendizagem é o quesito mais importante da usabilidade. Está diretamente relacionada ao tempo e ao custo do treinamento necessário para o usuário utilizar o sistema. O grande desafio dos profissionais que trabalham com o desenvolvimento de sistemas é equilibrar a facilidade de aprendizagem e a sua eficiência.

A figura 36 mostra duas curvas de aprendizado de um sistema hipotético¹¹⁹. A linha contínua representa o sistema que é direcionado para um usuário iniciante: é fácil e rápido de aprender, mas não é muito eficiente na utilização sistemática. A linha tracejada ilustra um sistema que é mais complicado (demorado) de aprender, entretanto mais eficiente para os usuários experientes.

Figura 36: Curva de aprendizado do sistema hipotético

Fonte: Nielsen (1993)

¹¹⁹ Essas curvas de aprendizado não devem ser utilizadas para caracterizar as circunstâncias nas quais haja conhecimento prévio sobre o assunto ou ocorra a transferência de habilidades de outros sistemas.

Outro aspecto importante da usabilidade é o nível de experiência do usuário. Conforme ilustra a figura 37, é possível identificar três diferentes tipos de experiências do operador: com o computador, com o sistema e com a tarefa específica.

Figura 37: Três tipos de experiência dos usuários

Fonte: Nielsen (1993)

A figura 37 destaca, no eixo horizontal, o nível de experiência do usuário com o computador. Sua determinação é fundamental para o projeto de interfaces, pois os experientes possuem muito mais desenvoltura de manipulação e suas expectativas são mais próximas das possibilidades do sistema.

Também é importante considerar que o uso do sistema (eixo diagonal) transforma a categoria do usuário: de iniciante para experiente. Em decorrência, a interface deve ser projetada prevendo a evolução entre os dois extremos. De acordo com Rocha; Baranauskas (2003), as interfaces que são boas para novatos, com frequência, também são para os especialistas.

O último eixo da figura, o vertical, destaca a relevância do conhecimento específico em determinada tarefa. Quando a interface é desenvolvida para especialistas, é possível incluir comandos que exigem maior responsabilidade do

usuário, pois podem modificar parâmetros, procedimentos e até mesmo a base de dados. Esse aumento de experiência também acarreta o aumento da complexidade terminológica, no uso de siglas e abreviaturas que certamente não são apreensíveis aos iniciantes ou profissionais de outras especialidades.

Os cinco principais atributos da usabilidade, propostos por Nielsen (1993), foram avaliados, informalmente, pelo autor dessa pesquisa. Os dados resultantes da análise da interface estão resumidos a seguir:

- Facilidade de aprendizagem: considerada mediana. É difícil controlar o voo livre (direção e altitude), mas o deslocamento com altitude fixa (andar) mostrou-se bastante simples. O controle de velocidade de voo no *mouse* (botão esquerdo aumenta e botão direito diminui) foi rapidamente apreendido;
- Eficiência: nesse item foram analisadas as duas principais características do voo (manipulação do deslocamento e exploração dos dados). Após algumas tentativas, foi possível voar sem qualquer tipo de auxílio. Entretanto, a consulta aos atributos das representações e as funções de registro do voo foram assimiladas após um considerável número de tentativas;
- Facilidade de memorização: as funções básicas são de fácil memorização. Contudo, existem comandos que, por causa do número de parâmetros, são difíceis de memorizar;
- Taxa de erros: foi o item que obteve pior avaliação. O voo transcorre muito bem quando são visualizadas imagens do formato *raster*. Entretanto, quando se adicionam símbolos vetoriais ao voo, qualquer operação subsequente torna-se um pouco mais lenta. Esse fator é muito aumentado quando são acrescentados os símbolos tridimensionais. Em decorrência, houve uma grande queda do desempenho. As diversas solicitações ao programa, nestas circunstâncias, culminaram com a mensagem de erro: “o programa não está respondendo. Finalizar programa”. O programa foi re-iniciado e o voo prosseguiu, mas restrito às imagens *raster*¹²⁰;

¹²⁰ É possível atribuir parte do problema à capacidade de processamento da máquina. Entretanto, como a configuração do equipamento utilizado está acima do mínimo exigido pela empresa que criou o programa, há evidências de que essas especificações tenham sido sub-dimensionadas.

- Satisfação: o programa recebeu a mais alta nota neste item. O impacto inicial é muito positivo e as perspectivas de utilização são promissoras. A possibilidade de condução do vôo impressiona e torna o seu uso agradável.

O uso sistemático do sistema e a interpretação dos resultados dessa avaliação informal de usabilidade, possibilitaram a sugestão de alternativas para facilitar o vôo dos usuários iniciantes. Os artifícios que podem ser incluídos na interface são:

- Piloto automático: é um mecanismo alternativo para fixar os parâmetros de vôo. O usuário observa as representações com mais atenção se não precisar conduzir o vôo durante todo o trajeto. Então, é importante permitir a escolha da direção, da altitude e da velocidade de vôo, via teclado. Assim, o vôo poderia ser conduzido pelo mouse ou pelos parâmetros inseridos nessa tela de navegação;
- Mecanismo simples de definição de rotas: é uma alternativa para planejar o deslocamento. Seria interessante que os usuários menos especializados conseguissem definir a rota com base em coordenadas, oriundas de um GPS, consultas ao banco de dados (SQL) ou seguindo elementos lineares interconectados¹²¹;
- Inserção de legenda: para facilitar a orientação espacial do usuário, deve ser possível adicionar rótulos ou textos sobre a superfície ou associá-los aos *layers*.

¹²¹ O sistema permite seguir linhas (Ex.: estradas ou rios). Contudo, o usuário deve marcar todos os segmentos que o sistema percorrerá. Como as linhas costumam ser segmentadas em cada intersecção (Ex.: um rio é segmentado entre os seus afluentes), essa tarefa pode tornar-se muito trabalhosa e lenta. Para sobrevoar o rio Tietê, por exemplo, pode ser necessário selecionar, dependendo da escala, centenas de segmentos.

10 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE VÔO

Este capítulo é dividido em dois tópicos. No primeiro, três abordagens metodológicas para especificar o vôo, ou seja, formas de correlacionar os distintos tipos de usuários e os respectivos objetivos de vôo são propostas (10.1). No segundo, as estratégias para voar são exploradas (10.2).

10.1 Metodologia para implementação do vôo

Considerando que o vôo virtual possibilita inúmeras abordagens e usos, é necessário utilizar uma metodologia para compor os seus principais elementos e orientar o desenvolvimento de aplicações.

A proposta de metodologia para a elaboração do vôo virtual está relacionada ao índice da tese, cuja estrutura está sintetizada na tabela 10. Nessa primeira abordagem metodológica, a coluna *índice* representa os capítulos da tese, a coluna *função* indica os aspectos mais importantes de cada capítulo e a coluna *características* especifica seus principais elementos. Seguindo esse roteiro sequencial e considerando os itens mencionados, acredita-se que é possível especificar um vôo adequado às necessidades do usuário.

De acordo com a tabela 10, entende-se que o vôo virtual tem as mesmas funções da Cartografia, e pode ser empregado nas atividades amplas e interdependentes de ensino e de pesquisa. Nota-se também que esses dois objetivos estão ligados às características das duas vertentes cartográficas (ver figuras 3, 4 e 7), a comunicação e a visualização.

A comunicação cartográfica, conforme mencionado no item 2.3, caracteriza-se mais pela apresentação de dados para o público, com baixa interatividade, aspectos típicos das atividades de ensino. A visualização cartográfica está mais próxima das atividades de pesquisa, pois é baseada na exploração de dados, na busca de padrões e relacionamentos, em um domínio particular, com alta interatividade.

Índice	Função	Características
Cartografia	Objetivo do vôo	Ensino: comunicação, apresentação, público, baixa interatividade Pesquisa: visualização, exploração, privado, alta interatividade
Interatividade	Nível de participação	exame, comparação, extração / supressão, ordenamento e relação de causa/efeito
Metáfora	Analogia, comparação	Ligação entre o real e o abstrato, entre o conhecimento novo e o antigo
Escala	O que se vê	Detalhe/visão geral
Ensino	Conceitos mínimos	Noções: visão oblíqua, vertical, imagens 2 e 3d, ponto, linha e polígono, legenda, proporção, escala
Espaço	Idade x geometria	Idade mínima para compreensão dos símbolos e das representações da área de estudo
Modelagem de dados	Descrição das estruturas	Representação gráfica do modelo de dados
<i>Software</i>	Usabilidade	Tipos de usuário e de experiência

Tabela 10: Metodologia de implementação do vôo

A discussão do capítulo sobre interatividade indica o nível de participação do usuário no vôo virtual. Esse grau de interação deve estar adequado, em volume e proporções, aos objetivos e, segundo a figura 11, costuma proporcionar as seguintes ações: exame, comparação, extração/supressão, ordenamento e o estabelecimento da relação de causa/efeito.

O aspecto mais importante que deve ser extraído do item sobre a metáfora é o seu potencial para a aproximação dos extremos: o abstrato e o real, o conhecimento antigo e o novo, as estruturas conhecidas e as desconhecidas. Permite estabelecer comparações e analogias, ponderar sobre as diferenças e as semelhanças a respeito do objeto de estudo. A metáfora pode ser empregada para relacionar os objetivos e o grau de participação do usuário no vôo virtual.

A escala, abordada no capítulo 5, preocupa-se, essencialmente, com o que o usuário vê. O controle do nível de detalhamento (detalhe/visão geral), associado às metáforas das lentes grande angular e bifocal, depende diretamente do objetivo do vôo e do perfil do usuário.

Os elementos que se destacam no capítulo sobre ensino, aprendizagem e conhecimento são os conceitos da alfabetização cartográfica. Para usufruir

plenamente do vôo virtual, o usuário necessita noções de: visão oblíqua e vertical, imagens 2 e 3D, símbolos (pontos, linhas e polígonos), legenda, proporção, escala.

Do capítulo sobre o espaço, é importante resgatar a idade mínima dos usuários para a compreensão das relações euclidianas e projetivas (geometria) inerentes ao vôo e as limitações de representação de entidades e fenômenos da área de estudo. Esse tipo de representação geométrica restringe-se aos elementos que são espacialmente localizáveis em um sistema de coordenadas.

A modelagem de dados indica a estrutura das representações do vôo. Assim como uma radiografia permite ver a estrutura óssea, a modelagem demonstra graficamente as entidades, os atributos e os respectivos relacionamentos visualizados no vôo virtual.

O último capítulo incluído na tabela, sobre o *software*, revela as particularidades do mecanismo do vôo e, principalmente, os aspectos da sua usabilidade: os tipos de usuários e a sua experiência prévia.

Entretanto, uma segunda abordagem sobre os procedimentos para especificar o vôo foi concebida. Ao invés de uma tabela que expressa os conteúdos, propõe-se o uso de uma representação que revele a seqüência de trabalho. Os dados tabulares (tabela 10) foram convertidos para uma forma hierárquica (árvore), que resultou em um fluxograma de atividades (figura 38). Com essa transformação, é plausível supor que sua ordem tenha sido seja alterada, mesmo que os itens permaneçam idênticos. A lógica de encadeamento do texto da tese é distinta da construção do sistema. Neste caso, o texto realçou a argumentação e a conexão conceitual do processo, enquanto o ordenamento das atividades está mais ligado ao funcionamento do sistema, à implementação do vôo virtual.

Na figura 38, após a definição do objetivo, foram inseridos todos os aspectos relacionados ao usuário e à área de estudo. As principais questões que devem ser compreendidas durante a etapa de implementação são: O usuário conhece o alfabeto cartográfico? Qual é a sua idade? Conhece as características da área? É experiente ou iniciante? Qual tipo de experiência possui com computadores, com o sistema ou com a tarefa?

Só a partir disso é que as questões sobre o nível de participação e a escala de representação foram incluídas, pois dependem da integração de elementos do

objetivo, do perfil do usuário e da área de estudo. Após essas definições já é possível pensar em metáforas sobre a aplicação – embora elas possam surgir em qualquer etapa do processo –, modelar os dados e implementar o voo.

Figura 38: Fluxograma de atividades para implementação do voo virtual

Porém, constatou-se que as abordagens sobre os conteúdos e a sequência de trabalho deveriam ser suplementadas e a implementação do voo virtual poderia ser vista de outro ângulo. Em uma analogia com a gastronomia, pode-se dizer que a receita está correta, contém os ingredientes e o modo de preparo, mas não explora a versatilidade do prato e seus possíveis acompanhamentos.

A idéia inicial era utilizar o fluxograma para fornecer exemplos de utilização do voo virtual com as duas principais finalidades: ensino (apresentação) e pesquisa (exploração) e as funções características de cada uma delas. Entretanto, notou-se a interdependência entre os objetivos e as funções. Um sistema pode permitir a apresentação e a exploração de dados e, simultaneamente, incluir os diversos comandos associados à mudança de escala e aos diversos níveis de participação.

Por essa razão, decidiu-se elaborar uma terceira abordagem¹²², capaz de contemplar os elementos citados (apresentação/exploração). Ao invés de diferenciar os objetivos e isolar as funções, optou-se por uma estrutura tabular com níveis progressivos de dificuldade, conforme mostra a tabela 11.

O conteúdo da tabela 11 pode ser considerado como o resultado da inversão de linhas e colunas da tabela 10. A coluna 1 (índice da tabela 10) transformou-se no cabeçalho (primeira linha) da tabela 11. A seqüência horizontal de capítulos da tese foi convertida em uma progressão vertical, na qual a sucessão de níveis representa aumento de complexidade. A decisão pelo número de níveis (seis) foi tomada a partir da qualidade e quantidade dos quesitos analisados, e está apoiada na ordenação das informações visuais, sugerida por Shneiderman (1998): visão geral; aproximação e afastamento; filtro e detalhamento, conforme requisição do usuário (ver item 3.4).

As funções previstas para o primeiro e mais baixo nível são as mais simples, de menor interatividade e exigem conhecimento cartográfico prévio mínimo e pouca experiência em informática do usuário. No nível 6, o mais elevado, considera-se o usuário capaz de manipular eficazmente o voo, compreender plenamente as representações e explorar o sistema utilizando os recursos mais sofisticados (voar e manipular o SIG).

A concepção que dá suporte a esse procedimento foi extraída de Tukey (1977), que trata da análise exploratória de dados estatísticos. Para o autor, o problema básico de qualquer conjunto de dados é torná-lo mais simples e efetivamente manuseável pelo cérebro. Qualquer atitude que simplifique a compreensão do conjunto de dados, torna-o mais facilmente manipulável. Além disso, qualquer procedimento que possibilite visualizar níveis além do plano

¹²² Essas três abordagens são complementares. A primeira realça os conteúdos, a segunda a ordem das atividades e a terceira a progressão dos níveis de dificuldade.

observado torna a interpretação dos dados mais efetiva. A proposta deverá seguir esses dois preceitos básicos:

- Simplificar as informações;
- Descrever um nível inferior (camada mais profunda), sempre que possível.

No primeiro e mais baixo nível da tabela 11, o objetivo é denominado como ensino e visa a comunicação e a apresentação de aspectos locais e do seu contexto (entorno). Permite o mais baixo nível de interatividade, o exame, e transcorre em uma altitude fixa (visão geral). O deslocamento, que é considerado como produto da associação entre interatividade e escala, é previamente definido (orientado). Exige alguns conhecimentos da denominada alfabetização cartográfica e é previsto para ser efetivamente utilizado a partir dos 14 anos¹²³. Considera-se que o usuário é iniciante na lida com o computador, mas que é capaz de compreender as funções associadas ao transporte aéreo.

O segundo nível acrescenta complexidade ao primeiro e, por essa razão, exige maior experiência do usuário. As principais diferenças são: permite a comparação, obtida basicamente pela possibilidade de inclusão de um plano de informação (PI) vetorial sobre a imagem. Acrescenta mais uma altitude (fixa), que permite visualizar os componentes com maior detalhe. O deslocamento permanece orientado, mas com uma amplitude de visualização maior. O usuário passa a controlar a velocidade do voo. Inclui os conceitos de legenda e proporção, e supõe que o usuário possui 14 ou mais anos. O usuário deve ter experiência com o computador, mas pode não conhecer o sistema ou as tarefas, e deve estar apto para interpretar as imagens tridimensionais.

O terceiro nível é o último da categoria ensino. Em relação aos anteriores, incorpora: a extração/supressão, obtida basicamente pela livre composição dos PI's, a visualização da escala entre limites máximo e mínimo previamente determinados. O deslocamento passa a ser considerado misto (meio termo entre orientado e livre). Requer que o usuário conheça todos os conceitos cartográficos e idade igual ou superior a 14 anos. Considera que possua habilidade com o sistema, mas não com as tarefas específicas do voo, e compreenda as repercussões da variação de escala.

¹²³ A idéia inicial era estabelecer uma progressão de faixas etárias, mas foi abandonada pois não se obteve parâmetros para embasar essa segmentação.

No quarto nível, o objetivo da pesquisa é adicionado ao do ensino. Além da comunicação e da apresentação, o usuário pode utilizar o sistema para a visualização cartográfica, no sentido da exploração de dados. A capacidade de ordenamento é acrescentada (modificação da ordem dos Planos de Informações) e a variação da escala de visualização é livre. Em decorrência, o tipo de deslocamento passa a ser autônomo. Requer o conhecimento dos conceitos cartográficos e idade igual ou superior a 14 anos. Exige experiência com o sistema e com o computador, e a capacidade de realçar as feições cartográficas.

Ao quinto nível são somados os seguintes elementos: capacidade de estabelecer uma relação de causa/efeito, a possibilidade de delimitação de escalas mínimas e máximas para os diferentes PI's, e a capacidade de registro visual dos deslocamentos. Permanece solicitando o conhecimento dos requisitos cartográficos, idade igual ou superior a 14 anos, mas supõe que o usuário seja experiente com as tarefas, sistema e computador.

No sexto e último nível, o de maior complexidade, a diferença básica é a possibilidade de determinação de trajetos com base em critérios espaciais e de consulta aos atributos do banco de dados (SQL).

10.2 Estratégias de vôo

Após especificar a metodologia para construir uma aplicação do vôo virtual, constatou-se a relevância de sistematizar os procedimentos necessários para integrar as atividades de manipulação do deslocamento e de interpretação das representações. Para ampliar e direcionar as funcionalidades do vôo virtual, sugere-se a progressiva adoção de cinco tipos de estratégias: localização espacial, composição temática (2 e 3D), interpretação, enquadramento e roteiro¹²⁴, discutidas a seguir.

10.2.1 Localização espacial

A dificuldade de localização durante o vôo é elevada. Mesmo os usuários que conhecem as referências espaciais mais comuns de uma região, como rios, represas,

¹²⁴ Utilizou-se o mesmo critério da tabela 11: progressão gradual dos níveis de dificuldade.

estradas e as variações do relevo, podem sentir-se desorientados após um período de voo.

No programa utilizado, essa circunstância é ainda mais agravada pela impossibilidade de introduzir legendas ao voo. Contudo, a simples inserção dos topônimos (nomes de municípios, rios, estradas, etc.) não resolve o problema. É necessário um mecanismo para gerenciar quesitos como: a prioridade, o tamanho, o ângulo, a rotação, a altitude e a distância desses rótulos. Caso contrário, a quantidade de legendas pode sobrepor aspectos cartográficos importantes e, dependendo do ângulo de observação, o usuário visualizará um emaranhado de textos, uma “nuvem de letras flutuantes”, de difícil leitura e interpretação¹²⁵.

Uma das estratégias para minimizar os problemas relativos ao conhecimento espacial consiste na utilização gradual dos seguintes elementos: a localização, as referências espaciais, os meios de deslocamento e as formas de busca espacial.

A localização absoluta pode ser implementada no segundo nível da tabela 11. No programa utilizado, a latitude e a longitude podem ser obtidas com o posicionamento do cursor sobre a área útil da tela. O valor dos ângulos horizontais e verticais, as posições do observador e do alvo podem ser obtidas pela inserção da tela auxiliar de navegação (*view settings*). A distância do observador (altitude), está inserida no canto inferior direito da tela. Também é possível localizar-se com o auxílio da bússola (canto superior esquerdo).

As referências espaciais podem ser exploradas no terceiro nível. Devem ressaltar a localização relativa, isto é, a proximidade, adjacência, continência ou conectividade de pontos de fácil identificação, como cidades, municípios, rios ou represas, estradas, picos e vales do terreno. Pode-se recorrer a um roteiro de interpretação de imagens de satélite, se necessário (ver Anexo III - Roteiro para a interpretação de imagens de satélite).

Ainda no terceiro, mas também no quarto níveis, devem ser exploradas as formas de deslocamento disponíveis no sistema. Considerando uma hierarquia de níveis de dificuldade, em primeiro lugar, indica-se a utilização dos comandos de

¹²⁵ Essa necessidade de rótulos para melhorar a localização espacial durante o voo pode ser comparada à relação entre o texto e a foto, mencionada por Barthes (1990). A palavra e a imagem têm uma função de complementaridade. Nesse caso, a legenda pode fixar e identificar os elementos da imagem de satélite.

visualização (aproximar, afastar, visualizar toda a área, centralizar alvo, centralizar e ampliar alvo e mover a tela). Em seguida, os comandos de navegar (que muda o ângulo de visualização), andar (deslocamento com altitude constante) e, por último, voar, que permite maior grau de liberdade de movimento e exige maior habilidade.

No sexto e último nível as formas de busca espacial são implementadas. Deve ser possível selecionar o posicionamento do observador com base nas características dos atributos representados. No programa utilizado, essa função é realizada em duas partes. Na primeira, o usuário faz a busca (Ex.: selecionar CIDADES = ‘São Pedro do Turvo’) e, na segunda, solicita a visualização ampliada da área que contém o resultado.

10.2.2 Composição temática (2 e 3d)

Como o usuário pode interagir com os atributos dos planos de informação, é necessário que essa atividade também seja escalonada. As possibilidades de alteração de cor, tamanho, forma do símbolo, tipo de linha, espessura, cor do preenchimento do polígono, a geração de mapas temáticos, a utilização de figuras tridimensionais e a sua conciliação com as bidimensionais devem ser graduais.

As funções de mudança dos atributos dos PI's (variáveis visuais) podem ser permitidas a partir do terceiro nível. A geração de mapas temáticos deve ser condicionada ao quarto nível. A partir de variáveis numéricas, o usuário pode produzir mapas com figuras geométricas proporcionais, cores, densidade de pontos e gráficos (barra e circular). Deve-se observar as mencionadas relações fundamentais entre os objetos – de diversidade, de ordem e de proporcionalidade – para expressar corretamente as informações¹²⁶.

A junção de elementos bi e tridimensionais só deve ser implementada no quinto nível. É desaconselhável sobrepor muitos tipos de representações temáticas. O uso de diversas formas geométricas tridimensionais, em altitudes distintas, também pode sobrecarregar a tela e dificultar sua interpretação. Como existem diferenças numéricas muito grandes entre os dados dos municípios (Ex.: população dos municípios de Holambra e de São Paulo), a representação proporcional de símbolos é

¹²⁶ Ver mais informações sobre o assunto em Bertin (1967) e Martinelli (2003).

sempre problemática. Se o símbolo escolhido for muito pequeno, a representação do menor valor numérico, da tabela de atributos, pode não ser visualizada. Caso seu tamanho seja muito aumentado, o símbolo correspondente à representação de maior valor pode ficar tão grande a ponto de encobrir os símbolos dos vizinhos (ver exemplo 06). Sempre que possível, é recomendada a utilização de índices, taxas ou percentuais para indicar esses valores de forma alternativa.

A criação de superfícies 3D exige o nível de conhecimento específico mais elevado (sexto). É possível criar superfícies de qualquer variável numérica georeferenciada (ver exemplo 7), como por exemplo, o percentual de crescimento populacional, número de leitos hospitalares por habitante ou número de crianças inscritas no primeiro grau. Contudo, são necessários conhecimentos mínimos sobre os métodos de interpolação. O *software* utiliza diferentes algoritmos para efetuar a interpolação desses dados numéricos, que podem ser expressos tanto por pontos, quanto por linhas (isovalor). Se a diferença entre os valores mínimo e máximo, isto é, o desnível, for muito pequeno, é possível alterar o exagero vertical da superfície para ampliar as variações da superfície. Os valores do MDE costumam ser representados por níveis de cinza, sendo que a cor branca indica o valor mais alto e, a preta, o mais baixo.

10.2.3 Interpretação

As atividades de interpretação das representações do vó virtual devem ocorrer posteriormente às da navegação. Para tanto, são necessárias: a experiência para a associação dos estímulos visuais aos objetos (ver item 1.3 - Representação visual), o conhecimento dos conceitos da alfabetização cartográfica (ver item 6.3 - Vó e o conhecimento) e idade mínima para a compreensão das relações espaciais projetivas e euclidianas.

A estratégia propõe a interpretação, baseada nas características das feições cartográficas, a partir do terceiro nível. Recomenda-se a observação dos seguintes quesitos:

- Altitude (escala ou distância): determina a extensão e o detalhamento da área observada (essas variáveis são inversamente proporcionais);

- Cor: a variação de matizes e nuances é fundamental para a interpretação, mas depende do tipo de composição colorida utilizada. As diferentes bandas da imagem de satélite podem ser associadas a três cores: vermelho, verde e azul;
- Forma: é caracterizada pelo delineamento dos objetos observados;
- Tamanho: está relacionado às dimensões dos objetos examinados e depende diretamente da escala da representação cartográfica;
- Padrão: diz respeito ao arranjo espacial dos objetos, caracterizado pela união ou extensão das formas;
- Atributos: representam os dados alfanuméricos, armazenados nas tabelas do banco de dados;
- Textura: é a frequência de mudanças de tom dentro da imagem. Pode caracterizar a reunião de unidades muito pequenas para serem identificadas individualmente;
- Sombra: indica as áreas que não recebem luz solar direta. Contribui para estimar a altura e o tipo dos objetos, mas pode encobrir detalhes importantes;
- Tonalidade: é a quantidade de luz refletida por um objeto e registrada na imagem.

10.2.4 Enquadramento

A partir do quinto nível, o usuário pode gravar e reproduzir o voo. A metáfora da “filmadora virtual” pode ser aqui utilizada da mesma forma que na produção cinematográfica. Uma animação ou filme é dividido em seqüências, que se subdividem em cenas, compostas por planos, os quais contêm vários fotogramas (Rittner, 1965).

Os planos são imagens que representam o ponto de vista do observador (câmera) em relação ao objeto filmado. Caracterizam-se pela distância relativa entre o observador e o alvo – como a escala – e podem ser classificados em: geral, médio e primeiro plano ou detalhe. O geral dá uma idéia de contexto, por representar uma grande distância entre observador e alvo. O plano médio possui uma função mais descritiva, ao caracterizar uma superfície menor. O primeiro plano tem a função de realçar uma feição cartográfica específica ou um detalhe da imagem de satélite.

A movimentação do observador caracteriza-se pela sua variação angular em relação ao objeto reproduzido. Os dois principais tipos de movimentos são: panorâmico, que é o movimento de rotação horizontal ou vertical, e deslizamento (*travelling*), que indica o movimento do observador. A ausência de movimento da câmera (ritmo), por um tempo muito prolongado, pode tornar o filme monótono¹²⁷.

No programa utilizado, o registro dos deslocamentos pode ser realizado de três diferentes maneiras: marcador, fotografias e gravação. Utiliza-se o marcador (*bookmark*) para armazenar os pontos de vista relevantes. A fotografia é um recurso que realiza uma animação a partir da interpolação das fotos obtidas. A animação consiste na gravação de todos os movimentos do observador em relação ao terreno. É utilizada simultaneamente com os comandos andar e voar. Recomenda-se produzir animações curtas (até 1 minuto), para evitar a geração de arquivos muito grandes (da ordem de *gigabytes*).

10.2.5 Roteiros

Os roteiros (*tutoriais*) são orientações textuais e gráficas detalhadas que podem ser acionadas conforme as necessidades dos usuários. O nível da sua implementação depende do seu conteúdo. Pode ser empregado em todos os graus de dificuldade, do mais baixo ao mais alto. Esses textos indicam os passos para a execução dos comandos e para a realização de tarefas. Alguns roteiros de interpretação podem conter:

- Características de interpretação das imagens de satélite (ver Anexo III - Roteiro para interpretação visual de imagens de satélite);
- Relação entre aspectos físicos: a interdependência, por exemplo, entre hidrografia e curvas de nível, entre vegetação e declividade;
- Evolução temporal: pode ressaltar as diferenças entre as formas, os tamanhos, as posições e as ocorrências das representações cartográficas – aspectos físicos e humanos – em diferentes épocas¹²⁸;

¹²⁷ Destaca-se que a grande diferença entre o cinema e a animação produzida pelo vôo é a de que os objetos representados nunca se deslocam em relação ao observador.

¹²⁸ Conforme nota anterior (item 7.2), a evolução temporal só pode ser notada pelo sobrevôo alternado sobre imagens de satélites e mapas de diferentes épocas. Entretanto, sobrepor representações cartográficas antigas à imagem recente pode contribuir para essa percepção de evolução temporal.

- Relação entre aspectos da ocupação antrópica: é possível realçar a associação entre agricultura/pecuária e rede de drenagem ou declividade; entre rede hoteleira e rede viária;
- Correlação entre os aspectos físicos e a ocupação antrópica: pode-se destacar o vínculo entre o tamanho da cidade/população e a rede de captação e distribuição de água ou geração/distribuição de energia elétrica; entre as Unidades de Conservação e a infra-estrutura de turismo.

Dependendo do tipo de uso, os roteiros podem tornar possível a introdução do paradigma do desafio, aproximando o aplicativo dos jogos eletrônicos. De acordo com Passarelli (1993), o desafio é o elemento chave do objetivo, pois motiva o usuário e cria um ambiente de competitividade no qual os níveis de dificuldade são crescentes.

Figura 39: Equilíbrio entre desafio e habilidade

Fonte: Csikszentmihalyi (1992)

Contudo, é fundamental manter o equilíbrio entre o desafio e a habilidade¹²⁹. Conforme ilustra a figura 39, se o desafio e a habilidade requeridos pela atividade forem baixos, o usuário poderá sentir apatia. Caso o nível de habilidade requerido seja muito maior do que o desafio, é possível ocorrer o desinteresse. Se o desafio

¹²⁹ No caso do voo, o desafio pode ser associado à interpretação e à capacidade de condução do deslocamento.

exceder muito a habilidade, poderá gerar ansiedade no usuário. E, se houver equilíbrio entre desafio e habilidade, deverá ocorrer um fluxo, isto é, uma sensação de fluir, no qual a motivação se mantém contínua (Csikszentmihalyi, 1992).

11 DISCUSSÃO

Esse capítulo sintetiza boa parte das observações destacadas ao longo do trabalho. No primeiro tópico (11.1), o significado do vôo virtual é resgatado e algumas das suas metáforas são relacionadas. O segundo aborda as características do vôo virtual (11.2), o terceiro contém conjecturas sobre o vôo e suas aplicações (11.3) e o último enfoca as perspectivas futuras da sua utilização (11.4).

11.1 Significado do vôo virtual

Pode-se dizer que a essência do vôo, concebido como a utilização de meios computacionais para a exploração visual de dados, está de acordo com a afirmação de Tufte (1983). Para o autor, a melhor forma para descrever, explorar e resumir um conjunto de dados, mesmo que grande, é olhar para as imagens dessas informações.

Entretanto, o elevado número de condições, pré-requisitos e restrições do vôo limitam sua utilidade, no momento, para uma pequena parcela de usuários, aos especialistas. Se só vemos o que conhecemos, ou seja, se é necessário entender as convenções da representação para compreendê-la, a plena utilização do vôo requer que o usuário tenha noções de Cartografia e de Sensoriamento Remoto. Se os símbolos cartográficos ou as características da imagem não são familiares, a interpretação do cenário geográfico não se efetiva. Do ponto de vista da exploração de dados, voar sobre uma superfície desconhecida pode ser inócua, pois é muito difícil investigar algo que se ignora totalmente¹³⁰.

Independentemente do tipo de usuário, o vôo virtual deve ser considerado com um mecanismo interativo para visualização tridimensional de dados geográficos, que opera no ambiente de um Sistema de Informações Geográficas. Embora possua elementos semelhantes a outros sistemas de visualização, como os utilizados em imagens médicas, astrofísicas, análise de elementos finitos, análise molecular, etc. —, o vôo virtual diferencia-se pelo objetivo, a visualização de dados da superfície terrestre, que implica na adoção de uma escala e de um sistema de

¹³⁰ Ver menção ao paradoxo de Ménon, no item 4.4.1 - O papel da metáfora.

coordenadas específicas. Nesse tipo de programa, as duas principais características que a representação cartográfica possui são:

- continuidade horizontal dos dados: a projeção geocêntrica (WGS-84) permite uma visão geral da superfície terrestre, já que pode ser utilizada por todos os países¹³¹;
- continuidade vertical de dados: o artifício de controle dinâmico da escala propicia o gerenciamento da distância de observação e do nível de detalhes das representações.

Por causa da integração entre as funcionalidades do SIG e a versatilidade da visualização, o voo virtual pode ser utilizado com inúmeras finalidades. Uma das possíveis tipologias de aplicações pode ser obtida pela associação das funções do voo virtual aos diversos tipos de instrumentos ópticos, aos equipamentos de navegação e de transporte. Assim, o voo virtual também pode ser entendido como uma espécie de:

- 1) Dirigível ou táxi aéreo digitais, empregado para se movimentar sobre as representações espaciais do terreno. Caracteriza o deslocamento aéreo entre pontos determinados da superfície terrestre;
- 2) Estereoscópio móvel, usado para interpretar e restituir as representações geográficas, de vários pontos de vista e escalas, de uma determinada área. Salienta os elementos da visão tridimensional;
- 3) Binóculo geográfico, utilizado para interpretar os símbolos espaciais e não espaciais de uma região. Ressalta o controle de distância do objeto estudado;
- 4) Holofote oscilatório ou canhão de luz, empregado para destacar os detalhes de um cenário geográfico. Enfatiza o realce das feições, a seletividade da observação em um ambiente construído;
- 5) Filmadora dinâmica, utilizada para se movimentar ao redor da representação do globo terrestre. Resgata o registro visual do deslocamento e a liberdade de movimento. O indivíduo que manipula a câmara também dirige a filmagem;
- 6) Bússola virtual, usada para definir o traçado das rotas. A ênfase está nos critérios e formas de orientação do deslocamento.

¹³¹ Uma das vantagens de adoção de um referencial geocêntrico é a possibilidade de compatibilizar as representações cartográficas de países vizinhos. Como os países sul-americanos não utilizam um sistema de referência geodésica único, suas representações cartográficas não se “ajustam”.

Essas metáforas facilitam a compreensão dos diversos tipos de utilização do voo virtual. Elas podem ser empregadas para denominar as distintas funções e, certamente, se tornarão populares quando o programa for utilizado pela Internet¹³².

11.2 Características do voo

Esse item foi subdividido em quatro partes. A primeira contém constatações sobre a utilização do voo e a segunda discute a sua relação com as técnicas consagradas. A terceira aborda o papel da tecnologia no ensino, e a quarta menciona a relação entre Cartografia e a Internet.

11.2.1 Constatações

Após a reiterada utilização do voo virtual, observou-se três aspectos que merecem ser destacados: a importância das referências espaciais de orientação¹³³, a semelhança entre as atividades cotidianas e as propriedades do voo, e a percepção do relevo.

A primeira observação trata das referências espaciais. Embora a desorientação possa ocorrer a qualquer usuário do voo virtual, sua incidência é muito elevada entre os iniciantes. Na região oeste do estado, que possui relevo relativamente plano, particularmente nas áreas onde predomina a monocultura ou grandes pastagens, esta sensação é ampliada.

Uma das razões que explica esse episódio é que o conhecimento espacial não é transferível de um lugar para outro. O fato de o usuário conhecer bem o seu município natal, como, por exemplo, Bauru, não o capacita para se deslocar em Ribeirão Preto, ou qualquer outra localidade. Esta observação, que ratifica as afirmações de Golledge (2001), reforça a necessidade de oferecer estratégias para que o usuário se oriente e localize em qualquer região.

¹³² Alguns prestadores de serviços da *Web* utilizam metáforas como: “o Brasil visto do espaço” e “a Terra em tempo real”, para denominar diferentes mecanismos de visualização da superfície terrestre. Além disso, os dois insumos mais importantes do voo, as imagens de satélite e o MDE, podem ser obtidos gratuitamente pela Internet, conforme menção do item 7.4.

¹³³ Ver citação de Tori (1996), sobre a desorientação, no item 3.4 (Interface).

A segunda constatação é de que algumas características do vôo destacam o papel da metáfora, pois indicam a semelhança entre diversas atividades cotidianas e as propriedades do sistema. Como os limites geográficos, territoriais e os caminhos são quase sempre irregulares (estados, municípios, distritos, ruas, etc.), é muito comum que ocorra a simplificação e suavização das formas, para facilitar o seu reconhecimento pelo usuário e o armazenamento na sua memória. Por exemplo: o mapa de estações do metrô é representado de forma linear. Os processos de interpolação, agregação e desagregação, ordenação e classificação, que ocorrem no vôo, também são naturalmente realizados pelos usuários para facilitar o processamento de informações e a tomada de decisões. A definição do melhor trajeto entre pontos importantes ao usuário, como a sua residência, a escola dos filhos, o escritório, a oficina mecânica e o retorno para a casa, é um exemplo dessa similaridade.

Assim, é oportuno resgatar a abordagem de Lakoff; Johnson (1992) sobre a metáfora, particularmente a idéia da metáfora orientacional. Para os autores, a estrutura dos conceitos espaciais surge da nossa constante experiência espacial, oriunda da interação com o ambiente físico. Essa proximidade entre as atividades diárias e alguns aspectos do vôo deve ser explorada para facilitar a comunicação entre o usuário e o vôo. Deve-se estimular que o usuário desenvolva a capacidade de ponderar sobre as semelhanças¹³⁴, para que ele possa relacionar fatos e produzir suas próprias analogias.

A questão do relevo é o terceiro ponto a ser realçado. A percepção da topografia do terreno ocorre em função da altitude e do ângulo de visada. Nas regiões mais planas, a variação do relevo só é perceptível com uma baixa altitude de vôo e com um ângulo oblíquo de observação (linha do horizonte presente). Nas áreas montanhosas, como as encontradas nas Serras do Mar e da Mantiqueira, a modificação do relevo pode ser detectada a partir de altitudes mais elevadas e de visadas mais verticais. Essa escala vertical, ou seja, a relação entre os desníveis, no entanto, pode ser alterada, suavizando ou realçando as diferenças entre as cotas altimétricas.

¹³⁴ Ver citação de Ricoeur (1992), no item 4.4 (Considerações sobre a metáfora).

11.2.2 Técnicas consagradas

De acordo com Edmond Couchot, a pintura ocidental foi marcada pela obra *De la peinture*, de 1435. O autor, Leon Battista Alberti, concebeu um método revolucionário para a época: o da perspectiva de projeção central. Para o pintor italiano, “o quadro é uma intersecção da pirâmide visual constituída pelo conjunto de raios que ligam o olho a cada ponto da superfície das coisas percebidas pelo o olhar” (Couchot, 2003, p.28).

Além desse método, que recorre à matemática e à ótica, Alberti propôs o uso do intersector. Esse dispositivo consiste em fios finos, estendidos sobre um quadro de madeira, que são sobrepostos por fios mais grossos e subdividem essa espécie de véu em quadrados (Da Vinci substituiu, anos depois, o véu por um vidro quadriculado). O artista colocava o intersector entre o olho e o objeto que seria retratado e, cortando a referida pirâmide visual, reconstituía o contorno dos objetos. O quadriculado do aparelho auxiliava a definir os pontos de fuga ao horizonte das linhas perpendiculares ao plano do quadro.

Embora pareça exagerada a associação do intersector – e de seu sucessor, o *perspectógrafo* –, ao vôo virtual, os conceitos que estruturam o seu contexto, como o da pirâmide visual e da pintura, podem ser relacionados às idéias de ângulo de observação e de representação do vôo virtual. Guardadas as devidas proporções, é possível fazer uma analogia entre os olhares do artista e do usuário. Ambos utilizam um dispositivo que é manipulado de maneira a figurar aspectos da realidade sobre uma superfície bidimensional.

Para o vôo, aspectos como a representação de elementos tridimensionais no plano e a exploração visual de dados também são fundamentais. Contudo, é necessário ponderar que esses elementos são proporcionados por outros meios, mais antigos e conceituados e menos dispendiosos e dependentes de infra-estrutura (*hardware*, *software*, dados digitais), como a fotointerpretação, a construção de maquetes e a leitura e interpretação de cartas topográficas. As simulações temáticas e temporais da organização espacial também há muito são realizadas em mesas de luz (cada *layer* é representado em uma transparência ou papel vegetal).

No entanto, como essas técnicas cartográficas, ditas tradicionais, não permitem uma fácil integração dos seus produtos ou resultados, oferecem um baixo

grau de interatividade e não possibilitam a visualização contínua ou a mudança constante de escala, torna-se mais difícil a definição de critérios para a comparação.

Conforme mencionado por Wood (1994)¹³⁵, esses procedimentos consagrados, por causa dos baixos níveis de interatividade, caracterizam-se como instrumentos de apresentação (ensino), ou seja, com reduzido potencial de exploração e visualização cartográfica (pesquisa). A mudança de velocidade de interação entre o usuário e o mapa e a capacidade de integração das técnicas mencionadas representam, indubitavelmente, um grande benefício para as duas referidas atividades.

O vôo virtual pode ser caracterizado como um aplicativo que reúne¹³⁶ as referidas técnicas cartográficas, cujas vantagens são ampliadas pela interatividade, facilidade de armazenamento, manipulação, consulta, apresentação e reprodução. Em decorrência, é plausível afirmar que o vôo virtual representa, didaticamente, muito mais do que um mapa, pois agrupa características técnicas consagradas, expande as funcionalidades dos SIGs e acrescenta a interatividade, que é um fator essencial não só nas atividades de ensino, como também nas de pesquisa.

11.2.3 Tecnologia e ensino

A terceira questão aborda o papel da tecnologia no processo ensino e aprendizagem. A pergunta fundamental é: pode a mídia modificar o ensino? Essa questão é polêmica. De acordo com Clark (1983), a mídia é um simples veículo que transporta as instruções ao aluno. Ao contrário do método, o meio não influencia – sob nenhuma circunstância – o processo de aprendizado. Esse autor afirma ainda que a influência da mídia no aprendizado do estudante não é maior do que o papel de um caminhão de gêneros alimentícios na nossa nutrição.

É certamente verdade que os alunos aprendem independentemente de qualquer mídia. Entretanto, também é certa a possibilidade de extrair dela vantagens para construir o conhecimento. Na visão de Kosma (1991), não se deve isolar

¹³⁵ Ver referência no item 2.3 (Visualização).

¹³⁶ Embora não seja o caso desse aplicativo, vale ressaltar que existem muitos exemplos negativos de agrupamento de funções. Algumas ferramentas ou aparelhos domésticos enaltecem a multifuncionalidade mas, no entanto, não conseguem realizar satisfatoriamente todas as operações a que se propõem.

radicalmente o método do meio, pois eles se relacionam e, além disso, uma parte deles não poderia ser implementada sem a mídia. Para o autor, que desenvolve seu artigo rebatendo as afirmações de Clark, o aprendizado é visto como um processo ativo, no qual o aprendiz gerencia estrategicamente os recursos cognitivos para: criar um novo conhecimento, extrair informações do ambiente e integrá-las com as informações previamente armazenadas na memória.

Considerando a perspectiva interacionista de Piaget, acredita-se que, pela facilidade de interpretação da representação tridimensional, devido à simplicidade de manipulação do aplicativo e por meio do papel didático da metáfora, o voo virtual seja capaz de criar um ambiente de aprendizagem muito fértil e cativante e, definitivamente, influenciar o processo de ensino e aprendizagem¹³⁷.

11.2.4 Internet e Cartografia

A questão do emprego da Internet nas atividades cartográficas é o último aspecto da discussão e está intrinsecamente relacionada ao voo virtual, particularmente por causa da legenda. Conforme mencionado no item 2.5 (Cartografia e Internet), o crescimento de serviços da *Web* que fornecem ou usam mapas é realmente fenomenal. A diversidade de produtos, a facilidade em obtê-los e a incorporação de certos procedimentos cartográficos são elevadas.

Essa popularização e conseqüente desmitificação das informações espaciais, no limite extremo, pode gerar a falsa sensação de que os usuários não precisam mais da mediação de especialistas. Nestas circunstâncias, seria possível afirmar que somos todos cartógrafos? A disseminação de produtos e metodologias cartográficas é algo realmente positivo, pois o conhecimento não deve ser considerado como privilégio de nenhuma categoria, mas nem de longe torna seus praticantes capacitados nas especificidades desse amplo campo.

Ao contrário do que é senso comum, Schrage (1998) afirma que a Internet trouxe uma revolução dos relacionamentos e não da informação. A interpretação é de que o fato dos usuários utilizarem mais mapas e serviços deles derivados não

¹³⁷ Deve ser observada a idade mínima dos usuários (14 anos), conforme mencionado no item 7.3 (A construção da noção de espaço na criança).

significa que a informação espacial se transformou, mas que foram incorporados novos procedimentos ou hábitos de localização espacial.

Nesse contexto, parece oportuno resgatar um aspecto mencionado no item 2.5: a transmissão de informações textuais para suprir as necessidades de localização espacial. Os mapas constituem a base das operações espaciais, mas a resposta às solicitações dos usuários ocorre, majoritariamente, na forma escrita. Desse ponto de vista, o mapa pode ser interpretado como um complemento do texto.

Essa constatação contraria a máxima de que “uma imagem vale por mais de mil palavras”. Entretanto, essa inversão pode ser explicada pela interpretação de Barthes (1990). Por causa dos inúmeros significados de uma imagem, a palavra, frase ou texto – em alguns casos – pode complementar a imagem. Em outras circunstâncias, também pode enfatizar determinados aspectos da imagem e orientar a sua interpretação.

No caso dos mapas, acredita-se que as dificuldades de interpretação dos símbolos cartográficos e de orientação do mapa¹³⁸, bem como a menor ambigüidade do texto, são responsáveis pela prevalência, na localização espacial, da escrita sobre a imagem.

11.3 Aplicações do voo

Para facilitar a compreensão, esse item também foi subdividido. O primeiro tópico ressalta as vantagens do voo virtual, o segundo as desvantagens e precauções necessárias e os dois últimos contêm a análise do voo e as considerações sobre o seu uso.

11.3.1 Vantagens

O voo virtual possui um forte apelo visual. Representa um instrumento sofisticado e novo de visualização cartográfica, com propriedades lúdicas. A

¹³⁸ A rotação de cartas topográficas, mapas e guias de ruas é uma ação muito comum entre os alunos do curso de Introdução à Cartografia. Alguns compreendem os símbolos cartográficos, mas têm dificuldade de posicionar o documento cartográfico na orientação correta.

semelhança de algumas características do voo com os jogos eletrônicos¹³⁹ e o fascínio que as imagens de satélites exercem no imaginário dos usuários contribuem para aumentar o seu valor nas atividades de pesquisa e de ensino.

Trata-se de um mecanismo interativo de visualização de dados geográficos tridimensionais, que pode ser utilizado para apresentar e explorar as representações cartográficas digitais. Esse recurso propicia experiências e simulações com os arranjos espaciais – temáticos e temporais – das informações representadas, além de permitir uma visão integrada de informações cartográficas. Ele expande as funções dos Sistemas de Informações Geográficas que, até um passado recente, poderiam ser caracterizados por trabalhar com um só tipo de representação (vetorial ou *raster*). O voo é mais do que uma janela, é a vidraça de um objeto em movimento, cujo destino pode ser controlado.

As tendências de diminuição de custo de *hardware* e *software*, de aperfeiçoamento das rotinas e, principalmente, de acesso pela rede, colaboram para ampliar as suas aplicações.

A possibilidade de variação dinâmica de escala é a função mais importante do voo virtual. Poder buscar a distância adequada para a análise de uma ocorrência é fundamental para as atividades didáticas e de pesquisa. A união da eficiência da pirâmide de multi-resolução – que propicia o deslocamento vertical –, com a visão integrada de dados do sistema WGS-84 – que permite o deslocamento horizontal contínuo –, possibilita que o usuário utilize o conceito de escala numa perspectiva mais ampla, explorando não só o seu aspecto cartográfico, mas também o seu viés geográfico, ou seja, as escalas de análise e do fenômeno¹⁴⁰.

A complexidade desse sistema de visualização cartográfica, no entanto, é considerável. Dependendo dos tipos e da quantidade de planos de informações, o deslocamento pode tornar-se lento ou segmentado. Contudo, essas questões técnicas são realmente diminutas quando comparadas à vantagem de se escolher a melhor distância para a observação dos fenômenos, possibilitando a exploração de outras dimensões da representação da superfície terrestre e a interação entre seus elementos.

¹³⁹ Um jogo muito popular do gênero é o *Flight Simulator*. Disponível em: < <http://www.flightgear.org/> > Acesso em: 21 fev. 2005.

¹⁴⁰ Ver referência às escalas: cartográfica, de análise e do fenômeno, no item 5.1 (Abordagens sobre escala).

É possível visualizar, por exemplo, o local de formação de frentes frias – o Pólo Sul – e simular o deslocamento das massas de ar pelo continente sul-americano. Após observar a abrangência do fenômeno atmosférico, é possível enfatizar os seus reflexos nas regiões sul e sudeste brasileiras. Além disso, é plausível associar esse processo às atividades agrícolas, aos tipos de culturas e aos respectivos padrões e formas representadas pela imagem de satélite.

Outro aspecto relevante é a expansão das possibilidades de representação temática. Uma das funções muito utilizadas dos SIGs, a geração de mapas temáticos, foi incrementada. Além da clássica utilização das variáveis visuais (cor, forma, tamanho, orientação, granulação e valor) sobre os mapas bidimensionais, o voo permite a inserção de símbolos tridimensionais. Como mostra o exemplo 6 do CD, é possível combinar as variáveis visuais em duas e três dimensões.

Além dos exemplos de voo sobre as variações topográficas da superfície terrestre, deve ser salientada a possibilidade de voar sobre superfícies não altimétricas, isto é, sobre planos (MDEs) gerados a partir de qualquer variável numérica (ver exemplo 07, no qual a superfície é gerada com base no percentual de crescimento populacional).

11.3.2 Desvantagens

Este item agrupa os principais problemas da utilização do voo virtual. Além das questões mencionadas no primeiro capítulo, sobre a necessidade de conhecimento das convenções e da ambigüidade das imagens, também é necessário considerar os elementos relacionados à percepção da cor, às ilusões óticas, ao excesso de carga cognitiva e à desorientação, ao uso da metáfora, à interatividade, à velocidade e ao exagero das características lúdicas.

Quanto à cor, ela é percebida mais como uma sensação do que como um comprimento de onda (Gershon, 1994). Assim, é importante considerar: a variação da percepção de cores; a falsa idéia de ordem (das cores do arco-íris); a relação das cores dos objetos com a cor de fundo; e a influência de sombra, brilho, contraste e tamanho na percepção da cor em objetos tridimensionais.

O olho humano é sujeito a uma série de ilusões óticas. Colonna (1994) menciona as quatro principais: geométrica (alteração da forma), luminosidade

(variação de intensidade de luz), cromática (baseada no contraste e vizinhança das cores) e computacionais (falsa cor ou tabela de cores)¹⁴¹.

Outro aspecto relacionado ao sistema visual é a percepção do relevo. A alteração do exagero vertical pode ser utilizada para ampliar ou diminuir as variações altimétricas. Contudo, o seu uso deve ser cauteloso em áreas heterogêneas, pois o mesmo índice é aplicado para todo o terreno. O aumento desse fator pode tornar as escarpas muito elevadas e pontiagudas, e a sua redução pode transformar as áreas pouco onduladas, como o oeste paulista, em uma região totalmente plana.

Conforme mencionado, o excesso de informações e a dificuldade de orientação podem desestimular o usuário¹⁴². A sobrecarga cognitiva pode saturar a capacidade de apreensão do usuário e a desorientação espacial contribuir para a perda de interesse pelo voo virtual. Esses dois aspectos, juntos, assumem uma proporção muito significativa. Por essa razão, é imprescindível que sejam utilizadas estratégias para orientação espacial e que se adote uma progressão gradual dos níveis de dificuldade nas atividades do voo. A utilização de roteiros e a inserção de telas automáticas (tipo *pop-up*), com recomendações e alertas, também contribuem para minimizar esses efeitos negativos.

O uso da metáfora é indispensável para facilitar a compreensão das representações mais abstratas, mas seu uso deve ser criterioso, pois a sensação de familiaridade com o assunto pode causar uma falsa impressão de conhecimento. O seu uso é recomendado principalmente para a primeira aproximação entre o usuário e o tema desconhecido. Do contrário, é possível gerar uma apreensão superficial do tema.

Mesmo considerando que a interatividade é o quesito chave para o dinamismo e a comunicação entre o usuário e a representação, deve-se ressaltar a necessidade de prudência e equilíbrio no momento de concepção do voo. Dependendo do tipo de usuário, oferecer uma grande quantidade de alternativas, ou seja, apresentar um “leque” muito variado de opções de participação pode produzir o efeito contrário ao esperado. O usuário inexperiente, diante do tempo necessário para compreender

¹⁴¹ Esse aspecto é ainda mais importante quando o usuário sobrevoa distintas composições coloridas. Ex.: dependendo do arranjo das bandas da imagem do satélite, a vegetação pode ser representada por tonalidades das cores: verde, azul ou vermelha.

¹⁴² Ver as referências a Shneiderman (1998) e Tori (1996) no item sobre Interface (3.4).

todas as possibilidades do sistema, pode utilizar uma parcela muito pequena das funcionalidades.

Outro aspecto importante do voo é que o aumento da velocidade de deslocamento pode prejudicar a capacidade de interpretação das feições representadas. Além de dificultar o controle do voo, a rapidez de sucessão de entidades diminui o poder de observação do usuário. Dependendo do tipo de público, a limitação da velocidade máxima do voo pode ser a precaução mais indicada para minimizar o problema.

O apelo visual, a semelhança com os jogos eletrônicos e a fascinação que as imagens de satélites exercem no imaginário dos usuários representam excelentes aliados para atrair a sua atenção. Contudo, a ausência de diretrizes para a sua utilização, ou seja, a navegação sem objetivos iniciais, contextos ou roteiros, pode minimizar as funções didáticas e de pesquisa do aplicativo. Se não ficar caracterizado que o aplicativo é um ambiente de exploração de dados, existe o risco de que ele seja rotulado, pelos usuários, como um passatempo pouco interessante, uma vez que o sistema não foi originalmente concebido como um jogo. Se a opção por introduzir o paradigma do desafio for realizada, isto é, se forem incorporadas algumas características dos jogos eletrônicos, recomenda-se que o usuário seja esclarecido no início das atividades.

Além disso, deve-se ponderar sobre a notória resistência à leitura de manuais, explicações ou instruções. Mesmo considerando que o procedimento de “tentativa e erro” do usuário seja muito mais recorrente do que o uso dos roteiros, é fundamental definir o voo como um ambiente, de aprendizagem e de pesquisa, que possui regras, instruções e procedimentos de uso.

11.3.3 Análise do voo

O ponto de partida para analisar os tipos de aplicações do voo virtual foi a comparação das suas vantagens e desvantagens. Deve-se ressaltar que esses aspectos exprimem características observadas conceitual e empiricamente, e que se referem

tanto à família de programas quanto ao aplicativo utilizado no projeto piloto do voo virtual¹⁴³.

A avaliação desses dados, agrupada na tabela 12, permite pelo menos duas constatações significativas: 1) boa parte das vantagens não é característica do voo, mas dos Sistemas de Informações Geográficas; 2) o número de desvantagens é maior do que o de vantagens.

Vantagens	Desvantagens
Forte apelo visual (propriedades lúdicas)	Requer o conhecimento das convenções
Apresentação/exploração de dados	Ambigüidade das imagens
Variação dinâmica de escala	Variação da percepção da cor
Alternância de pontos de vista	Ilusões óticas
Deslocamento horizontal	Excesso de carga cognitiva
Sobreposição de PIs	Desorientação
Representação 2 e 3D (mapas temáticos)	Elevado número de alternativas pode inibir a participação do usuário
	Possível superficialidade da metáfora
	Velocidade de deslocamento prejudica a interpretação
	As características lúdicas podem limitar a função de exploração de dados

Tabela 12: Vantagens e desvantagens do voo virtual

Em uma análise mais extremada, é possível considerar que o voo virtual não permite nada além do que os Sistemas de Informações Geográficas possibilitam. A capacidade de exploração visual de dados não é expressiva no voo, pois a maior parte desses mecanismos é função consagrada dos SIGs. Assim, o voo não permitiria a descoberta, de padrões e de relacionamentos entre os dados, diferente da que seria obtida em um SIG. Em decorrência, as aplicações do voo virtual seriam semelhantes às do SIG.

Uma parte das desvantagens, listada na tabela 12, também não é restrita ao voo, pois pode ser atribuída ao uso do SIG. No entanto, a utilização do voo possui dois aspectos negativos específicos, gerados pela desorientação e pela velocidade de deslocamento. Esses elementos tornam o uso do programa ainda mais seletivo, pois

¹⁴³ Ver referência ao assunto na Introdução.

requer habilidade de orientação espacial e de controle da trajetória, ratificando a afirmação de que o voo virtual é um módulo desenvolvido para um grupo de usuários diferenciado.

No entanto, uma avaliação mais ponderada indica que não se deve analisar separadamente o voo virtual do SIG. O mecanismo de deslocamento, que os diferencia, deve ser compreendido como predicado de uma nova interface do sistema. Assim, o voo virtual é considerado como uma interface do SIG que amplia a participação do usuário na visualização de mapas e de imagens de satélite.

É a facilidade de deslocamento horizontal e vertical sobre as representações da superfície terrestre, especificidade mais importante do voo, que orientou a adoção da premissa do trabalho. Conforme mencionado na Introdução, “o voo pode ser utilizado como um ‘método exploratório visual’ que, por meio de recursos computacionais, aumenta a capacidade de apreensão do conteúdo das representações. Sua principal função é estimular a procura de novos pontos de vista e colaborar para o estabelecimento de padrões e de relacionamentos entre os dados”.

Caso o voo e o SIG fossem analisados isoladamente, essa premissa seria certamente refutada. O voo virtual poderia ser usado para buscar padrões e relacionamentos entre os dados espaciais, mas não seria necessário. Além disso, o voo não ampliaria a aptidão para reconhecer as feições mapeadas. As duas principais razões que sustentariam essa afirmação são: 1) a mudança de ponto de vista e a consulta dos atributos não são comandos exclusivos do voo; 2) a velocidade dificulta a capacidade de exploração de dados.

O voo permite que o usuário controle a trajetória e a velocidade do deslocamento, parando em qualquer posição para observar a superfície terrestre. Entretanto, facilitar o deslocamento não significa modificar o processo de análise dos dados. Independentemente da interface, o usuário precisa conhecer as convenções representadas para que a mudança de ponto de vista contribua para a compreensão das entidades cartografadas e das imagens de satélite.

No programa utilizado no projeto piloto, a exploração dos atributos e as consultas espaciais não são realizadas em movimento. E, como a velocidade diminui a capacidade de julgamento do observador, o exame das representações também ocorre na forma estática. Dessa maneira, a flexibilidade de deslocamento, principal

característica do vôo, não é utilizada no processo de análise dos elementos. O vôo é usado, nesse sentido, somente para a movimentação entre os pontos de vista empregados na análise dos dados¹⁴⁴.

A função do vôo pode, de certa forma, ser comparada a de um passeio turístico rápido (*city tour*). Desloca-se, em velocidade, por um local desconhecido. Da janela do veículo, observa-se uma sucessão de elementos da paisagem, que podem ou não ser brevemente mencionados pelo guia. Mas, percorrer uma região não significa conhecê-la, olhar para as características do território é diferente de apreendê-lo¹⁴⁵. O vôo e o *city tour* podem, então, causar uma falsa sensação de conhecimento, já que é possível percorrer um amplo território em pouco tempo.

Considerando as circunstâncias atuais do aplicativo, entende-se que a suposição de que pode ser mais vantajoso voar em um ambiente virtual do que sobre a própria superfície terrestre¹⁴⁶ é parcialmente verdadeira. A facilidade de manipulação não garante o aumento da capacidade de interpretação. A possibilidade de controlar a ordem e os tipos de *layers*, o ângulo e a escala de observação é muito importante, mas é insuficiente para avaliar essa afirmação. Contudo, o deslocamento sobre a representação do terreno é útil em inúmeras circunstâncias e aplicações, particularmente quando a questão temporal for relevante, ou seja, quando os cenários pretéritos, e até mesmo futuros, forem requisitados.

Assim, é possível inferir que o vôo proporcionado pelo aplicativo adotado caracteriza-se muito mais como um mecanismo de apresentação do que de exploração de dados. Em outras palavras, é uma interface interativa de apresentação de dados espaciais, que viabiliza a consulta dos seus atributos.

¹⁴⁴ Pouquíssimos usuários seriam capazes avaliar, visualmente, o relacionamento entre as feições durante um deslocamento. Só os muito experientes e com profundo conhecimento da região sobrevoada seriam, por exemplo, capazes de detectar padrões com uma sucessão de imagens de 12 quadros por segundo.

¹⁴⁵ Ver a citação de Goethe, feita por Leite (1998, p.40) no item 1.3 - Representação visual: “olhar apenas para uma coisa não nos diz nada. Cada olhar leva a uma inspeção, cada inspeção a uma reflexão, cada reflexão a uma síntese, e então podemos dizer que, com cada olhar atento, estamos teorizando. Ver, portanto, é comparar o que se espera da mensagem com aquela que nosso aparelho visual recebe”.

¹⁴⁶ Ver referência na Introdução.

11.3.4 Considerações sobre o uso do voo

Conforme mencionado no início do capítulo, as possíveis aplicações do voo virtual poderão enfatizar os dois principais objetivos¹⁴⁷: a apresentação e a exploração visual de dados, e utilizar as metáforas do táxi aéreo, do estereoscópio, do binóculo, do holofote, da filmadora ou da bússola, para facilitar sua compreensão e uso.

Acredita-se que o número de usuários do voo virtual seja inversamente proporcional ao tipo de aplicação (ver figura 40), pois está relacionado à capacidade de manipulação e compreensão dos elementos do voo. As atividades ligadas à apresentação (ensino) estão localizadas na base da pirâmide e, como correspondem ao nível mais baixo de dificuldade, devem ser as mais utilizadas. As atividades de exploração (pesquisa), que estão posicionadas na parte intermediária da pirâmide, devem ser – proporcionalmente – usadas por um número inferior de pessoas, pois requerem maior conhecimento específico para empregar as funções mais refinadas do programa.

Figura 40: Pirâmide de aplicações, usuários e níveis de dificuldades

Por outro lado, considerando os custos de *hardware*, *software* e de construção dos aplicativos, é muito provável que a sua efetiva popularização ocorra por meio da Internet, como uma forma de prestação de serviço. Nesse caso, ao invés de uma interface genérica e multifinalitária, como é o caso dos programas de voo, as interfaces deverão ser reprojatadas para cada uma das finalidades.

¹⁴⁷ Consideram-se aqui as funções do voo e do SIG.

Uma das prováveis consequências dessa personalização das interfaces é a mudança da progressão dos níveis de dificuldade, descrita na tabela 11, pois foi concebida para integrar distintas funções e comandos a grupos heterogêneos de usuários. Por exemplo: as operações de busca espacial e de traçado de rotas podem deixar de ser um atributo da experiência do usuário e passar a ser do algoritmo/interface do sistema.

O desafio é, assim, alterado. Ao invés de propor o aumento gradual de dificuldade de manipulação do sistema, o objetivo é projetar uma interface capaz de permitir que os usuários iniciantes (nível 1) obtenham as informações mais complexas, prerrogativa dos mais experientes (nível 6). Nesse sentido, o papel da interface pode ser comparado ao do “explicador do filme”, personagem que ajudava a platéia do cinema mudo a compreender a sucessão de cenas¹⁴⁸.

Para que seja realmente difundido, o voo virtual precisa ser simplificado. O número de comandos deve ser reduzido e a extensão geográfica do voo limitada. É fundamental considerar que a maioria dos usuários possui pequena ou nenhuma experiência com a manipulação e visualização de mapas e imagens.

Outro aspecto essencial é a preservação do equilíbrio entre as operações de interpretação das representações e as de orientação espacial, ilustrado pela figura 41. Deve-se certificar da proporcionalidade entre os dois componentes, pois exigir do usuário uma grande capacidade de compreensão e uma baixa habilidade de orientação, ou seja, voar sem referências espaciais, mesmo que o usuário compreenda o significado das representações, pode gerar ansiedade. O inverso também deve ser evitado, pois conhecer as referências espaciais e ignorar o conteúdo das representações pode causar desinteresse.

Assim, entende-se que é necessário sinalizar as representações pelas quais se desloca. Da mesma forma que o trânsito é sinalizado com placas, faixas e semáforos, as representações cartográficas e imagens de satélite precisam conter legendas e rótulos dinâmicos¹⁴⁹ para orientar o deslocamento aéreo. O voo sobre uma superfície não sinalizada pode ser comparado às grandes navegações marítimas do final da Idade Média: uma aventura que dependia da experiência e da sorte do comandante.

¹⁴⁸ Ver citação de Buñuel (1982), no item 1.3 – Representação visual.

¹⁴⁹ Os rótulos e as legendas devem variar de tamanho e ângulo, conforme a proximidade e a posição do usuário.

Figura 41: Equilíbrio entre interpretação das representações e orientação espacial

Fonte: Adaptado de Csikszentmihalyi (1992)

Outro aspecto que deve ser considerado é a redução do número de elementos da superfície sobrevoada. Como a quantidade e a variedade de padrões das imagens de satélite, de tipos e de formas das representações vetoriais tornam a interpretação do voo mais difícil, é oportuno avaliar a sua simplificação. Voar sobre imagens classificadas ou mapas temáticos pode ser uma alternativa para minimizar as exigências de compreensão do voo e expandir sua utilização.

O número limitado de cores de uma imagem classificada, que representa – por exemplo – quatro temas: área urbana, mata, uso agrícola e hidrografia, pode ser tratado como uma estratégia para facilitar o voo dos usuários iniciantes. Da mesma maneira, voar sobre o mapa temático, que agrupa a população em cinco classes (ver exemplo 6 do CD), pode diminuir a complexidade da representação, desde que se compreenda o significado do gradiente de cores: quanto mais escuro, mais populoso é o município.

A última relação importante para direcionar os usos do voo virtual consiste na integração dos fatores: velocidade, ângulo e altitude de voo, ilustrada na figura 42. Nesse gráfico triangular, cada cateto corresponde a uma progressão do percentual de cada variável. O segmento que representa a velocidade possui valor zero no ponto mais elevado e, o extremo oposto – a parte inferior – representa 100%. As variáveis

ângulo e altitude seguem o mesmo esquema: aumenta da direita para a esquerda e de baixo para cima, respectivamente¹⁵⁰.

Figura 42: Relação entre velocidade, ângulo e altitude de vôo

A posição do ponto 1, na figura 42, é considerada como a mais favorável para os iniciantes, pois: a velocidade mais baixa (10%) minimiza a dificuldade de interpretação e de manipulação; o ângulo menor de visada¹⁵¹ (10%) colabora para a percepção panorâmica (oblíqua) das representações; a altitude mais elevada (80%) simplifica a interpretação das representações e aumenta a possibilidade de localização espacial, pois o nível de detalhamento deve ser menor (quanto menor a escala mais homogênea é a paisagem) e a ampliação do número de elementos da paisagem contribui para localização do usuário (ver exemplo 10 do CD).

O ponto 2 do gráfico, localizado na parte inferior direita do triângulo, ilustra: alta velocidade (80%), baixos ângulo de observação (10%) e altitude (10%). Dentre os exemplos, é considerado o mais difícil e, por isso, indicado somente para os usuários experientes, pois: 1) a preocupação com a condução do vôo torna-se maior do que a de interpretação da superfície. As variações do relevo exigem atenção

¹⁵⁰ A soma dos percentuais das variáveis é igual a 100%.

¹⁵¹ O ângulo de 90° corresponde ao zênite (perpendicular ao terreno) e o ângulo de 0° indica a observação paralela ao terreno.

constante do condutor; 2) as feições perdem definição, parecendo uma colcha de retalhos. Ao direcionar a atenção para a linha do horizonte, as representações podem assumir um papel secundário na visualização; 3) a baixa altitude amplia a sensação de velocidade e, como o nível de detalhamento é maior (paisagem mais heterogênea), mais difícil é a interpretação das representações cartográficas e das imagens de satélite (ver exemplo 11 do CD).

O último ponto, o de número 3, é considerado de dificuldade intermediária, pois: possui velocidade baixa (10%), ângulo de observação elevado (80%) e altitude baixa (10%). A velocidade mais baixa colabora para compensar a proximidade do terreno e, a visão quase ortogonal, possibilita uma observação detalhada dos padrões e relacionamentos das entidades cartografadas (ver exemplo 12 do CD).

Dessa forma, o vôo deve ser dimensionado conforme a capacidade do usuário. Os usuários mais experientes conseguem lidar com as circunstâncias menos favoráveis de deslocamento aéreo, como velocidade elevada e baixa altitude, e os iniciantes terão mais facilidade para voar com as condições relacionadas ao topo do gráfico, isto é, baixa velocidade e altitude elevada.

A integração do conteúdo das figuras 40, 41 e 42 permite a definição dos parâmetros de uso do vôo. Além do número de usuários ser inversamente proporcional ao nível de dificuldade das funções do vôo, é importante equilibrar as atividades de interpretação e de orientação espacial e avaliar as implicações das variáveis: velocidade, ângulo e altitude de vôo.

Dadas as circunstâncias atuais, a aplicação mais útil do vôo virtual pode ocorrer nas atividades de planejamento. Essa função é realizada por usuários experientes e que necessitam de instrumentos versáteis para simular e apresentar os impactos das intervenções sobre a superfície terrestre. Dentre os empregos possíveis, o vôo deverá ser particularmente utilizado na Construção Civil, para o planejamento de obras lineares, como rodovias, ferrovias, linhas de transmissão de energia, tubulações de gás, óleo e água, entre outras.

A maior utilização do vôo, entretanto, deve caracterizar-se pela apresentação panorâmica de atributos de uma região, em aplicações voltadas para os usuários menos experientes, como por exemplo:

- no Turismo, para divulgar os atributos cênicos das regiões, na localização da infra-estrutura de serviços e na construção de roteiros de viagens;
- nas atividades didáticas, para complementar as funções dos globos e Atlas escolares. Pode ser utilizado para ilustrar ou desenvolver atividades de um grande número de disciplinas;
- no apoio aos serviços de localização da Internet. Além de fornecer um mapa bidimensional, com a rota entre origem e destino, podem oferecer a simulação do deslocamento tridimensional entre os pontos;
- na construção de cenários dos jogos eletrônicos.

11.4 Perspectivas futuras do vôo

Ao discutir a utilização do vôo virtual, é imprescindível refletir sobre a evolução das tecnologias que lhe dão suporte. Além do desenvolvimento da interface dos programas, deve-se considerar o crescente progresso de três setores: aquisição, transmissão e processamento dos dados. Mesmo que o vôo virtual seja um instrumento seletivo, uma vez que sua utilização requer conhecimento especializado, acredita-se que ele deverá ser disseminado em várias atividades, num futuro relativamente próximo, por causa desse constante desenvolvimento tecnológico.

Esta avaliação leva em conta vários aspectos. As instituições públicas brasileiras, como IBGE, SEADE e INPE¹⁵², produzem bases digitais e imagens com periodicidade, e a resolução das imagens dos satélites tem melhorado com uma agilidade surpreendente. A facilidade de comunicação – particularmente via celular e Internet –, aumenta rapidamente. A velocidade de transmissão de dados, por meio de fibras óticas ou satélites, é periodicamente elevada, causando a redefinição das unidades de medida do acesso à Internet. Da mesma forma, as unidades que expressam a capacidade de processamento dos computadores e das placas gráficas também crescem sistematicamente, acompanhando seu progresso.

Por outro lado, conforme Norman (1999), considera-se que toda tecnologia passa por um processo de amadurecimento, ou seja, por fases, desde o seu

¹⁵² Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

nascimento até a sua maturidade. Assim, é possível situar o vôo virtual na primeira infância. Segundo o autor, o percentual de usuários da tecnologia muda conforme o período do seu processo. Eles podem ser agrupados em diferentes categorias: inovadores – que melhor caracteriza os usuários atuais do vôo –, entusiastas, pragmáticos, conservadores e céticos.

Em um futuro relativamente curto, acredita-se que a maior parte das atuais restrições desse grupo de programas (aquisição, banda e processamento) será superada, o investimento para a utilização da tecnologia diminuirá e os fatores conveniência e confiabilidade tornarão a tecnologia do vôo virtual mais madura e, dessa forma, mais atraente à maioria dos usuários (pragmáticos e conservadores).

Ao refletir sobre o uso do *software*, também é importante resgatar dois aspectos mencionados no texto e que se inter-relacionam: a conquista da intimidade¹⁵³ e a transformação da categoria de usuário, de iniciante para experiente¹⁵⁴. Assim como na metáfora, que aproxima o conhecido e o desconhecido, o aumento da familiaridade do usuário com os procedimentos de vôo e com os símbolos utilizados contribui para minimizar suas principais dificuldades, transformando o principiante em veterano.

A melhoria da infra-estrutura tecnológica e da qualidade da interface certamente representará uma elevação do número de usuários, tornando o seu uso recorrente pela facilidade de utilização. O uso constante deve proporcionar a assimilação progressiva dos principais conceitos, o reconhecimento dos símbolos mais utilizados nas representações cartográficas e das características das imagens de satélite. A disponibilidade do vôo virtual, nesses moldes, não modifica o processo de interpretação, mas acelera a incorporação dos seus pressupostos.

Assim, o futuro desenvolvimento da interface deve priorizar a diminuição da dificuldade de manuseio e de interpretação dos elementos do terreno. Neste sentido, são essenciais os cuidados com a preparação da superfície e com o sistema de navegação. O primeiro conjunto de atividades está relacionado à organização das imagens e das representações que serão utilizadas no vôo. Os principais itens sobre a organização dos dados da superfície terrestre são:

¹⁵³ Ver referência no item 4.4 - Considerações sobre a metáfora.

¹⁵⁴ Ver menção no item 9.4 – A interface do vôo.

- incorporação do eixo z. A altura de elementos como vegetação e edificações deve ser reproduzida com maior facilidade. A percepção de diferentes texturas da imagem deve ampliar a capacidade de interpretação do usuário;
- produção de imagens de satélite classificadas e mapas temáticos para ampliar as opções de visualização. A diminuição da quantidade de elementos e padrões das imagens pode ampliar a compreensão dos usuários iniciantes. Da mesma forma, os mapas temáticos podem ser utilizados para expressar as noções de seletividade, de ordem e de proporção entre os elementos visuais representados.

O segundo grupo de procedimentos ocupa-se das tarefas de controle do voo e dos elementos visualizados e visa preparar o sistema de navegação para distintos tipos de usuários. Além do conjunto de providências para que o iniciante usufrua o voo sem a necessidade de habilitação (brevê) para conduzi-lo, devem ser previstas algumas alternativas para modificar as características do deslocamento e enriquecer o cenário do voo. Assim como o piloto organiza o seu plano de voo, o usuário mais experiente pode alterar os procedimentos de navegação e os elementos da superfície sem que o voo seja interrompido. Além do piloto automático e do mecanismo para definir rotas, mencionados no item 9.4 (Interface do voo), esse mecanismo de navegação deveria:

- evitar a colisão: as altitudes mínimas e máximas devem ser determinadas, conforme o relevo da região, para facilitar a condução do deslocamento. Para os mais experientes, pode ser possível alterar o teto de voo, por exemplo, ao pressionar a tecla “E”, seguida da tecla “+”;
- manter a estabilidade: para que o deslocamento transcorra em equilíbrio, deve haver restrições da velocidade, ângulo e altitude de voo. Uma alternativa é criar a sensação de diferentes densidades (viscosidades) do meio no qual se desloca. Exemplo: o meio mais denso, como o óleo, é indicado para os iniciantes, pois a capacidade de manobra é mais lenta. A viscosidade da água é intermediária, pois permite, comparativamente, uma forma de deslocamento mais flexível. A viscosidade do ar, finalmente, é recomendada para os usuários experientes, já que possibilita uma movimentação mais ágil;
- controlar a manobrabilidade: a alta capacidade de manobra do deslocamento, em verdade, é desconfortável para o usuário e é prejudicial à efetiva utilização da

ferramenta. No mais das vezes, o tipo de vôo desejado possui características de um dirigível, ou seja, baixa velocidade, resistência inercial aos movimentos de rotação e tempos de resposta lentos. Com estas características, complementares às já mencionadas para evitar a colisão, o usuário pode concentrar a atenção na observação e na interpretação dos elementos sobrevoados. Esses diferentes padrões de manobrabilidade podem ser oferecidos para distintas configurações usuário/propósito;

- inserir classes (legendar): tal como a legenda de um filme estrangeiro, a parte inferior da tela deve indicar, textualmente, o nome das classes da imagem de satélite sobre a qual o usuário se desloca. Uma alternativa para essa implementação consiste na adoção das seguintes etapas: 1) definir a rota (origem/destino); 2) traçar a linha que une os referidos pontos; 2) realizar a consulta espacial: intersecção linha/polígonos (rota/imagem classificada); 3) armazenar o nome das classes e as respectivas coordenadas; 4) exibir, na tela, uma “mira” que indique, conforme o deslocamento, o nome da classe cujas coordenadas coincidem com as do alvo (intersecção da mira com o terreno, conforme o ângulo de observação);
- traduzir simultaneamente os elementos (vocalização ou *text-to-speech*): transformar o texto, utilizado no mecanismo anterior, em sons. Ao invés de ler os nomes das classes na tela, seria possível ouvir a denominação das distintas classes que o usuário sobrevoa;
- alternar as imagens: a composição colorida pode ser substituída, sem que o vôo seja interrompido, pela imagem classificada. Ao acionar uma tecla, digamos a letra “I”, as imagens de datas e resoluções distintas também poderão ser visualizadas;
- inserir vetores: as teclas de atalho podem ser utilizadas também para inserir ou excluir planos de informações vetoriais. Dependendo do contexto, o “H” pode ser utilizado para hidrografia, “E” para estradas, “C” para curvas de nível, etc.;
- inserir legenda: a tecla de atalho dos *layers*, seguida da tecla “L”, pode introduzir os rótulos dos respectivos planos de informações.

A incorporação destas sugestões depende, em princípio, do aumento das capacidades de aquisição, transmissão e de processamento de dados. Deve ocorrer

conjuntamente ao desenvolvimento de interfaces capazes de integrar os consagrados mecanismos dos Sistemas de Informações Geográficas e a versátil capacidade de deslocamento do voo.

12 CONCLUSÕES

Considerando que a compreensão do significado do voo virtual, a correlação das suas características e a procura dos caminhos que ampliassem sua utilidade foram os objetivos que orientaram o desenvolvimento da pesquisa, a subdivisão do capítulo – a exemplo do anterior – obedecerá esta mesma estrutura.

12.1 Sobre o significado

O voo virtual deve ser considerado com um mecanismo interativo para visualização tridimensional de dados geográficos que opera no ambiente de um Sistema de Informações Geográficas. A convergência das funcionalidades do SIG e da versatilidade da visualização do voo virtual representa um grande potencial para a apresentação e a exploração de dados.

Contudo, essa integração deve ser ampliada para minimizar as dificuldades de manipulação do voo e de interpretação das representações da superfície terrestre. Essas restrições, no momento, limitam sua utilidade aos usuários especializados, ou seja, àqueles que possuem conhecimentos de Cartografia e de Sensoriamento Remoto.

Partiu-se da premissa de que o voo virtual é um método exploratório visual que utiliza recursos computacionais para ampliar a capacidade de apreensão das representações cartográficas. O estímulo para buscar novos pontos de vista e estabelecer padrões e relacionamentos entre os dados é uma das suas principais características.

Constatou-se, entretanto, que o principal elemento do voo virtual, a facilidade de deslocamento horizontal e vertical sobre as representações da superfície terrestre, pode ser desejável, mas não é imprescindível à exploração de dados. Aumentar a mobilidade do usuário e a variação dos seus pontos de vista não significa modificar o processo de análise dos dados. Como o usuário precisa conhecer as convenções representadas para que essas vantagens possam ser aproveitadas, são necessárias implementações para que as funções consagradas de análise dos SIGs sejam

adaptadas para simplificar a interpretação durante o voo (ver, por exemplo, a sugestão dos módulos de legenda e tradução simultânea, no item 11.4).

Considera-se o estabelecimento de um arcabouço teórico sobre o significado do voo virtual como a principal contribuição do trabalho. Seguiu-se o caminho oposto ao de parte dos pesquisadores que, segundo Meng (2003), empenham-se mais no aprendizado e desenvolvimento de aplicações das recentes tecnologias cartográficas do que na compreensão dos seus aspectos teóricos. Ao invés de somente testar um programa que permite o voo virtual, buscou-se também compreender o seu significado e as perspectivas da sua utilização, independentemente das limitações técnicas ou das características da interface do *software* utilizado.

Além desse arcabouço, uma metodologia para orientar a elaboração do voo foi proposta, bem como sistematizadas estratégias de voo. A estrutura do trabalho, conforme mencionado no item 10.1, reflete uma proposta metodológica para a implementação do voo. Assim, devem ser consideradas as funções e características relacionadas à: Cartografia, Interatividade, Metáfora, Escala, Ensino, Espaço, Modelagem de dados e *Software* (ver tabela 10).

As estratégias de voo foram propostas para ampliar e direcionar as funcionalidades do voo virtual. Considerando as dificuldades de orientação espacial, a quantidade de elementos temáticos dos planos de informação, a necessidade de conhecimentos básicos de Cartografia, a variedade de ângulos para a observação e a importância da criação de planos de atividades, devem ser progressivamente adotadas cinco tipos de estratégias: localização espacial, composição temática (2 e 3D), interpretação, enquadramento e roteiro (ver item 10.2).

12.2 Os elementos do voo virtual

Estão aqui listadas as principais conclusões sobre o relacionamento entre as características mais relevantes do voo virtual. Podem ser sintetizadas em:

- A etimologia do termo virtual é inadequada para caracterizar as representações digitais. Entretanto, como seu uso computacional está consagrado, é considerado útil para adjectivar este tipo de voo;

- É necessário que o usuário aprenda a ver, isto é, que possua experiência de associação dos estímulos retinianos aos símbolos visualizados. A falta ou a insipiência desse aspecto pode impedir ou dificultar a compreensão das representações cartográficas e das imagens de satélite;
- Uma imagem pode possuir muitos significados. Assim, é possível que ocorra uma ambigüidade no processo de comunicação. No caso do vôo, a associação da legenda ao mapa/imagem de satélite pode colaborar para determinar o seu significado;
- A Cartografia, o pensamento geográfico, a idealização gráfica e a inteligência espacial possuem aspectos comuns. Podem, de certa forma, ser interpretadas como distintas considerações a respeito da relação visual entre os símbolos;
- A interatividade demanda uma re-interpretação do sistema de comunicação geral. A bidirecionalidade da comunicação, isto é, a possibilidade do usuário combinar os planos de informação altera o sentido da relação: emissor, mensagem e receptor, ou seja, cartógrafo, mapa e usuário. Em decorrência, é necessário avaliar esse impacto nas bases teóricas da comunicação cartográfica, que está fundamentada no referido sistema;
- Existe uma consistente relação entre os níveis de interatividade e a escala de representação (participação/distância ou nível de detalhe). As escalas menores são utilizadas nos níveis mais baixos de interatividade, que possibilitam a visão geral ou do contexto. O uso de escalas sucessivamente maiores permite a realização de tarefas mais elaboradas, como as de comparação, ordenamento, filtro, extração, e estabelecimento da relação de causa/efeito;
- Os tipos de interatividade: exploratória, navegacional, expositiva, envolvente, operatória, reflexiva e acidental, citados na tabela 1, podem ser considerados como objetivos distintos do vôo;
- A metáfora cumpre um papel muito importante ao aproximar os extremos. No caso do vôo, possui a função de diminuir a complexidade das interfaces e das representações cartográficas. Facilita a compreensão dos comandos e das estratégias de vôo, e integra o conteúdo das representações dos formatos vetorial e *raster*, isto é, dos mapas e das imagens de satélite;

- O vôo pode ser utilizado por usuários jovens, com idade inferior a 14 anos, mas seu potencial será sub-utilizado. Eles podem voar, isto é, conduzir o vôo, mas, como nas crianças o desenvolvimento das relações espaciais projetivas e euclidianas ainda não se completou, as representações do vôo e as noções envolvidas na sua aplicação não serão entendidas nesta faixa etária;
- A expressão “só vemos o que conhecemos”, de Gombrich (1995), aplica-se ao vôo virtual. Para compreender e manipular as representações cartográficas do vôo são necessárias as seguintes noções: visão oblíqua e vertical, imagens bi e tridimensionais, ponto, linha e polígono, construção da noção de legenda, proporção e escala. No entanto, o vôo pode vir a ser utilizado para desenvolver esses referidos conceitos, desde que observadas as restrições etárias que limitam a compreensão das relações espaciais projetivas e euclidianas;
- Em determinadas circunstâncias, o mapa pode ser interpretado como um complemento à informação escrita ou textual. A facilidade de compreensão de um texto, comparada aos problemas para interpretar os símbolos cartográficos e para orientar o mapa colaboram para que a localização espacial seja, com mais frequência, requerida na forma escrita (texto) do que na gráfica (mapa). No caso do vôo virtual, a utilização de legendas e rótulos é imprescindível para sinalizar o deslocamento e facilitar a compreensão das representações;
- Esse tipo de *software* possui um forte apelo visual. Une as características lúdicas do vôo com o poder de atração das imagens de satélite. Essa conjunção cria um ambiente estimulante e interativo para a exploração e a apresentação de dados geográficos;
- A interface do vôo é considerada como um mecanismo interativo de apresentação visual de dados geográficos tridimensionais. Utilizada em associação com o SIG, permite “ver”, com maior facilidade, alguns fenômenos difíceis de serem percebidos bidimensionalmente e favorece o estabelecimento de padrões e de relacionamentos entre as entidades representadas;
- O vôo permite a junção das três abordagens espaciais do termo escala: a cartográfica, a de análise e a do fenômeno. Dependendo do contexto, este aspecto pode ser muito útil aos pesquisadores, pois permite a adoção da distância adequada para a análise do objeto estudado. Ainda que a visualização de um

elemento, em distintas escalas, não modifique a sua essência (ver referência no item 5.3), essa alternância de visualização enriquece o processo de análise, pois mostra uma fragmentação perceptiva do real, ou seja, diferentes quadros visuais desse mesmo elemento;

- O potencial de utilização do voo ainda está limitado por restrições tecnológicas. Contudo, o acesso ao aplicativo pela Internet também deve colaborar para difundir sua utilização. As habilidades necessárias ao voo deverão ser desenvolvidas na medida em que essas restrições forem diminuindo e consolidadas com o seu uso sistemático.

Entende-se que esse trabalho representa uma parcela teórica e inicial dos esforços para a compreensão dos avanços tecnológicos na área da Cartografia e dos Sistemas de Informações Geográficas. Entretanto, a continuidade da pesquisa é essencial para verificar, empiricamente, a aplicação do voo com variados segmentos de usuários.

12.3 O futuro do voo virtual

Mesmo que o voo virtual seja um instrumento especializado de exploração de dados, por conta das limitações tecnológicas atuais, seu potencial de utilização é muito grande. O aperfeiçoamento da infra-estrutura tecnológica de aquisição, transmissão e processamento de dados e o desenvolvimento de novas interfaces para o programa devem, em um período relativamente curto, solucionar a maioria das restrições relacionadas ao longo do trabalho.

As novas interfaces devem enfatizar os dois principais aspectos do voo: a interpretação das representações e imagens e o sistema de deslocamento, aumentando a integração entre os recursos do SIG e do voo. Conforme referência do item 11.4, é importante enriquecer o cenário sobrevoado, ou seja, aumentar as alternativas de visualização de imagens – como as classificadas, de épocas distintas, composições coloridas diferentes, etc. –, e de representações cartográficas – como alterar a textura ao inserir a altura dos elementos (edificações, vegetação, etc.) e gerar mapas temáticos –, além de agilizar a sua substituição, sem que haja interrupção do voo.

O sistema de navegação deve ser preparado para permitir que o usuário iniciante voe sem a necessidade de experiência prévia, garantindo uma grande estabilidade, ilustrada pela idéia de alteração da manobrabilidade do vôo, e evitando a colisão com o terreno, ao controlar o piso e o teto de vôo. Para os mais experientes, a inserção de legendas e de planos de informações vetoriais também deve ser implementada sem que seja necessário interromper o deslocamento.

Esse mecanismo de navegação também pode colaborar para facilitar a interpretação das imagens e representações sobrevoadas. A sugestão é que se desenvolva uma interface que permita informar sobre os elementos sobrevoados com texto e voz, ou seja, que o nome das entidades (classes) percorridas seja expresso: via textual, na parte inferior da tela do vôo; e via sonora, por meio de voz¹⁵⁵.

Em uma etapa posterior, sugere-se o desenvolvimento de um algoritmo de análise espacial que possa ser implementado durante o vôo, ou seja, que viabilize o realce de distribuições, padrões e concentrações de entidades geográficas no transcorrer do deslocamento.

Dessa forma, acredita-se que essa integração dos procedimentos de deslocamento e dos mecanismos de consulta espacial deve expandir, exponencialmente, as aplicações do vôo virtual, pois atenuará a maior restrição ao seu uso.

Do ponto de vista acadêmico, é possível supor alguns rumos para a continuidade da pesquisa. Os desdobramentos e as conseqüências do uso do vôo virtual devem continuar sendo objeto de estudos. Os aspectos mais relevantes são:

- desenvolver trabalhos sobre a sinalização da superfície terrestre, para facilitar a orientação espacial e a interpretação das representações do vôo virtual;
- criar projetos para avaliar, especificamente, as possibilidades de combinação das representações temáticas 2 e 3D;
- planejar experiências para verificar se a idade mínima para o vôo, proposta por Piaget; Inhelder (1993), ainda se mantém. É uma alternativa interessante, pois as diferenças entre os contextos escolares suíços e brasileiros, e a crescente utilização de meios eletrônicos e jogos na infância e na adolescência, podem alterar os resultados da pesquisa realizada nas décadas de 1950 e 1960;

¹⁵⁵ Ver mais detalhes no item 11.4 - Perspectivas futuras do vôo.

- aprofundar as pesquisas do impacto da interatividade sobre o sistema geral de comunicação e as implicações teóricas para a Cartografia;
- explorar a relação entre os níveis de interatividade e a escala. A correlação entre a participação e o nível de detalhe pode colaborar não só para o aperfeiçoamento das interfaces, mas contribuir para a consolidação teórica da Cartografia, mais especificamente da visualização cartográfica.

ANEXOS

Anexo I: Figuras relacionadas às concepções recentes da Cartografia

Anexo II : Figuras e tabelas sobre a interatividade

Figura 10

Figura 11

Interatividade	Descrição
Exploratória	Na qual o participante está explorando e buscando informações sobre as aplicações, estruturas e operações.
Navegacional	Na qual o usuário escolhe os seus caminhos ou seleciona opções em um menu.
Expositiva	Na qual o participante observa a exposição dinâmica de informações (aula, palestra, etc.).
Envolvente	Na qual o usuário propositalmente se envolve em um conjunto de ações para atingir determinado objetivo.
Operatória	Na qual o participante manipula ativamente os conteúdos para atingir um objetivo.
Reflexiva	Na qual o usuário discute aspectos das suas experiências com o observador.
Acidental	Na qual o participante inicia uma interação para a qual o programa não está preparado para responder.

Tabela 1: Classificações dos tipos de interatividade (Sims, 2000)

Classificação de tarefas por tipo de dado	
Tipos de dados	Exemplos
Dados lineares (1D)	Textos, documentos, códigos-fonte de programas, lista alfabética de nomes, etc.
2D	Mapas topográficos e temáticos, plantas, <i>layout</i> de jornais.
3D	Representações tridimensionais.
Temporais	Linhas do tempo, animações, representações da evolução de fenômenos.
Multidimensionais	Representação das informações de bancos de dados e estatísticas, onde itens com n atributos se tornam pontos num espaço n -dimensional.
Árvore	Coleções de dados hierárquicos, nas quais as ligações entre os itens e seus descendentes estão conectadas a vários atributos.
Rede	Representações de relacionamentos que não podem ser associados através de estrutura hierárquica
Tarefas	
Overview	Permitir uma visão geral das coleções de dados textuais.
Zoom	Possibilitar o afastamento/aproximação de dados 2 e 3D.
Filtro	Viabilizar a consulta estruturada ao banco de dados.
Detalhamento	Permitir a seleção de itens e a obtenção de mais detalhes sobre eles.
Relacionamento	Possibilitar a visualização dos relacionamentos entre os itens representados.
Histórico	Viabilizar o armazenamento do histórico das ações para permitir: desfazer (<i>undo</i>), refazer (<i>replay</i>) e refinar progressivamente.
Extração	Permitir que o usuário imprima, copie, salve e exporte os dados manipulados.

Tabela 2: Classificação das tarefas por tipo de dado (Shneiderman, 1998)

Interação com a representação dos dados	Interação com a dimensão temporal
Iluminação	Navegação
Ponto de vista (câmera)	Vão
Orientação dos dados	Avanço/recuo
Zoom	Ordenamento
Re-escalonamento	
Mudança dos símbolos	
Interação com os dados	Interação contextualizada
Consulta ao banco de dados e exploração dos dados	Múltiplas visadas
Refinamento (limpeza) estatístico, geográfico e temporal	Arranjo dos <i>layers</i>
Filtragem (exclusão)	Justaposição de janelas
Destaque dos dados (inclusão)	Conexão

Tabela 3: Tipos de interatividade (Crampton 2002)

Anexo III: Roteiro para interpretação visual de imagens de satélite

Um exemplo de roteiro para a interpretação dos Mosaicos de Imagens do Satélite Landsat, obtido da EMBRAPA (2001),¹⁵⁶ baseia-se na considerável semelhança entre as cores verdadeiras da paisagem e as imagens Landsat TM, na composição das bandas 5, 4 e 3. Os principais padrões de cores, texturas e formas são:

- As florestas tropicais densas aparecem com diferentes tonalidades de verde (desde o verde escuro até tons mais amarelados), apresentando padrões texturais lisos ou rugosos, dependendo da uniformidade do dossel;
- Os reflorestamentos apresentam padrões de cor mais escuros e textura mais lisa do que as áreas de florestas naturais, devido à sua composição florística e seu dossel extremamente uniforme e contínuo;
- Remanescentes florestais podem aparecer como "ilhas verdes" (parques, áreas indígenas) em áreas parcialmente ou bastante degradadas;
- No caso das florestas e formações inundáveis, as tonalidades podem ser bastante escuras, em função da presença de grande quantidade de água;
- Cerrados, campo cerrado e cerradão: apresentam um padrão textural com menos rugosidade do que as áreas florestais e uma tonalidade rósea a avermelhada. É possível confundir com pastagens;
- Mangues e ecossistemas costeiros: apresentam uma tonalidade verde escuro, bastante acentuada. Restingas e áreas de avanço e recuo das marés ou dunas de areia apresentam padrões análogos aos do solo nu (tonalidades róseas e brancas);
- Culturas intensificadas, áreas irrigadas e pastagens de alta produtividade aparecem com uma tonalidade verde claro, bem luminoso. A forma e a regularidade dos polígonos é um indicativo do tipo de cobertura, como no caso de projetos de irrigação (círculos delimitados pelos pivôs de irrigação);
- Grandes culturas mecanizadas e áreas desmatadas apresentam padrões lineares e formas geométricas bem definidas, contrastantes com seu entorno, como no caso dos plantios de soja e algodão;

¹⁵⁶ Disponível em: < <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/inte.htm> > Acesso em: 21 fev. 2005.

- Áreas desmatadas, solos preparados para o plantio e culturas em estágio precoce de desenvolvimento apresentam diferentes tonalidades de rosa e vermelho e formas geométricas muito regulares;
- Solo nu: na ausência de vegetação, a natureza do substrato também contribui na cor. As areias quartzosas e arenitos marcam a imagem com tonalidades cinzas e brancas. As áreas de solo nu, em substrato cristalino, aparecem em diferentes tonalidades de rosa;
- Afloramentos rochosos, pães de açúcar e áreas de cobertura vegetal com marcada influência da sazonalidade também apresentam padrões avermelhados nas estações secas;
- Cidades e aglomerações urbanas também aparecem em rosa e avermelhadas. É possível identificar (dependendo da resolução) a rugosidade ou a regularidade dos quarteirões e ruas, com um alinhamento geométrico;
- Rios, lagos, represas e açudes variam em tonalidades que vão do preto ao azul claro. Os tons mais escuros caracterizam as águas mais límpidas, nas quais há pouca reflexão da luz solar (os raios penetram e praticamente não são refletidos). As variações entre o azul e o azul claro indicam maior quantidade de material particulado em suspensão (ex.: argilas). Os açudes aparecem geralmente como pequenos pontos pretos nas imagens;
- Áreas queimadas aparecem em preto ou em tonalidades muito escuras;
- Nuvens aparecem em branco, como pequenos flocos de algodão. São acompanhadas de manchas pretas nas proximidades, que correspondem à sombra da nuvem no terreno. Quando são mais azuladas, indicam plumas de fumaça de queimadas, que ocorrem próximas às frentes de fogo ativas;
- Estradas são identificadas, geralmente, pelo padrão retilíneo e espessura uniforme. Os desmatamentos que ocorrem em seu entorno, geram uma superfície alterada de maiores dimensões (rosa ou avermelhada), evidenciando seu traçado.

Anexo IV: Modelo conceitual de dados

Segundo Heuser (1988), o modelo conceitual é definido como o repositório central da descrição dos dados, que contém todas as informações relevantes sobre o problema ao qual se refere. Estas informações possuem uma representação gráfica que as torna compreensíveis para toda a equipe ligada ao projeto, embora não haja, nesta fase, preocupação com a implementação física dos dados, *software* ou *hardware*.

As duas principais formas de planeamento da estrutura de um banco de dados são: a Entidade-Relacionamento (E-R) e a Orientada ao Objeto (O-O).

Modelo de dados Entidade-Relacionamento (E-R)

O modelo Entidade-Relacionamento foi proposto por Peter Chen, em 1976. Tornou-se muito popular, pois possui uma representação gráfica simples e de fácil compreensão a todos os integrantes do desenvolvimento do sistema.

Segundo Chen (1990), pode-se definir uma entidade¹⁵⁷ como algo que pode ser distintamente identificado e que é relevante para o sistema. Pode estar associada a um elemento concreto, como um imóvel, ou a uma ação abstrata, como a sua transação de compra e venda.

Cada propriedade particular que descreve uma entidade é denominada de atributo¹⁵⁸ e o seu conteúdo é chamado de valor. A entidade Proprietário do Imóvel, por exemplo, pode ser representada pelo nome, CIC, endereço, entre outros. Nesse caso, um exemplo de valor, dos respectivos atributos, pode ser: Maria Auxiliadora da Silva, 022.812.766-09, Rua dos Javaés, 201. Como uma entidade pode possuir inúmeros atributos, pode ser necessário utilizar um outro esquema para identificá-las. O atributo escolhido para caracterizar a entidade, de forma absoluta, é denominado como identificador de entidade ou chave primária.

Uma chave primária, assim como o número da placa de um automóvel, identifica univocamente cada entidade. Quando existirem mais do que um atributo

¹⁵⁷ Os conjuntos de entidades são representados, graficamente, por retângulos e os conjuntos de entidades fracas, por retângulos duplos.

¹⁵⁸ Os atributos são representados por elipses. Os atributos que formam a chave do conjunto de entidades terão seus nomes sublinhados.

considerado chave, eles serão denominados de chaves candidatas. O atributo que for escolhido como identificador será chamado de chave primária. Caso o conjunto de entidades não possua atributos suficientes para formar uma chave primária, será denominado conjunto de entidades “fraco”, em oposição ao conjunto que possuir uma chave primária, caracterizado como “forte”.

No modelo E-R, as associações que existem entre as entidades são denominadas de relacionamentos¹⁵⁹ (figura 43). Os conjuntos de entidades Imóvel e Proprietário podem estar associados pelo relacionamento “Possui” (um proprietário possui um imóvel). O conjunto de relacionamentos pode ou não possuir atributos próprios, mas sempre conterá as chaves primárias das entidades relacionadas. Por exemplo: o relacionamento “Possui” terá como atributos as chaves primárias das entidades Imóvel e Proprietário.

Figura 43: Exemplo de diagrama E-R para Cadastro de Imóveis

Fonte : Fortes (1998)

A forma de associação entre as entidades é denominada de cardinalidade. Ela expressa o número de entidades envolvidas no relacionamento. Os três tipos possíveis são:

- um para um (1:1): uma entidade está associada a apenas uma ocorrência da entidade relacionada. Exemplo: um proprietário só possui um imóvel. Neste caso a chave primária poderá ser tanto a chave Imóvel quanto a chave Proprietário;

¹⁵⁹ Os losangos representam os conjuntos de relacionamentos entre os conjuntos de entidades. Relacionamentos, Entidades e atributos são ligados por segmentos de reta.

- um para muitos (1:N): a ocorrência de um conjunto de entidades pode estar associada a muitas ocorrências do conjunto de entidades relacionadas. Exemplo: um proprietário pode possuir inúmeros imóveis e um imóvel pode pertencer a apenas um proprietário. Aqui, a chave primária deste relacionamento será o conjunto de entidades Imóvel, pois um imóvel pode ter apenas um proprietário;
- muitos para muitos (N:M): muitas ocorrências de uma entidade podem estar associadas a muitas ocorrências da entidade relacionada. Exemplo: um proprietário possui vários imóveis e um imóvel pode pertencer a inúmeros proprietários. A chave do relacionamento será composta pela chave do conjunto de entidades Imóvel, mais a chave de entidades Proprietário.

Modelo E-R estendido

De acordo com Korth; Silberschatz (1995), as extensões do modelo E-R foram criadas para contemplar a modelagem de dados espaciais. Como o modelo original era incapaz de tratar as informações geográficas, foram introduzidos novos conceitos, com os de: generalização, especialização e agregação, descritos a seguir.

- generalização: é um relacionamento de conteúdo que une entidades de nível inferior. É o produto da união entre dois ou mais conjuntos de entidades de nível inferior, produzindo um conjunto de entidades de nível superior. É utilizada para enfatizar as semelhanças e ocultar as diferenças entre as entidades de nível superior. Está associada ao conceito de herança de atributo, onde um conjunto de entidades de nível inferior possui os atributos herdados do conjunto de entidades de nível superior, mais seus atributos próprios. É representado graficamente por um pentágono;
- especialização: é o inverso da generalização. Especialização é um refinamento, enquanto generalização é uma síntese. É o produto da ação de tomar um subconjunto de entidades de nível superior e torná-la um conjunto de entidades de nível inferior. O conjunto de atributos da entidade de nível superior é herdado pelo conjunto de entidades de nível inferior;
- agregação: é a solução para expressar relacionamentos entre relacionamentos, eliminando a limitação do modelo E-R. Consiste numa abstração pela qual os relacionamentos são tratados como entidades de nível superior.

Modelo de dados Orientado ao Objeto (O-O)

De acordo com Câmara *et al.* (1996), neste tipo de modelo um objeto é uma instância de uma classe e caracteriza-se pelo seu estado, que é o conjunto de valores de atributos, e pelo seu comportamento, que é o conjunto de operações ou métodos que podem ser aplicados ao objeto.

Segundo Korth; Silberschatz (1995), o paradigma deste modelo de dados é baseado no encapsulamento do código e dos dados em uma única entidade, chamada objeto. A ligação entre o objeto e o restante do sistema ocorre por meio de mensagens.

Os mecanismos básicos da orientação ao objeto são: objetos, mensagens, métodos, classes, instâncias e hereditariedade (Winblad *et al.*, 1993), descritos a seguir:

- objetos: são módulos que contêm dados e instruções para operar sobre esses dados. No seu interior estão números, matrizes, *strings*¹⁶⁰ e registros, além de funções, instruções e sub-rotinas. Da perspectiva do programador, os objetos são módulos de uma aplicação que trabalham juntos para oferecer uma funcionalidade global;
- mensagem: é uma forma de solicitação para que o objeto se comporte de determinada maneira (diferentemente dos sistemas tradicionais, os objetos possuem a habilidade para agir). O conjunto de mensagens é denominado de protocolo;
- método: a maneira como o objeto se comportará, ao receber uma mensagem, é chamada de método. Eles trabalham em resposta às mensagens, manipulam os valores das variáveis de instância e podem enviar mensagens a outros objetos, requisitando ações ou informações;
- classe: é a descrição de um conjunto de objetos semelhantes. Consiste nos métodos e nos dados que resumem as características comuns de um conjunto de objetos. As classes contêm os moldes para a criação de objetos (um objeto é instância de uma classe). Uma classe pode resumir os elementos comuns para um

¹⁶⁰ *String* significa uma sequência de caracteres.

conjunto de subclasses. Essas subclasses também são chamadas de classes derivadas. Os termos “pai” e “filho” são utilizados para indicar a relação entre uma classe e uma subclasse. As classes pai estão localizadas acima das classes filho e as classes mais altas da hierarquia são chamadas de superclasses;

- instância: cada objeto de uma dada classe é chamado de instância dessa classe;
- hereditariedade: é o mecanismo de compartilhamento automático de métodos e dados entre classes e objetos. Essa característica estrutura os programas orientados ao objeto como taxonomias, árvores ou hierarquias de classes, que, por meio das subclasses, se tornam mais específicas.

Modelo de dados lógico

Segundo Elsmari; Navathe (1994), os modelos lógicos, também chamados de representacionais, são aqueles que se localizam entre os modelos de alto e baixo níveis, isto é, utilizam conceitos que podem ser entendidos pelos usuários finais (alto nível ou conceitual), mas que também estão próximos da forma como eles são organizados no computador (baixo nível ou físico). Os principais tipos de modelos lógicos, descritos a seguir, são: o relacional, o de redes e o hierárquico (figura 44).

Figura 44: Diferentes estruturas de dados

Fonte Chen (1990)

Modelo de Redes

Nesse modelo, os dados são representados por coleções de registros e os seus relacionamentos são expressos por ligações. Cada registro é uma coleção de campos (atributos) contendo apenas um valor.

Num diagrama de estrutura de dados, que representa um esquema de banco de dados, os registros são grafados por retângulos e as ligações são expressas por linhas.

De maneira geral, os conjuntos de entidades são mapeados¹⁶¹ como tipos de registros e os relacionamentos são representados como ligações. O relacionamento 1:1 é representado por setas, inseridas nas extremidades da linha de ligação. O relacionamento 1:N é representado por uma seta na extremidade oposta da linha onde podem ocorrer as N instâncias do tipo de registro. O relacionamento N:M é representado somente por uma linha, sem setas nas extremidades.

Modelo hierárquico

Os dados são representados como estruturas de árvores hierárquicas. Cada registro é uma coleção de campos (atributos), cada um dos quais contendo apenas um valor de dado, conectados por associações (ligação entre dois registros).

A representação do modelo hierárquico é idêntica a do modelo de redes, por intermédio de retângulos (entidades) e linhas (relacionamentos). O que os diferencia é a organização dos registros e relacionamentos. Da mesma forma, o mapeamento de um conjunto de entidades é realizado por tipos de registros e os relacionamentos são mapeados em ligações.

No modelo hierárquico, os tipos de registros são organizados na forma de uma árvore. Os relacionamentos possíveis entre pai e filho (níveis acima e abaixo) são: relacionamento 1:1 – o tipo de registro pai possui apenas um tipo de filho (setas nas duas direções); relacionamento 1:N – o tipo de registro pai possui mais do que um tipo de registro como filho (seta na direção do registro pai).

¹⁶¹ De acordo com Date (1986), o termo mapeamento é utilizado para determinar a correspondência entre os objetos representados em diferentes níveis (ex.: conceitual, interno).

Modelo Relacional

O conceito teórico de modelo relacional foi proposto por E.F. Codd, em 1970, sendo posteriormente implementado em um grande número de sistemas comerciais, como o *Dbase*, *Oracle*, *SQL*, *Acess*. Nesse modelo, os dados e os seus relacionamentos são representados por tabelas, cada qual com um nome e um número determinado de linhas e colunas.

Uma das características importantes desse modelo é que a ordem das colunas, assim como a das linhas, não é importante, ou seja, a sua alteração não modifica o conteúdo dos dados. As principais restrições desse modelo estão relacionadas aos valores dos atributos (cada atributo possui um único valor), do tipo de valor e denominação das colunas (cada coluna tem o mesmo tipo de valor, ex.: inteiro, texto, etc.; e cada coluna possui um único nome) e a impossibilidade da existência de duas linhas idênticas.

A transformação do modelo Entidade-Relacionamento (conceitual) para o modelo relacional (lógico) requer o conceito de normalização. De acordo com Kroenke (1995), consiste num processo de organização de dados para eliminar problemas decorrentes da atualização, inserção e eliminação de dados, causados pela falta de independência entre eles.

Segundo Setzer (1986), o conceito de normalização foi apresentado por E. F. Codd, em 1970, e detalhado em 1972. O procedimento para evitar anomalias, como a redundância nos dados, é a adoção das formas normais (FN), denominadas por 1FN, 2FN, 3FN, 4FN, 5FN. Significa que, se uma tabela está na 2FN, então também está na 1FN. Se uma tabela está na 3FN, então também estará presente nas 1FN e 2FN.

De acordo com Fortes (1998), uma tabela¹⁶² só está na primeira forma normal se não possuir grupos repetitivos, isto é, mais de um valor para um único atributo. Um exemplo desse conceito pode ser observado numa tabela denominada Proprietário, que contém o atributo Telefone do Proprietário. Se um Proprietário possuir mais do que um telefone, haverá dois valores para o mesmo atributo (grupo repetitivo), fato que o modelo relacional não suporta. Para que a tabela permaneça na 1FN, é necessário que exista somente um registro de telefone para cada proprietário.

¹⁶² Conforme Stamper; Price (1990), os termos tabela e relação; coluna e atributo; linha e tupla são utilizados como sinônimos no modelo relacional.

Se houver dois ou mais de números de telefone para um único proprietário, o atributo Telefone do Proprietário transforma-se em tabela, passando para a 2FN. Assim, a tabela Proprietário deverá ser decomposta em duas: Proprietário e Telefone do Proprietário, num relacionamento 1:N ou até N:M.

Essa decomposição de tabelas gera uma redundância nos dados. Conforme mencionado, esse tipo de anomalia se transforma em problema, particularmente quando são executados procedimentos de atualização, inserção e eliminação de dados. Para atualizar o Telefone do Proprietário é necessário pesquisar todas as ocorrências onde exista o atributo. A modificação numa única tabela pode gerar inconsistência dos dados.

O conceito de forma normal está ligado ao de dependência funcional, que consiste, basicamente, no relacionamento entre os atributos. Se o valor de um atributo é conhecido, é possível resgatar os valores de outros atributos da mesma linha do banco de dados. Um exemplo prático dessa dependência é ilustrado pela possibilidade de obter o Nome da Rua, caso se conheça o Número do Imóvel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. Trad. Alfredo Bosi. São Paulo: Martins Fontes. 2000. 1014p.

ALMEIDA, R.D.; PASSINI, E.Y. **O espaço geográfico: ensino e representação**. 5. ed. São Paulo: Contexto. 1994. 90p.

ARISTÓTELES 384-322 a.c. **Os Pensadores**. São Paulo: Nova Cultural. 2000. v.4. 315p.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. Trad. Leonel Vallandro. Porto Alegre: Globo. 1969. 311p.

ASCHE, H.; HERRMANN, C.M. Designing interactive maps for planning and education. In: MACEACHREN, A.; TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.215-242.

BARTHES, R. **O óbvio e o obtuso: ensaios críticos**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1990. 284p.

BENEDIKT, Michael. Cityspace, cyberspace, and the spatiology of information. In: NEW URBANISM SYMPOSIUM. Princeton. 1992. **Anais eletrônicos**. Princeton School of Architecture and Planning, Princeton, New Jersey. Disponível em: < http://www.utexas.edu/architecture/center/benedikt_articles/cityspace.html >. Acesso em: 21 fev. 2005.

BERTIN, J. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Mouton. 1967. 431p.

BERTIN, J. Ver ou ler. **Seleção de Textos AGB: Cartografia temática**. v.18, p.51-65, 1988.

BETTANINI, T. **Espaço e ciências humanas**. Trad. Liliana Laganá Fernandes. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1982. 157p.

BLACK, M. More about metaphor In: ORTONY, A. **Metaphor and thought**. New York: Cambridge University Press. 1988. p.19-43.

BOARD, C. Maps as models. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (eds) **Models in Geography**. London: Methuen & Co. Ltd., 1971. p.671-725.

BOOTH, W.C. A metáfora como retórica: o problema da avaliação. In: SACKS, S. **Da metáfora**. Trad. Leila Cristina Darin *et al.* São Paulo: EDUC/Pontes. 1992. p. 53-75.

BRADEN, R.A. Visual Literacy. In: JONASSEN, D.H. **Handbook of research for educational communications and technology**. New York: Macmillan. 1996. p.491-

520. Disponível em:

<http://sage.sdsu.edu/compswiki/uploads/CompsWiki/Visual_Literacy.pdf> Acesso em: 21 fev. 2005.

BRANDÃO, R. O. **As figuras de linguagem**. São Paulo: Ática. 1989. 92p.

BUÑUEL, L. **Meu último suspiro**. Trad. Rita Braga. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1982. 363p.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press. 1986, 193p.

CÂMARA, G. *et al.* **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Instituto de Computação/UNICAMP. 1996. 193p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da Geoinformação. **Geografia**, v.28, n.1, p.83-96, 2003.

CARD, S.K.; MACKINLAY, D.J.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. San Francisco: Academic Press. 1999. 686p.

CARROLL, J.M.; MACK, R.L.; KELLOGG, W.A. Interface metaphors and user interface design. In: HELANDER, M. **Handbook of human-computer interaction**. North-Holland. 1990. p.67-85.

CARTWRIGHT, W. *et al.* Geospatial information visualization user interfaces issues. **Cartography and Geographical Information Systems (CaGIS)**, v.28, n.1, 1-19. 2001.

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. p.117-140.

CHAUÍ, M *et al.* **Primeira filosofia: lições introdutórias**. 4. ed. São Paulo: Brasiliense. 1995. 310p.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia**. 12. ed. São Paulo: Ática. 2002. 440p.

CHEN, P. **Modelagem de dados: a abordagem Entidade-Relacionamento para projeto lógico**. São Paulo: Makron Books. 1990. 80p.

CLARK, R. Reconsidering research on learning from media. **Review of Educational Research**. v.53, p. 445-459, 1983.

COHEN, T. A metáfora e o cultivo da intimidade. In: SACKS, S. **Da metáfora**. Trad. Leila Cristina Darin *et al.* São Paulo: EDUC/Pontes. 1992. p. 7-17.

COLLONA, J.F. Scientific display: a means of reconciling artists and scientists. In: PICKOVER, C.A.; TEWKSBURY, S.K. **Frontiers of scientific visualization**. New York: John Wiley & Sons. 1994. 181-211.

COUCHOT, E. **A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual**. Trad. Sandra Rey. Porto Alegre: UFRGS Editora. 2003. 319p.

COUCLELIS, H. Worlds of information: the geographic metaphor in the visualization of complex information. **Cartography and Geographic Information Systems**, v.25, n.4, p.209-220, 1998.

CRAMPTON, J.W. Interactivity types in Geographic Visualization. **Cartography and Geographic Information Science**, v.29, n.2, p.85-98. 2002.

CRAMPTON, J.W. The convergence of spatial technologies. **Cartographic Perspectives**, v.30, p.3-5. 1998.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **Psicologia da felicidade**. Trad. Denise Maria Bolanho. São Paulo: Saraiva. 1992. 423p.

D'ALGE, J.C.L.; GOODCHILD, M.F. Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento e SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Salvador, 1996. **Anais**. Salvador. v.1, p.147-151. em CD-ROM.

DATE, C.J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. 4. ed. Rio de Janeiro. Campus. 1986. 511p.

DAVIDSON, D. O que as metáforas significam. In: SACKS, S. **Da metáfora**. Trad. Leila Cristina Darin *et al.* São Paulo: EDUC/Pontes. 1992. p. 35-51.

DIAS, C. **Usabilidade na Web: criando portais mais acessíveis**. Rio de Janeiro: Altabooks. 2003. 296p.

DIAS, L.C. Redes: emergência e organização. In: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. p.141-162.

DIBIASE, D. Visualization in the earth sciences. **Earth and Mineral Science**. v.59, n.2. 1990.

DOLLE, J.M. **Para compreender Jean Piaget: uma iniciação à Psicologia Genética Piagetiana**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar. 1978. 202p.

DOMINGUES, D.G. **O uso de metáforas na computação**. 2001. 159p. Dissertação (Mestrado). Escola de Comunicação de Artes, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

DUTRA, L.H. de A. **Epistemologia da aprendizagem**. Rio de Janeiro: DP&A. 2000. 131 p.

DYKES, J.A.; MOORE, K.M.; FAIRBAIRN, D. From Chernoff to Imhof and beyond: VRML and cartography. In: ACM SIGGRAPH Symposium on virtual reality modeling language, 4. **VRML'99**. Paderborn Alemanha. 1999. p.99-104.

ELSMARI, R.; NAVATHE, S.B. **Fundamentals of database system**. 3. ed. Massachussets: Addison-Wesley. 1994. 1036p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil visto do espaço** (2001). Disponível em: < <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/inte.htm> > Acesso em: 21 fev. 2005.

ERICKSON, T.D. Working with interface metaphors. In: LAUREL, B. **The art of human interface design**. Massachusetts: Addison-Wesley. 1996. p.65-71.

FABRIKANT, S.I. Evaluating the usability of the scale metaphor for querying semantic information spaces. In: **Spatial information theory: foundations of Geographic Information Science**. Conference on Spatial Information Theory (COSIT '01). Lecture Notes in Computer Science 2205. MONTELLO, D. R. (ed.). Berlin: Springer Verlag. 2001. p.156-171. Disponível em: <http://www.geog.ucsb.edu/~sara/html/research/cosit01/fabrikant_cosit01.pdf> Acesso em: 21 fev. 2005.

FAIRBAIRN, D. *et al.* Representation and its relationship with Cartographic Visualization. **Cartography and Geographic Information Science**, v.28, n.1, 13-28. 2001.

FERGUSON, E.S. The mind's eye: nonverbal thought in technology. **Science**. v. 197, n.4306, p.827-836. 1977.

FIDALGO, A. **Semiótica, a lógica da comunicação**. 1998. Disponível em: < <http://www.bocc.ubi.pt/pag/texto.php3?html2=fidalgo-antonio-logica-comunicacao.html> > Acesso em: 21 fev. 2005

FORTES, L.R.G.M. **Processo de modelagem de dados em sistema de informação geográfica**. 1998. 211p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

FURNAS, G.W. The fisheye view: a new look at structured files. In: CARD, S.K.; MACKINLAY, D.J.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. San Francisco: Academic Press. 1999. p.312-330.

GARDNER, H. **Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas**. Trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas. 1994. 340p.

GARDNER, H. ; WINNER, E. O desenvolvimento da competência metafórica: implicações para as disciplinas humanísticas. In: SACKS, S. **Da metáfora**. Trad. Leila Cristina Darin *et al.* São Paulo: EDUC/Pontes. 1992. p. 127-144.

GERSHON, N. From perception to visualization. In: ROSENBLUM, L. *et al.* **Scientific visualization: advances and challenges**. Hong Kong: Academic Press. 1994. 129-139.

GIRARDI, G. **Cartografia Geográfica : considerações críticas e proposta para ressignificação de práticas cartográficas na formação do profissional em geografia**. 2003. 193p. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003

GOLLEDGE, R. Thinking spatially. **Directions Magazine**. 12 jan. 2003. Disponível em: < http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=277 > Acesso em: 21 fev. 2005.

GOMBRICH, E.H. **Arte e ilusão: um estudo da psicologia da representação pictórica**. Trad. Raul de Sá Barbosa. São Paulo: Martins Fontes. 1995. 473p.

GOODCHILD, M.; EGENHOFER, M.J.; FEGEAS, R. Interoperating GISs: Panel on computational implementations of geographic concepts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE & WORKSHOP ON INTEROPERATING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS. Santa Bárbara, 1997. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/interop97/report.html#section1>> . Acesso em: 21 fev. 2005.

GOODCHILD, M.F.; QUATTROCHI, D.A. Scale, multiscaling, remote sensing and GIS. In: QUATTROCHI, D.A.; GOODCHILD, M.F. **Scale in remote sensing and GIS**. Boca Raton: Lewis Publishers. 1997. p.1-11.

GREEN, D.; BOSSOMAIER, T.; **Online GIS and Spatial metadata**. New York: Taylor & Francis. 2002. 222 p.

GRIMAL, P. **Dicionário da mitologia grega e romana**. 2. ed. Trad. de Victor Jabouille. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1993. 554p.

HAESBAERT, R. Desterritorialização: entre as redes e os aglomerados de exclusão. In: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. p.165-205.

HANNOUN, H. **El niño conquista el medio**: las actividades exploratorias em la escuela primaria. Buenos Aires: Kapelusz. 1977.

HANSON, A.J. ; WERNERT, E. Constrained 3D navigation with 2D controllers. Indiana University Computer Science Technical Report. 1997. **Anais eletrônicos**. Disponível em: < <http://www.cs.indiana.edu/cgi-bin/techreports/TRNNN.cgi?trnum=TR479> > Acesso em: 21 fev. 2005.

HELANDER, M. **Handbook of human-computer interaction**. Amsterdam; New York: North-Holland. 1990. 1167p.

HESSSEN, J. **Teoria do conhecimento**. 8. ed. Trad. António Correia. Coimbra: Arménio Amado. 1987. 206p.

HEUSER, C.A. **Modelagem conceitual de sistemas**. Buenos Aires: EBAI, Kapelusz. 1988. 94p.

HIRTLE, S.C. The cognitive Atlas: using GIS as a metaphor for memory. In: EGENHOFER, M.J.; GOLLEDGE, R.G. **Spatial and temporal reasoning in Geographic Information Systems**. New York: Oxford University Press. 1998. p.263-271.

JAKOBSON, R. **Lingüística e comunicação**. Trad. Izidoro Blikstein e José Paulo Paes. São Paulo: Cultrix. 2003. 162p.

JONASSEN, D. **Instructional Designs for microcomputer courseware**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass. 1988, 456 p.

KANAKUBO, T. The development of contemporary cartography. The science reports of the Tohoku University, 7th series. **Geography**, v.40, n.1, p.1-19. 1990.

KAY, A. User interface. In: LAUREL, B. **The art of human interface design**. Massachusetts: Addison-Wesley. 1996. p. 191-207.

KLASTRUP, L. Paradigms of interaction: conceptions and misconceptions of the field today. **Dichtung Digital**. 4. 2003. Disponível em: <<http://www.dichtung-digital.org/2003/issue/4/klastrup/index.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

KORTH, H. F.; SILBERSCHATZ, A. **Sistemas de bancos de dados**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 754p.

KOSMA, R.B. Learning with media. **Review of Educational Research**. v. 61, n. 2, p. 179-211. 1991.

KROENKE, D.M. **Database processing: fundamentals, design, and implementation**. 5. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1995. 606p.

KRYGIER, J.B.; REEVES, C.; DIBIASE, D.; CUPP, J. Multimedia in geographic education. **Journal of Geography in Higher education**, v.21, n.1, 1997. p.17-39.

KUETHE, J.L. **O processo ensino aprendizagem**. Trad. Leonel Vallandro. Porto Alegre: Globo. 1974. 191p.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva. 1978. 257p.

KUHN, W. Metaphors create theories for users. In: FRANK, A.U.; CAMPARI, I. **Spatial Information Theory**. Lecture notes in computer science. 1993. v. 716, p.336-376.

LACOSTE, I. Os objetos geográficos. **Seleção de Textos AGB: Cartografia temática**. v.18, p.1-16, 1988.

LAKOFF, G. ; JOHNSON, M. **Metáforas de vida cotidiana**. Campinas: Pontifícia Universidade Católica – EDUC. 2002. 360 p.

LAUREL, B. **The art of human interface design**. Massachusetts: Addison-Wesley. 1996. 523p.

LEACH, E. **Cultura e comunicação: a lógica da conexão dos símbolos**. Trad. Elisabete Nunes. Lisboa: Edições 70. 1992. 142p.

LEITE, M.L.M. Texto visual e texto verbal. In: FELDMAN-BIANCO, B.; LEITE, M.L.M. **Desafios da imagem: fotografia, iconografia e vídeo nas ciências sociais**. Campinas: Papirus. 1998. p.37-49

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 12. re-impressão. São Paulo: Editora 34, 2002. 203p.

LÉVY, P. **O que é virtual?** 6. re-impressão. São Paulo: Editora 34, 2003. 157p.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em questão** Instituto de Geografia/USP. v.1. 14p. 1971.

LONGLEY, P.A. *et al.* **Geographic information systems and science**. John Wiley & Sons. Chichester. 2001. 454p.

MACEACHREN, A.M.; GANTER, J.H. A pattern identification approach to cartographic visualization. **Cartographica**, v.27, n.2, p. 64-81. 1990.

MACEACHREN, A.M.; KRAAK, M.J. Research challenges in geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, v.28, n.1, 3-12. 2001.

MACEACHREN, A.M.; MONMONIER, M. Introduction. **Cartography and Geographic Information Systems**, v.19, n.4, p.197-200. 1992.

MACEACHREN, A.M. Application of environmental learning theory to spatial knowledge acquisition from maps. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 82, n.2, p.245-274. 1992.

MACEACHREN, A.M. Visualization in modern Cartography: setting the agenda. In: MACEACHREN, A.; TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.215-242.

MACEACHREN, A.M. Visualization: Cartography for the 21st century. Proceedings of the Polish Spatial Information Association Conference. 1998. **Anais eletrônicos**. Disponível em: < <http://www.geovista.psu.edu/sites/icavis/icavis/poland1.html> >. Acesso em: 21 fev. 2005.

MACHADO, A. **Pré-cinemas & pós-cinemas**. Campinas: Papirus. 1997. 303p.

MARR, D. **Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information**. San Francisco: W.H. Freeman. 1982. 397p.

MARTIN, A.R. **As fronteiras internas e a “questão regional” do Brasil**. São Paulo. 1993. 271p. Tese (doutoramento). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e a Cartografia Temática**. São Paulo: Contexto. 2003. 112p.

MARTINELLI, M. **Comunicação cartográfica e os Atlas de planejamento**. São Paulo. 1984. 328p. Tese (doutoramento). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1984.

MCCORMICK, B.; DeFANTI, T.; BROWN, R. Visualization in scientific computing. **Computer Graphics**, ACM SIGGRAPH, v.21, n.6. 1987.

MCKIM, R.H. **Experiences in visual thinking**. Monterey: Brooks Cole Publishing. 1970. 183p.

MENESES, U.T.B. Fontes visuais, cultura visual, História visual. Balanço provisório, propostas cautelares. **Revista Brasileira de História**, v.23, n.45, p.11-36, 2003.

MENG, L. Missing theories and methods in digital cartography. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE. 21, Durban. **ICC 2003**. Anais. 2003.

MERLEAU-PONTY, M. **O visível e o invisível**. Trad. José Arthur Gianotti e Armando Mora D'Oliveira. São Paulo: Perspectiva. 1984. 271p.

MONMONIER, M. Graphic narratives for analyzing environmental risks. In: MACEACHREN, A.; TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.201-214.

MONTELLO, D.R. Scale in geography. In: SMELSER, N.J.; BALTES, P.B. **International encyclopedia of the social and behavioral sciences**. Oxford: Pergamon Press. 2001. p.13501-13504.

MOTA, O.S.; HEGENBERG, L. Introdução, seleção e tradução. In: PIERCE, C.S. **Semiótica e Filosofia**. São Paulo: Cultrix/EDUSP. 1975. 164p.

MULTIGNER, G. Sociedad interectiva o sociedad programada? In: **Apuntes de la sociedad interactiva: autopistas inteligentes y negocios multimedia**. FUNDESCO Cuenca: UIMP. 1994.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. San Diego: Academic Press. 1993. 362p.

NORMAN, D.A. **The invisible computer**: why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solution. Cambridge: MIT Press. 1999. 320p.

NÖTH, W. A representação na semiótica e na ciência da computação. In: LEÃO, L. **Interlab: labirintos do pensamento contemporâneo**. São Paulo: Iluminuras. 2002, 245-253

NUNES, J.H. **As teorias da metáfora e o interacionismo simbólico: uma reconstrução metodológica**. 2000. 391p. Tese (Doutorado). Departamento de Sociologia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

OLIVEIRA, C. **Dicionário Cartográfico**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 1983. 781p.

OLIVEIRA, L. **Estudo metodológico e cognitivo do mapa**. 1978. Tese (Livre Docência). Departamento de Geografia e Planejamento, Universidade Estadual de São Paulo. Rio Claro. 1978.

OLIVEIRA-CASTRO, J.M.; OLIVEIRA-CASTRO, K.M. A função adverbial de "inteligência": definições e usos em Psicologia. **Psicologia, Teoria e Pesquisa**. v.17, n.3, 2001. p.257-264. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-37722001000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 21 fev. 2005.

ORTONY, A. Metaphor: a multidimensional problem. In: **Metaphor and thought**. Cambridge: Cambridge University Press. 1988. p. 1-16.

PASSARELLI, B. **Hipermídia na aprendizagem. Construção de um protótipo interativo: a escravidão no Brasil**. 1993. 218p. Tese (Doutorado). Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Traité de l'argumentation**. 5. ed. Bruxelles: Editions de l'Université de Bruxelles. 1988.

PETCHENIK, B. The nature of cartographic communication. **Cartographica**. v. 14 117-128. 1977.

PETERSON, M. P. **Maps and the Internet**. Hungary: Elsevier. 2003. 451p.

PETERSON, M. P. Cognitive issues in cartographic visualization. In: MACEACHREN, A.; TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.27-44.

PETERSON, M. P. Trends in Internet map use: a second look. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION. **Anais eletrônicos do ICA 99**. Disponível em: <<http://maps.unomaha.edu/MP/articles/ICA99/trends99.html>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

PETRIE, H. G. Metaphor and Learning In: ORTONY, A. **Metaphor and thought**. New York: Cambridge University Press. 1988. p.438-461.

PFROMM NETTO, S. **Psicologia da aprendizagem e do ensino**. São Paulo: EPU/EDUSP. 1987. 160p.

- PIAGET, J. **A epistemologia genética**. 2. ed. Petrópolis: Vozes. 1973. 110p.
- PIAGET, J.; GRÊCO, P. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 1974. 237p.
- PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento**: equilibração das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote. 1977. 228p.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1993. 507p.
- PIERCE, C. **Semiótica e Filosofia**. São Paulo: Cultrix/EDUSP. 1975. 164p.
- PLATÃO **Ménon**. Trad. de Ernesto Rodrigues Gomes. Lisboa: Edições Colibri. 1993. 133p.
- RACINE, J.B.; RAFFESTIN, C.; RUFFY, V. Escala e ação, contribuições para uma interpretação do mecanismo de escala na prática da Geografia. **Revista Brasileira de Geografia**, v.45, n.1, p.123-135. 1983.
- RAFAELI, S. Interactivity: from new media to communication. **Annual Review of Communication Research**: advancing communication Science. Beverly Hills 16. p.110-134. 1988.
- RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. Trad. Maria Cecília França. São Paulo: Ática. 1993. 269p.
- REDDY, M.J. The conduit metaphor: a case of frame conflict in our language about language. In: **Metaphor and thought**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 284-324. 1988.
- REDDY, M. *et al.* GeoVRML: Open Web-based 3D Cartography. In: ICC-2001. **Proceedings of the International Cartographic Conference**, Beijing. 2001. Disponível em: < http://www.ai.sri.com/~reddy/pubs/pdf/icc2001_geovrml.pdf >. Acesso em: 21 fev. 2005.
- RICOUER, P. **A metáfora viva**. Trad. COSTA, J.T. ; MAGALHÃES, A.M. Porto: Res Editora. 1975. 481p.
- RIMBERT, S. **Cartes et graphiques**. Paris: SEDES. 1964.
- RITTNER, M. **Compreensão de cinema**. 1965. São Paulo: Editora São Paulo. 149p.
- ROBINSON, A. H. ; PETCHENIK, B.B. **The nature of maps**: essay toward understanding maps and mapping. Chicago: The University of Chicago Press. 1976. 138p.
- ROCHA, H.V. ; BARANAUSKAS, M.C.C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Campinas: UNICAMP. 2003. 244p.

- RODRIGUES, M. ; ALMEIDA, O.W.R. Modelagem de dados espaciais para Sistemas de Informação Geográfica. In: GIS Brasil 94, Curitiba, 1994. **Anais**. Curitiba. 1994, p. 9-17.
- SACKS, O. **Um antropólogo em Marte: sete histórias paradoxais**. Trad. Bernardo Carvalho. São Paulo: Companhia das Letras. 1995. 331p.
- SAMAIN, E. Questões heurísticas em torno do uso das imagens nas ciências sociais. In: FELDMAN-BIANCO, B.; LEITE, M.L.M. **Desafios da imagem: fotografia, iconografia e vídeo nas ciências sociais**. Campinas: Papirus. 1998. p.51-62.
- SANTOS, J.F. **O que é pós-moderno**. São Paulo: Brasiliense. 1986, 111p.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec. 1996. 308p.
- SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel. 1985. 88p.
- SCHRAGE, M. Technology, Silver Bullets and Big Lies. 1998. **Educon Review**. Disponível em: < <http://www.educause.edu/pub/er/review/reviewArticles/33132.html> > Acesso em: 21 fev. 2005.
- SCHWIER, R.A. ; MISANCHUK, E. **Interactive multimedia instruction**. New Jersey: Englewood Cliffs. 1993. 366p.
- SETZER, V.W. **Banco de dados: conceitos, modelos, gerenciadores, projeto lógico e projeto físico**. São Paulo: Edgar Blucher. 1986. 289p.
- SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. 3. ed. Massachusetts: Addison-Wesley. 1998. 639p.
- SILVA, F.L. Teoria do conhecimento. IN: CHAUÍ *et al.* **Primeira filosofia: lições introdutórias**. 4. ed. São Paulo: Brasiliense. 1985. p.175-195.
- SILVA, M.A. **Comunicação interativa e educação**. 1999. 296p. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.
- SILVA, M.A. Interatividade: uma mudança fundamental do esquema clássico da comunicação. **Boletim Técnico do Senac**. v.26, n.3, 2000. Disponível em: <http://www.senac.br/informativo/BTS/index.asp> Acesso em: 21 fev. 2005.
- SIMIELLI, M.E. **Cartografia e ensino: proposta e contraponto de uma obra didática**. 1996. 184p. Tese (livre docência). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1996.
- SIMIELLI, M.E. **O mapa como meio de comunicação: implantações no ensino da geografia do 1º grau**. 1986. 205p. Tese (doutorado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1986.

SIMS, R. Interactive encounters: maximising useability and learning in on-line environments. In: AUSTRALIAN WORLD WIDE WEB CONFERENCE, 6, Austrália. 2000. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://ausweb.scu.edu.au/aw2k/papers/sims1/paper.html>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

SIMS, R. **Interactivity: a forgotten art?** 1997. Disponível em: <<http://www.gsu.edu/~wwwitr/docs/interact/>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

SMITH, I.M. **Spatial ability: Its educational and social significance**. London: University of London Press. 1964. 408p.

SOUZA, M.J.L. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. p.77-116.

SPENCE, R.; APPERLEY, M.D. Database navigation: an office environment for the professional. In: CARD, S.K.; MACKINLAY, D.J.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. San Francisco: Academic Press. 1999. p.333-340.

STAMPER, D. ; PRICE, W. **Database design & management: an applied approach**. New York: MacGraw Hill. 1990. 466p.

STERNBERG, R.J. **Metaphors of mind: conceptions of the nature of intelligence**. New York: Cambridge University. 1990. 344p.

STEUER, J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. In: BIOCCA, F.; LEVY, M. **Communication in the age of virtual reality**. Lawrence Erlbaum Ass. Hillsdale. 1994. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/19055/http:zSzzSzpsicologia.netzSzpageSztelepresence.pdf/steuer92defining.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2005.

STICHT, T.G. Educacional uses of Metaphor. In: ORTONY, A. **Metaphor and thought**. New York: Cambridge University Press. 1988. p.474-485.

SWANSON, D.R. Rumor a uma psicologia da metáfora. In: SACKS, S. **Da metáfora**. Trad. de Leila Cristina Darin *et al.* São Paulo: EDUC/Pontes. 1992. p. 163-166.

SWANSON, J. The cartographic possibilities of VRML. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M.P.; GARTNER, G. **Multimedia cartography**. Germany: Springer. 1999. p.173-194.

TAYLOR, D.R.F. Future directions for multimedia cartography. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M.P.; GARTNER, G. **Multimedia cartography**. Germany: Springer. 1999. p.315-326.

TORI, R. Mapas e metáforas espaciais em sistemas de hipermídia. **Graf & Tec** International Journal of Computer Graphics and Technical Drawing. Editora da UFSC. Florianópolis. v.0, p.27-38. 1996.

TSICHRITZIS, D. ; KLUG, A.C. The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework Report of the Study Group on Database Management Systems. **Information Systems**, v.3, n.3, p.173-191. 1978.

TUAN, Y. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Trad. Livia de Oliveira. São Paulo: Difel. 1999. 288p.

TUFTE, E.R. **The visual display of quantitative information**. Connecticut: Graphics Press. 1983. 197p.

TUKEY, J.W. **Exploratory data analysis**. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company. 1977. 503p.

VALERIO NETO, A.; MACHADO, L.S. ; OLIVEIRA, M.C.F. **Realidade virtual: fundamentos e aplicações**. Florianópolis: Visual Books. 2002. 94p.

WAY, E.C. **Knowledge representation and metaphor**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1991. 271p.

WINBLAD, A.L.; EDWARDS, S.D; KING, D.R. **Software orientado ao objeto**. São Paulo: Makron Books. 1993. 314p.

WINOGRAD, T.; FLORES, F. **Understanding computers and cognition: a new foundation for design**. Massachusetts: Addison-Wesley. 1995. 207p.

WOOD, M. Visualization in historical context. In: MACEACHREN, A.; TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.13-26.

ZANOTTO, M.S. Apresentação à edição brasileira. In: LAKOFF, G. JOHNSON, M. **Metáforas de vida cotidiana**. Campinas: Pontifícia Universidade Católica – EDUC. 2002. 360 p.

GLOSSÁRIO

Aplicativo: um *software* utilizado para atividades específicas, isto é, um arquivo executável que, sob um sistema operacional, não depende de outros programas para funcionar.

Aprendizagem: processo ou resultado da mudança de comportamento pela prática, instrução ou experiência. Algumas formas elementares de aprendizagem ocorrem por reflexos condicionados (mecanismos sensoriais, musculares, verbais), por tentativa e erro, por intuição e por imitação.

Banco de dados: pode ser genericamente definido como uma coleção de dados integrados na forma de arquivos. O armazenamento desses dados ocorre de maneira independente das estruturas dos programas que os utilizam, de forma a subsidiar as diversas aplicações de uma instituição.

Campos: é um esquema que representa o mundo real como uma superfície contínua, na qual os fenômenos variam segundo diferentes distribuições. Exemplo: mapa temático de uso do solo de um município.

Cardinalidade: é a forma de associação entre as entidades de um modelo de dados. Ela expressa o número de entidades envolvidas no relacionamento. Os três tipos possíveis são: um para um (1:1), um para muitos (1:N) e muitos para muitos (N:M).

Carta: é a representação de uma porção da superfície terrestre no plano, geralmente em escala média ou grande, servindo a diversos usos, como por exemplo, a avaliação precisa de distâncias, direções e localização geográfica dos aspectos naturais e artificiais, podendo ser subdividida em folhas, de forma sistemática em consonância a um plano nacional ou internacional.

Cartografia: é a organização, apresentação, comunicação e utilização da *geoinformação* nas formas gráfica, digital ou tátil. Pode incluir todas as etapas desde a apresentação dos dados até o uso final na criação de mapas e produtos relacionados com a informação espacial.

Cognição: relativo ao conhecimento. Refere-se a todas as atividades intelectivas da mente, tais como o raciocínio, o conhecimento, a recordação, a percepção, o reconhecimento ou a generalização.

Comunicação cartográfica: é uma corrente teórica que considera os mapas como um meio de comunicação. Foi construída a partir de diferentes perspectivas conceituais, como por exemplo: a teoria da informação, a teoria da semiologia gráfica, a teoria dos modelos e a teoria da cognição.

Conhecimento: é o termo utilizado para denominar o produto do processo de aprendizagem. Pode ser considerado como uma abstração, um conjunto de observações, crenças, hipóteses e teorias.

Dado: é uma seqüência de símbolos quantificados ou quantificáveis. É comumente associado aos valores fisicamente armazenados no banco de dados.

Data warehouse: são repositórios de dados. São coleções de bancos de dados e processos que permitem a recuperação, a interpretação e a visualização de informações.

Escala cartográfica: é a proporção entre o tamanho do objeto no terreno e as suas dimensões no mapa. É expressa numericamente, por uma fração (ex: 1/50.000), ou graficamente, por uma barra graduada.

Escala de análise: indica o tamanho das unidades nas quais o objeto ou fenômeno é mensurado e o tamanho das unidades nas quais as medidas são agrupadas para análise.

Escala do fenômeno: é a verdadeira escala na qual os fenômenos ocorrem sobre a superfície terrestre.

Formato *raster*: estrutura de representação de dados, no meio digital, em que os elementos são codificados na forma de uma matriz.

Formato vetorial: estrutura de representação de dados, no meio digital, que utiliza um sistema cartesiano para representar pontos, linhas e polígonos.

Generalização cartográfica: consiste na seleção e na simplificação da forma e da estrutura, considerando uma hierarquia de importância, dos objetos representados.

Geovisualização: pode ser considerada como um sinônimo de visualização cartográfica. É uma forma de visualizar informações, baseada em mapas, que destaca a contribuição e o desenvolvimento de métodos visuais projetados para facilitar a exploração, análise, síntese e a apresentação de informações geo-referenciadas.

GEOVRML: é uma extensão do padrão ISO VRML97 (*Virtual Reality Modeling Language*) elaborada para atender as necessidades cartográficas de representação.

Ícone: é oriundo do grego *eikon*, significa imagem, uma figura que representa uma coisa ou pessoa.

Informação: é uma abstração informal, que está na mente de alguém, representando algo significativo para essa pessoa.

***Insight*:** compreensão instantânea.

Interatividade: é a magnitude da participação de um usuário na modificação da forma e do conteúdo de um ambiente computacional. Pode ser considerada como sendo uma variável dirigida por estímulos e determinada pela estrutura tecnológica

do meio. Os três principais fatores que contribuem para a interatividade são: velocidade, amplitude e mapeamento.

Interface: é o dispositivo físico ou lógico que faz a adaptação entre dois sistemas. Na visão computacional, realiza a mediação entre a linguagem do homem e a da máquina, desempenhando o processo de tradução entre os componentes.

Internet: é um sistema de redes interconectadas, que utiliza o protocolo TCP/IP (O *Internet Protocol* é responsável pelo encaminhamento de pacotes de dados desde a origem até o seu destino. O *Transmission Control Protocol* tem a missão de dividir e remontar os pacotes de informação).

Interoperabilidade: é a capacidade de compartilhar e trocar informações de um sistema. Seus principais significados são: tornar aberta a estrutura interna dos arquivos de dados; viabilizar a conversão de dados entre os programas e popularizar a interação com o usuário.

Investigação: ato de busca, de perscrutação, de indagação e de procura.

Layer: é uma subdivisão de dados de uma representação gráfica. No formato digital, também é utilizada como sinônimo de nível, camada ou plano de informação (PI).

Mapa: representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de toda a superfície (Planisfério ou Mapa Mundi), de uma parte (Mapas dos Continentes) ou de uma superfície definida por uma dada divisão político-administrativa (Mapa do Brasil, dos Estados, dos Municípios) ou por uma dada divisão operacional ou setorial (bacias hidrográficas, áreas de proteção ambiental, setores censitários).

Metadados: podem ser definidos como dados sobre os dados. Descrevem o histórico do seu processo de obtenção e produção, o seu conteúdo, sua qualidade, sua condição e demais características.

Metáfora: é uma figura de linguagem na qual ocorre a transposição de termos. Acontece quando as idéias associadas ao tema secundário são transferidas ao primário. O tema primário, assim, é visto através de um filtro das propriedades do secundário, que seleciona, enfatiza, suprime e organiza as características do tema primário.

Modelo de dados: é a descrição da estrutura de um banco de dados. Também pode ser definida como uma coleção de ferramentas conceituais para a descrição dos dados e dos seus relacionamentos, das suas restrições e da sua semântica.

Navegação: o termo é cotidianamente associado ao deslocamento entre os nós de um hipertexto, *sites* e páginas da Internet. No entanto, a navegação tridimensional deve ser considerada como o contínuo processo de seleção dos parâmetros de visualização, semelhante ao manuseio uma filmadora

Objetos: é um esquema que representa o mundo como objetos discretos (não contínuos), que possuem limites bem definidos. Exemplo: Mapa dos focos de incêndio de uma floresta.

Pensamento visual: é a geração de idéias através da criação, inspeção e interpretação de representações visuais de dados, *a priori* não-visíveis.

Pixel: representa o menor elemento de uma imagem digital (*picture element*).

Representação cartográfica: representação gráfica de uma superfície, que obedece a convenções e normas cartográficas pré-estabelecidas, geral ou parcial, em duas ou três dimensões.

Símbolo: aquilo que representa outra coisa em virtude de uma correspondência analógica. No sentido moderno, implica sempre a idéia de uma correspondência

analógica natural e não convencional entre a forma concreta e o objeto que ela simboliza.

Sistema de Informações Geográficas: é um poderoso conjunto de ferramentas para coleccionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais geo-referenciados.

Visualização cartográfica: é o uso interativo de mapas para facilitar o pensamento visual. Sua maior vantagem é a mudança da velocidade de interação, que resulta no aumento de produtividade - qualitativa e quantitativa -, além das possibilidades de inovação no desenvolvimento e uso da Cartografia como um instrumento de exploração científica (considerada como sinónimo de *geovisualização*).

Visualização científica: pode ser definida como um método computacional e um instrumento para a interpretação de imagens, alimentação de dados e para a geração de imagens multidimensionais complexas.

VRML: é uma sigla que significa linguagem para modelagem da realidade virtual (*Virtual Reality Modeling Language*). A realidade virtual pode ser considerada como uma forma avançada de interface que, utilizando elementos geométricos, permite criar ambientes computacionais pelos quais o usuário pode navegar e interagir, num espaço tridimensional, com os seus componentes.

ÍNDICE ONOMÁSTICO

Abbagnano	12, 118	Domingues	63
Almeida, Passini	123	Dutra	110
Aristóteles	13, 80	Dykes <i>et al.</i>	89, 90
Asche, Herrmann	68	Elsmari, Navathe	206
Barthes	19, 20, 65, 159	EMBRAPA	200
Benedikt	119	Erickson	65
Bertin	28, 30, 65, 160	Fabrikant	94
Bettanini	119	Fairbairn <i>et al.</i>	89
Black	85, 87	Ferguson	31
Board	29	Fidalgo	21
Booth	83, 85	Fortes	130, 131, 203, 208
Braden	32, 41	Furnas	98, 105
Brandão	77, 78	Gardner	113, 114
Buñuel	18, 182	Gardner, Winner	83
Burrough	133	Gershon	175
Câmara <i>et al.</i>	120, 121, 205	Girardi	28
Card <i>et al.</i>	30, 121	Golledge	168
Carroll <i>et al.</i>	62, 64	Gombrich	17, 32, 66, 194
Cartwright <i>et al.</i>	68, 90	Goodchild <i>et al.</i>	49
Castro	93	Goodchild, Quattrochi	93
Chauí	13, 109, 110	Green, Bossomaier	49
Chen	202, 206	Grimal	88
Clark	171	Haesbaert	9, 10
Cohen	76, 83	Hannoun	123
Colonna	175	Hanson, Wernert	43
Couchot	170	Helander	62
Couclelis	89	Hessen	109
Crampton	44, 48, 70, 71, 74	Heuser	202
Csikszentmihalyi	164, 165, 183	Hirtle	89
D'Alge, Goodchild	100, 101	Jakobson	33, 79
Date	131, 207	Jonassen	57, 60
Davidson	88	Kanakubo	26, 29
Dias, C.	146	Kay	63
Dias, L.C.	10	Klastrup	57
DiBiase	34, 35	Korth, Silberschatz	130, 131, 204, 205
Dolle	111	Kosma	171

Kroenke.....	208	Perelman, Olbrechts-Tyteca	76
Krygier <i>et al.</i>	69, 70	Petchenik	29
Kuethé.....	108, 109	Peterson.....	26, 30, 47
Kuhn, T.S.	51	Petrie	85, 86, 87
Kuhn, W.....	90	Pfromm Netto	107, 108
Lacoste.....	94	Piaget	55, 56, 86, 111
Lakoff, Johnson	77, 84, 169	Piaget, Grêco	112
Laurel.....	62	Piaget, Inhelder	122, 123, 124, 125, 126
Leach	21, 22, 79	Pierce	65
Leite.....	19, 180	Platão	86
Lévy.....	7, 8, 10, 51	Racine <i>et al.</i>	94
Libault.....	115	Rafaeli	56
Longley <i>et al.</i>	134	Raffestin	10
MacEachren.....	31, 37, 38, 39	Reddy <i>et al.</i>	44
MacEachren, Ganter	30, 33, 35, 36, 66	Reddy, M.J.	84
MacEachren, Kraak	39, 48	Ricoeur.....	79, 81, 83, 169
MacEachren, Monmonier.....	34	Rimbert	115
Machado.....	53	Rittner	162
Marr	13	Robinson, Petchenik.....	27
Martin	119	Rocha, Baranauskas	148
Martinelli	28, 160	Rodrigues, Almeida	130
McCormick <i>et al.</i>	30, 66	Sacks	16, 17, 33, 66
McKin.....	31, 32, 35, 66	Samain.....	24
Meneses	18	Santos, J.F.	8
Meng.....	50, 51, 192	Santos, M.....	120
Merleau-Ponty.....	101	Schrage.....	172
Monmonier.....	69	Schwier, Misanchuk.....	60
Montello.....	93, 94	Setzer	208
Mota, Hegenberg	65	Shneiderman14, 63, 66, 67, 69, 70, 73, 75, 127, 176	
Multigner	55	Silva, F.L.....	109
Nielsen	146, 147, 148, 149	Silva, M.A.	54, 55, 56
Norman	187	Simielli.....	27, 28, 115
Nöth.....	13	Sims	57, 60, 61, 73
Nunes	77	Smith.....	114
Oliveira, C.....	25, 100	Souza.....	10
Oliveira, L.	27, 28, 125	Spence, Apperley	98
Oliveira-Castro, Oliveira-Castro.....	113	Stamper, Price.....	208
Ortony.....	77	Sternberg	89
Passarelli	90, 164		

Steuer.....	57, 61, 68	Tufte.....	30, 117, 166
Sticht.....	87	Tukey	18, 30, 32, 34, 66, 87, 155
Swanson, D.R.....	85	Valerio Netto <i>et al.</i>	43
Swanson, J.....	42, 46	Way.....	80, 81, 82
Taylor.....	30, 36	Winblad <i>et al.</i>	205
Tori	63, 168, 176	Winograd, Flores	14
Tsichritzis, Klug	131, 132	Wood.....	31, 33, 171
Tuan.....	17	Zanotto	77

ÍNDICE REMISSIVO

aplicativo.....	1, 3, 45, 91, 104, 136, 164, 171, 172, 177, 178, 180, 181, 195
aprendizagem	2, 5, 60, 89, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 146, 147, 149, 152, 171, 172, 177
banco de dados	5, 48, 67, 71, 73, 98, 100, 130, 131, 132, 150, 158, 162, 199, 202, 207, 209
campos	50, 99, 118, 134, 207
cardinalidade	203
carta	40, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103
Cartografia.....	4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 65, 68, 70, 73, 74, 75, 92, 94, 95, 96, 101, 115, 118, 121, 151, 152, 166, 168, 172, 173, 191, 192, 193, 195, 197, 198
cognição	26, 28, 29, 36, 40, 77, 113
comunicação cartográfica.....	25, 26, 27, 28, 29, 30, 41, 52, 151, 193
conhecimento.....	5, 8, 18, 21, 23, 26, 29, 32, 35, 39, 40, 41, 48, 51, 52, 55, 64, 65, 76, 77, 81, 83, 84, 86, 87, 89, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 121, 131, 147, 148, 152, 155, 158, 159, 161, 168, 171, 172, 175, 176, 178, 180, 181, 186
dado	16, 33, 66, 67, 131, 199, 207
data warehouse	49
escala.....	1, 2, 13, 23, 24, 25, 42, 44, 45, 46, 51, 68, 72, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 113, 115, 116, 121, 125, 126, 128, 130, 131, 134, 137, 139, 140, 141, 150, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 162, 166, 167, 169, 171, 174, 178, 180, 184, 193, 194, 197
escala cartográfica	94
escala de análise	94, 110
generalização cartográfica.....	100, 101, 130
geovisualização	33, 38, 39, 41, 70, 71, 74, 90
GEOVRML.....	7, 44, 72, 137
hipertexto	26, 43, 58
ícone	65
informação.....	2, 3, 4, 8, 10, 19, 26, 27, 28, 39, 45, 46, 54, 56, 62, 63, 73, 77, 89, 99, 116, 117, 127, 128, 131, 133, 134, 135, 137, 140, 156, 160, 172, 192, 193, 194
interatividade.....	2, 4, 30, 31, 33, 35, 37, 40, 41, 42, 43, 48, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 82, 97, 105, 111, 113, 116, 117, 151, 152, 155, 156, 171, 175, 176, 193, 197, 199
interface.....	1, 3, 4, 5, 15, 25, 26, 42, 43, 48, 52, 53, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 74, 82, 88, 90, 91, 92, 135, 136, 137, 146, 148, 149, 150, 179, 180, 181, 182, 186, 187, 192, 194, 196
interoperabilidade.....	49
investigação.....	31, 33, 35, 77, 109, 110, 111, 115

mapa.....	2, 3, 21, 25, 27, 28, 29, 30, 34, 37, 38, 40, 42, 44, 47, 48, 52, 56, 68, 70, 89, 90, 92, 94, 95, 101, 103, 115, 125, 126, 134, 169, 171, 173, 183, 186, 193, 194
metadados	49, 68, 99
metáfora.....	1, 3, 15, 46, 64, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 98, 107, 114, 152, 162, 166, 169, 172, 175, 176, 178, 187, 193
modelo de dados	102, 130, 131, 132, 133, 134, 152, 205
navegação.....	43, 44, 60, 63, 68, 70, 72, 75, 91, 98, 127, 141, 142, 150, 159, 161, 167, 177, 187, 188, 196
objetos	2, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 29, 33, 34, 43, 56, 65, 68, 84, 90, 93, 94, 96, 98, 100, 102, 111, 113, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 132, 134, 160, 161, 162, 163, 170, 175, 205, 206, 207
pensamento visual.....	31, 32, 33, 35, 92, 117
pixel	93, 101, 102, 128
raster	1, 20, 102, 104, 117, 131, 149, 174, 193
representação cartográfica.....	2, 3, 24, 26, 40, 42, 48, 52, 98, 100, 115, 162, 167
símbolo	23, 65, 112, 140, 142, 160, 161
Sistema de Informações Geográficas	3, 74, 130, 133, 137, 166, 191
vetorial	1, 20, 102, 117, 131, 156, 174, 193
visualização cartográfica.....	4, 24, 30, 31, 33, 35, 36, 40, 52, 62, 68, 74, 75, 87, 90, 115, 151, 158, 171, 173, 174, 197
visualização científica.....	30, 34, 66
VRML.....	7, 42, 44, 46

FICHA CATALOGRÁFICA

Queiroz Filho, Alfredo Pereira de

O vôo virtual: metáfora e representação cartográfica tridimensional / A.P. Queiroz Filho. - São Paulo, 2005.

222 p + 1 CD-Rom.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Geoprocessamento 2.Cartografia I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t.