

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-6839-TDI/647

**TÉCNICAS DE APRESENTAÇÃO DE DADOS EM
GEOPROCESSAMENTO**

Lauro Tsutomu Hara

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Gilberto Câmara Neto e pelo Dr. Raimundo Almeida Filho, aprovada em agosto de 1997.

INPE
São José dos Campos
1998

528.711.7 : 621.376.5

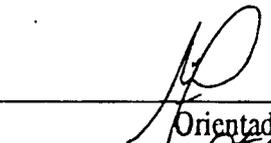
HARA, L.T.

Técnicas de apresentação de dados em geoprocessamento / L.T.Hara – São José dos Campos: INPE, 1998.
110p. – (INPE-6839-TDI/647).

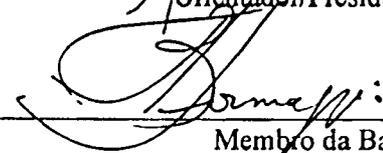
1.Sistema de gerenciamento de bancos de dados (DBMS). 2.Geoprocessamento. 3.Sistema de processamento de informações georreferenciadas (SPRING). 4. Sistema de informações geográficas (SIG). 5. Dados geográficos. I.Título.

Aprovada pela Banca Examinadora em
cumprimento a requisito exigido para a
obtenção do Título de Mestre em
Sensoriamento Remoto

Dr. Raimundo Almeida Filho


Orientador/Presidente

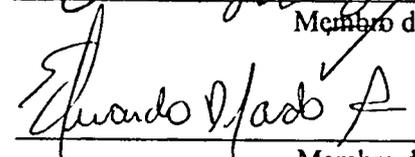
Dr. Antonio Roberto Formaggio


Membro da Banca

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro


Membro da Banca

Dr. Eduardo Delgado Assad


Membro da Banca
- Convidado

Candidato: Lauro Tsutomu Hara

São José dos Campos, 19 de agosto de 1997

“Visão é a arte de enxergar coisas invisíveis.”

Jonathan Swift (1667-1745)

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Raimundo Almeida Filho, pela orientação, apoio e ensinamentos úteis na elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Gilberto Câmara Neto, pelas orientações nas primeiras etapas deste trabalho.

Ao INPE, pela oportunidade de aprimoramento profissional.

Aos amigos, Eduardo Celso Gerbi Camargo, Cláudio Clemente Faria Barbosa, Fernando Yutaka Yamaguchi e José Simeão de Medeiros, pelos apoios técnico e científico e pela oportunidade de discussões.

Finalmente, agradeço a todos que direta e indiretamente colaboraram para a elaboração deste trabalho.

À minha esposa Elizabeth e filhos Paula e Fernando,
pelo amor, compreensão e constante incentivo.

RESUMO

Este trabalho discute e implementa técnicas de apresentação de dados em geoprocessamento, com ênfase nos dados cadastrais armazenados num banco de dados espacial. A partir de uma análise teórica, onde os principais problemas relacionados com a visualização de dados geográficos foram revisados, desenvolveu-se um sub-sistema de recuperação e apresentação de dados para Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O sub-sistema desenvolvido permite integrar a parte gráfica e os atributos descritivos, e enseja a associação de representações multimídia. Os resultados obtidos evidenciam que o entendimento da realidade geográfica é beneficiado pela capacidade de acessar novas informações baseadas em atributos contidos em banco de dados, bem como pela interação entre dados tabulares e gráficos proporcionada por interfaces. Mostra-se que a capacidade de integração e interação de dados de diversas naturezas, através da tecnologia de SIG, enriquece o poder de observação e análise.

GEOPROCESSING DATA PRESENTATION TECHNIQUES

ABSTRACT

This work analyzes and implements techniques to present geographical data, concentrating on the access to cadastral data stored in a spatial database. The first part included a theoretical survey, where the main problems related to the visualization of geographic data are reviewed. The second part of the work discusses the implementation of a software module aimed at retrieving and presenting data for Geographic Information Systems (GIS). This system enables the integration of the graphical component of geographical data with its descriptive attributes, and aims at the association of multimedia representations. The results show that the understanding of the geographical reality is improved by the capacity to access new information based on attributes existing in databases, as well as by the interaction between tabular data and graphs available from interfaces. It is shown that the capacity of integration and interaction of data from varying sources, through the SIG technology, enriches the power of observation and analysis.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABELAS	xxi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Considerações gerais	1
1.2 - Objetivos	3
CAPÍTULO 2 - CONCEITOS BÁSICOS	5
2.1 - Sistemas de informações geográficas	5
2.2 - Tipos de dados tratados em SIG	6
2.2.1 - Mapas temáticos	6
2.2.2 - Mapas cadastrais	8
2.2.3 - Redes	9
2.2.4 - Imagens	10
2.2.5 - Modelos numéricos de terreno	10
2.3 - Banco de dados	11
2.3.1 - Conexão de dados gráficos e tabulares	14
2.3.2 - Conexão com dados multimídia	15
2.4 - Interface com o usuário	16
CAPÍTULO 3 - CONCEITOS SOBRE APRESENTAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS	17
3.1 - Visualização	17
3.2 - Apresentação gráfica	19
3.2.1 - Tipos de consulta geográfica	20
3.3 - Símbolos cartográficos e variáveis visuais	22

3.4 - Representação de classes	24
3.5 - Legendas	25
3.6 - Representação de valores e formas de agrupamento	26
3.7 - Contexto	33
3.8 - Multimídia	33
CAPÍTULO 4 - IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE	35
4.1 - Ambiente de trabalho	35
4.2 - Implementação	36
4.2.1 - Forma de interfaceamento e divisão do trabalho	37
4.3 - Módulo de controle de visualização	38
4.4 - Módulo de consulta	46
4.4.1 - Linguagens de consulta espacial	47
4.4.2 - Mecanismos de busca baseados em álgebra booleana	47
4.5 - Módulo de agrupamento	58
4.6 - Módulo de tabela	67
4.6.1 - Seleção de exibição de dados	68
4.6.2 - Ordenamento de geo-objetos	68
4.6.3 - Exibição de estatísticas	69
4.6.4 - Realce de geo-objetos sobre o mapa	70
4.6.5 - Exibição de gráficos	74
4.7 - Módulo de apontamento e foto	79
CAPÍTULO 5 - COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1.1 - Principais componentes do hardware de um SIG	2
1.2 - O pacote de software de um SIG	3
2.1 - Representação vetorial e matricial de um mapa temático	7
2.2 - Exemplo de mapa cadastral, mostrando alguns países da América do Sul com seus respectivos atributos descritivos	8
2.3 - Estratégia dual para bancos de dados geográficos	13
3.1 - Mapa da Itália central, elaborado a partir de anotações de Peutingerian 393 DC, por Alexandre G. Findlay em 1849	17
3.2 - Apresentação de pontos em forma gráfica e alfanumérica.....	20
3.3 - As variáveis visuais de Bertin.....	23
3.4 - Apresentação gráfica transmitindo informação de classes.....	24
3.5 - Apresentação com dois símbolos diferentes para construções.....	25
3.6 - Apresentação com legendas.....	26
3.7 - Mapa de “choropleth” mostrando o número de reservas indígenas, por situação de demarcação, através de gradação de tons	27
3.8 - Mapa de “choropleth” mostrando o número de terras indígenas, por situação de demarcação, através de símbolos de ponto com gradação em tamanho	28
3.9 - Número de terras indígenas, por situação de demarcação, representado por gráfico de barras	28
3.10 - Agrupamento de valores por desvio padrão.....	29
3.11 - Agrupamento de valores por quebras naturais.....	30
3.12 - Diferentes formas de agrupamentos, por intervalos iguais, mostrando a mortalidade infantil por mil nascimentos em New Jersey, no ano de 1988	31
3.13 - Diferentes formas de agrupamentos, por quantis, mostrando a mortalidade infantil por mil nascimentos em New Jersey, no ano de 1988	31

3.14 - Agrupamento por quantis efetuado em duas partes, tomando-se como valor central a média da mortalidade infantil dos Estados Unidos da América	32
3.15 - Apresentação gráfica insuficiente para a consulta “mostre a cidade cujo nome é Curitiba”	33
3.16 - Apresentação gráfica para a consulta “mostre a cidade cujo nome é Curitiba” com um contexto mínimo para se localizar a cidade	33
3.17 - Exemplo do uso de técnica de apontamento para exibir dado de multimídia...	34
4.1 - Painel de controle do SPRING.....	36
4.2 - Principais módulos da apresentação de dado espacial.....	37
4.3 - Interface de controle de visualização de geo-objetos.....	39
4.4 - Exibição das categorias de geo-objetos, estabelecida pela interface de controle de visualização, conforme ilustrada na Figura 4.3	40
4.5 - Interface de controle de visualização mostrando legendas para escolas, hospitais, centros comerciais e quadras.....	41
4.6 - Apresentação semelhante à ilustrada na Figura 4.4 com alteração da ordem de desenho, onde os geo-objetos do tipo centros comerciais são encobertos pelo desenho das quadras	43
4.7 - Interface de controle de visualização mostrando a seguinte ordem de desenho: centros comerciais, quadras, hospitais e escolas	44
4.8 - Interface de controle de visualização mostrando a categoria de geo-objetos do tipo escolas em destaque, indicando que está ativa	45
4.9 - Interface de consulta.....	53
4.10 - Resultado da consulta mostre as regiões administrativas da cidade de São Paulo cuja população tenha renda média maior ou igual a cinco salários mínimos e tenha duas feiras livres	54
4.11 - Interface para salvar e carregar expressões de consulta.....	55
4.12 - Mapa de propriedades rurais do banco Roraima	56
4.13 - Módulo de consulta mostrando a consulta formulada para exibir as propriedades que são associadas à empresa “cooperativa”	57

4.14 - Resultado da consulta mostrando as propriedades rurais associadas à empresa “cooperativa”	57
4.15 - Interface de agrupamento de geo-objetos	58
4.16 - Agrupamento de geo-objetos com alteração manual de valores	60
4.17 - Apresentação de agrupamento com modificação manual de valores, onde existe uma região administrativa que não se enquadra em nenhum dos grupos gerados	61
4.18 - Interface de agrupamento de geo-objetos mostrando legendas com geração aleatória de símbolos variando em cor e padrão.....	62
4.19 - Interface para alteração manual de simbologias.....	64
4.20 - Resultado do agrupamento em cinco partes iguais efetuado sobre o atributo renda	65
4.21 - Resultado do agrupamento por quintil efetuado sobre o atributo renda	66
4.22 - Interface de visualização tabular mostrando os atributos das regiões administrativas da cidade de São Paulo	67
4.23 - Interface de visualização tabular mostrando apenas as regiões administrativas cuja população possui renda média superior a 5 salários mínimos.....	68
4.24 - Interface de tabelas mostrando a estatística dos dados de população das regiões administrativas da cidade de São Paulo	70
4.25 - Interface de tabela mostrando cinco regiões administrativas da cidade de São Paulo, marcados com cinco cores diferentes	71
4.26 - Tela gráfica do SPRING mostrando o resultado do realce das regiões administrativas da cidade de São Paulo, equivalente à tabela da figura 4.25	71
4.27 - Tela gráfica do SPRING mostrando o resultado do realce das regiões administrativas da cidade de São Paulo, através da utilização de cores e hachuras	73
4.28 - Interface de tabela realçando a coluna “população” da cidade de São Paulo ...	75
4.29 - Gráfico correspondente à tabela acima mostrando o histograma de “população” da cidade de São Paulo	75
4.30 - Interface de tabela mostrando a seleção de várias regiões administrativas da cidade de São Paulo para exibir o gráfico de torta com dados de população ...	76

4.31 - Gráfico de torta mostrando a percentagem de população das regiões administrativas selecionadas pela interface de tabela	77
4.32 - Gráfico de torta mostrando a percentagem de renda das regiões administrativas selecionadas pela interface de tabela	77
4.33 - Interface de tabela com os atributos de população e número de feiras da cidade de São Paulo, selecionados para exibição do gráfico de dispersão	78
4.34 - gráfico mostrando o espalhamento de população x feiras das regiões administrativas da cidade de São Paulo	78
4.35 - gráfico mostrando o espalhamento de feiras x população das regiões administrativas da cidade de São Paulo	79
4.36 - Interface de módulo de apontamento e foto.....	80
4.37 - Interface de módulo de apontamento e foto, mostrando uma lista de fotografias associadas com o objeto geográfico.....	80
4.33 - Utilização do software xv para visualização de fotos.....	81

LISTA DE TABELAS

	Pág.
2.1 - Comparação entre formatos para mapas temáticos	7
2.2 - Vantagens e desvantagens da grade triangular e regular para representação de MNT.....	11
3.1 - Número de reservas indígenas, por situação de demarcação, segundo as grandes regiões do Brasil	27
4.1 - Esquema funcional dos operadores booleanos	49

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A crescente expansão das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, tem gerado aumento expressivo da demanda por tecnologias de manejo ambiental (Trotter, 1991). A necessidade de mapeamento, manejo e monitoramento dos recursos naturais renováveis e não renováveis tem resultado na evolução tecnológica dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Tais sistemas utilizados inicialmente apenas no auxílio à elaboração de mapas, vêm sendo cada vez mais utilizados no auxílio de extração de informações e tomada de decisões.

Em um SIG a apresentação de dados tem papel relevante na extração de informações. Ela é usada para visualizar o problema, possibilitando observar, manipular e estudar os relacionamentos geográficos envolvidos, e também pode apresentar alternativas à solução do problema considerado (Egenhofer, 1990). Tais técnicas têm avançado significativamente nesta última década e sua importância tem estabelecido papel relevante para o gerenciamento de recursos.

A tecnologia de SIG emprega, na maioria de suas aplicações, um banco de dados para armazenagem e recuperação de informações, o qual pode também ser aproveitado para gerar outras formas de análises de dados e facilitar a tomada de decisões. As informações capazes de serem extraídas de um banco de dados dificilmente podem ser obtidas examinando-se apenas a parte gráfica dos dados, ou seja, mapas contidos em um SIG. Informações complementares não espaciais podem ser utilizadas por um SIG de modo a possibilitar novas formas de apresentação e análise de dados.

Um SIG é composto por dois importantes componentes: o *hardware* e o *software*. Os componentes do *hardware* são apresentados na Figura 1.1. O computador, ou Unidade Central de Processamento (UCP), é ligado à unidade de armazenamento, que contém dados e programas utilizados pelo sistema. A mesa

digitalizadora é usada para converter dados analógicos (mapas e documentos) em dados digitais. Uma unidade de fita magnética ou disco ótico é usada para armazenar e recuperar dados e programas. Uma plotadora é utilizada para apresentar os resultados processados. Todos os periféricos (mesa digitalizadora, unidade de disco, plotadora, unidade de fita e outros dispositivos ligados ao computador) são controlados através de um terminal de vídeo, que pode também ser usado para exibir os dados processados.

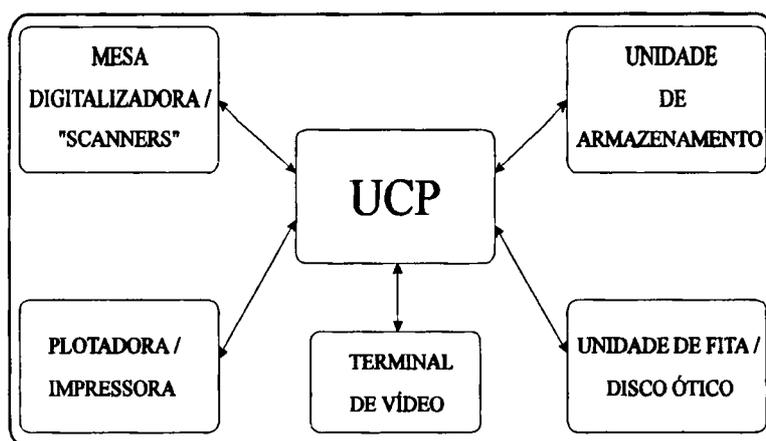


Fig. 1.1 - Principais componentes do hardware de um SIG.

FONTE: Adaptada de Burrough (1987), p.7.

O pacote de *software*, utilizado para processar dados geográficos, é composto por cinco subsistemas ilustrados na Figura 1.2:

- *interface*: define como o sistema é operado e controlado;
- *entrada de dados*: converte dados capturados em forma digital compatível;
- *visualização e plotagem*: apresenta resultados em uma variedade de formas como mapas, imagens e tabelas;
- *transformação, consulta e análise espacial*: provê métodos para processamento de imagens e técnicas para consulta e análise espacial; e
- *gerência de dados espaciais*: organiza, armazena e recupera dados.

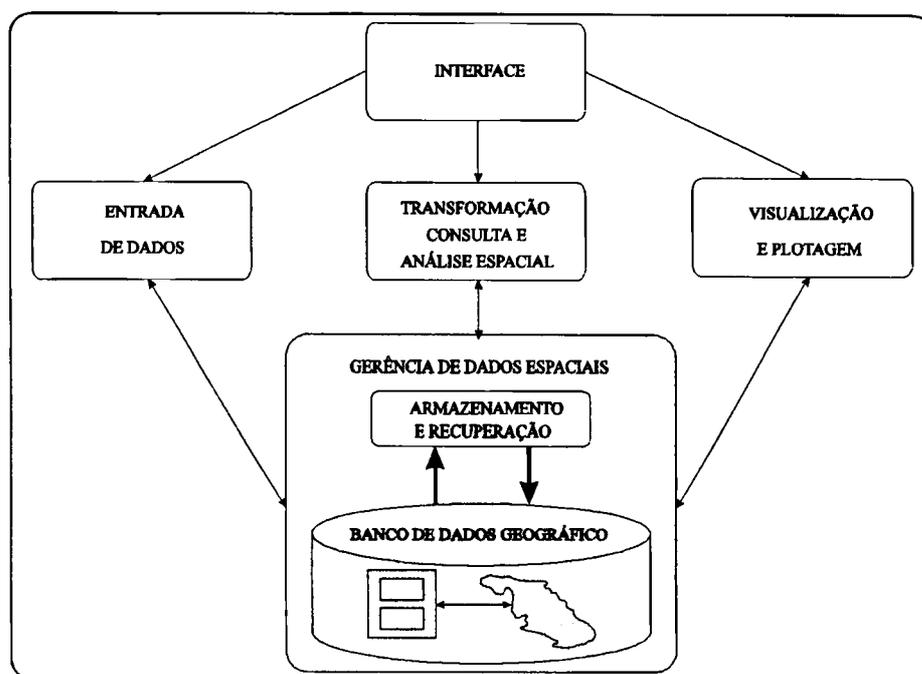


Fig. 1.2 - O pacote de software de um SIG.

FONTE: Adaptada de Câmara Neto (1995), p.2-6.

1.2 - OBJETIVOS

Levando-se em conta as considerações acima, o presente trabalho tem como objetivo geral elaborar um sistema que utilize a capacidade de gerenciamento de um banco de dados, de modo a realizar consultas e apresentar dados geográficos sob várias formas e aspectos. O sistema deve ser capaz de compor mapas que facilitem a análise de relações entre dados espaciais (geográficos) e não espaciais (tabulares), e também de proporcionar ao usuário novas formas de apresentação que ajudem na investigação e tomada de decisões.

O trabalho visa o aprimoramento da capacidade de processamento de um SIG em termos de *software*, contribuindo especificamente em três dos subsistemas apresentados na Figura 1.2:

- *interface;*
- *transformação, consulta e análise espacial;* e
- *visualização e plotagem.*

No subsistema *interface*, o trabalho contribui com a elaboração de novas interfaces que permitem apresentar *objetos geográficos*¹ sob várias formas, com a exibição de legendas e gráficos. No subsistema *transformação, consulta e análise espacial*, a contribuição ocorre principalmente no módulo de consulta, onde os dados são manipulados em função dos atributos presentes no banco de dados. No subsistema *visualização e plotagem*, o trabalho atua diretamente no módulo de visualização sobre o terminal de vídeo, através da implementação de *software* para apresentação de dados geográficos, em formas de mapas e tabelas.

Como objetivos específicos para a consecução dessas metas, o trabalho se propõe a:

- analisar e revisar a literatura sobre técnicas de apresentação de dados geográficos dentro de um SIG;
- selecionar e propor procedimentos para a implementação das técnicas escolhidas;
- implementar tais técnicas como extensão do módulo de visualização de um SIG;
- ilustrar, com exemplos, a aplicação das técnicas desenvolvidas.

¹*objetos geográficos* são tipos de dados utilizados em geoprocessamento. A definição completa é fornecida no tópico 2.2, onde são descritos os tipos de dados tratados em SIG.

CAPÍTULO II

CONCEITOS BÁSICOS

2.1 - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Um Sistema de Informação Geográfica é um sistema de informação baseado em computador que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (Câmara Neto, 1995). A tecnologia de SIG pode trazer enormes benefícios devido à sua capacidade de manipular a informação *espacial*² de forma precisa, rápida e sofisticada (Goodchild, 1993). Na década de 80, o uso de SIG tornou-se comum em empresas, universidades e agências governamentais, e atualmente diversos profissionais o utilizam para as mais variadas aplicações. Essa diversidade de usos e aplicações fez surgir várias definições de SIG, tais como:

- “conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (Burrough, 1987);
- “um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (Smith et al., 1987);
- “um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (Cowen, 1988); e
- “um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados geo-referenciados” (Aronoff, 1989).

Essas definições de SIG refletem, cada uma à sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Atualmente algumas de suas aplicações

²O termo *espacial* é utilizado neste trabalho como sinônimo de geo-referenciado, ou seja, referenciado a uma região do espaço geográfico.

incluem temas como agricultura, floresta, cartografia, geologia, cadastro urbano, redes de concessionárias (água, energia e telefonia), dentre outras (Star e Estes, 1990).

2.2 - TIPOS DE DADOS TRATADOS EM SIG

O aspecto mais fundamental dos dados tratados em um SIG é a natureza dual da informação: um dado espacial ou dado geográfico possui uma *localização* expressa como coordenadas de um mapa e *atributos descritivos* representados num banco de dados convencional (Câmara Neto, 1995). Outro aspecto é que os dados geográficos não existem sozinhos no espaço: tão importante quanto localizá-los é descobrir e representar as relações entre os diversos dados. Segundo Goodchild (1992), as aplicações de geoprocessamento lidam com dois grandes tipos de dados espaciais:

- *geo-campos*: são variações espaciais contínuas. São usadas para grandezas distribuídas espacialmente, tais como tipo de solo, topografia e teor de minerais. Correspondem, na prática, a dados temáticos, imagens e modelos numéricos de terreno; e
- *objetos geográficos (ou geo-objetos)*: são individualizáveis e têm identificação. Este tipo de dado tem atributos não espaciais, armazenados em um banco de dados convencional, e pode estar associado a várias representações gráficas. Alguns exemplos são: escolas, municípios e fazendas.

2.2.1 - MAPAS TEMÁTICOS

Mapas temáticos são dados do tipo *geo-campo* e caracterizam-se por conter regiões definidas por um ou mais polígonos, como mapas de uso do solo e de aptidão agrícola de uma região. Este tipo de dado é armazenado na forma de *arcos* (limites entre regiões), incluindo os *nós* (pontos de interseções entre arcos) para montar uma *representação topológica*. A topologia construída é do tipo *arco-nó-região*: arcos se conectam entre si através de nós (ponto inicial e final) e arcos que circundam uma área definem um polígono (região) (Burrough, 1987).

Os mapas temáticos podem ser armazenados também sob a forma matricial (“raster”). A área correspondente ao mapa é dividida em células de tamanho fixo e cada célula tem um valor correspondente ao tema mais freqüente naquela localização espacial. Estas duas formas de representação são ilustradas na Figura 2.1. As formas de representação matricial e vetorial, são utilizadas de acordo com a conveniência de cada aplicação. A Tabela 2.1 faz uma comparação entre vantagens e desvantagens de utilização desses formatos para mapas temáticos.

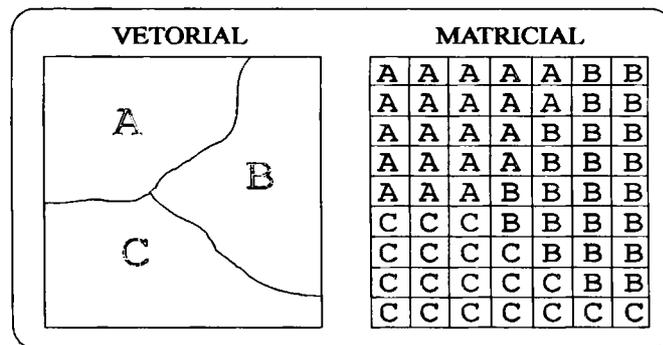


Fig. 2.1 - Representação vetorial e matricial de um mapa temático.

TABELA 2.1 - COMPARAÇÃO ENTRE FORMATOS PARA MAPAS TEMÁTICOS.

aspecto	formato vetorial	formato varredura
relações espaciais entre objetos	-relacionamentos topológicos entre objetos	-relacionamentos espaciais devem ser inferidos
ligação com banco de dados	-facilita associar atributos a elementos gráficos	-associa atributos apenas a classes do mapa
análise, simulação e modelagem	-representação indireta de fenômenos contínuos	-representa melhor fenômeno com variação contínua no espaço
	-álgebra de mapas é limitada	-simulação e modelagem mais fáceis
escalas de trabalho	-adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	-mais adequado para pequenas escalas (grandes áreas)
algoritmos	-problemas com erros geométricos	-processamento mais rápido e eficiente
armazenamento	-por coordenadas (mais eficiente)	-por matrizes

FONTE: Câmara Neto (1995), p.2-9.

2.2.2 - MAPAS CADASTRAIS

Mapas cadastrais são dados do tipo *geo-objeto*, onde cada elemento é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização, valor venal, IPTU, etc.) e podem ter representações gráficas diferentes, como pontos, linhas e polígonos. Normalmente a parte gráfica dos mapas cadastrais não é representada na forma matricial. A forma mais eficiente e convencional de armazená-la é como coordenadas vetoriais, com sua topologia associada. A Figura 2.2 ilustra um exemplo de mapa cadastral, onde é mostrada a associação existente entre os objetos geográficos e os seus respectivos atributos.

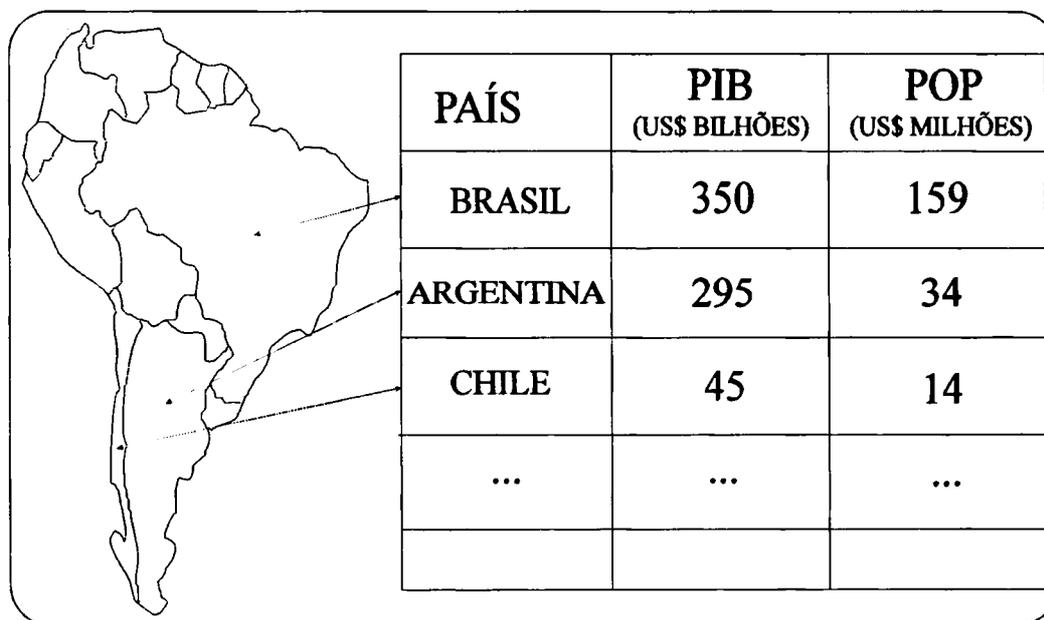


Fig. 2.2 - Exemplo de mapa cadastral, mostrando alguns países da América do SUL com seus respectivos atributos descritivos.

FONTE: Adaptada de INPE/DPI (1997).

Mapas cadastrais têm formatos relativamente simples e a maior parte das aplicações que os utilizam, realizam consultas ao banco de dados e apresentam os resultados de forma simbólica. Portanto, para a realização dessas consultas, é

fundamental que haja uma boa ligação entre o mapa cadastral e o banco de dados. Um *geo-objeto* é individualizável e tem identificação com o mundo real. Esta identificação possibilita ligar a sua representação (dados gráficos) a seus atributos (dados tabulares).

Um dado do tipo temático (*geo-campo*) não é identificável e nem individualizável (Goodchild, 1992). Portanto, as representações gráficas resultantes de uma classificação são tratadas apenas como pertencentes a um certo tema ou classe. Neste modelo é possível apenas associar atributos gerais que descrevem as classes utilizadas. Portanto, não se pode separar e associar atributos específicos a cada representação gráfica.

Um dado do tipo *geo-objeto* ou modelo cadastral, é identificável e separável. Então, o usuário pode identificar e associar atributos descritivos a cada representação gráfica. Por exemplo, numa plantação de soja (simbolizado sobre o mapa com representações poligonais) pode-se informar, para cada polígono, o tipo de fertilizante utilizado, a marca do herbicida, o custo por hectare e o índice de produção. Neste modelo, os polígonos de soja são denominados de objetos geográficos e podem ser manipulados através do sistema, para serem exibidos em gradação de cores de acordo com o índice de produção, ou de acordo com o tipo de fertilizante utilizado. Isto é possível, porque cada polígono tem atributos descritivos que permitem ao sistema analisá-lo e exibi-lo de forma adequada.

2.2.3 - REDES

Redes também são do tipo *geo-objeto* e também se caracterizam por cada objeto (por exemplo: um cabo telefônico, transformador de rede elétrica ou cano de água) possuir uma localização geográfica exata e estar associado a atributos descritivos, presentes no banco de dados. Dados de redes são compostos por informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz, telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas), malhas viárias, etc. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: arcos têm um sentido de fluxo e nós têm atributos que podem ser fontes ou sorvedouros. Neste tipo de

dado (da mesma forma que no cadastral) também é fundamental a ligação com banco de dados, para que se possa realizar consultas e apresentar os resultados de forma adequada. Estes tipos de dados são mais complexos de serem tratados que dados cadastrais. Normalmente os pacotes de rede de sistemas comerciais possuem cálculos de caminho ótimo e crítico, mas nem sempre são suficientes para a exigência das aplicações (Peuquet, 1990).

2.2.4 - IMAGENS

Imagens são do tipo *geo-campo*, obtidas por satélites ou aeronaves e armazenadas como matrizes, onde cada elemento unitário de informação (“pixel”) está ligado a certas características físicas e/ou químicas do material da superfície. O uso de imagens de satélite tem se tornado comum em SIG e suas características mais importantes são: resolução espectral (número de bandas); resolução espacial (a área unitária da superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor); e resolução temporal (intervalo de tempo entre passagens sucessivas sobre uma mesma área).

2.2.5 - MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO

Modelos Numéricos de Terreno (MNT) também são do tipo *geo-campo* e denotam a representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Um MNT é normalmente associado à altimetria, mas pode ser utilizado para modelar outros fenômenos de variação contínua, tais como variáveis geofísicas, geoquímicas e batimetria. Em MNT podem ser utilizados dois tipos de representações:

- *grades regulares*: matriz de elementos com espaçamento fixo, onde é associado o valor estimado da grandeza na posição geográfica de cada ponto da grade; e
- *malhas triangulares*: a grade é formada por conexão entre amostras do fenômeno, utilizando, por exemplo, a triangulação de *Delaunay*³. A grade triangular é uma estrutura topológica vetorial do tipo arco-nó formando recortes

³A triangulação de Delaunay garante que o circuncírculo de cada triângulo não contém nenhum outro ponto de outra triangulação.

triangulares do espaço. Uma comparação mostrando as vantagens e desvantagens destas duas formas de representação de MNT é ilustrada na Tabela 2.2.

TABELA 2.2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GRADE TRIANGULAR E REGULAR PARA REPRESENTAÇÃO DE MNT

	grade triangular	grade regular
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - melhor representação de relevo complexo - pode incorporar restrições como linhas de crista 	<ul style="list-style-type: none"> - facilidade de manuseio e conversão - adequada para geofísica e visualização 3D
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - complexidade de manuseio - inadequado para visualização 3D 	<ul style="list-style-type: none"> - ruim para representação de relevo complexo - ruim para cálculo de declividade

FONTE: Câmara Neto (1995), p.2-17.

2.3 - BANCO DE DADOS

Dentre todos os tipos de dados mencionados na seção 2.2, o trabalho tem interesse em focalizar o mapa cadastral. Mapas cadastrais normalmente têm a parte gráfica (mapas descritos vetorialmente em forma de arcos e nós) armazenada de maneira convencional, ou seja, em forma de arquivos, e a parte descritiva (atributos) armazenada em um banco de dados. Portanto, para entender melhor esse tipo de dado e conhecer como ele pode ser manuseado, são necessários certos conceitos sobre banco de dados, além de entender como um SIG realiza a conexão entre a parte gráfica e a descritiva.

Um sistema gerenciador de base de dados (SGBD) consiste de uma coleção de dados interrelacionados e de um conjunto de programas para acessá-los. É um sistema computadorizado de gravação e armazenamento, cujo propósito é manter

os dados e permitir sua recuperação quando necessária (Date, 1994). Um SIG contemporâneo, segundo Câmara Neto (1995), integra um SGBD e simplifica alguns serviços para o programador, tais como:

- armazenar e recuperar dados;
- permitir acesso lógico independente da estrutura de armazenamento físico;
- permitir acesso a dados padronizados;
- definir restrições de consistência para serem automaticamente impostas;
- controlar acesso concorrente por múltiplos usuários; e
- proteger contra perda ou acesso não autorizado.

A forma usual de integrar as informações geográficas com um ambiente de banco de dados, utiliza um SGBD relacional para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (na forma de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas. No *modelo relacional*, os dados são organizados na forma de uma *tabela* onde as *linhas* correspondem aos geo-objetos e as *colunas* correspondem aos *atributos*.

A cada entrada de atributos não-espaciais, feita por meio de um SGBD relacional, é imposto um identificador único ou *rótulo*, através do qual é feita a *ligação lógica* com suas respectivas representações gráficas, como ilustrado na Figura 2.3, a qual exemplifica as ligações lógicas criadas entre os rótulos dos talhões de um mapa florestal e seus atributos correspondentes (registros no *campo* TALHÃO) numa tabela de banco de dados.

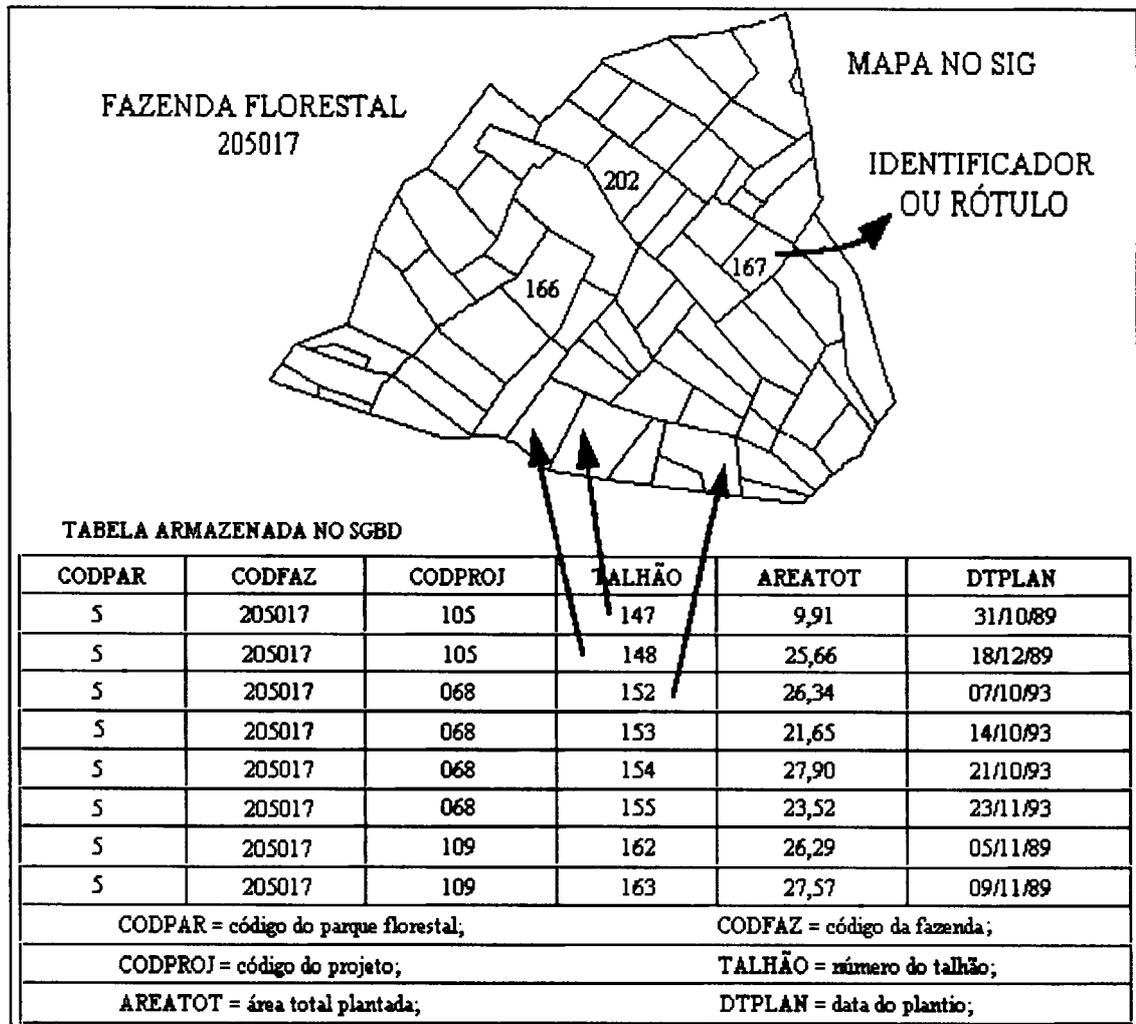


Fig. 2.3 - Estratégia dual para bancos de dados geográficos.

FONTE: Adaptada de Câmara Neto e Medeiros (1996), p. 2-9.

O mesmo tipo de relacionamento lógico pode ser feito em outros casos, como por exemplo: moradores em um lote, lotes em uma quadra, quadras em bairro, bairros em uma cidade; hidrantes de segurança ou telefones públicos ao longo de uma avenida; postos de serviço e restaurantes ao longo de uma rodovia.

A partir desta organização, um SIG é capaz de associar a representação gráfica desses *geo-objetos* com a informação descritiva contida em seu banco de dados e também de computar novas informações e exibí-las sob a forma de mapas. Assim, para obter informações sobre estradas como, tipo de pavimento, largura,

comprimento ou número de vias, pode-se consultar o dado tabular (atributos) correspondente e apresentar os resultados de forma inteligível.

2.3.1 - CONEXÃO DE DADOS GRÁFICOS E TABULARES

A conexão entre o dado gráfico (espacial) e o dado tabular (descritivo) é fundamental em um SIG. Segundo Câmara Neto (1995), para que isto ocorra existem três condições que devem ser obedecidas:

- manter um relacionamento único entre dados gráficos sobre o mapa e registros na tabela de atributos;
- manter a ligação entre o dado gráfico e o registro através de um único identificador; e
- manter o identificador armazenado fisicamente no arquivo que contém os dados gráficos e no arquivo que contém o correspondente registro da tabela de atributos.

Essas condições possibilitam a um SIG criar novos mapas baseados em informação tabular e permitem realizar por exemplo, as seguintes operações:

- apontando-se para uma representação sobre o mapa, identificar o geo-objeto e exibir uma lista de seus atributos; e
- apontando-se para um registro na tabela de atributos, identificar o geo-objeto correspondente e realçar suas representações gráficas sobre o mapa.

Os identificadores são utilizados nessas operações como um meio de ligação entre as representações gráficas do mapa e seus respectivos atributos tabulares e vice-versa. Essas operações fornecem interatividade entre dados gráficos e tabulares.

2.3.2 - CONEXÃO COM DADOS MULTIMÍDIA

A integração de dados multimídia num SIG admite várias estratégias. De uma forma geral, esses dados são exibidos por produtos especializados e são armazenados em formatos padronizados como TIFF⁴, GIF⁵, JPEG⁶, MPEG⁷ e AVI⁸. Existem várias maneiras de conectar um *geo-objeto* a dados multimídia. A forma direta é acrescentar uma nova coluna à tabela de atributos para que o *geo-objeto* possa conter o nome de um arquivo de dado multimídia. Esta maneira simples de associação permite ligar apenas um único arquivo de dado para cada *geo-objeto*. Outra forma de efetuar a conexão, é através da utilização de uma nova tabela. Esta tabela deve ter duas colunas, uma contendo o identificador do *geo-objeto* e a outra o nome do arquivo multimídia. Uma terceira maneira de conexão, também utilizando identificadores, pode ser feita sem usar tabelas. Esta forma consiste em compor o nome do correspondente arquivo de dados multimídia com o identificador do *geo-objeto*. Por exemplo, tendo-se o arquivo “fazenda-São-Lucas.tif” correspondente ao *geo-objeto* identificado por “345”, pode-se mudar o nome deste arquivo para “fazenda-São-Lucas.tif.345”. Neste exemplo em particular, o sistema deve procurar, num repositório previamente definido, todos os arquivos cuja extensão sejam iguais ao do identificador do *geo-objeto* em questão.

A vantagem dos dois últimos métodos é a capacidade de associação de vários arquivos de dados sobre um mesmo *geo-objeto*, sem a necessidade de acrescentar colunas à tabela de atributos.

Os métodos descritos acima possibilitam ao sistema obter o nome ou os nomes dos arquivos associados a cada *geo-objeto*. Através do nome do arquivo, deve-se arquitetar uma forma de localizar o dado e exibí-lo adequadamente.

⁴Tag Image File Format.

⁵Graphic Interchange Format.

⁶Joint Photographic Experts Group.

⁷Moving Pictures Experts Group.

⁸Audio Video Interleave.

2.4 - INTERFACE COM O USUÁRIO

A interface com o usuário é a parte que integra todas as aplicações e permite requerer e receber informações espaciais de um sistema. Seu projeto influencia quão facilmente pode-se interagir com um SIG e quão rapidamente pode-se entender os resultados apresentados (Egenhofer, 1990). Correntemente os SIGs têm procurado melhorar esses aspectos de interação, de modo a tornar seu uso amigável e requerer pouco tempo de treino por parte de quem vai usá-lo. Nesse aspecto, o enfoque principal é como o usuário pode recuperar os dados espaciais e como ele pode interagir com o dado representado sobre a tela de uma estação de trabalho.

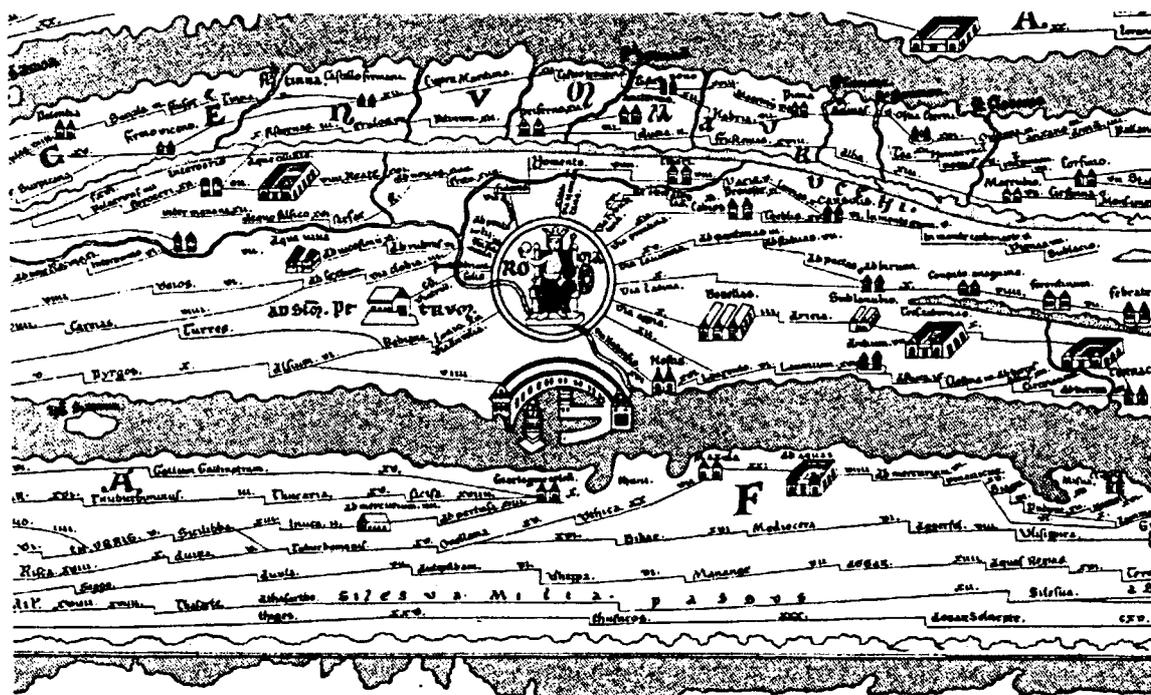
Um sistema de visualização de dados deve ser de fácil manuseio, uma vez que a maioria de seus usuários é composta por não-especialistas em computação, preocupados em utilizá-lo como ferramenta de trabalho dentro de suas áreas de conhecimento. Portanto, a interface deve ser de fácil operação e permitir diferentes tipos de análises, além de possibilitar a inclusão de novas técnicas. Em geral, interfaces do tipo janelas são mais fáceis de serem manuseadas, mas possuem menor versatilidade e variabilidade. Essas interfaces exigem do projetista certos cuidados, de modo a permitir formular questões apropriadas e expressar claramente suas respostas. Por outro lado, as linguagens de comando podem formular questões com grande versatilidade e variabilidade, mas requerem mais tempo de treino e aprendizagem (Egenhofer, 1994).

CAPÍTULO III

CONCEITOS SOBRE APRESENTAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS

3.1 VISUALIZAÇÃO

A maioria dos conceitos utilizados atualmente sobre elaboração e visualização de mapas, por computador, tem origem nos antigos mapas confeccionados manualmente por cartógrafos que, há séculos, vêm refinando a arte de representar e simbolizar uma grande variedade de características do terreno com alto nível de qualidade (Pearson e Keates, 1991). Um exemplo disso é o mapa da Itália Central elaborado por Alexandre G. Findlay em 1849, a partir de anotações de Peutingerian (393 DC), mostrado na Figura 3.1.



CENTRAL ITALY, with the ADJACENT COUNTRIES, from the PEUTINGERIAN TABLES constructed about A.D. 393.

Fig. 3.1 - Mapa da Itália central, elaborado a partir de anotações de Peutingerian 393 DC, por Alexandre G. Findlay em 1849.

FONTE: Map Collection - MAHOGANY (1996).

Quando técnicas de computação são utilizadas para a confecção de produtos cartográficos, o caso ideal é obter do computador mapas com a mesma qualidade daqueles confeccionados manualmente. A computação gráfica, ou visualização por computador, como hoje a entendemos, conheceu seu maior desenvolvimento a partir de 1987, por meio de conferências co-patrocinadas pelo IEEE⁹ e ACM SIGGRAPH¹⁰(McCormick, 1987). Graças a essas conferências, atualmente existem muitos livros e artigos envolvendo várias disciplinas do campo de visualização. Algumas das definições sobre visualização emergidas dessas conferências são:

- “visualização por computador transforma o simbólico para o geométrico e possibilita a observação de fenômenos através de simulações e cálculos. Ela oferece métodos para ver o invisível e enriquece o processo da descoberta. Em muitos campos do conhecimento a visualização está revolucionando a forma do cientista fazer ciência” (McCormick, 1987);
- “no conceito de visualização é fundamental a idéia do observador poder construir um modelo mental, com os atributos visuais que representam os atributos dos dados em uma forma definível. Escolher a representação adequada favorece uma apreciação crítica e abrangente do dado e beneficia análises subsequentes para processar ou tomar decisões” (Robertson, 1991);
- “visualização é primeiro e antes de tudo, um ato de percepção. É a aptidão de desenvolver representações mentais que nos permitem identificar padrões e a criar ou impor uma ordem” (MacEachren et al., citado por Buttenfield e Mackaness, 1992);

⁹IEEE - Institute of Electrical and Eletronics Engineers.

¹⁰SIGGRAPH - Special Interest Group on Computer Graphics.

- “visualização é o processo de representar a informação sinopticamente com o propósito de reconhecer, comunicar e interpretar padrões e estruturas” (Buttenfield e Mackaness, 1992);
- “visualização científica tem o objetivo de explorar dados. Seu objetivo é propiciar o entendimento dos dados que estamos a estudar e gerar um novo sentido, contando com a aptidão humana de visualizar e interpretar” (Earnshaw at al., 1992).

Visualização abrange muitas áreas da ciência e Earnshaw (1992) afirma: “Para entender todos os conceitos envolvidos na visualização, é necessário ter algum conhecimento em artes gráficas, fotografia, desenho ou pintura, para se obter os princípios gerais de projeto de um ponto de vista artístico. É necessário um curso de ciências, tal como, biologia, química ou física, para que se possa comunicar com os cientistas. Também é necessária uma forte base matemática, com cálculo, álgebra linear, equações diferenciais ordinárias e parciais e análises numéricas. Enfim, para alguém com todas essas perícias e com uma base regular em ciência da computação, é necessário ainda uma base em computação gráfica e mais alguma experiência em animação por computador.”

O presente trabalho envolve apenas um campo especializado da visualização que trata da apresentação de dados geográficos. Os tópicos seguintes não abrangem todas as disciplinas citadas acima, mas foram selecionados por conter importantes conceitos necessários para a compreensão das diversas técnicas existentes na apresentação de dados geográficos.

3.2 - APRESENTAÇÃO GRÁFICA

Apresentação gráfica é um meio poderoso e eficiente de transmitir informação espacial. A capacidade para apresentar dados espaciais graficamente marca uma diferença óbvia entre sistemas de informação espacial e convencional¹¹. Através de

¹¹sistema de informação convencional refere-se, neste trabalho, a bancos de dados que mostram a informação apenas através de planilhas eletrônicas.

gráficos pode-se inferir muitos relacionamentos espaciais que, de outra forma dificilmente seriam deduzidos, tais como informação sobre vizinhança, inclusão ou interseção. Exibir resultados de consulta espacial em forma gráfica é a maneira mais adequada de observar um dado geográfico. Analisar e entender um dado espacial graficamente é mais fácil que analisar uma representação léxica que contenha os mesmos dados (Egenhofer, 1990). Através de um gráfico, pode-se decidir facilmente se duas linhas se interceptam ou qual ponto encontra-se mais próximo de uma linha. No exemplo da Figura 3.2, o gráfico apresentado revela que um ponto está entre dois outros, enquanto somente as coordenadas desses pontos não revelam nada de imediato, quanto ao posicionamento dos mesmos.

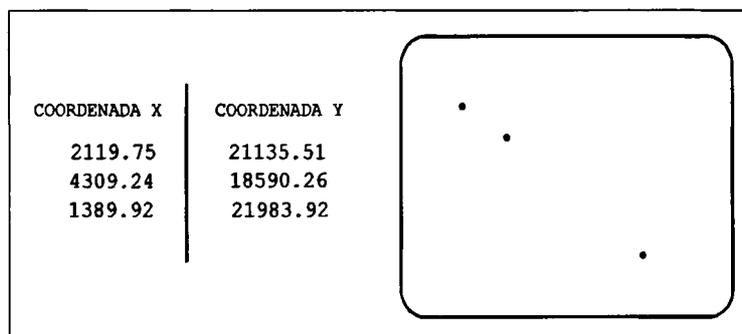


Fig. 3.2 - Apresentação de pontos em forma gráfica e alfanumérica.

FONTE: Adaptada de Egenhofer (1990), p. 395.

3.2.1 - TIPOS DE CONSULTA GEOGRÁFICA

Em um SIG existem duas formas básicas de consulta de dados geográficos:

- espacial; e
- por atributos.

As consultas espaciais são aquelas que envolvem relacionamentos espaciais, que podem ser divididos em (Câmara Neto, 1995):

- relacionamentos topológicos, tais como “dentro de” e “adjacente a”;
- relacionamentos direcionais, como “acima de” e “ao lado de”;

- relacionamentos métricos, derivados das operações de distância e direção.

Desta forma, algumas das questões mais comuns feitas em uma consulta *espacial* são, por exemplo, do tipo:

- “mostre todas as escolas que estão dentro de um raio de 2 km do centro da cidade”;
- “mostre todas as propriedades que fazem vizinhanças com a fazenda São Lucas”;
- “mostre todas as cidades que são cortadas pelo rio Tietê”;
- “mostre quais são as tribos indígenas que estão a menos de 5 km da rodovia Belém-Brasília”;

De uma forma geral, a consulta *espacial* responde a questões que têm a ver com a geografia do dado, portanto, os atributos descritivos contidos no banco não têm influência sobre ela.

Consulta por *atributos* é relacionada com os valores descritivos do dado armazenado no banco de dados. Este tipo de consulta permite responder, por exemplo, a questões do tipo:

- “mostre quais são as fazendas que possuem mais de 100 empregados e têm mais de 2.000 hectares”;
- “mostre somente as escolas públicas”;
- “mostre quais são as cidades que possuem mais de 5 hospitais e têm população maior que 200.000 habitantes”;
- “mostre quais são os bairros onde a população possui renda média maior que 10 salários mínimos”.

Na consulta *por atributos* a geografia do dado não têm influência. Ela só depende dos atributos descritivos do dado.

Um SIG deve possuir essas duas formas de consulta geográfica, onde a consulta *espacial* normalmente é utilizada para restringir-se a uma determinada área ou região de interesse, e a consulta por *atributos* é utilizada para selecionar e analisar os geo-objetos que satisfazem às condições impostas pelo usuário. A utilização destas duas formas de consulta é interessante quando se tem um banco com grande número de objetos geográficos. Através da consulta *espacial* pode-se restringir não somente ao local de interesse, mas também diminuir o número de dados com o qual opera a consulta por atributos. Portanto, a utilização racional destas duas formas de consulta pode propiciar um bom desempenho ao sistema, independentemente da quantidade de dados que devem ser manuseados, disponíveis a princípio no banco de dados.

Os conceitos apresentados a seguir referem-se à manipulação de dados geográficos em função de seus atributos descritivos. Neste tipo de apresentação existem duas formas de abordagem: forma tabular e forma gráfica (mapas). A apresentação em forma tabular possibilita observar todos os atributos descritivos de um dado geográfico e permite analisar o comportamento estatístico de seus valores, como, calcular a média, o máximo e o mínimo, etc. A apresentação em forma de mapas possibilita analisar os relacionamentos geográficos entre os diversos objetos, como, por exemplo, selecionar e analisar se as cidades com mais de 10 hospitais estão perto de, longe de, ao longo de, etc.

Uma vez que os resultados das análises podem ser apresentadas sob a forma de mapas, os itens seguintes discutem algumas características inerentes à geração desses mapas (simbologia, legendas, etc.), as quais devem ser adequadamente escolhidas.

3.3 - SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS E VARIÁVEIS VISUAIS

Na composição de um mapa, os símbolos devem ser cuidadosamente organizados de modo a comunicar um padrão ou relacionamento geográfico. Numa tentativa de formalizar a definição da simbologia associada a gráficos e mapas, Jaques Bertin propôs uma teoria de comunicação visual (a chamada

“Semiologia Gráfica”) baseada no conceito de *variáveis visuais* (Monmonier, 1993). As variáveis visuais de Bertin definem uma associação funcional entre símbolos e tipos específicos de dados. Entender as variáveis visuais de Bertin e suas funções pode ajudar o autor do mapa a selecionar um esquema efetivo para arranjo dos símbolos disponíveis.

As variáveis visuais de Bertin, compostas por *forma*, *medida*, *orientação*, *textura*, *valor* e *cor*, são ilustradas na Figura 3.3.

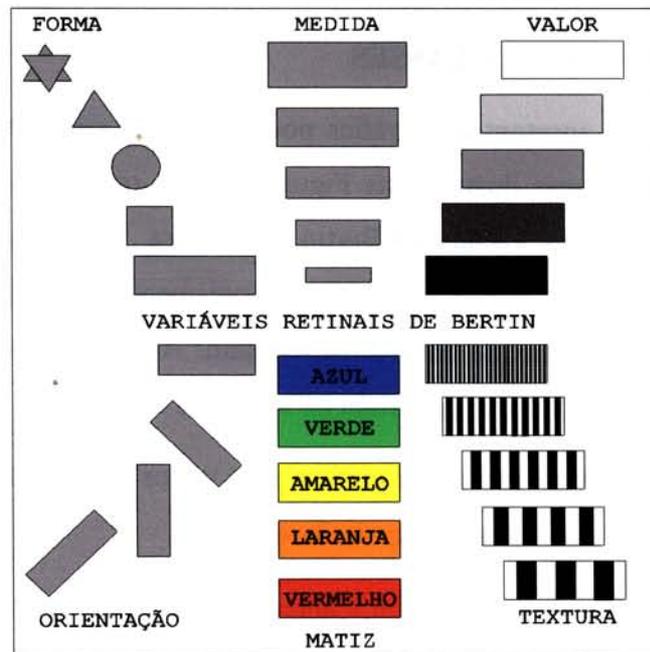


Fig. 3.3 - As variáveis visuais de Bertin.

FONTE: Adaptada de Monmonier (1993), p. 59.

O objetivo das variáveis visuais é associar propriedades perceptuais aos símbolos. No conceito de Bertin, as variáveis visuais primeiro fixam uma marca gráfica e em seguida “elevam” essa marca acima do plano gráfico (por representar com um padrão ou luz diferente do fundo da tela ou do papel). *Medida*, *valor* e *textura* fornecem às marcas gráficas uma organização dimensional e quantitativa. *Forma* e *matiz* são idéias para diferenciar categorias, e *orientação* para fornecer a direção da própria característica.

As variáveis visuais quantitativas (medida, valor e textura) podem ser eficientes sobre mapas mostrando um ordenamento de características. Pontos que variam em tamanho ou *medida* são ideais para retratar quantidade ou magnitude. Símbolos de área que variam em *valor* ou gradação de cores também são desejáveis, porém menos efetivos. *Textura* é normalmente um símbolo de baixa resolução e não deve ser usada em superfícies muito pequenas, porque dificulta a codificação e debilita a transmissão da informação.

3.4 - REPRESENTAÇÃO DE CLASSES

A apresentação gráfica pode ser usada para transmitir o conceito de classes em mapas, como ilustrado na Figura 3.4. Na representação de classes em mapas o uso das variáveis visuais de Bertin é útil para transmitir a informação de forma clara e objetiva. Classificação é o agrupamento de vários objetos com propriedades similares dentro de uma classe comum. As propriedades gráficas, neste caso, são ferramentas efetivas que suportam os seguintes conceitos:

- ao usar a mesma apresentação gráfica para vários objetos em locais distintos, informa-se que esses objetos são similares; e
- ao usarem apresentações significativamente diferentes, para dois objetos, enfatiza-se a sua dissimilaridade.

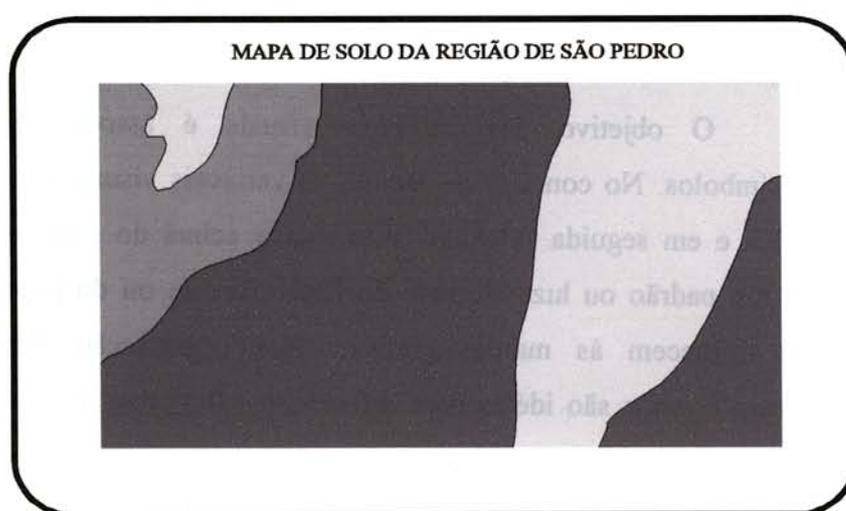


Fig. 3.4 - Apresentação gráfica transmitindo informação de classes.

3.5 - LEGENDAS

As técnicas usadas para distinguir diferentes objetos são de particular importância se uma multiplicidade de dados espaciais precisa ser representada em um mapa. Um mapa de serviços públicos, por exemplo, apresentando várias linhas, lotes, e construções será de pouco valor se todos os objetos forem representados com linhas pretas com estilos e larguras pouco diferenciados. O usuário não terá informações suficientes sobre o significado das linhas utilizadas e terá dificuldades em entender o mapa.

A interpretação de uma apresentação gráfica torna-se difícil mesmo quando várias classes são representadas por diferentes símbolos, cores e padrões. Mesmo que as diferentes classes tenham representações bastante distintas, seus significados são às vezes difíceis de ser interpretados sem uma explicação adicional. A Figura 3.5 mostra um mapa com dois símbolos diferentes para construções, um representando residências e outro prédios de escritórios. Apesar da apresentação em padrões distintos informar sobre a existência de diferentes objetos, ela não informa sobre a semântica, isto é, o que eles representam. A menos que essa semântica seja compreensível para o usuário, a apresentação gráfica não conterá informação completa.

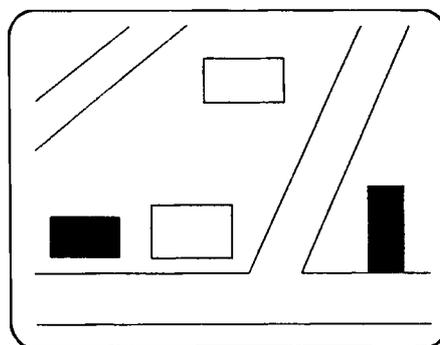


Fig. 3.5 - Apresentação com dois símbolos diferentes para construções.

No exemplo acima, uma legenda deve ser adotada para explicar a simbologia usada sobre o mapa. A legenda é um dicionário que traduz de uma linguagem gráfica para uma linguagem alfanumérica (Egenhofer, 1992). Desse modo, o mapa da Figura 3.5 necessita de uma legenda que descreva as caixas escuras como

residências e as caixas claras como prédios de escritórios. A Figura 3.6 mostra essa tradução da linguagem gráfica para a linguagem alfanumérica.

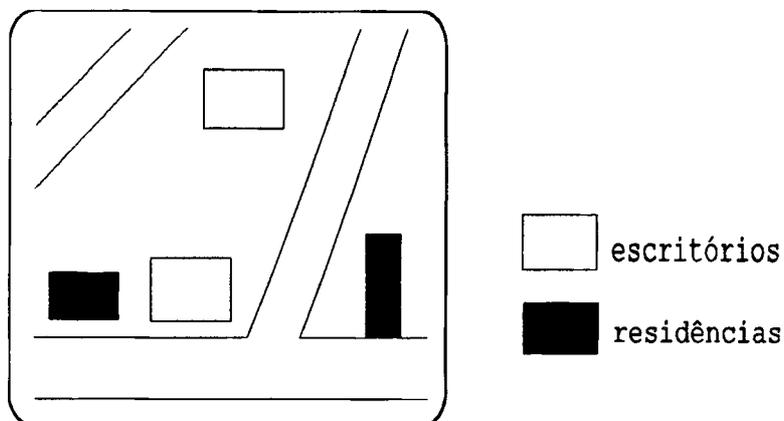


Fig. 3.6 - Apresentação com legendas.

3.6 - REPRESENTAÇÃO DE VALORES E FORMAS DE AGRUPAMENTO

Um dado geográfico pode possuir atributos e existem várias formas gráficas de representá-los, tais como:

- barras;
- áreas;
- tortas (ou pizzas);
- dispersão; e
- mapas de “choropleth”¹².

Todas essas formas gráficas de representação de valores são importantes para um SIG; entretanto, segundo Monmonier (1993), o mapa de “choropleth” é a forma mais natural de transmitir informação de valores, porque também expressa a localização dos objetos geográficos. Para exemplificar, a Tabela 3.1 contém o número de reservas indígenas por situação de demarcação, segundo as grandes regiões do Brasil. A representação gráfica da Tabela 3.1 pode ser feita através do mapa de “choropleth” de duas formas. A primeira, ilustrada na Figura 3.7, caracteriza-se por

¹²“choropleth” é o termo utilizado para denominar mapas que representam dados quantitativos.

preencher o objeto com graduação de tons representando o número de demarcações (quanto mais escuro, maior o número de demarcações). Outra forma, ilustrada na Figura 3.8, mostra pontos gradados em tamanho (quanto maior o círculo, maior o número de demarcações).

TABELA 3.1 - NÚMERO DE RESERVAS INDÍGENAS, POR SITUAÇÃO DE DEMARCAÇÃO, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES DO BRASIL.

REGIÃO	NÃO DEMARCADAS	DEMARCADAS
NORTE	183	117
NORDESTE	26	38
SUDESTE	4	22
SUL	34	23
CENTRO-OESTE	31	69

FONTES: FIBGEF (1995).

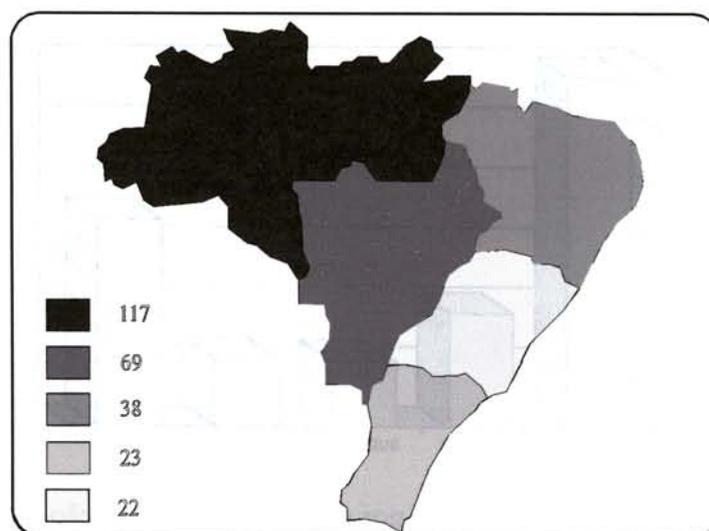


Fig. 3.7 - Mapa de “choropleth” mostrando o número de reservas indígenas, por situação de demarcação, através de graduação de tons.

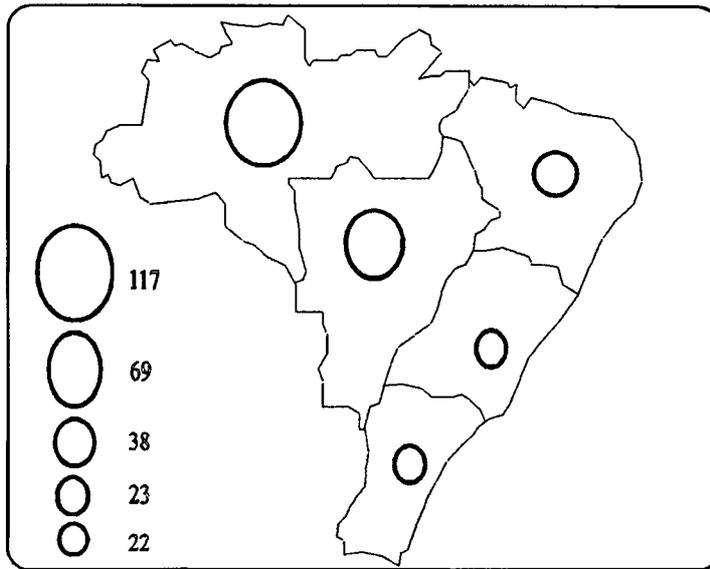


Fig. 3.8 - Mapa de "choropleth" mostrando o número de reservas indígenas, por situação de demarcação, através de símbolos de ponto com gradação em tamanho.

O mesmo dado também pode ser representado por outros gráficos, como por exemplo, gráfico de barras, ilustrado na Figura 3.9.

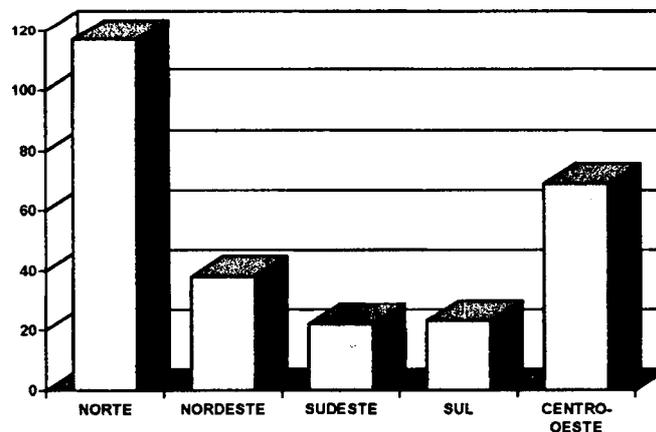


Fig. 3.9 - Número de reservas indígenas, por situação de demarcação, representado por gráfico de barras.

Quando existem poucos dados, como no exemplo da Tabela 3.1, não há necessidade de agrupar regiões por faixas de valores. Entretanto, quando esse não for o caso, o uso de agrupamento por faixa de valores facilita a visualização gráfica.

Monmonier (1993) recomenda que o número de agrupamento ideal é em torno de cinco e nunca maior que sete, porque é preferível representar poucos grupos com símbolos de áreas graficamente estáveis do que arriscar uma representação fina de difícil visualização. Segundo Dent (1985), existem várias técnicas para o agrupamento:

- passos iguais;
- desvio padrão;
- valor único;
- quantil; e
- quebras naturais.

O agrupamento por *passos iguais* é recomendado particularmente quando o histograma tem forma retangular e quando as unidades de enumeração são próximas. É a técnica mais simples de todas, mas de pouco uso porque raramente ocorrem fenômenos geográficos com essa forma de variação.

A técnica de agrupamento por *desvio padrão* deve ser usada somente quando o histograma se aproxima de uma distribuição normal. Neste caso, limites de classes podem ser estabelecidos através do valor de desvio padrão. Por exemplo, tome-se como μ a média e δ o desvio padrão; quatro pontos de quebra podem ser criados ($\mu-1.5\delta$, $\mu-0.5\delta$, $\mu+0.5\delta$ e $\mu+1.5\delta$) para produzir cinco grupos descritos como: *extremamente baixo*, *baixo*, *médio*, *alto* e *extremamente alto* (Figura 3.10).

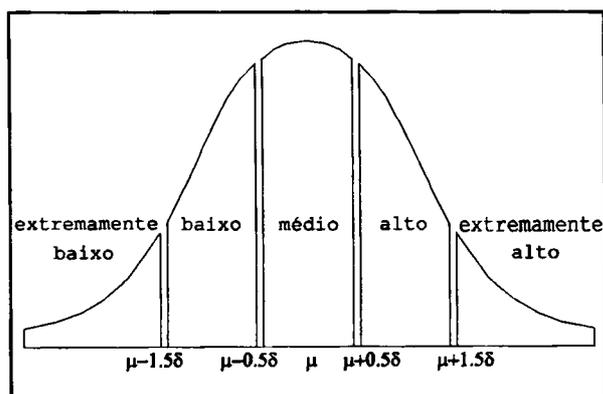


Fig. 3.10 - Agrupamento de valores por desvio padrão.

O agrupamento por *valor único* é utilizado para determinar grupos que possuem os mesmos valores, como por exemplo, determinar quais cidades possuem cinco hospitais, ou quais lotes pertencem a uma determinada pessoa.

Agrupamentos por *quantis*, tal como quartil (25%), quintil (20%), decil (10%), percentil (100%) ou outros valores similares, possuem intervalos variáveis, mas tem um número igual de objetos geográficos em cada grupo.

Agrupamentos por *quebras naturais* estabelecem fronteiras de grupos através da localização de depressões sobre um histograma, como ilustrado na Figura 3.11. Esta técnica tende a produzir classes contendo um grande número de valores similares. Entretanto, quando o histograma não possui quebras naturais, o usuário é levado a gerar quebras forçadas. Este procedimento tende a ser inadequado, porque pode acentuar diferenças não existentes.

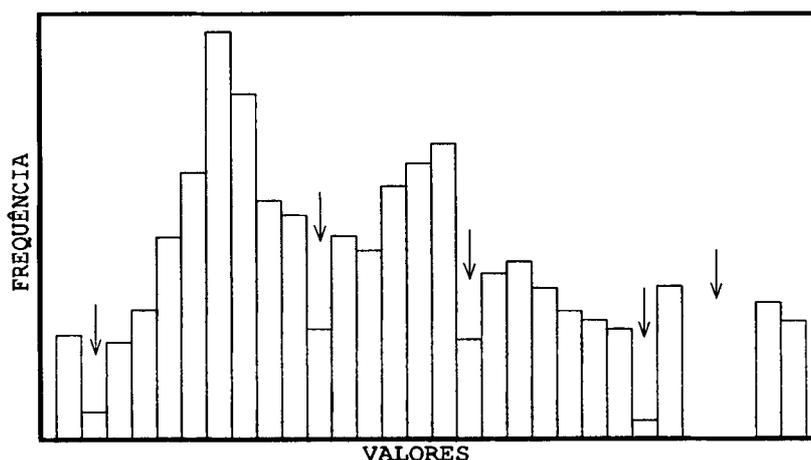


Fig. 3.11 - Agrupamento de valores por quebras naturais.

FONTE: Adaptada de Dent (1985), p. 205.

A variedade de técnicas para agrupamento de valores tem como consequência a possibilidade de produção de diferentes mapas gerados a partir dos mesmos dados. Por exemplo, as Figuras 3.12 e 3.13, mostram a mortalidade infantil por mil nascimentos em New Jersey no ano de 1988, por *intervalos iguais* e por *quantis*.

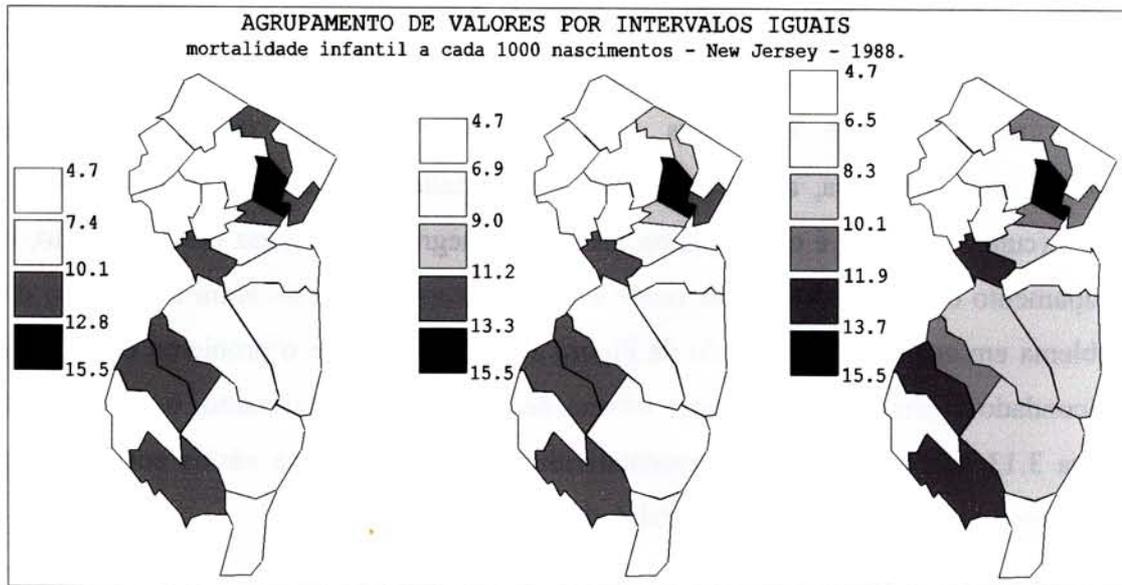


Fig. 3.12 - Diferentes formas de agrupamentos, por intervalos iguais, mostrando a mortalidade infantil por mil nascimentos em New Jersey, no ano de 1988.

FONTE: Adaptada de Monmonier (1993), p. 171.

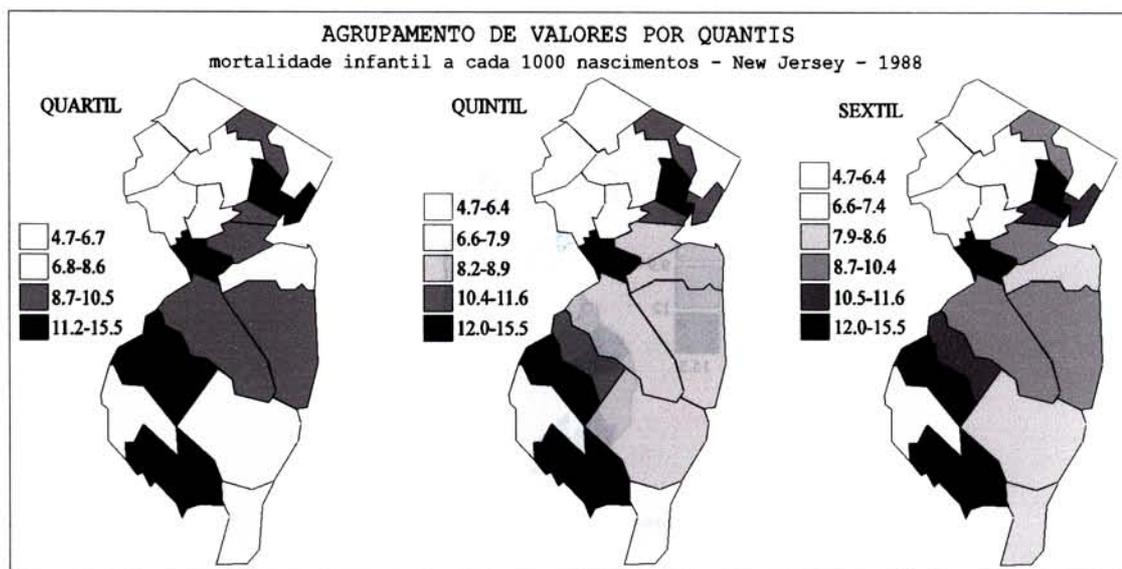


Fig. 3.13 - Diferentes formas de agrupamentos, por quantis, mostrando a mortalidade infantil por mil nascimentos em New Jersey, no ano de 1988.

FONTE: Adaptada de Monmonier (1993), p. 171.

A comparação entre as Figuras 3.12 e 3.13 mostra diferenças sutis, mas interessantes. No exemplo em questão, segundo Monmonier (1993), há uma grande variação entre os dados porque alguns condados, cuja população é majoritariamente branca, apresentam taxas de mortalidade infantil 4 vezes inferior a outros (cuja população é composta na maioria de negros). Por causa desta variação, o agrupamento em intervalos iguais tende a formar grupos que mascaram a extensão do problema em análise. No exemplo da Figura 3.12, evidencia-se o problema em apenas um condado correspondente à parte urbana de New Jersey. Entretanto, o exemplo da Figura 3.13 tem uma melhor representatividade e mostra que há vários condados no estado com sérios problemas de mortalidade infantil.

Segundo Monmonier (1993), para ilustrar o problema, a melhor forma é representar a classe intermediária com a média da mortalidade infantil do estado e efetuar dois agrupamentos por quantis, um para a parte inferior e outra para a parte superior. Esta forma de agrupamento permite comparar quais condados estão acima e abaixo da média estadual. A Figura 3.14 mostra um exemplo para ilustrar a situação em relação ao valor 9,9 que é a média da mortalidade infantil do país.

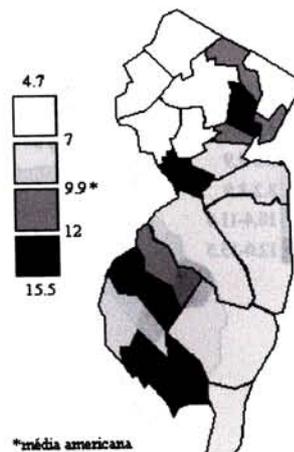


Fig. 3.14 - Agrupamento por quantis efetuado em duas partes, tomando-se como valor central a média da mortalidade infantil dos Estados Unidos da América.

FONTE: Adaptada de Monmonier (1993), p. 180.

Estes exemplos indicam que é possível, com os mesmos dados, obter análises completamente distintas, dependendo da técnica de visualização utilizada.

3.7 - CONTEXTO

A interpretação de uma apresentação gráfica é extremamente sensível ao contexto na qual ela é exibida. Contexto é uma informação que não foi explicitamente solicitada pelo usuário, mas é necessária para interpretar o resultado de uma consulta (Egenhofer, 1994). Em uma consulta, pode ser insuficiente desenhar apenas aqueles objetos que foram selecionados, como por exemplo: “mostre a cidade cujo nome é Curitiba”. Sem o contexto, o resultado dessa consulta é um ponto na tela, como mostrado na Figura 3.15.

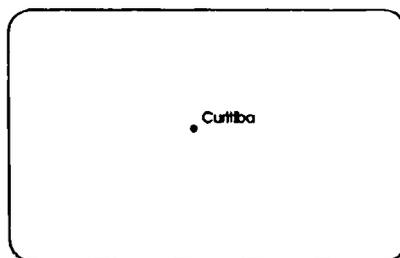


Fig. 3.15 - Apresentação gráfica insuficiente para a consulta “mostre a cidade cujo nome é Curitiba”.

Apresentações gráficas mais sofisticadas devem considerar a seleção de um contexto apropriado, o qual depende do propósito do desenho, da escala e da densidade do dado. Uma resposta razoável para a consulta acima é requerer um contexto no qual possa interpretá-lo espacialmente. Por exemplo, na Figura 3.16, mostrando as bordas do Estado do Paraná, usuários terão informações suficientes para localizar a cidade de Curitiba, no contexto do estado

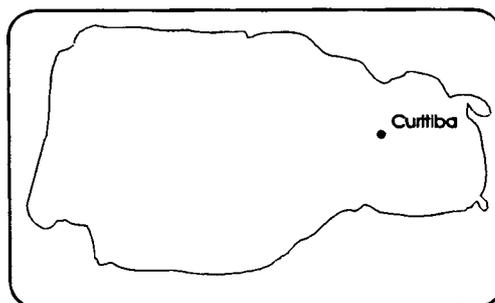


Fig. 3.16 - Apresentação gráfica para a consulta “mostre a cidade cujo nome é Curitiba”, com um contexto mínimo para se localizar a cidade.

Contexto espacial pode ser considerado como uma aplicação inteligente combinada com uma consulta. Enquanto o usuário pergunta por um objeto em particular, o sistema completa o resultado pela sobreposição do contexto. Esta combinação facilita a interpretação da consulta.

3.8 - MULTIMÍDIA

Dados de multimídia (áudio, vídeo, foto e texto) podem ser muito úteis num SIG, por fornecer informações adicionais aos dados geográficos. O primeiro passo para sua utilização é encontrar uma forma de integrá-los em um SIG. Uma das formas mais simples de utilização deste tipo de dados pode ser obtida através de técnicas de apontamento. Por exemplo, numa tela de estação de trabalho, que mostra vários objetos como ruas, construções e obras públicas, o usuário, ao apontar para um objeto pode comandar a exibição de um dado de multimídia, abrindo outra janela que exiba o dado solicitado (Figura 3.17).

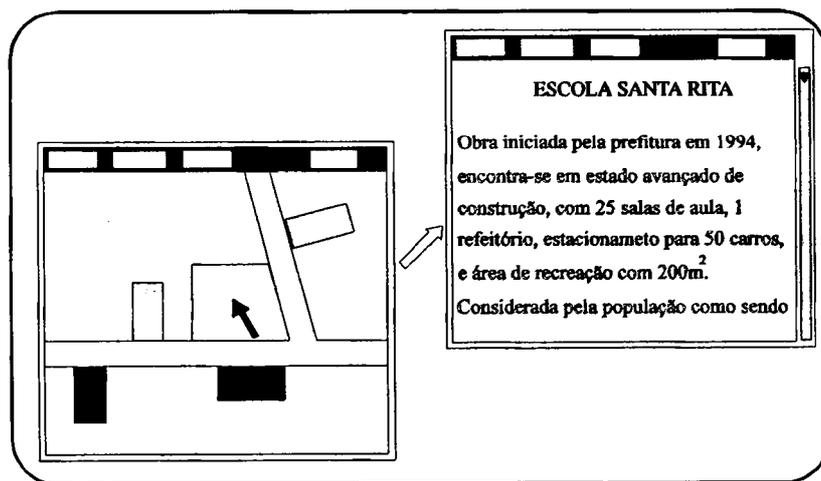


Fig. 3.17 - Exemplo do uso de técnica de apontamento para exibir dado de multimídia.

Neste tipo de apresentação é interessante que a arquitetura de ligação possa associar e exibir vários dados de multimídia de um mesmo geo-objeto, porque enriquece a análise do dado.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE

4.1 - AMBIENTE DE TRABALHO

Para o desenvolvimento do presente trabalho, seria conveniente que o SIG escolhido atendesse a determinados requisitos, como:

- ser *aberto* para que possa acessar todos os programas fontes utilizados em seu software; e
- possuir acoplamento com um banco de dados.

Baseado nesses requisitos, escolheu-se o sistema desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) denominado de Sistema de PRocessamento de INformações Geo-referenciadas (SPRING) (Câmara Neto et al., 1996). Outros fatores também considerados foram o interesse da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE em capacitar o SPRING com novas formas e técnicas de apresentação de dados geográficos, e o apoio oferecido pela DPI quanto ao fornecimento da infra-estrutura necessária.

Desta forma, o ambiente de trabalho para o desenvolvimento das técnicas consistiu do seguinte:

- estação de trabalho: SUN - SPARC 20;
- sistema operacional: UNIX - versão Solaris 2.5;
- compilador: C++;
- banco de dados: CodeBase versão 5.1;
- planilha gráfica: FoxPro versão 2.5 para Windows-3.1
- capturador de tela e visualizador: xv - versão 3.10a; e
- SIG: SPRING - versão 2.01.

4.2 - IMPLEMENTAÇÃO

A primeira etapa desta fase consistiu em estudar o SPRING para implementar o trabalho como uma extensão do seu módulo de visualização. O módulo responsável pela visualização no SPRING é chamado de “painel de controle” (PCTL). Este módulo, ilustrado na Figura 4.1, permite selecionar vários tipos de dados, os quais podem ser exibidos graficamente na tela, pressionando-se o botão *desenhar* em uma das interfaces de exibição do sistema.

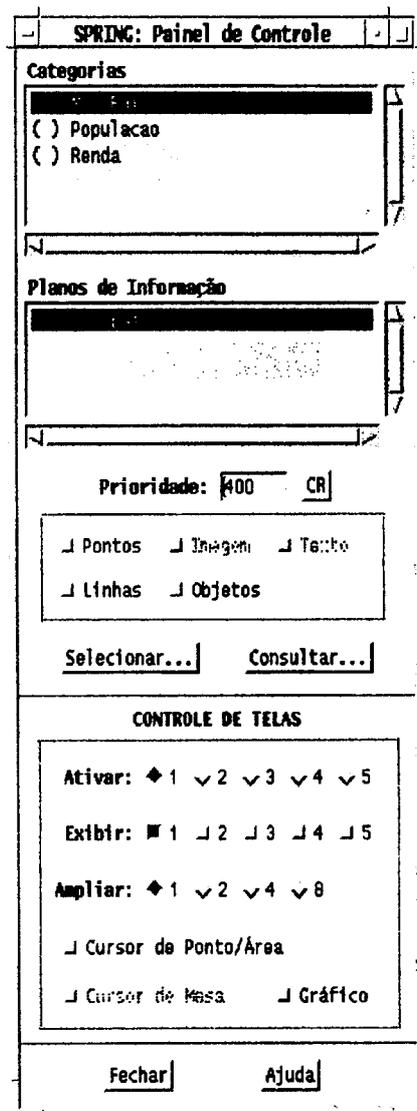


Fig. 4.1 - Painel de controle do SPRING.

A principal função do PCTL é controlar a exibição de dados pela seleção de planos de informações (PIs). Porém, esse tipo de controle não é suficiente para se observar e analisar objetos geográficos, pois, permite apenas observar e distinguir geo-objetos de diferentes categorias, como: escolas, hospitais e centros comerciais. O controle possibilitado não é adequado, entretanto, preferiu-se mantê-lo porque existem muitos usuários de SPRING já acostumados com essa forma de operação. Portanto, estabeleceu-se utilizar o PCTL (sem alteração) e aproveitar o botão *consultar* para ativar a interface de técnicas de apresentação de dados.

4.2.1 - FORMA DE INTERFACEAMENTO E DIVISÃO DO TRABALHO

Analisando-se as formas de exibição de dados do SPRING e os principais conceitos sobre apresentação de dados geográficos, decidiu-se implementar o trabalho utilizando-se interfaces de janelas. Resolveu-se também dividir o trabalho em módulos. A divisão em poucos módulos resulta em ter poucas interfaces, porém complexas e sobrecarregadas de botões e controles. Por outro lado, dividi-lo em muitos módulos resulta em ter muitas interfaces, o que também dificulta a operação devido ao excesso de janelas. Procurando a melhor solução, dividiu-se o trabalho em cinco módulos principais como ilustrado na Figura 4.2. Em verde estão representados os módulos já existentes no SPRING, e em vermelho os módulos desenvolvidos neste trabalho.

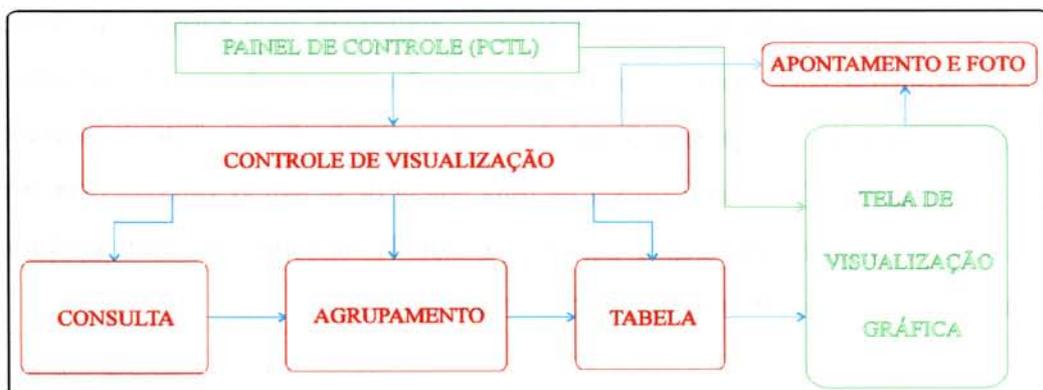


Fig. 4.2 - Principais módulos da apresentação de dado espacial.

O módulo de *controle de visualização* tem a função de comandar a visualização de geo-objetos. Este módulo controla a exibição e a ordem da seqüência de apresentação gráfica, e controla também a exibição de legendas e o ativamento da categoria corrente. O módulo de *apontamento* tem a função de exibir os atributos de um geo-objeto representado sobre o mapa, e possibilita exibir fotografias associadas ao geo-objeto apontado. Os módulos restantes, *consulta*, *agrupamento* e *tabela* modificam a forma de apresentação gráfica. Portanto, definiu-se um fluxo de operações para a exibição gráfica do dado, e estabeleceu-se utilizar a seqüência apresentada na Figura 4.2. Os módulos envolvidos nesse fluxo têm as seguintes funções:

- *módulo de consulta*: selecionar e apresentar geo-objetos que satisfazem a determinada condição imposta pelo usuário;
- *módulo de agrupamento*: criar e apresentar grupos de objetos geográficos determinados a partir de atributos descritivos; e
- *módulo de tabela*: apresentar todos os atributos de uma categoria e realçar sobre o mapa os geo-objetos selecionados sobre a tabela.

Os tópicos seguintes detalham a forma de implementação e operação dos módulos desenvolvidos neste trabalho.

4.3 - MÓDULO DE CONTROLE DE VISUALIZAÇÃO

O módulo de *controle de visualização* deve possuir uma interface capaz de expressar o conteúdo de uma apresentação e comandar o acionamento dos módulos de *consulta*, *agrupamento*, *tabela* e *apontamento*. Seu projeto é ilustrado na Figura 4.3. Esta interface é constituída de uma janela de tamanho variável para ocupar apenas o espaço necessário sobre a tela, e é dotada de uma lista com controle de deslocamento para facilitar a localização de itens.



Fig. 4.3 - Interface de controle de visualização de geo-objetos.

As categorias de geo-objetos pertencentes aos PIs selecionados pelo PCTL são apresentadas nesta interface. O controle para selecionar a visualização de uma categoria é feito através de um botão *quadrado* que se encontra nessa lista, posicionado à esquerda do nome de cada categoria. Uma marca sobre o botão indica que o item está ativo para ser visualizado.

A visibilidade é ativada e desativada utilizando-se o botão esquerdo do “mouse”. Pressionando-se sobre um botão *quadrado* sem marca, o módulo coloca a marca e a categoria correspondente fica com visibilidade ativa, ocorrendo o contrário quando pressiona-se sobre um botão com marca.

A Figura 4.3 mostra a interface contendo 14 categorias, das quais 4 (escolas, hospitais, centros comerciais e quadras) estão com visibilidade ativa. O resultado desta condição de apresentação é ilustrado na Figura 4.4.

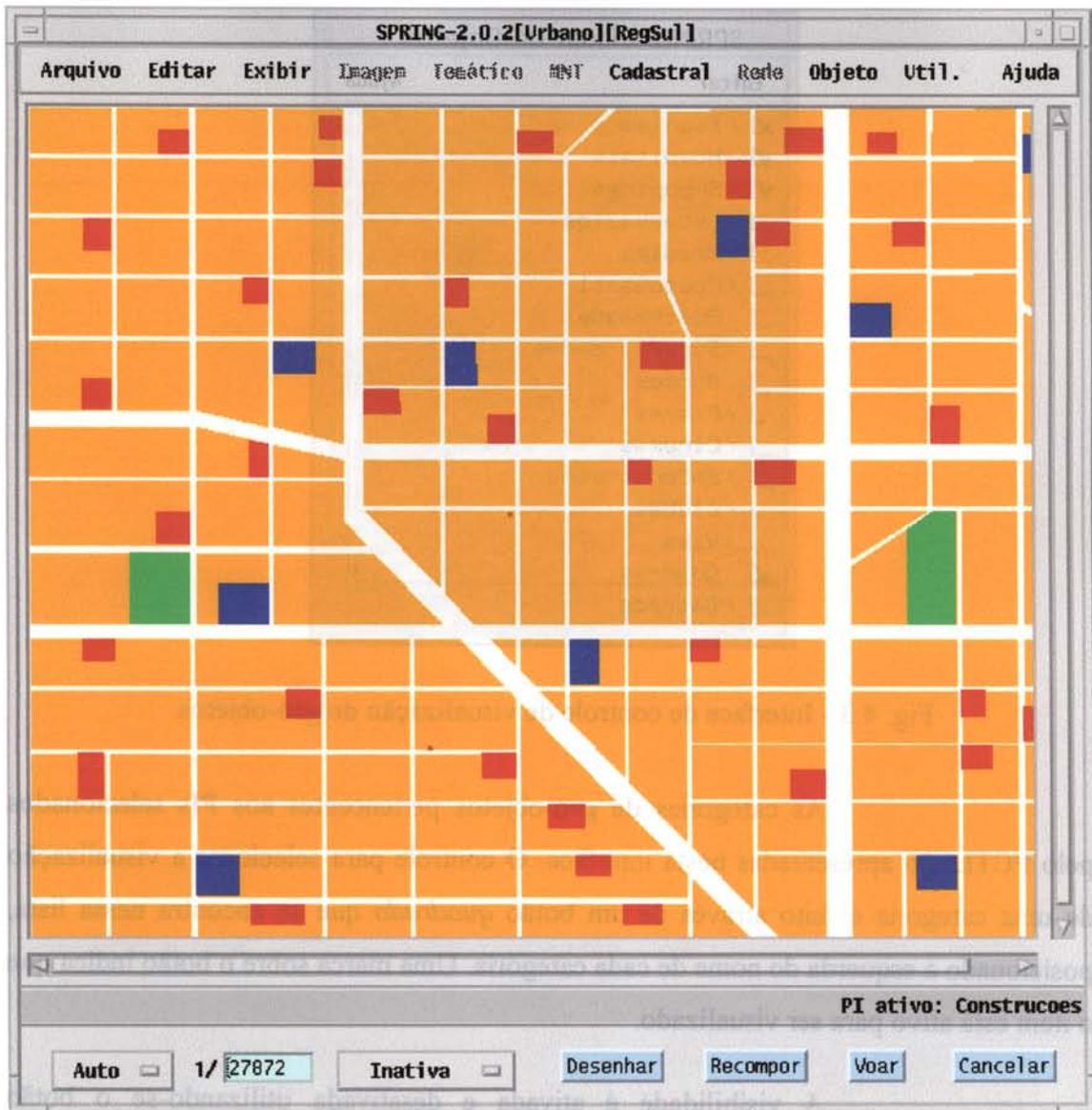


Fig. 4.4 - Exibição das categorias de geo-objetos, estabelecido pela interface de controle de visualização, conforme ilustrada na Figura 4.3.

Uma legenda é necessária para elucidar a simbologia utilizada na apresentação da Figura 4.4. Atendendo esse requisito, a interface de *controle de visualização* possui botões que permitem exibir a legenda de cada categoria. O comando de exibição de legendas é feito por um botão *triangular* que aparece na lista, entre o nome da categoria e o botão *quadrado* utilizado para ativar a visibilidade. Botões triangulares de aparência “sobreposta” indicam que a exibição de suas respectivas

legendas estão desativadas, enquanto, botões triangulares de aparência oposta, ou seja “afundada”, indicam que as legendas estão ativas.

O controle de exibição de legendas também é feito utilizando-se o botão esquerdo do “mouse”. Pressionando-se sobre um botão triangular que possui aparência “sobrepota”, o módulo “afunda” este botão e exibe a legenda correspondente dessa categoria. O efeito contrário é obtido quando pressiona-se sobre um botão triangular que está com a legenda ativa.

A Figura 4.5 mostra a mesma interface ilustrada na Figura 4.3, porém, exibindo legendas para *escolas*, *hospitais*, *centros comerciais* e *quadras*.

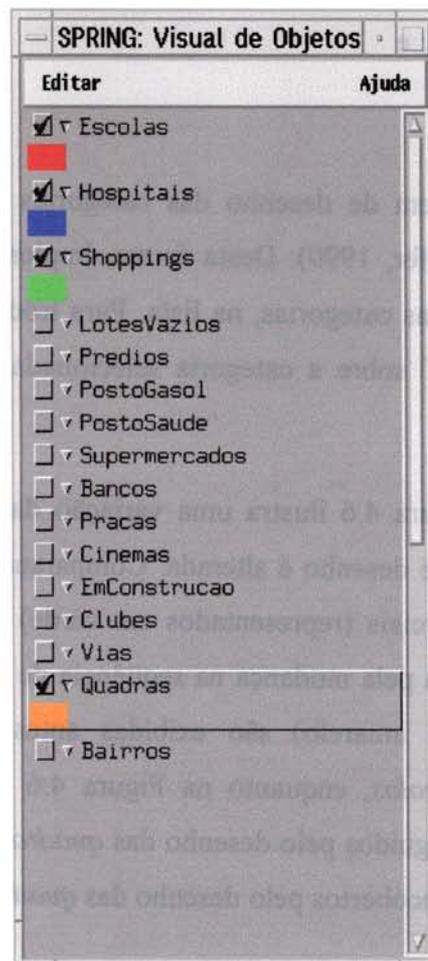


Fig. 4.5 - Interface de controle de visualização mostrando legendas para *escolas*, *hospitais*, *centros comerciais* e *quadras*.

A interface de *controle de visualização* também possibilita comandar a seqüência de desenho das representações gráficas das categorias. Definiu-se neste módulo, utilizar a própria lista exibida em sua interface, onde a seqüência de desenhos adotada obedece a ordem contrária à exibida pela lista. Portanto, os desenhos são efetuados de baixo para cima, ou seja, começa pela categoria que aparece em último na lista e termina pela que aparece em primeiro. Observando-se a Figura 4.5, nota-se que a apresentação da Figura 4.4 foi efetuada utilizando-se a seguinte seqüência de desenhos:

- em primeiro: quadras;
- em segundo: centros comerciais;
- em terceiro: hospitais; e
- em quarto: escolas.

A ordem de desenho das categorias pode esconder ou realçar alguns geo-objetos (Egenhofer, 1990). Desta forma, implementou-se uma maneira de permitir a troca de ordem das categorias, na lista. Para trocar a ordem, pressiona-se o botão esquerdo do "mouse" sobre a categoria selecionada e o arrasta até a posição desejada.

A Figura 4.6 ilustra uma variação da apresentação mostrada na Figura 4.4, onde a ordem de desenho é alterada. Comparando-se as duas, observa-se a ausência dos centros comerciais (representados em verde) na apresentação da Figura 4.6. Esta ausência é causada pela mudança na seqüência de desenhos. Na Figura 4.4 as quadras (representadas em amarelo) são exibidas antes do desenho dos *centros comerciais, hospitais e escolas*, enquanto na Figura 4.6 os *centros comerciais* são desenhados em primeiro, seguidos pelo desenho das *quadras, hospitais e escolas*; logo, os *centros comerciais* são encobertos pelo desenho das *quadras*.

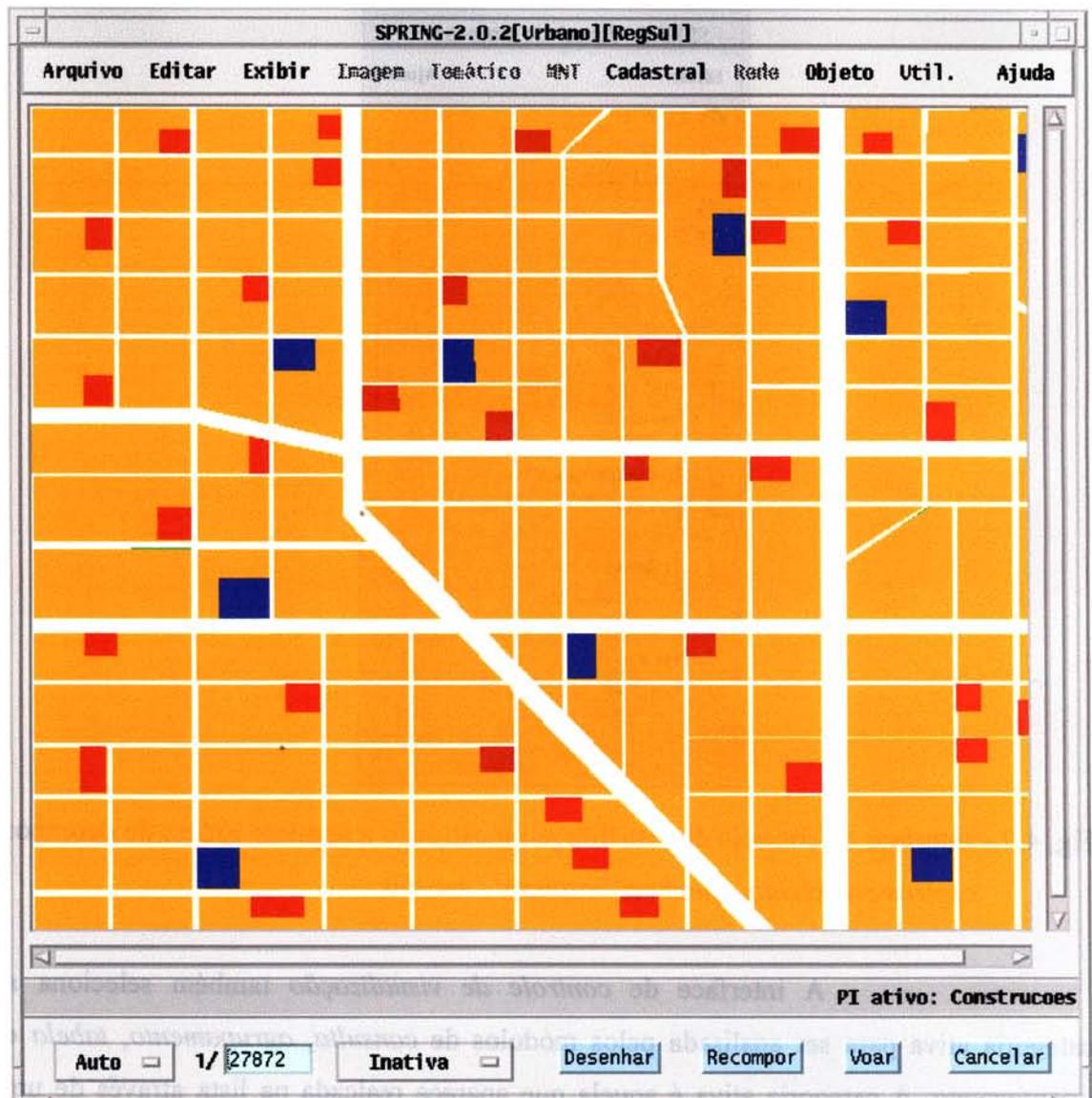


Fig. 4.6 - Apresentação semelhante à ilustrada na Figura 4.4 com alteração da ordem de desenho, onde os *centros comerciais* são encobertos pelo desenho das *quadras*.

Existem várias formas de manipular a seqüência de desenhos para produzir a mesma apresentação ilustrada na Figura 4.6. Toda vez que a categoria quadras estiver posicionada, na lista, acima da categoria centros comerciais, tal como é ilustrado também na Figura 4.7, sempre produzirá uma apresentação na qual os *centros comerciais* serão encobertos pelo desenho das *quadras*.

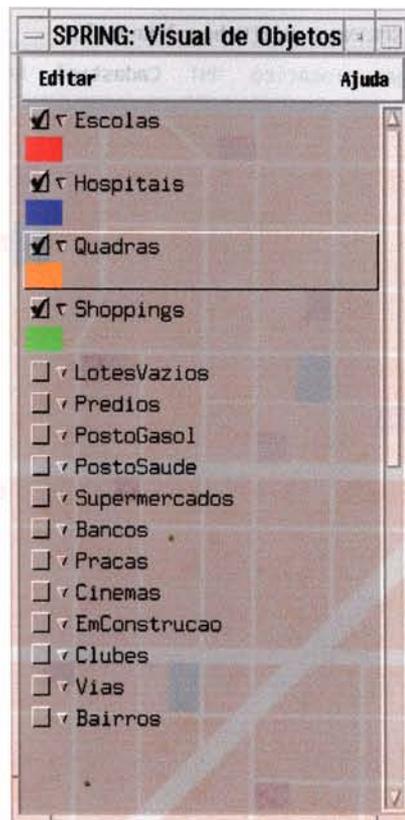


Fig. 4.7 - Interface de controle de visualização mostrando a seguinte ordem de desenho: *centros comerciais, quadras, hospitais e escolas*.

A interface de *controle de visualização* também seleciona a categoria ativa para ser analisada pelos módulos de *consulta, agrupamento, tabela e apontamento*. A categoria ativa é aquela que aparece realçada na lista através de um retângulo de destaque. A Figura 4.7, bem como a 4.3 e a 4.5, exemplificam o ativamento de uma categoria, mostrando a interface de *controle de visualização*, com a categoria de geo-objetos do tipo *quadras* em destaque.

O ativamento da categoria é comandado pelo “mouse”. Para alterá-lo, aplica-se um “double click” com o botão esquerdo sobre outra categoria exibida na lista. O retângulo de destaque desaparece automaticamente e surge sobre a nova categoria. A Figura 4.8 ilustra um novo ativamento, onde a categoria de geo-objetos do tipo *escolas* é mostrada em destaque.

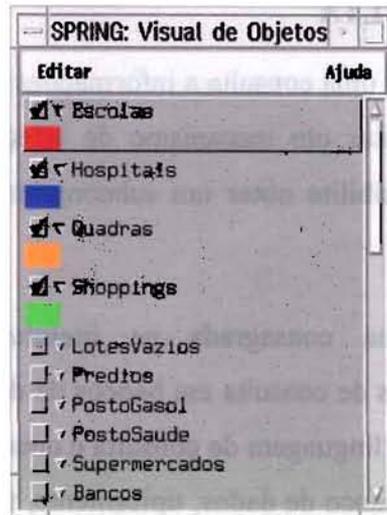


Fig. 4.8 - Interface de controle de visualização mostrando a categoria de geo-objetos do tipo *escolas* em destaque, indicando que está ativa.

A interface de controle de visualização possui uma barra de menu com um botão chamado *editar*. Este botão permite analisar a categoria ativa, pela aplicação dos seguintes módulos:

- consulta;
- agrupamento; e
- tabela.

A categoria que está em destaque, também funciona como um filtro para o módulo de *apontamento e foto*. Esta característica é particularmente interessante quando várias categorias são apresentadas sobre a tela. Desta forma, para se obter informações sobre *escolas*, deve-se necessariamente destacar na interface de *controle de visualização* a categoria *escolas* como ilustrado na Figura 4.8. Destacando-se uma outra categoria, tal como *quadras* (Figura 4.7), implica que todos os apontamentos serão referidos a *quadras* e, mesmo apontando-se para uma *escola* ou *hospital* ou *centro comercial*, a informação retornada será correspondente à *quadra* localizada nessa coordenada.

4.4 - MÓDULO DE CONSULTA

Realizar uma consulta a informações num banco de dados consiste essencialmente em implementar um mecanismo de seleção, que permita ao usuário estabelecer critérios que possibilite obter um subconjunto dos dados disponíveis que satisfaça a uma restrição.

A forma consagrada na literatura e na prática para a implementação de ferramentas de consulta em bancos de dados é o desenvolvimento de *linguagens de consulta*. Uma linguagem de consulta é uma linguagem na qual o usuário solicita informações sobre o banco de dados; tipicamente, trata-se de uma linguagem de mais alto nível que as linguagens de programação convencionais (como C e FORTRAN).

A maior parte das linguagens de consulta utilizadas funciona de forma não procedimental, isto é, o usuário especifica a informação desejada sem estabelecer como o procedimento de seleção será realizado. Um exemplo é a linguagem SQL, utilizada em bancos de dados relacionais convencionais, que possui três cláusulas:

- SELECT – aonde se indica o atributo procurado.
- FROM – aonde se indicam as tabelas aonde a informação está armazenada.
- WHERE – aonde se apresenta a restrição de busca.
- Assim, por exemplo, o comando:
- SELECT nome.
- FROM Funcionários_INPE.
- WHERE (tempo-de-serviço > 25).

permite informar quais são os nomes dos funcionários do INPE com mais de 25 anos de casa (supondo a existência de uma tabela chamada “Funcionários_INPE” que contenha pelo menos dois campos, o nome do funcionário e seu tempo de serviço.

4.4.1 - LINGUAGENS DE CONSULTA ESPACIAL

Linguagens como SQL são puramente textuais e não possuem uma forma natural de expressar relações espaciais. Como resultado, a utilização direta de SQL em bancos de dados geográficos vem sendo criticada na literatura (Egenhofer, 1992). O problema básico deste tipo de linguagens é que, no limite, os conceitos espaciais são incompatíveis com os conceitos de “tabelas” utilizados num banco de dados relacional. Egenhofer (1994) indica que é imprescindível complementar a semântica de linguagens de consulta como SQL com procedimentos de apresentação de dados, que permitam visualizar a conexão dos dados no espaço bi-dimensional.

Em função deste cenário, ao projetar o módulo de consulta, optou-se por implementar um mecanismo de consulta interativo, que funciona acoplado a ferramentas de apresentação. Deste modo, a cláusula do tipo “SELECT” (aonde se escolhe o atributo de interesse) foi substituída por um ambiente aonde o resultado da consulta é um conjunto de objetos espaciais e não apenas um atributo (como no caso do exemplo acima). Isto permite uma visualização imediata dos resultados da consulta, o que permite numa melhor percepção das relações entre os dados por parte do usuário. Adicionalmente, a cláusula do tipo “FROM” também pode ser substituída pela própria seleção interativa das classes de geo-objetos apresentados.

Como consequência, a parte textual da linguagem de consulta implementada consiste apenas num conjunto de mecanismos de restrição, baseados em álgebra booleana, descritos em maior detalhe no que segue.

4.4.2 - MECANISMOS DE BUSCA BASEADOS EM ALGEBRA BOOLEANA

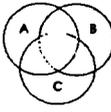
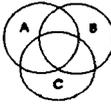
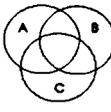
Os mecanismos de busca ou de restrição implementados no módulo de consulta estão baseados no emprego da álgebra booleana. Nesse contexto os operadores booleanos “AND”, “OR” e “NOT” funcionam como um sistema de conectores ou de relações lógicas que podem também ser combinados para facilitar a execução de buscas.

Na álgebra booleana duas operações binárias “ \cap ” e “ \cup ” e uma operação unária “ $-$ ” são definidas com as mesmas propriedades das operações de *união*, *interseção* e *complementação* da teoria de conjuntos (Sikorski, 1969). Então, as operações “ \cap ”, “ \cup ” e “ $-$ ” são caracterizadas por um conjunto de axiomas que tem as operações com propriedades análogas às da união, interseção e complementação da teoria de conjuntos (isomorfismo), respectivamente; logo, valem as seguintes propriedades:

- 1) $A \cup B = B \cup A$
- 2) $A \cap B = B \cap A$
- 3) $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$
- 4) $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$
- 5) $(A \cap B) \cup B = B$
- 6) $(A \cup B) \cap B = B$
- 7) $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
- 8) $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
- 9) $(A \cap -A) \cup B = B$
- 10) $(A \cup -A) \cap B = B$

A álgebra booleana tem aplicação em diversos campos, tais como em circuitos lógicos, teoria da probabilidade, lógica matemática e outros (Arnold, 1962). Atualmente com a propagação de computadores pessoais, a álgebra booleana tem se aplicado especialmente a elaboração de buscas em bancos de dados porque possibilita a formulação de consultas através de expressões que podem a princípio serem descritas por sentenças utilizadas no dia a dia. Os operadores booleanos satisfazem ao esquema ilustrado na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 - ESQUEMA FUNCIONAL DOS OPERADORES BOOLEANOS

CONECTOR	OPERADOR	DIAGRAMA
Interseção	AND	
união	OR	
Exclusão	NOT	

A operação de interseção (AND) é utilizada para criar um conjunto no qual em cada um dos registros estão presentes todas as condições empregadas nos termos relacionados. Este conector serve para especificar a busca mais ainda porque requer todas as condições reunidas na relação obtida. Por exemplo, se é desejada uma informação sobre as escolas profissionalizantes de segundo grau localizado no município de São José dos Campos, os termos que devem ser utilizados são:

- segundo grau;
- profissionalizantes;
- São José dos Campos.

Combinando esses termos com o conector “AND” tem-se:

- “segundo grau AND profissionalizantes AND São José dos Campos”.

A execução dessa expressão resulta em uma relação que contém todas as condições estabelecidas, ou sejam, todas as escolas profissionalizantes do segundo grau localizadas no município de São José dos Campos.

A operação de união (OR) é utilizada para criar um conjunto no qual em cada um dos registros estão presentes pelo menos uma das condições empregadas com os termos relacionados. Este conector serve para ampliar a busca. Por exemplo: deseja-se obter a relação de todas as lojas que vendem roupas ou sapatos. Os principais termos dessa busca são:

- roupas;
- sapatos.

Combinando esses termos com o operador “ \cup ” tem-se:

- “roupas \cup sapatos”.

Essa expressão resulta em uma relação que contém todas as lojas que vendem roupas e todas as que vendem sapatos.

A operação de negação é utilizada para eliminar de um dado conjunto aqueles registros que contenham condições que não sejam úteis para a investigação. Este conector serve para restringir a busca, por exemplo, se é desejada uma informação sobre a transmissão da AIDS pelos não homossexuais, seleciona-se os termos:

- AIDS;
- homossexuais.

Estes termos são combinados pelo conector “NOT” e tem-se:

- “AIDS NOT homossexuais”.

Essa expressão resulta em uma relação que contém pessoas que possuem AIDS e não são homossexuais.

Na formação de uma expressão pode-se utilizar dois ou mais conectores e deve-se seguir os seguintes passos:

- 1) descrever a busca em palavras;

- 2)selecionar as condições que são importantes;
- 3)decidir como combinar os termos, lembrando-se que as condições afins são relacionadas com o operador “OR”, as condições distintas com o operador “AND”, e os elementos indesejáveis eliminados com o operador “NOT”;
- 4)Traduzir a busca em termos lógicos, tendo-se o cuidado de utilizar *parênteses* para delimitar corretamente os termos a relacionar.

Uma vez que a busca desejada é descrita em palavras, com clareza, existe pouca dificuldade em traduzi-la utilizando-se os operadores booleanos. Qualquer busca é possível de ser realizada utilizando-se esses operadores com uma combinação de parênteses. Por exemplo, para conseguir informação sobre as escolas que não sejam de administração municipal ou estadual, é que tenham segundo grau e ensine inglês ou francês”, utiliza-se a seguinte expressão:

- “((escolas) AND (administração NOT (municipal OR estadual))) AND (segundo grau) AND (inglês OR francês)”.

Com o uso dos axiomas mostrados no início desta seção, pode-se elaborar outras expressões que produzem o mesmo resultado. Em todas essas expressões, faz-se necessário o uso de parênteses para permitir agrupar condições e designar prioridades na execução, entretanto, deve-se ter cuidados no seu uso para evitar resultados que não correspondem à busca desejada.

Em uma tabela, os termos da consulta são representados pelas colunas que possuem valores *ordenáveis* (mesmo contendo datas ou simplesmente caracteres). Desta forma, a operação de complementação pode ser efetuada através dos operadores: =, <, >, <=, >= e <=, onde o operador “=” atua como o complemento do operador “<” (diferente), o operador “>” como o complemento do operador “<=” e o operador “<” como o complemento do operador “>=”. Por exemplo, utiliza-se “=” quando deseja-se uma lista de todos os empregados que possuem exatamente 30 anos, e utiliza-se “<” quando deseja-se o complemento (NOT), ou seja, os empregados que possuem idade diferente de 30 anos. Os operadores “>”, “<”, “>=” e “<=” são úteis

quando se desejam faixas de valores. Então, para listar todas as fazendas que possuem mais de 1000 cabeças de gado utiliza-se o operador “>”. O operador “<=” é utilizado para obter o seu complemento, ou seja, aquelas que possuem até 1000 cabeças de gado. A mesma analogia é válida para os operadores “<” e “>=”.

O módulo implementado utiliza funções da biblioteca do banco de dados CodeBase¹³. Na elaboração da interface permitiu-se o uso de operadores lógicos “AND” e “OR” e operadores que atuam como o operador “NOT” (=, <, >, <=, >=). Também permitiu-se o uso de parênteses “()” para determinar prioridades na execução da busca.

A interface do módulo de consulta é ilustrada na Figura 4.9. Além dos operadores, essa interface possui duas listas e um campo onde é apresentada a formulação da consulta. Uma das listas da interface é utilizada para mostrar os tipos de atributos da categoria ativa e a outra para mostrar os valores dos atributos que foram selecionados na primeira lista. Essas listas possibilitam formular consultas sem a necessidade de conhecer quais são os valores e os atributos da categoria ativa. Elas são importantes porque facilitam o uso tanto àqueles usuários que conhecem bem a categoria, quanto àqueles que não a conhecem.

Para formular uma consulta, o usuário deve escolher um atributo na lista e selecionar um operador e um valor. A composição de uma consulta longa, constituída por várias linhas de comando, é feita selecionando-se os parênteses e os operadores lógicos.

¹³CodeBase é um gerenciador de banco de dados da Sequiter Software Inc. utilizado normalmente no SPRING. Seu pacote de software é caracterizado por conter uma biblioteca C++.

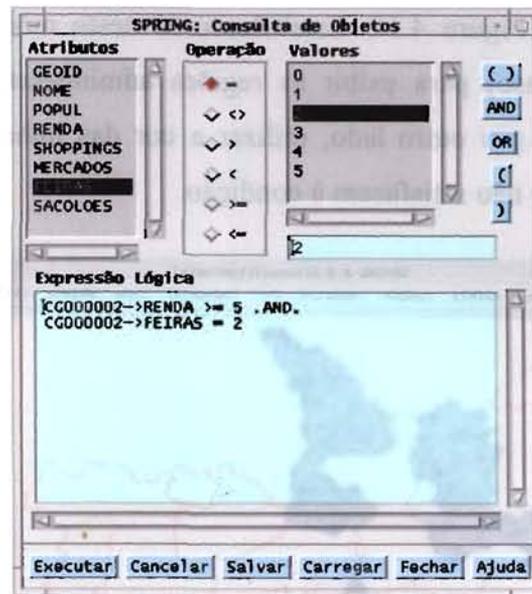


Fig. 4.9 - Interface de consulta.

O botão *executar* é utilizado para processar a consulta formulada. Durante sua execução, é verificado se existem inconsistências na construção da consulta. Caso seja detectada alguma irregularidade, a interface avisa o usuário através de um breve apito. O botão *cancelar* é usado para anular os comandos da consulta formulada.

A Figura 4.9 mostra a formulação de uma consulta realizada sobre as regiões administrativas da cidade de São Paulo. Para facilitar a interpretação da consulta, por parte do usuário, estabeleceu-se utilizar uma sintaxe levemente modificada em relação àquela definida no CodeBase. Portanto, o módulo em vez de construir a consulta utilizando-se apenas uma linha de comando (como no CodeBase), estabeleceu-se utilizar várias linhas a fim de facilitar a leitura da consulta formulada. Desta forma, a consulta da Figura 4.9:

- CG000002->RENDA >= 5 .AND.
- CG000002->FEIRAS = 2

é interpretada da seguinte forma: quais regiões administrativas possuem renda média maior ou igual a 5 salários mínimos e contêm duas feiras livres. Nesta expressão, o código à esquerda de “->” indica apenas o nome da tabela utilizada. O resultado da

consulta é ilustrado na Figura 4.10. Estabeleceu-se neste módulo, utilizar a cor da categoria (azul neste caso) para exibir as regiões administrativas que satisfazem à condição da consulta e, por outro lado, utilizar a cor das linhas do PI para exibir o contorno das regiões que não satisfazem à condição.

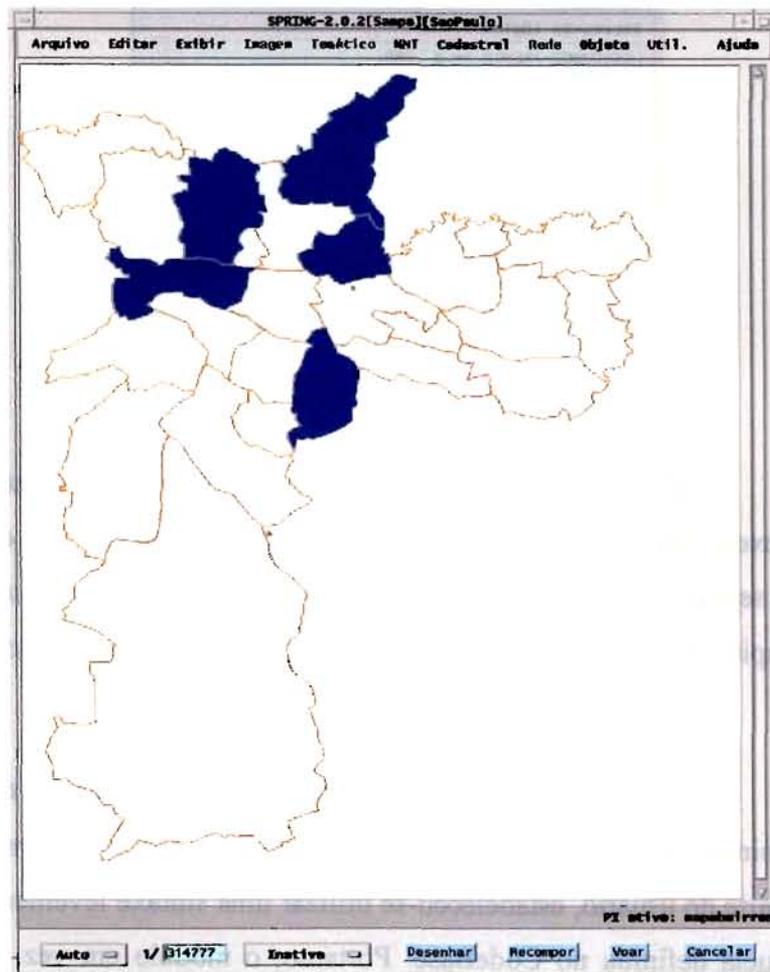


Fig. 4.10 - Resultado de consulta mostrando as regiões administrativas da cidade de São Paulo com renda média maior ou igual a cinco salários mínimos e com duas feiras livres.

A interface de *consulta* possibilita gravar e recuperar expressões de consulta através dos botões *salvar* e *carregar*, que acionam uma interface de dupla função. Quando o botão *salvar* é pressionado, a interface acionada permite gravar (em arquivo) uma expressão com determinado nome, e quando o botão *carregar* é

pressionado, a interface possibilita selecionar e carregar expressões no módulo de consulta. Essa interface é ilustrada na Figura 4.11.

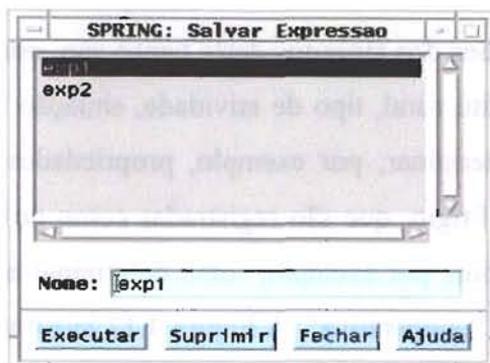


Fig. 4.11 - Interface para salvar e carregar expressões de consulta.

A interface de salvar e carregar expressões de consulta possui algumas características, tais como:

- mensagem para evitar escrever sobre expressões já existentes (*Expressão já existe! Deseja continuar? Sim ou Não*);
- capacidade de suprimir expressões; e
- lista com o nome das expressões referentes à categoria ativa.

Esta última característica é importante porque facilita a seleção da expressão procurada. Caso o sistema exibisse o nome de todas as expressões de todas as categorias, tornaria difícil separar e escolher somente aquelas que são relacionadas à categoria ativa. As expressões elaboradas para uma categoria não podem ser utilizadas em outra, isto é, uma expressão usada para consultar hospitais não é adequada e nem pode ser utilizada para consultar escolas. Desta forma, a fim de organizar e facilitar a tarefa do usuário, o sistema se encarrega de separar as expressões por categoria.

O pacote desenvolvido permite explorar qualquer tipo de categoria de geo-objetos. A possibilidade de análise depende somente dos atributos contidos no banco de dados. Portanto, não é o tipo da categoria (fazendas, escolas, municípios, etc.) que determina a capacidade de consulta, e sim a configuração do

banco de dados. A seguir é mostrado outro exemplo de consulta por atributos utilizando-se dados do banco Roraima, elaborado por José Simeão de Medeiros da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do INPE, que contém dados de cadastro rural de 159 propriedades. Alguns dos atributos deste banco são: nome do proprietário, nome do ocupante, uso de crédito rural, tipo de atividade, situação legal e área. Logo, esses atributos possibilitam determinar, por exemplo, propriedades que usam crédito rural, que sofrem processos de litígio, que são registradas como de uso capião, entre outros. As Figuras a seguir mostram, por exemplo, como determinar as propriedades rurais que são associadas à empresa “cooperativa”. A Figura 4.12 mostra a área do projeto com as propriedades rurais, a Figura 4.13 mostra a interface com a formulação da consulta e a Figura 4.14 ilustra o mapa resultante da aplicação dessa consulta.

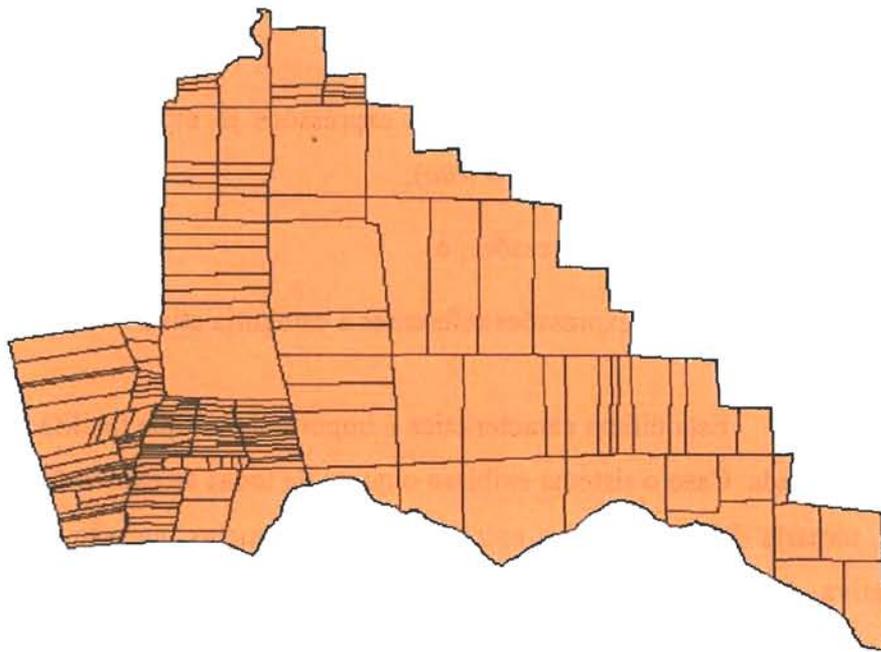


Fig. 4.12 - Mapa de propriedades rurais do banco Roraima.

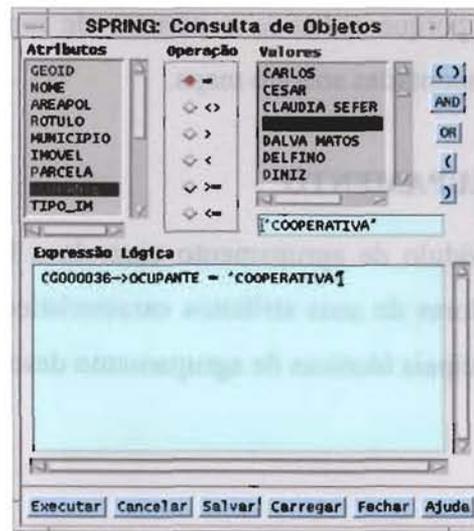


Fig. 4.13 - Módulo de consulta mostrando a consulta formulada para exibir as propriedades que são associadas à empresa “cooperativa”.



Fig. 4.14 - Resultado da consulta mostrando as propriedades rurais associadas à empresa “cooperativa”.

O módulo de *consulta* afeta o fluxo de operações (seção 4.2.1) que são utilizadas para apresentar o dado. Isto significa que os módulos de *agrupamento* e *tabela* podem trabalhar somente com dados que obedecem a uma imposição feita pelo módulo de *consulta*. Esta diminuição ou filtragem de geo-objetos também afeta o

módulo de *apontamento*, porque reduz-se o número de representações gráficas que podem ser visualizadas e apontadas sobre o mapa.

4.5 - MÓDULO DE AGRUPAMENTO

O módulo de agrupamento controla a forma de simbolizar geo-objetos em função dos valores de seus atributos característicos. Foram implementadas nesse módulo três das principais técnicas de agrupamento descritas por Dent (1985):

- passos iguais;
- quantis; e
- valor único.

A interface do módulo de agrupamento é ilustrada na Figura 4.15. A fim de executar suas funções de forma agradável, esta interface necessita alterar de maneira rápida e conveniente a simbologia dos agrupamentos possibilitados. Para estudar este problema, foram examinadas as simbologias atribuídas a *pontos*, *linhas* e *polígonos*.



Fig. 4.15 - Interface de agrupamento de objetos.

Definiu-se também a possibilidade de testar várias formas de agrupamentos antes de sua aplicação. Portanto, o módulo permite que o agrupamento testado seja aplicado somente quando se pressiona o botão “executar”. A necessidade de capacitar o módulo com formas adequadas de simbolizações, resultou na geração de duas formas de simbologias:

- a *automática*; e
- a *manual*.

O modo *automático* é acionado toda vez que um agrupamento é experimentado, ao passo que o modo *manual* é utilizado quando o usuário não está satisfeito com a simbologia gerada automaticamente. O modo *manual* possibilita selecionar e definir individualmente a simbologia de cada grupo de geo-objetos. Monmonier (1993) recomenda não gerar agrupamentos superiores a sete grupos. Entretanto, existem casos em que o usuário necessita criar mais simbologias (mais grupos). Estudando-se a tabela de cores do SPRING e as possibilidades de simbologias para cada forma de representação, decidiu-se gerar um número maior de simbologias que o recomendado. Desta forma, definiu-se, no modo *automático*, para agrupamentos feitos por *passos iguais* e *quantis*, um número máximo de até 20 grupos, ou seja, 20 simbologias.

O agrupamento por *valores únicos*, diferentemente de outras formas de agrupamento, requer a geração de um número maior de simbologias. Esta forma de agrupamento necessita de uma simbologia diferente para cada valor exclusivo de atributo. O número possível de simbologias depende da dimensionalidade da representação gráfica. Representações de *áreas* transmitem eficientemente a informação utilizando-se cores, padrões e hachuras. Entretanto, *linhas* não podem usar hachuras e padrões, e restringem-se a uso de estilos e espessuras. Já os *pontos* não podem usar nem hachuras, padrões, estilos ou larguras, mas usam tamanhos e formas (quadrado, círculo, cruz, etc.).

Procurando solucionar a questão da simbologia, considerou-se a quantidade dos diferentes tipos de representações gráficas que normalmente são utilizadas em um projeto. A decisão tomada partiu do princípio que os projetos utilizam geralmente um número maior de representações de *área* que representações de *pontos* e *linhas*. Estabeleceu-se, portanto, para geo-objetos representados por *pontos* e *linhas*, um número máximo de até 52 simbologias, e para aqueles representados por polígonos, um número maior de possibilidades de até 4160.

A legenda exibida no módulo de *controle de visualização*, deve refletir a simbologia usada no agrupamento. Assim, toda vez que o usuário pressiona o botão *executar*, no módulo de *agrupamento*, o sistema repassa a simbologia utilizada para o módulo de *controle de visualização* a fim de exibir corretamente a legenda.

O módulo de agrupamento também possibilita a definição *manual* dos limites de valores de cada grupo. Para isto, seleciona-se um grupo ou item exercendo-se um “double-click” com o botão esquerdo do “mouse”. Esta ação destaca e copia os valores dos atributos deste grupo para o campo de texto editável. Quando o usuário digita valores inadequados, o sistema emite um sinal de alerta.

A alteração manual de valores de agrupamento pode excluir alguns geo-objetos, implicando em produzir representações gráficas que não se enquadram em nenhum dos grupos gerados. Um exemplo ilustrando esse caso é mostrado na Figura 4.16, onde a modificação *manual* de valores alterou o limite superior do terceiro grupo de 13 para 12.

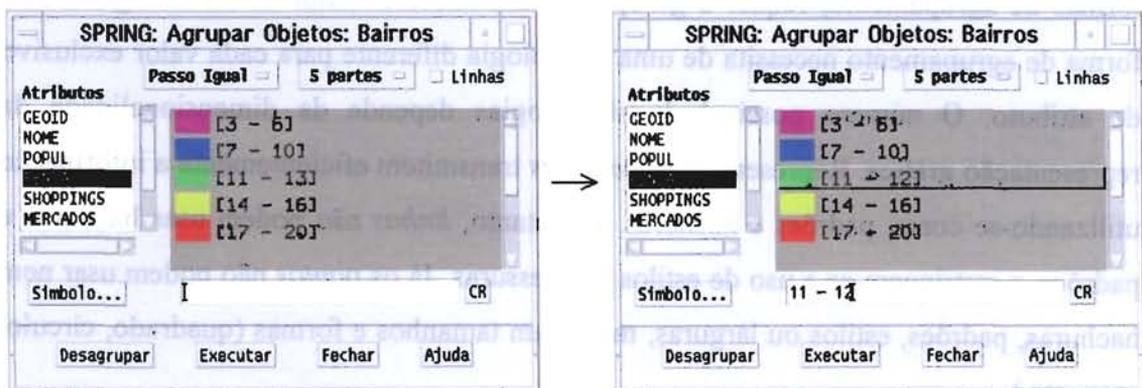


Fig. 4.16 - Agrupamento de geo-objetos com alteração manual de valores, onde o terceiro grupo é alterado de 13 para 12.

A aplicação desse agrupamento exclui todas as regiões administrativas da cidade de São Paulo com renda média igual a 13 salários mínimos, que não se enquadram em nenhum dos grupos gerados. Na implementação do módulo estabeleceu-se representar esses geo-objetos excluídos usando-se apenas o seu contorno, como ilustrado na Figura 4.17.

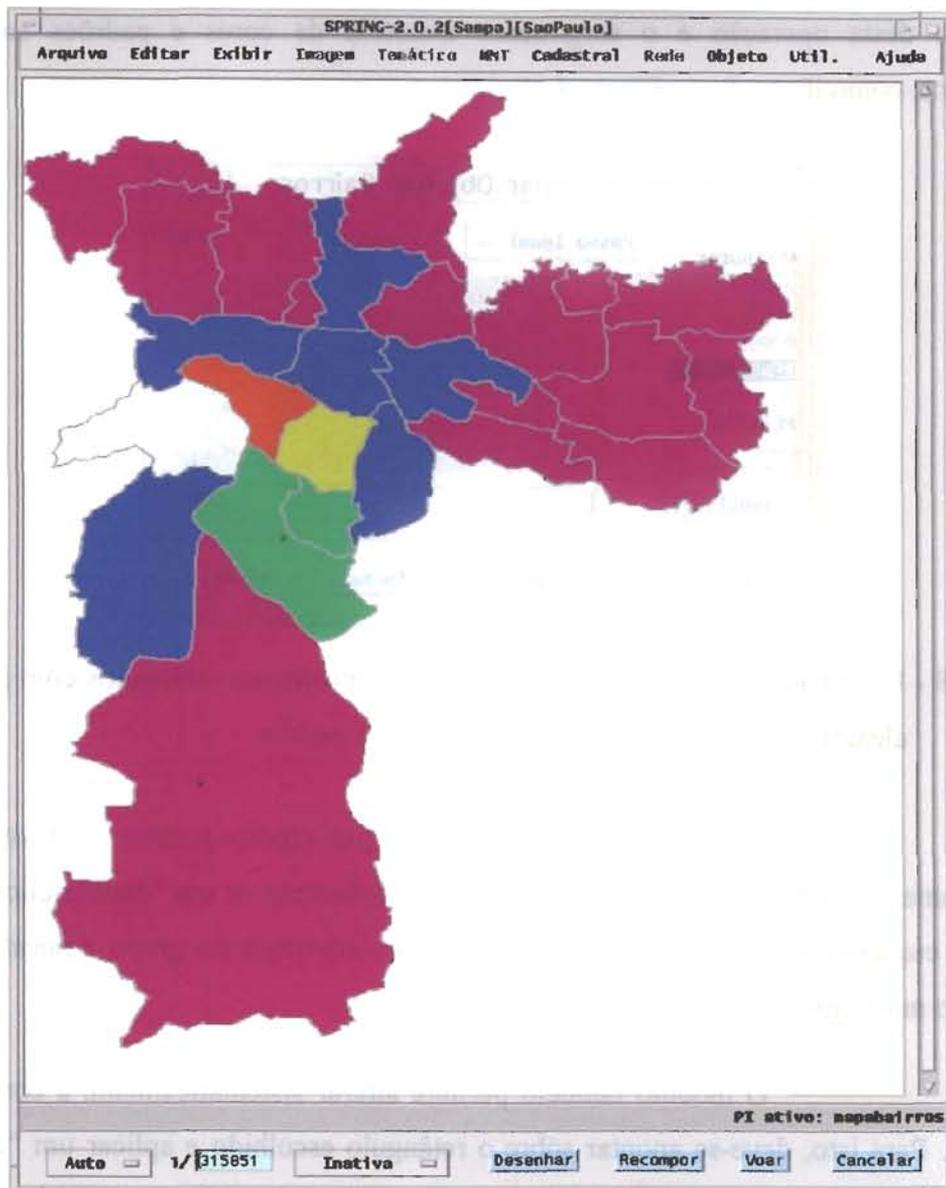


Fig. 4.17 - Apresentação de agrupamento com modificação manual de valores, onde existe uma região administrativa que não se enquadra em nenhum dos grupos gerados.

Outra característica do módulo de agrupamento é a geração aleatória de simbologias controlada pelo “mouse”. Essa característica normalmente é usada após o usuário já definir o tipo de agrupamento e estabelecer os limites de cada grupo. A geração aleatória de simbologias é feita exercendo-se um “triple-click” com o botão esquerdo sobre o retângulo que mostra a simbologia de um grupo qualquer. O

resultado desta operação é o surgimento aleatório de cores e padrões sobre os retângulos, como ilustrado na Figura 4.18.

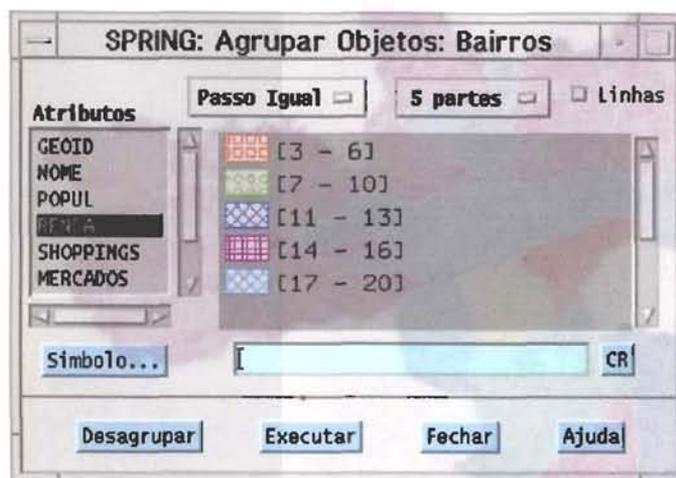


Fig. 4.18 - Interface de agrupamento de geo-objetos mostrando retângulos com geração aleatória de simbologias variando em cor e padrão.

O módulo de agrupamento de geo-objetos permite também alterar aleatoriamente a simbologia de um grupo por vez, aplicando-se um “double-click” com o botão esquerdo sobre o retângulo que mostra a simbologia do grupo desejado. Esta operação muda apenas a simbologia deste grupo.

O módulo também permite alterar sistematicamente a cor de um símbolo. Para isto, deve-se apontar sobre o retângulo escolhido e aplicar um “double-click” com o botão do meio. A nova cor que surge não é aleatória. O módulo utiliza 52 cores, que são aplicadas para gerar uma graduação que vai do violeta ao vermelho formando um círculo de cores. Essa nova cor adquirida pelo símbolo é a cor subsequente situada no círculo de cores. Esta operação possibilita ao usuário observar e alterar gradativamente a cor até obter aquela que melhor lhe convém.

O módulo também permite girar o círculo de cores ao contrário. Esta operação é obtida mantendo-se o botão do meio pressionado sobre o retângulo desejado e executando-se “clicks” com o botão esquerdo. Cada vez que o usuário

executa um “click”, o retângulo obtém a cor imediatamente anterior àquela situada dentro do círculo de cores.

As formas aleatórias de geração de simbologias foram projetadas para serem aplicadas a representações *poligonais (áreas)*, onde utilizam-se cores, hachuras e padrões de preenchimento. Portanto, não são eficientes para representações de linhas e pontos. Quando essas formas de gerações de simbologias são aplicadas para pontos e linhas, apenas a cor toma efeito. Para alterar outras características, de *linhas e pontos*, o usuário deve utilizar a forma manual de geração de simbologias.

A interface de alteração manual de simbologias é ilustrada na Figura 4.19. Esta interface é acionada através do botão *símbolo* localizado no módulo de *agrupamento*. Ela permite escolher e alterar a simbologia manualmente, e possibilita também modificar outras características não permitidas pelo método automático. A interface permite alterar representações tanto do tipo *poligonal (área)* como do tipo *linha e ponto*. Para representações *poligonais* é possível escolher a cor e a forma de preenchimento (“sólido”, padrão ou hachura). No caso de *linhas e pontos*, além da cor, é possível especificar o estilo e a espessura de traçado das *linhas*, e a forma e o tamanho dos *pontos*.

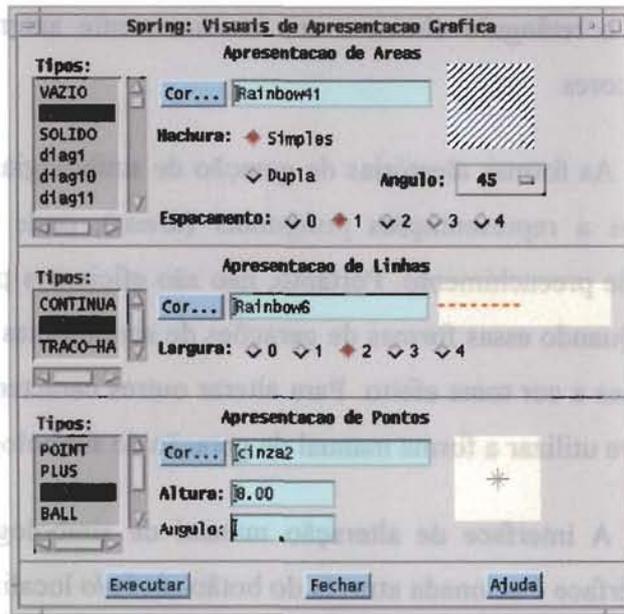


Fig. 4.19 - Interface para alteração manual de simbologias.

Outra característica do módulo de *agrupamento* é a capacidade de sobrepor linhas de contorno de polígonos. O controle para selecionar a sobreposição dessas linhas é feito através de um botão “toggle”, o qual mostra uma marca quando o módulo está habilitado a sobrepor linhas.

Finalmente, o botão “desagrupar” é utilizado para desfazer um agrupamento. Todas as operações deste módulo somente são aplicadas quando o usuário pressiona o botão “executar”. Esta regra também é válida para a operação de sobreposição de linhas e desagrupamento.

As Figuras 4.20 e 4.21 ilustram dois exemplos de agrupamento, (por partes iguais e quantil), analisando a distribuição de renda das regiões administrativas da cidade de São Paulo.

A Figura 4.20 ilustra a aplicação da técnica de agrupamento por partes iguais (em cinco partes), onde se observa a clássica pirâmide de distribuição de renda. Analisando-se o mapa, verifica-se que existem quinze regiões administrativas com renda média entre 3 e 6 salários mínimos formando a base da pirâmide. Em seguida

existem seis regiões administrativas com renda média entre 7 e 10 salários mínimos formando a camada da pirâmide que fica logo acima da base. Três regiões administrativas com renda média entre 11 e 13 salários mínimos formam a camada do meio da pirâmide. A camada logo acima é formada por apenas uma região administrativa com renda média entre 14 e 16 salários mínimos, e por final, o topo da pirâmide é formada também por apenas uma região administrativa com renda média entre 17 e 20 salários mínimos. Portanto, observa-se que mais de 50% das regiões administrativas percebem baixa renda média, e também, que ocorre um decréscimo no número de regiões administrativas de acordo com o crescimento da renda média, formando uma pirâmide.

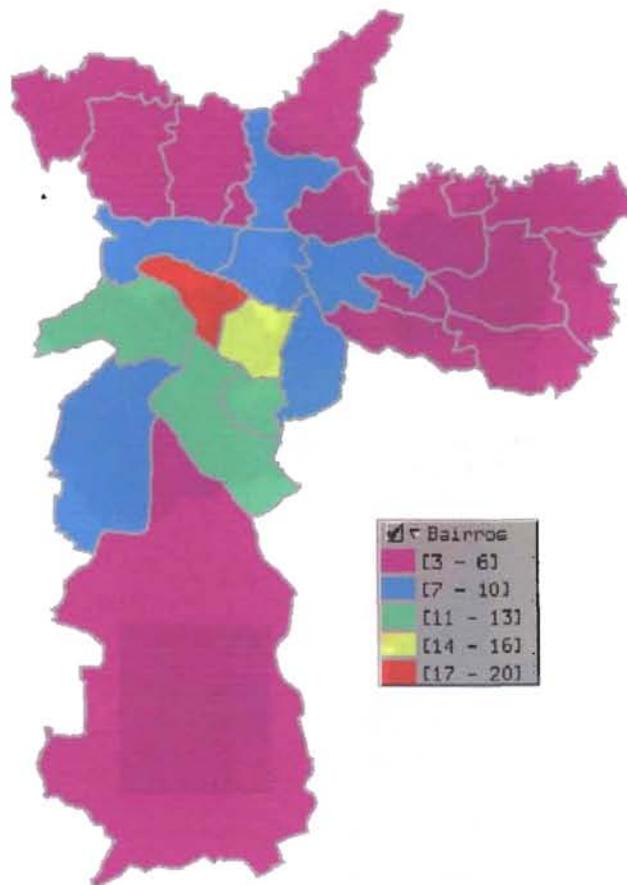


Fig. 4.20 - Resultado do agrupamento em cinco partes iguais efetuado sobre o atributo renda.

A Figura 4.21 ilustra outra maneira de mostrar a distribuição de renda, pela utilização da técnica de agrupamento por quintil, que procura manter 20% do número de regiões administrativas em cada grupo. Neste caso em particular, como existem 26 regiões administrativas, a técnica procura manter entre 5 a 6 regiões em cada grupo. No mapa da Figura 4.21 existem discrepâncias em torno desses números, devido à existência de várias regiões administrativas com repetidos valores de renda média (entre 3 e 7 salários mínimos ilustrado na Figura 4.22). Neste exemplo, esta repetição de valores causa as maiores discrepâncias aos grupos intermediários de renda média 5 e 6 salários mínimos. Quando isto ocorre, as discrepâncias são inevitáveis e podem produzir diversos resultados. Neste caso em particular, nota-se que os grupos de renda entre [3 e 4], [7 e 10] e [11 e 20] não foram afetados e mantêm, cada um, aproximadamente 20% do total das regiões administrativas.

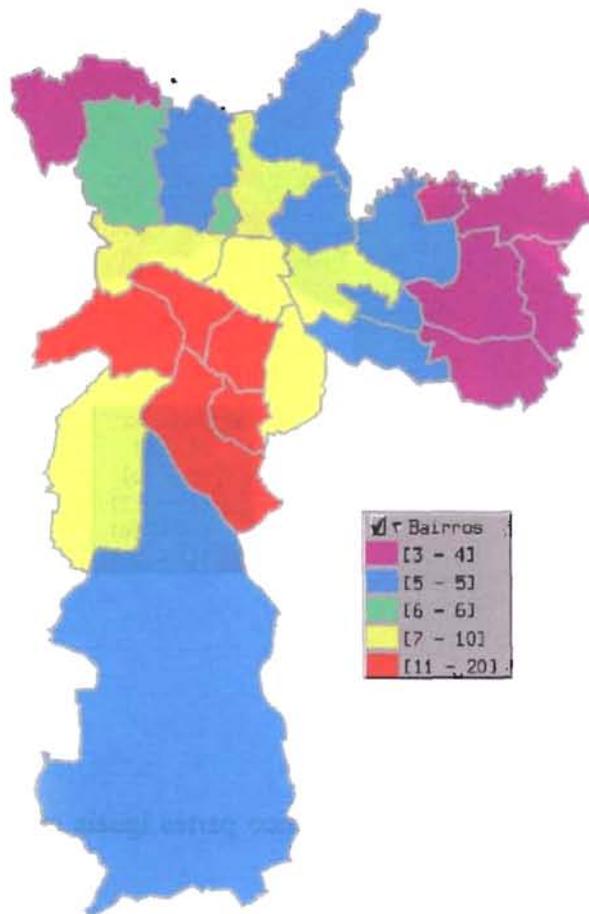


Fig. 4.21 - Resultado do agrupamento por quintil efetuado sobre o atributo renda.

Para Monmonier (1993), estas duas formas de agrupamento podem levar a informações equivocadas. Por exemplo, para uma pessoa que olha rapidamente sobre um mapa onde se utilizou agrupamento por quantil, pode-se acabar tendo uma idéia amenizada da verdadeira situação sobre a distribuição de renda dessas regiões administrativas. O contrário, também pode ocorrer quando se utiliza agrupamento por passos iguais, agravando a idéia da verdadeira situação.

4.6 - MÓDULO DE TABELA

O módulo de *tabela* é responsável pela apresentação dos atributos de uma categoria de geo-objetos e pelo controle de plotagem de gráficos. A Figura 4.22 ilustra a interface deste módulo, mostrando atributos das regiões administrativas da cidade de São Paulo.



	GEOID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	MERCADOS	FEIRAS
1	6	S.HiguelPaulista	610150	3	0	1	3
2	14	Guaianoses	290461	3	0	1	3
3	1	Perus	58709	4	0	0	1
4	8	ErmelinoMatarazzo	95609	4	0	0	1
5	12	Itaquera	431191	4	0	0	2
6	22	SaoMateus	300446	4	0	0	1
7	2	Pirituba-Jaragua	315876	5	0	1	2
8	4	Freguesia-do-O	570537	5	0	0	2
9	7	Penha	578332	5	2	1	3
10	9	VilaMaria	340427	5	3	0	2
11	18	V.Aricanduva	194452	5	1	1	1
12	21	VilaPrudente	523950	5	0	0	1
13	26	CapelaSocorro	467355	5	0	0	1
14	3	Jacana	211905	6	0	0	1
15	10	CasaVerde	96396	6	0	0	0
16	15	Moooca	385971	7	0	0	1
17	19	Ipiranga	423160	7	0	2	2
18	24	Campolimpo	778201	7	1	0	4
19	5	Santana	353585	8	1	1	1
20	13	Se	513512	9	2	2	5
21	11	Lapa	296122	10	3	1	2
22	25	Jabaquara	245531	11	0	0	0
23	23	SantoAmaro	574923	12	6	1	3
24	17	Butanta	366737	13	1	0	3
25	20	VilaMariana	336758	16	2	0	1
26	16	Pinheiros	285881	20	2	1	1

Fig. 4.22 - Interface de visualização tabular mostrando atributos das “regiões administrativas” da cidade de São Paulo.

4.6.1 - SELEÇÃO DE EXIBIÇÃO DE DADOS

Nessa interface o usuário pode examinar os atributos de todos os geo-objetos ou examinar apenas os atributos daqueles que satisfazem a condição imposta no módulo de consulta. A seleção é feita através do botão de comando *todos* ou *selec*. Na posição *todos*, o usuário visualiza os atributos de todos os geo-objetos e na posição *selec* apenas os atributos dos geo-objetos que satisfazem à condição imposta pelo módulo de consulta. Desta forma, efetuando-se uma consulta para selecionar as regiões administrativas que possuem mais de 5 salários mínimos, e em seguida utilizando-se o módulo de *tabela* com o botão posicionado em *selec*, a interface mostrará apenas os atributos referentes às regiões administrativas que satisfazem a condição da consulta, como observado na Figura 4.23.

	GEOID	NOME	POPUL	REND	SHOPPINGS	MERCADOS	FEIRA
1	3	Jacana	211905	6	0	0	1
2	10	CasaVerde	96396	6	0	0	0
3	15	Mooca	385971	7	0	0	1
4	19	Ipiranga	423168	7	0	2	2
5	24	Campolimpo	778201	7	1	0	4
6	5	Santana	353585	8	1	1	1
7	13	Se	513512	9	2	2	5
8	11	Lapa	296122	10	3	1	2
9	25	Jabaquara	245531	11	0	0	0
10	23	SantoAmaro	574923	12	6	1	3
11	17	Butanta	366737	13	1	0	3
12	20	VilaMariana	336758	16	2	0	1
13	16	Pinheiros	285881	20	2	1	1

Fig. 4.23 - Interface de visualização tabular mostrando apenas as regiões administrativas cuja população possui renda média superior a 5 salários mínimos.

4.6.2 - ORDENAMENTO DE GEO-OBJETOS

Uma das funções da interface de *tabela* é possibilitar ao usuário examinar os atributos de uma categoria de geo-objetos. Foram estabelecidos para isto, formas de ordenamento em função de atributos, clicando-se o botão esquerdo sobre a

coluna contendo o nome do atributo escolhido. Os seguintes tipos de ordenamento podem ser obtidos, de acordo com a ação exercida:

- “double-click”: ordem crescente; e
- “triple-click”: ordem decrescente.

Alguns exemplos de ordenamento podem ser vistos nas Figuras 4.22 e 4.23, onde as interfaces mostram as regiões administrativas da cidade de São Paulo por ordem crescente de renda média.

4.6.3 - EXIBIÇÃO DE ESTATÍSTICAS

Outra capacidade do módulo de tabela é a possibilidade de exibir estatísticas, através de uma ordem de apresentação estética que procura fornecer leitura fácil e agradável. Elas são exibidas na seguinte seqüência:

- número de amostras;
- número de ausentes;
- mínimo;
- mediana;
- máximo;
- soma total;
- média;
- desvio padrão; e
- coeficiente de variação.

A Figura 4.24 ilustra a implementação desse módulo mostrando a estatística dos dados de população das regiões administrativas da cidade de São Paulo. O resultado é mostrado em outra janela, sobreposta à interface de *tabela*. As estatísticas são exibidas pressionando-se o botão esquerdo sobre o nome do atributo desejado. Quando o botão é solto os dados são inibidos da interface.

	GEOID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	MER
1	17	Butantã	N. AMOSTRAS	26		0
2	24	Campolindo	N. AUSENTES	0		0
3	25	Capela do Socorro	MINIMO	58709		0
4	10	Casa Verde	MEDIANA	347006,00		0
5	8	Ermeleópolis	MAXIMO	778201		0
6	4	Freguesia do Socorro	SOMA TOTAL	9646185,00		0
7	14	Guaianazes	MEDIA	371007,12		1
8	19	Ipiranga	D. PADRAO	170714,29		2
9	12	Itaquera	C. VARIACAO	0,4601		0
10	25	Jabaquara		245551	11	0
11	3	Jacana		211905	6	0
12	11	Lapa		296122	10	3
13	15	Mococa		385971	7	0
14	7	Penha		578332	5	2
15	1	Perus		58709	4	0
16	16	Pinheiros		265881	20	2
17	2	Pirituba-Jaraguá		315876	5	0

Fig. 4.24 - Interface de tabelas mostrando a estatística dos dados de população das regiões administrativas da cidade de São Paulo.

4.6.4 - REALCE DE GEO-OBJETOS SOBRE O MAPA

Outra característica importante que o módulo de tabela deve possuir, segundo Egenhofer (1990), é a capacidade de poder selecionar geo-objetos sobre a tabela e realçá-los graficamente sobre o mapa. Esta capacidade produz interatividade entre o dado gráfico e o tabular.

Na seleção de geo-objetos sobre a tabela, deve-se lembrar que cada linha contém atributos que descrevem um objeto geográfico e, portanto, a representação do geo-objeto é feita, na tabela, pelas linhas (ou tuplas). O módulo permite a marcação de linhas utilizando-se até cinco cores, portanto, pode-se formar até cinco grupos. A Figura 4.25 ilustra um exemplo de seleção de geo-objetos sobre a tabela e a Figura 4.26 mostra o realce desses geo-objetos sobre o mapa.

SPRING: Atributos: Bairros						
<input type="radio"/> Todos <input type="radio"/> Selec. <input type="radio"/> Ajuda						
	GEOID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	ME
1	17	Butanta	366737	13	1	0
2	24	CampoLimpo	778201	7	1	0
3	26	CapelaSocorro	467388	5	0	0
4	10	CasaVende	96396	6	0	0
5	9	ErnestinoMatarazzo	55609	4	2	0
6	4	Freguesia-do-O	570537	5	0	0
7	14	Guararazes	290461	3	0	1
8	19	Ipiranga	423168	7	0	2
9	12	Itaquera	431191	4	0	0
10	25	Jabaquara	245531	11	0	0
11	3	Jacana	211905	6	0	0
12	11	Lapa	296122	10	3	1
13	15	Mooca	385971	7	0	0
14	7	Penha	576332	5	2	1
15	1	Perus	58709	4	0	0

Fig. 4.25 - Interface de tabela mostrando cinco regiões administrativas da cidade de São Paulo, marcadas com cinco cores diferentes.

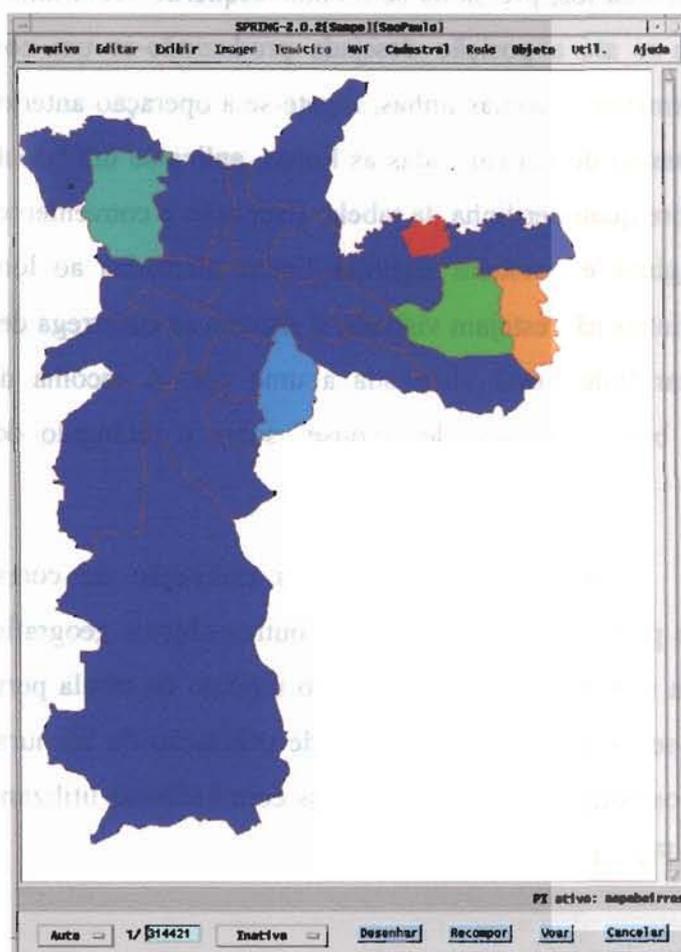


Fig. 4.26 - Tela gráfica do SPRING mostrando o resultado do realce das regiões administrativas da cidade de São Paulo, equivalente à tabela da Figura 4.25.

Para a obtenção dos dados gráficos da Figura 4.26, pressiona-se na interface de *tabela* o ícone em forma de “pincel” com o botão esquerdo do “mouse”. Este ícone tem a mesma função do botão *executar* de outras interfaces.

Embora o exemplo da Figura 4.25 apresente cada linha marcada por uma cor diferente, é também permitido o uso da mesma cor para marcar várias linhas. Esta possibilidade permite realçar sobre o mapa um grupo de geo-objetos que possuem determinadas características e proporciona ao usuário novas condições de observação e análise.

Os objetos geográficos são marcados sobre a tabela com o auxílio do “mouse”. Para marcá-los, pressiona-se o botão esquerdo sobre uma linha da tabela e o solta, ou arrasta-se até a posição desejada produzindo-se um conjunto de linhas marcadas. Para desmarcar algumas linhas, repete-se a operação anterior sobre as linhas marcadas. Necessitando desmarcar todas as linhas, aplica-se um “double-click” com o botão esquerdo sobre qualquer linha da tabela. Esta ação é conveniente quando a tabela contém muitas páginas e possuem algumas linhas marcadas ao longo das páginas. Mesmo que essas linhas não estejam visíveis, o sistema se encarrega de desmarcá-las. A operação de marcar linhas está vinculada a uma cor. A escolha dessa cor é feita pressionando-se o botão esquerdo do “mouse” sobre o retângulo de cor exibida no módulo da *tabela*.

Algumas vezes, a simples utilização de cores “sólidas” para realçar geo-objetos pode causar confusão com outros objetos geográficos simbolizados sobre o mapa. Para minimizar este problema, o módulo de tabela permite realçar geo-objetos utilizando-se hachuras. Um exemplo de utilização de hachuras é mostrada na Figura 4.27, onde os polígonos são preenchidos com hachuras utilizando-se as mesmas cores ilustradas na Figura 4.26.

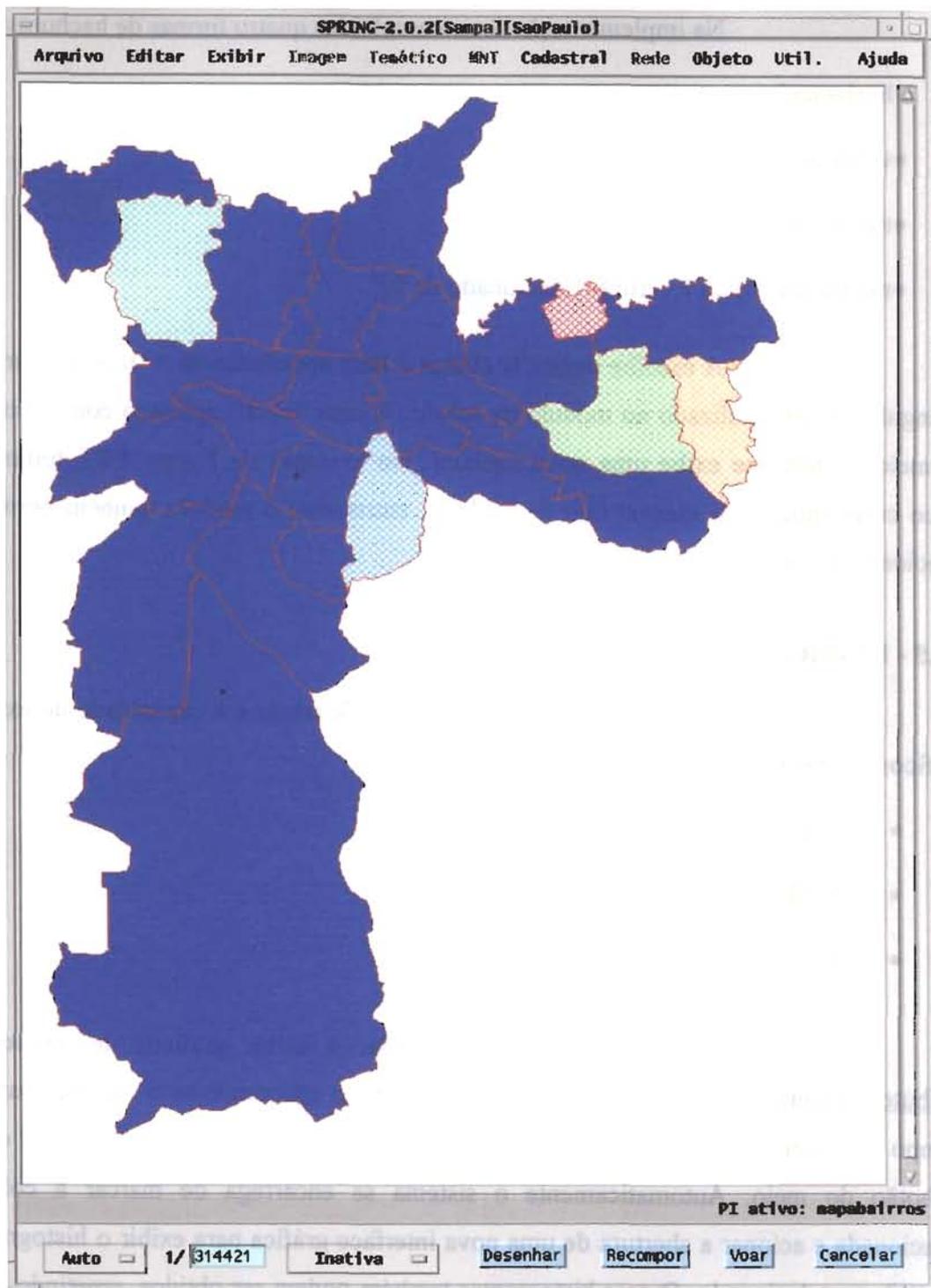


Fig. 4.27 - Tela gráfica do SPRING mostrando o resultado do realce das regiões administrativas da cidade de São Paulo, através da utilização de cores e hachuras.

Na implementação foram escolhidas quatro formas de hachuras:

- horizontal;
- vertical;
- malha horizontal e vertical; e
- malha horizontal e vertical rotacionado de 45°.

A escolha dessas hachuras é feita apontando-se o “mouse” para o retângulo de cor localizado no módulo da *tabela*. A cada “click” aplicado com o botão do meio, a interface exhibe uma nova hachura. No exemplo da Figura 4.27, todas as cinco cores utilizam o mesmo tipo de hachura, entretanto, o módulo também permite selecionar diferentes hachuras para cada cor.

4.6.5 - EXIBIÇÃO DE GRÁFICOS

Outra característica do módulo de tabela é a capacidade de exibir gráficos de três formas:

- histograma;
- dispersão; e
- torta.

O módulo permite selecionar e exibir gráficos de quaisquer atributos numéricos. O gráfico de histograma, é exibido apontando-se o “mouse” para o campo que contém o nome do atributo desejado e aplicando-se um “double-click” com o botão do meio. Automaticamente o sistema se encarrega de marcar a coluna selecionada e acionar a abertura de uma nova interface gráfica para exibir o histograma do atributo selecionado. Outros histogramas também podem ser obtidos, repetindo-se a operação sobre o nome de um outro atributo. Automaticamente a coluna marcada passará para a nova coluna selecionada e a interface de exibição gráfica mostrará o histograma desse outro atributo. Para ilustrar esse funcionamento, a Figura 4.28 mostra

a interface de *tabela* realçando a coluna “população” das regiões administrativas da cidade de São Paulo e a Figura 4.29 mostra seu histograma.

	GEOID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	MERCADC
1	17	Butantã	366737	13	1	0
2	24	Campo Limpo	778201	7	1	0
3	26	Capela Socorro	467355	5	0	0
4	10	Casa Verde	96396	6	0	0
5	8	Ermelino Matarazzo	95609	4	0	0
6	4	Freguesia do Ó	570537	5	0	0
7	14	Guaiunazes	290461	3	0	1
8	19	Ipiranga	423168	7	0	2
9	12	Itaquera	431191	4	0	0
10	25	Jabaquara	245531	11	0	0
11	3	Jacana	211905	6	0	0
12	11	Lapa	296122	10	3	1
13	15	Mooca	385971	7	0	0
14	7	Penha	578332	5	2	1
15	1	Perua	58709	4	0	0
16	16	Pinheiros	285881	20	2	1
17	2	Pirituba-Jaraguá	315876	5	0	1
18	6	S. Miguel Paulista	610150	3	0	1
19	5	Santana	353585	8	1	1
20	23	Santo Amaro	574923	12	6	1
21	22	São Mateus	300446	4	0	0
22	13	Se	513512	9	2	2
23	18	V. Aricanduva	194452	5	1	1
24	9	Vila Maria	340427	5	3	0
25	20	Vila Mariana	336758	16	2	0
26	21	Vila Prudente	523950	5	0	0

Fig. 4.28 - Interface de tabela realçando a coluna “população” da cidade de São Paulo.

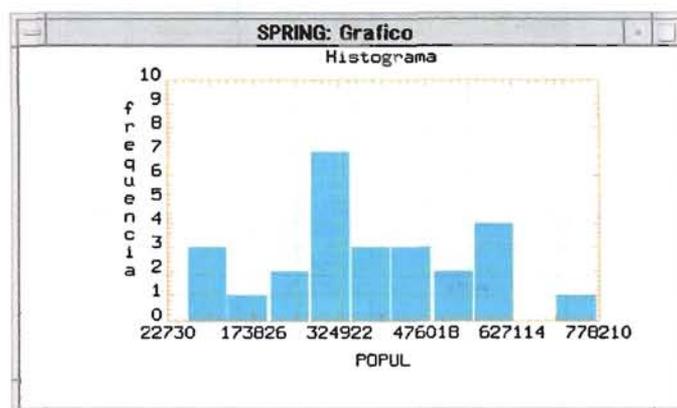


Fig. 4.29 - Gráfico correspondente à tabela acima mostrando o histograma de “população” da cidade de São Paulo.

Para exibir o gráfico de torta, deve-se inicialmente escolher e marcar alguns objetos geográficos, realçando linhas sobre a tabela. Quando existem linhas realçadas sobre a tabela, em vez do histograma, ao se exercer um “double-click” com o botão do meio sobre o nome de um atributo, obtém-se o gráfico de torta. Neste tipo de gráfico, pode-se visualizar, por exemplo, a percentagem de população ou renda das regiões administrativas marcadas em relação às não marcadas. Como o módulo tem capacidade para marcar até cinco grupos, o gráfico de torta pode mostrar a percentagem de até seis grupos, ou seja, cinco grupos referentes às cinco cores mais o grupo restante formado pelas linhas não marcadas.

A fim de manter uma ordem, as mesmas cores utilizadas para marcar as linhas da tabela são também utilizadas para mostrar as respectivas porções sobre o gráfico de torta. A cor cinza representa os geo-objetos desmarcados sobre a tabela. A Figura 4.30 ilustra a interface de *tabela* com várias linhas marcadas e a Figura 4.31 mostra o resultado em forma de gráfico de torta.

	GEDID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	MERCADO
1	17	Butantã	366737	13	1	0
2	24	Campolindo	778201	7	1	0
3	26	Capela do Corru	467355	5	0	0
4	10	Casa Verde	96396	6	0	0
5	8	Ermetino Hatanazzo	95609	4	0	0
6	4	Freguesia do O	870537	5	0	0
7	14	Guaiunazes	290461	3	0	1
8	19	Ipiranga	423168	7	0	2
9	12	Itaquera	431191	4	0	0
10	25	Jabaquara	245531	11	0	0
11	3	Jacana	211905	6	0	0
12	11	Lapa	296122	10	3	1
13	15	Mooça	385971	7	0	0
14	7	Penha	578332	5	2	1
15	1	Penha	58709	4	0	0
16	16	Pinheiros	285881	20	2	1
17	2	Pirituba-Jaraguá	315876	5	0	1
18	6	S. Miguel Paulista	610150	3	0	1
19	5	Santana	353585	8	1	1
20	23	Santo Amaro	574923	12	6	3
21	22	São Mateus	300446	4	0	0
22	13	Sé	513512	9	2	2
23	18	V. Anicandova	194452	5	1	1
24	9	Vila Maria	340427	5	3	0
25	20	Vila Mariana	336758	16	2	5
26	21	Vila Prudente	523950	5	0	0

Fig. 4.30 - Interface de tabela mostrando a seleção de várias regiões administrativas da cidade de São Paulo para exibir o gráfico de torta com dados de população.

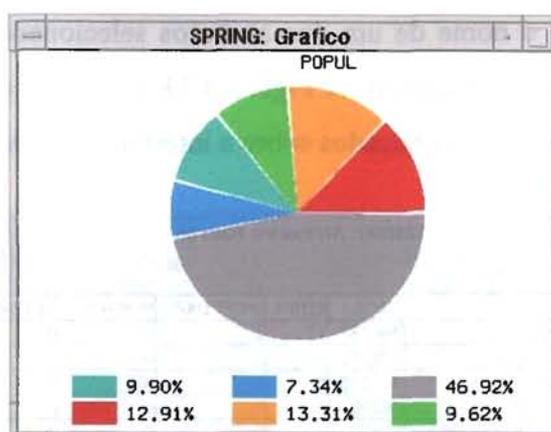


Fig. 4.31 - Gráfico de torta mostrando a percentagem de população das regiões administrativas selecionadas pela interface de tabela.

Uma vez que as regiões administrativas estão marcadas sobre a tabela, torna-se fácil exibir outros gráficos de torta para determinar a percentagem de outros atributos, como por exemplo, renda, conforme ilustrado na Figura 4.32.

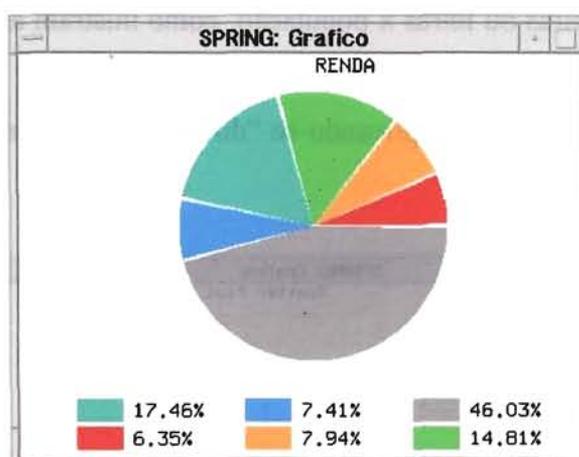


Fig. 4.32 - Gráfico de torta mostrando a percentagem de renda das regiões administrativas selecionadas pela interface de tabela.

Outra possibilidade de exibição é através do gráfico de espalhamento ou de dispersão, que permite analisar a correlação entre dois atributos. Para se obter o gráfico de dispersão, duas colunas são selecionadas, aplicando-se “double-click” com o botão do meio. Em seguida aplicando-se um “double-click” com

o botão do meio sobre o nome de um dos atributos selecionados, o sistema aciona a exibição do gráfico de espalhamento. A Figura 4.33 mostra as colunas “população” e “feiras” da cidade de São Paulo realçados sobre a interface de *tabela*.

	GEOID	NOME	POPUL	RENDA	SHOPPINGS	MERCADOS	FEIRAS	SACOLOES
1	17	Butantã	366737	13	1	0	3	41
2	24	Campolindo	778201	7	1	0	4	51
3	26	CapelaSocorro	467355	5	0	0	1	48
4	10	CasaVerde	96396	6	0	0	0	10
5	8	ErmelinoMatarazzo	95609	4	0	0	1	10
6	4	Freguesia-do-J	570537	8	0	0	2	48
7	14	Guaiunazes	290461	3	0	1	3	14
8	19	Ipiranga	423168	7	0	2	2	42
9	12	Itaquera	431191	4	0	0	2	30
10	25	Jabaquara	245531	11	0	0	0	17

Fig. 4.33 - Interface de tabela com os atributos de população e número de feiras da cidade de São Paulo, selecionados para exibição do gráfico de dispersão.

O módulo permite exibir o gráfico de espalhamento de duas formas, população x feiras ou feiras x população, como ilustram as Figuras 4.34 e 4.35. A primeira forma é obtida aplicando-se “double-click” sobre o nome do atributo *população*, e a segunda é obtida aplicando-se “double-click” sobre o nome do atributo *feiras*.

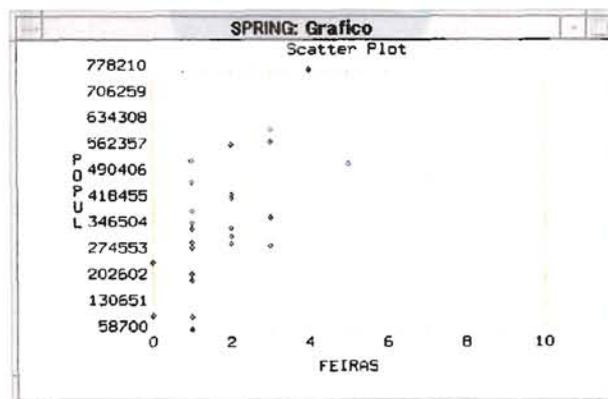


Fig. 4.34 - Gráfico de espalhamento “população x feiras” das regiões administrativas da cidade de São Paulo.

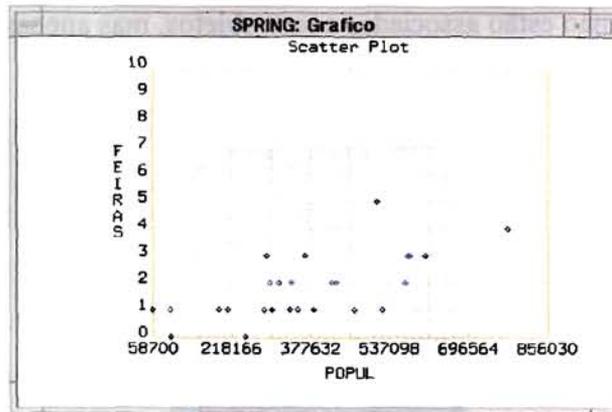


Fig. 4.35 - Gráfico de espalhamento “feiras x população” das regiões administrativas da cidade de São Paulo.

4.7 MÓDULO DE APONTAMENTO E FOTO

O módulo de apontamento e foto é utilizado para visualizar os atributos de um objeto geográfico. Seu funcionamento consiste em apontar sobre o mapa para selecionar um geo-objeto e acionar a exibição de seus atributos. Definiu-se que a interface de exibição de atributos deve possuir tamanho variável para facilitar a visualização. Estabeleceu-se também que a interface deve possibilitar a exibição de fotos associadas com o objeto geográfico selecionado.

Para possibilitar a exibição de fotografias, estudou-se a utilização de outros softwares. Analisando-se as características de alguns “free-ware¹⁴”, decidiu-se implementar neste módulo, utilizando-se o *capturador de tela e visualizador xv*. O software escolhido além de funcionar em várias plataformas e aceitar vários formatos de entrada, também proporciona alguma capacidade de processamento.

O módulo desenvolvido é ilustrado na Figura 4.36. Sua interface possui leve semelhança com o módulo de tabela, porém é projetada para mostrar apenas os atributos do objeto geográfico selecionado sobre o mapa. No módulo de *tabela* cada atributo de um objeto geográfico ocupa uma linha da interface. Entretanto, neste módulo

¹⁴softwares “free-ware” são aqueles que podem ser utilizados mediante certas restrições. Em geral, são livres para serem utilizados em universidade e centros de pesquisas.

as linhas da interface não estão associadas a geo-objetos, mas apenas contêm o nome e o valor do atributo.

SPRING: Atributos: Bairros	
GEOID	12
NOME	Itaquera
POPUL	431191
RENDA	4
SHOPPING	0
MERCADOS	0
FEIRAS	2
SACOLDES	30

Fig. 4.36 - Interface de módulo de apontamento e foto.

Quando existem fotografias associadas com o objeto geográfico selecionado, além de preencher a interface com os atributos contidos no banco, o módulo preenche também com os nomes das fotografias associadas a esse geo-objeto. A Figura 4.37 mostra uma lista de fotos associada à região administrativa da cidade de São Paulo de nome Sé.

SPRING: Atributos: Bairros	
GEOID	13
NOME	Sé
POPUL	513512
RENDA	9
SHOPPING	2
MERCADOS	2
FEIRAS	5
SACOLDES	53
FOTO	catedral
FOTO	viadutoCha
FOTO	teatromunicipal
FOTO	masp
FOTO	banespa
FOTO	bovespa
FOTO	anhangabau
FOTO	vista_aerea
FOTO	trianon_masp_centro
FOTO	predio_masp

Fig. 4.37 - Interface de módulo de apontamento e foto mostrando uma lista de fotografias associadas com o objeto geográfico.

A visualização de uma foto é feita aplicando-se um “double-click” sobre o nome da fotografia desejada. Quando isto ocorre, a linha da foto selecionada, permanece realçada por aproximadamente dois segundos. Este tempo serve para avisar ao usuário que a seleção da fotografia foi aceita, e também serve para o sistema executar o software xv. A utilização deste método é mostrada na Figura 4.38 com a ilustração da fotografia do Teatro Municipal de São Paulo.

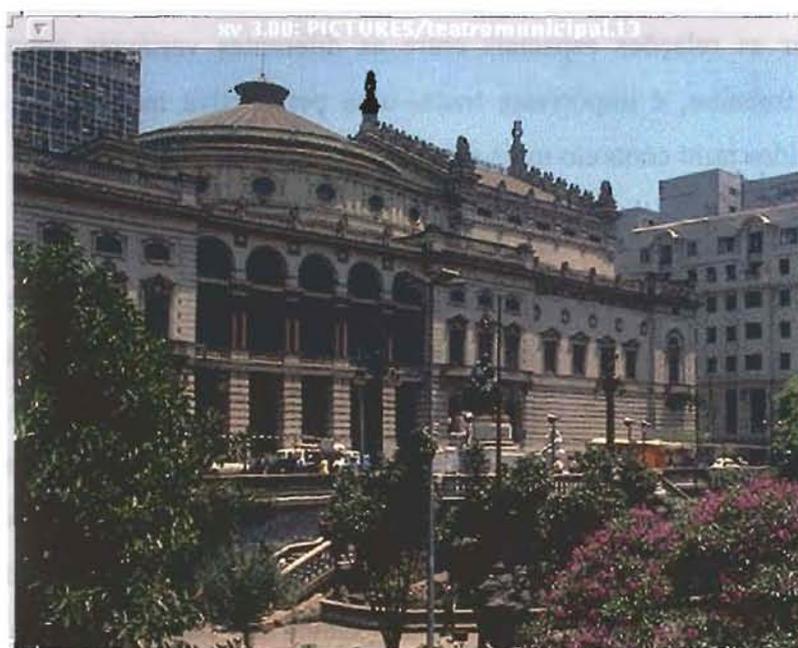


Fig. 4.38 - Utilização do software xv para visualização de fotos.

Este módulo também permite visualizar outras fotografias do mesmo geo-objeto, ou fotografias de outros geo-objetos sem a necessidade de inibir (retirar) as fotos já exibidas. Desta forma, pode-se exibir várias fotografias ao mesmo tempo além de efetuar alguns processamentos sobre elas, tais como filtragens, redimensionamentos, alteração de tabela de cores, etc.

CAPÍTULO V

COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Os resultados apresentados em capítulos anteriores mostram que a capacidade de consulta, agrupamento e a interação entre dados gráficos e tabulares, bem como a possibilidade de exibição de fotos, estatísticas e gráficos de histograma, torta e espalhamento disponíveis nos aplicativos desenvolvidos são extremamente úteis para visualizar as relações espaciais entre as diferentes variáveis geográficas. Para concluir este trabalho, é importante traçar uma perspectiva mais geral, e colocar os resultados obtidos num contexto mais amplo.

Em sua fundamentação teórica, esta dissertação partiu dos conceitos expressos em Egenhofer (1990), Egenhofer (1994) e Câmara Neto (1995): as linguagem de consulta de dados espaciais devem apresentar uma separação clara entre os mecanismos de *seleção de dados* e as *ferramentas de apresentação*. Dentro das limitações do desenvolvimento de um trabalho individual de Mestrado, o autor concentrou-se no desenvolvimento de técnicas de *apresentação* de dados espacial. Deste modo, devemos ainda considerar questões adicionais: como são obtidos os dados? Em outras palavras, como acoplar os mecanismos de seleção com as técnicas de apresentação aqui discutidas ?

No caso de bancos de dados espaciais com quantidade limitada de geo-objetos (o limite prático está em torno de 500 objetos distintos), as técnicas de apresentação podem ser utilizadas diretamente sobre o banco de dados, sem necessidade de um processo anterior de seleção. Ultrapassado este limite, será preciso dispor de uma linguagem de seleção de dados espaciais, que permita a obtenção de um subconjunto limitado dos geo-objetos disponíveis no banco de dados original, que podem então ser apresentados na forma descrita neste trabalho.

Como exemplo, considere-se o caso de um banco de dados cadastral de uma prefeitura, aonde todos os lotes da cidade estão armazenados, com sua localização geográfica e seus atributos. Numa cidade de médio porte, podem haver mais

de 10.000 propriedades distintas; neste cenário, o uso direto das técnicas descritas neste trabalho torna-se inviável. Assim, é necessário realizar uma seleção prévia com base em alguma restrição. Tipicamente, escolheríamos um bairro da cidade para ser estudado de cada vez.

Para armazenar os resultados de uma consulta sobre dados espaciais e permitir sua posterior apresentação, Câmara Neto (1995) propõe o conceito de uma *coleção de geo-objetos*. A *coleção* seria a forma como a linguagem de seleção de dados faria sua interface com a linguagem de apresentação. Em resumo, o completo aproveitamento do software desenvolvido nesta dissertação, para o caso de bancos de dados espaciais de médio e grande porte, requer a implementação de uma linguagem de seleção, que seria complementar às técnicas de apresentação. Neste sentido, o software desenvolvido pode ser considerado como um *apresentador de coleções de dados geográficos*, selecionados por um processo anterior de consulta.

Com relação às técnicas de apresentação desenvolvidas, elas podem ser melhoradas através do desenvolvimento de novos módulos, tais como de impressão de relatórios tanto na forma de gráficos e tabelas e de possibilidade de exibição de dados geográficos temporais, através de animação.

Deve-se lembrar que as limitações apresentadas decorrem de condições externas ao trabalho realizado. Os experimentos realizados com usuários indicaram uma grande aceitação das ferramentas disponíveis, com uma rápida curva de aprendizado. Uma vez que a linguagem de seleção espacial seja desenvolvida, seu acoplamento com os módulos de apresentação é tarefa relativamente direta, o que permitirá que as técnicas desenvolvidas possam ser utilizadas satisfatoriamente em qualquer projeto, independentemente do volume de dados a serem manipulados. Em resumo, podemos concluir que:

- 1) A separação, proposta na literatura (Egenhofer, 1994), entre linguagem de seleção e ferramentas de apresentação foi validada na prática deste trabalho;

- 2) O módulo de apresentação aqui descrito está solidamente embasado numa fundamentação teórica proposta em Monmonier (1993) e Dent (1985). Isto permitiu gerar um software de grande aplicação prática.
- 3) A combinação deste módulo com uma linguagem de seleção de dados espaciais (Câmara Neto, 1996) irá gerar ferramentas aplicáveis a bancos de dados geográficos de grandes dimensões.

Finalmente, é importante ressaltar que os resultados aqui apresentados abriram uma perspectiva completamente nova de uso da tecnologia de Geoprocessamento disponível no sistema SPRING. Anteriormente, a área de aplicação do SPRING estava praticamente restrita aos projetos ambientais. Com as novas ferramentas de apresentação, principalmente se complementadas com uma futura linguagem de seleção, o SPRING pode passar a ser utilizado também em aplicações cadastrais. Com a experiência a ser adquirida neste novo cenário, certamente irão surgir requisitos para aprimoramento das técnicas de apresentação do SPRING, das quais o autor espera que o trabalho aqui descrito tenha representado um primeiro e importante resultado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, B. H. **Logic and boolean algebra**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1962. 144p.
- Aronoff, S. **Geographic information systems: A management perspective**. Ottawa, WDL, 1989. 295p.
- Burrough, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assesment**. Oxford, Clarendonn Press, 1987.
- Buttenfield, B. P.; Mackaness W. A. Visualization. In: Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D. ed. **Geographical information systems**, London, Longman, 1992. v.1, p. 427-443.
- Câmara Neto, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos** (Preliminar da Tese de Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.
- Câmara Neto, G.; Medeiros, J. S. **Geoprocessamento Para Projetos Ambientais: apostila**. São José dos Campos, 1996.
- Câmara Neto, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. Spring Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computer and Graphics**, 20 (3): 395-403, 1996.
- Cowen, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54 (11):1551-1554, 1988.
- Date, C. J. **An introduction to database systems**. 6. ed. Reading, MA, Addison-Wesley, 1994. (Addison-Wesley Systems Programming Series).
- Dent, B. D. **Principles of thematic map design**. Massachusetts, Addison Wesley, 1985. 398p.

- Earnshaw, R. A.; Brodlie, K. W.; Carpenter, L. A.; Gallop, J. R.; Hubbard, R. J.; Munford, A. M.; Osland, C. D. **Scientific Visualization, Techniques and Applications**. Berlin Heidelberg, Quarendon, 1992.
- Egenhofer, M. "Interaction with Geographic Information Systems via Spatial Queries". **Journal of Visual Languages and Computing**, 1 (4): 389-413, 1990.
- Egenhofer, M. Why Not SQL!, **International Journal of Geographic Information Systems**, 6 (2): 71-85, 1992.
- Egenhofer, M. "Spatial SQL: A Query and Representation Language", **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, 6 (1): 86-95, 1994.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Diretoria de Geociências; Fundação Nacional do Índio. **FIBGEF**. [online] <<http://www.ibge.gov.br/brasil>>, (1995), 10 dez 1996.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI). **FSPRING**. [online] <<http://www.inpe.br/spring/home>>, (8 jan 1997), 15 jan 1997.
- Goodchild, M. "Geographical data modeling". **Computers & Geosciences**, 1992, 18 (4): 401-408, 1992.
- Goodchild, M.; Parks, B.; Steyart, L. **Environmental Modelling with GIS**, Oxford, Oxford University Press, 1993.
- Map Collection. UT Library Online. **MAHOGANY**. [online] <http://mahogany.lib.utexas.edu:1000/Libs/PCL/Map_collection/historical>, (1996), 7 jan 1997.
- McCormick, B. H.; DeFanti, T. A.; Brown, M. D. Visualization in Scientific Computing, **Computer Graphics**, 5 (6): 62-65, Nov, 1987.

- Monmonier, M. **Mapping it out: expository cartography for the humanities and social sciences**. 2. ed. Chicago, University of Chicago, 1993. 301 p.
- Pearson, F.; Keates, J. Automatic text placement, In: Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D. **Geographical Information Systems**, v.1: principles, London, Longman, 1991. p. 346-367.
- Peuquet, D. J.; Marble D. F. **Introductory readings in geographic information systems**. London, Taylor & Francis Ltd., 1990. 371p.
- Robertson, P. K. A Metodology for Choosing Data Representations. **IEEE Computer Graphics and Applications**, 11, (3): 56-68, May 1991.
- Sikorski, R. **Boolean algebras**. 3. ed. New York, Springer-Verlag, 1969. 240p.
- Smith, T. R.; Menon, S.; Star, J.; Estes, J. E. Requirements and Principles for the Implementation and Construction of Large Scale Geographical Information Systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, 1 (1):13-31, 1987.
- Star, J.; Estes, J. **Geographic information systems: an introduction**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1990. 303p.
- Trotter, C. M. Remotelly sensed dada as an information source for GIS in natural resource management: a review. **International Journal of Geographical Information Systems**, 5 (2): 225-239, 1991.

