

MINISTÉRIO DA SAÚDE



Série: Capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde

Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na Saúde Pública

Brasília • DF
2007

MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ



Série: Capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde

Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública

Série B. Textos Básicos de Saúde

Brasília - DF
2007

© 2007 Ministério da Saúde.

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é da área técnica.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <http://www.saude.gov.br/bvs>

Série B. Textos Básicos de Saúde

Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2

Tiragem: 1.ª edição – 2007 – 1.200 exemplares

Elaboração, distribuição e informações:

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Secretaria de Vigilância em Saúde

Departamento de Análise de Situação em Saúde
Esplanada dos Ministérios, bloco G
Edifício Sede, 1.º andar, sala 134
CEP: 70058-900, Brasília – DF
E-mail: svs@saude.gov.br
Home page: <http://www.saude.gov.br/svs>

Fundação Oswaldo Cruz

Instituto de Comunicação e Informação
Científica e Tecnológica em Saúde
Avenida Brasil 4365, Manguinhos,
Rio de Janeiro, RJ, CEP 21045-900
Home page: www.fiocruz.br

Equipe Técnica da Elaboração:

Ana Paula C. Resendes – ENSP/FIOCRUZ
Christovam Barcellos – ICICT/FIOCRUZ
Daniel A. Skaba – CET/IBGE
Evangelina X. G. Oliveira - CG/IBGE
Guilherme L. Werneck – IMS/UERJ
José Constantino S. Júnior – CPqAM/FIOCRUZ
José Luiz Portugal – DEC/UFPE
Maria de Fátima Pina – Universidade do Porto, Portugal
Mônica A.F.M. Magalhães - ICICT/FIOCRUZ
Paulo C. Peiter - EPJV/FIOCRUZ
Reinaldo Souza-Santos - ENSP/FIOCRUZ
Simone M. Santos - ICICT/FIOCRUZ
Virginia Ragoni de M. Correia – DPI/INPE
Walter M. Ramalho – SVS/MS
Wayner V. Souza – CPqAM/FIOCRUZ

Revisão Técnico-pedagógica

Grácia Maria de Miranda Gondim
Simone M. Santos

Revisão de Português:

Itamar José de Oliveira

*Ilustração da capa, Programação Visual e
Direção de Arte:*

Vera Lucia Fernandes de Pinho

Fotos da capa:

Peter Illiciev / Multimagens / ICICT / Fiocruz

Tratamento de Imagens e Fotografias:

Os autores

Coordenação Executiva do projeto

Walter Massa Ramalho
Christovam Barcellos
Mônica A.F.M. Magalhães
Simone M. Santos

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Ficha Catalográfica

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz.

Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Reinaldo Souza-Santos, organizadores. - Brasília : Ministério da Saúde, 2007.

148 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2)

ISBN 978-85-334-1421-1

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Vigilância em saúde. 3. Análise espacial. 4. Saúde pública. I. Simone M. Santos (Org.) II. Reinaldo Souza-Santos (Org.) III. Título. IV. Série.

NLM W 26.55.14

Catalogação na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2007/0540

Títulos para indexação:

Em inglês: Geographical Information Systems and Spatial Analysis in Public Health

Em espanhol: Sistemas de Información Geográfica y Análisis Espacial en la Salud Pública

AUTORES

Ana Paula da Costa Resendes

Bióloga, mestra e doutoranda em Saúde Pública, pesquisadora colaboradora do Departamento de Endemias Samuel Pessoa da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz.

Christovam Barcellos

Geógrafo, Sanitarista, doutor em Geociências, pesquisador titular do Departamento de Informações em Saúde do Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz.

Daniel Albert Skaba

Engenheiro de Eletricidade, mestre em Sistemas e Computação, doutorando em Saúde Pública, tecnologista sênior da Coordenação de Estrutura Territoriais da Diretoria de Geociências da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Evangelina Xavier Gouveia de Oliveira

Geógrafa, doutora em Saúde Pública, pesquisadora da Coordenação de Geografia da Diretoria de Geociências da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Guilherme Loureiro Werneck

Médico, doutor em Saúde Coletiva e Epidemiologia, professor adjunto do Departamento de Epidemiologia do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

José Constantino Silveira Júnior

Engenheiro Agrônomo, mestre em Sensoriamento Remoto, doutorando em Saúde Pública, pesquisador colaborador do Laboratório de Métodos Quantitativos em Saúde do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães da Fundação Oswaldo Cruz.

José Luiz Portugal

Engenheiro Cartógrafo, doutor em Saúde Pública, professor adjunto do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco.

Maria de Fátima de Pina

Engenheira Cartógrafa, mestra em Sistemas e Computação, doutora em Engenharia Biomédica, professora associada da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto e pesquisadora do Instituto de Engenharia Biomédica, Cidade do Porto.

Mônica A. F. M. Magalhães

Engenheira Cartógrafa, mestranda em Geomática, tecnologista do Departamento de Informações em Saúde do Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz.

Paulo Cesar Peiter

Arquiteto, doutor em Geografia, pesquisador do Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio da Fundação Oswaldo Cruz.

Reinaldo Souza dos Santos (organizador)

Biólogo, doutor em Saúde Pública, pesquisador associado do Departamento de Endemias Samuel Pessoa da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz.

Simone Maria dos Santos (organizador)

Médica, especialista em Saúde Coletiva, mestra e doutoranda em Saúde Pública (Epidemiologia), pesquisadora colaboradora do Departamento de Informações em Saúde do Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz.

Virginia Ragoni de M. Correia

Engenheira, doutora em Saúde Pública, pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais alocada na Divisão de Processamento de Imagens da Coordenação Geral de Observação da Terra.

Walter Massa Ramalho

Médico Veterinário, mestrando em Saúde Coletiva, consultor do Departamento de Análise de Situação de Saúde da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde.

Wayner Vieira Souza

Estatístico, mestre e doutor em Saúde Pública, tecnologista sênior e docente do Departamento de Saúde Coletiva do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães da Fundação Oswaldo Cruz.



Prefácio



Este segundo livro da série *Capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde* representa a continuidade do processo de difusão de técnicas de análises espaciais, tão importantes para os técnicos e gestores do Sistema Único de Saúde (SUS).

Desde seu início, com o clássico estudo de John Snow sobre a epidemia de cólera em Londres, a epidemiologia valeu-se da formulação de hipóteses etiológicas com base na distribuição geográfica dos eventos. Com o atual desenvolvimento tecnológico, as possibilidades de utilização de abordagens espaciais ampliam e fortalecem a capacidade analítica sobre o processo saúde-doença, com um enorme potencial para utilização na análise de situação de saúde e no processo de decisão sobre prioridades.

O território, tal como abordado na presente publicação, é uma síntese de processos geográficos, econômicos, sociais, históricos e culturais, constituindo-se em objeto fundamental para a explicação das características dos perfis de morbi-mortalidade que se apresentam nos distintos grupamentos populacionais.

Para cumprir seu objetivo de aprimorar a utilização dos sistemas de informação geográfica pelos profissionais do SUS, esta publicação procura abordar os vários temas com linguagem coloquial e exercícios passo-a-passo, facilitando o acesso às informações aqui contidas.

Tenho certeza de que a ampla utilização da presente publicação e as contribuições proporcionadas pelos profissionais de saúde pública e epidemiologistas, além de produzirem uma melhor integração das ferramentas de análise espacial com a prática do SUS, também vão permitir o permanente aperfeiçoamento deste instrumento de capacitação.

Apresentação



O livro **Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública** é parte integrante da série didática *Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde*, apresentando conceitos e operações de SIG que avançam em direção ascendente de complexidade em relação aos temas abordados no volume anterior “Abordagens espaciais na Saúde Pública”, que iniciou a série e que será seguido pelo livro “Introdução à estatística espacial para a Saúde Pública”. O conjunto desses três volumes iniciais foi traçado a partir de propostas de capacitação da Secretaria de Vigilância em Saúde e resultante de discussões realizadas ao longo de vários anos no Comitê Técnico Interdisciplinar em Geoprocessamento da Rede Interagencial de Dados para a Saúde – RIPSA.

Esse projeto convergiu para a série de livros que contou com um grupo de quase 30 autores, constituído de sanitaristas, pesquisadores e técnicos atuantes nos serviços de saúde, com grande experiência e produção. Esses colaboradores participaram ativamente de reuniões técnicas, fóruns de debates, especialmente imbuídos na elaboração de um conteúdo de fácil compreensão e de aplicação nas mais diferentes partes do Brasil. Além desses autores, o projeto contou ainda com a apreciação dos alunos em aulas dos cursos-piloto onde, além da capacitação, tiveram o importante papel de avaliadores. Desse processo participaram cerca de 60 alunos, em três cursos, cujas críticas e sugestões foram fundamentais para avaliação e aprimoramento de todo o material produzido. Foram somados a esse esforço, pedagogos, técnicos com experiência em outros projetos de capacitação, programadores visuais e um grupo editorial que proporcionou uma obra leve, porém de grande conteúdo instrucional, e acima de tudo, baseada em problemas reais que o Sistema Único de Saúde - SUS apresenta na sua rotina.

No capítulo 1 são abordados conceitos e arquitetura adotada nos Sistemas de Informação Geográfica - SIG, é traduzido como os *softwares* “enxergam” os dados cartográficos e tabulares, e como se dá a inserção de

Apresentação



dados. No capítulo 2 são discutidos como são apresentados os resultados, ou como interpretar os dados utilizando ferramentas de SIG. Já nessa etapa, uma grande parte dos usuários encontra possibilidades de análises úteis na sua rotina – os mapas temáticos. Seguindo o capítulo 3, temos o grande diferencial que só um potente programa de SIG pode oferecer – a realização de operações geográficas e de mapas de fluxo. Finalmente o capítulo 4 aborda o georreferenciamento de dados, avança nas operações geográficas e inicia uma abordagem sobre imagens de satélite.

Encontram-se no conteúdo do livro análises de dados secundários, obtidos nos bancos dos diversos sistemas de informação em saúde, preservando sempre a realidade, mostrando aos alunos que o sanitarista precisa ir além da receita pré-definida em pacotes, e ser intérprete dos processos implícitos nos números evidenciados. Os exercícios propostos podem ser executados em qualquer programa de SIG, porém foram direcionados para uma linha de programas que vêm crescendo no Brasil e no mundo – os gratuitos e os chamados de código aberto, que aceitam e incorporam desenvolvimentos em colaboração de outros grupos. Neste volume, foi dada atenção especial ao programa TerraView, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE, cujas aplicações nas análises de saúde vêm se aperfeiçoando e proporcionando o uso dessas ferramentas ao alcance de todos.

Finalmente, acreditamos nos avanços obtidos no âmbito da vigilância e monitoramento, advindos da consolidação do SUS e da crescente profissionalização e valorização dos técnicos que se dedicam ao uso das informações para a vigilância e o planejamento em saúde. Esta obra é destinada às pessoas e grupos comprometidos com o avanço da qualidade de vida no Brasil.

Walter M. Ramalho

*Coordenação Executiva do projeto de Capacitação e
Atualização em Geoprocessamento para a Saúde Pública*



Sumário

Capítulo 1: Conceitos e Arquitetura de Sistemas de Informações

Geográficas 13

1.1 - Sistema de Informações Geográficas	15
• Estruturação de um SIG	16
1.2 - Aquisição ou Coleta de Dados	19
• Digitalização de Dados	20
• Sensoriamento Remoto	20
• Posicionamento e Topografia	21
1.3 - Entrada / Importação de Atributos e Geometria em SIG	23
• Importação de Atributos e Georreferenciamento	25
1.4 - Estruturação dos Dados	31
• Tipos de Unidades Espaciais	35

Capítulo 2: Análise Descritiva em Sistemas de Informações

Geográficas (SIG) 37

2.1 - Análise Descritiva em Ambiente SIG	39
• Distribuição de Freqüências e Histograma	39
• Medidas de Tendência Central	43
• Medidas de Dispersão	45
2.2 - Indicadores Ambientais e de Saúde	47
• Coeficiente ou Taxa	48
• Proporção	50
• Razão	50
2.3 - Para cada Tipo de Dado um Tipo de Mapa	52
• Mapas de Pontos	52
• Mapas Temáticos	55

Capítulo 3: Análise de Dados Espaciais..... 63

3.1 - Consultas aos Dados e Operações Espaciais em Ambiente SIG	65
• Consulta por Apontamento	65
• Consulta por Atributos	66
• Consulta Espacial	67
• Operações Geográficas	71
3.2 - Mapas de Fluxo	72
• Identificação de Redes	73
• Tipologia dos Fluxos	75

Capítulo 4: Operações entre Camadas e Imagens de Satélite..... 81

4.1 - Operações entre Camadas – Conceitos Iniciais	83
4.2 – Georreferenciamento	86
4.3 – Operações entre Camadas	87
4.4 – Operações entre Camadas com Duas Entradas	88
• Soma.....	88
• Diferença	89
• Interseção	91
• Atribuição por Localização	95
4.5 - Uso de Imagens de Satélite em Saúde Pública	97

Anexo: Exercícios 105

Exercício 1 : Análise Espaço-temporal dos Casos de Dengue no Município do Recife - PE em 2002	107
Exercício 2 : Operações entre Camadas e Visualização de Imagens de Sensores Remotos	123
Exercício 3 : Mapeamento e Classificação dos Fluxos de Origem e Destino de Pacientes de Hemodiálise no Estado do Mato Grosso do Sul	135

Referências Bibliográficas 147



Capítulo

Conceitos e Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas

Walter M. Ramalho

Daniel A. Skaba

Christovam Barcellos

Maria de Fátima Pina

Mônica Magalhães

Capítulo 1:

Conceitos e Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas

1.1 - Sistema de Informações Geográficas

pág. 15

Estruturação de um SIG

pág. 16

1.2 - Aquisição ou Coleta de Dados

pág. 19

Digitalização de Dados

pág. 20

Sensoriamento Remoto

pág. 20

Posicionamento e Topografia

pág. 21

1.3 - Entrada / Importação de Atributos e Geometria em SIG

pág. 23

Importação de Atributos e Georreferenciamento

pág. 25

1.4 - Estruturação dos Dados

pág. 31

Tipos de Unidades Espaciais

pág. 35

1.1 - Sistema de Informações Geográficas

O Sistema de Informações Geográficas tem a capacidade de atualização, compartilhamento, divulgação e especialmente de armazenamento e gerenciamento de dados geográficos, também chamados gráficos, e não-gráficos (tabulares).

Antes da utilização dos computadores, a **cartografia** apresentava grande limitação em relação a essas capacidades, uma vez que os registros eram realizados manualmente e, basicamente, em papel. Com o desenvolvimento da informática, duas grandes linhas de trabalho começaram a ser desenvolvidas que, em conjunto, fundamentam os Sistemas de Informações Geográficas (SIG): Cartografia Digital e Gerenciamento de Bancos de Dados.

A Cartografia Digital e os programas de Desenhos Assistidos por Computador (CAD) foram concebidos com o propósito de desenhar objetos, especialmente mapas, estando embutido todo o conceito que envolve a cartografia. Assim foi possível automatizar a sua elaboração e melhorar o seu armazenamento, simplificando processos de atualização e disposição dos elementos que representam os **objetos cartográficos**.

Já os Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) são programas direcionados para o armazenamento e recuperação de dados tabulares (não-gráficos), com foco no processamento de informações numéricas (p.ex.: percentual de desmatamento) e textuais (p.ex.: tipo de vegetação), embora possam também armazenar gráficos, sons e imagens. Vale informar que programas como Epiinfo (para análise estatística) e o TerraView (SIG) operam com SGBDs podendo armazenar seus arquivos no formato Access.

Além desses sistemas, também se desenvolveu o Sensoriamento Remoto (SR), que é realizado por um conjunto de técnicas que tem como objetivo medir características físicas de um objeto remotamente (distante dele). Através de dispositivos sensores para a recuperação de forma passiva ou ativa de imagens, e os Modelos Digitais de Terreno (MDT), que têm por finalidade armazenar a forma da superfície da terra representada de maneira contínua por meio de metodologias próprias.

Então, os SIG são sistemas computacionais, com módulos internos que possibilitam a integração de dados cartográficos (geográficos) de diversos formatos com os bancos de dados tabulares, o que o torna diferente dos demais sistemas. Sua capacidade de reunir grandes quantidades de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramenta essencial para a manipulação das informações geográficas.

Cartografia

É o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos e ambientes físicos, bem como o seu estudo e utilização. Pode-se dizer que o processo cartográfico envolve o desenvolvimento de atividades de coleta de dados, estudo, análise, composição e representação de observações, fatos e fenômenos de diversos campos científicos associados à superfície terrestre.

Objetos cartográficos

São os fenômenos do mundo real que se deseja representar – limites municipais e estaduais, estradas, lotes, lagos, etc. São digitalizados por instrumentos específicos e com finalidades pré-estabelecidas. Sua representação pode ser vetorial, onde a unidade de armazenamento é o ponto (par de coordenadas), ou matricial, onde a unidade é o *pixel* (área de um quadrado).

• **Dados gráficos, espaciais, geometria,**

cartografia ou geográficos (mapas): descreve a localização, os objetos geográficos e os relacionamentos espaciais entre os objetos. Exemplos: coordenadas, simbologia, etc.

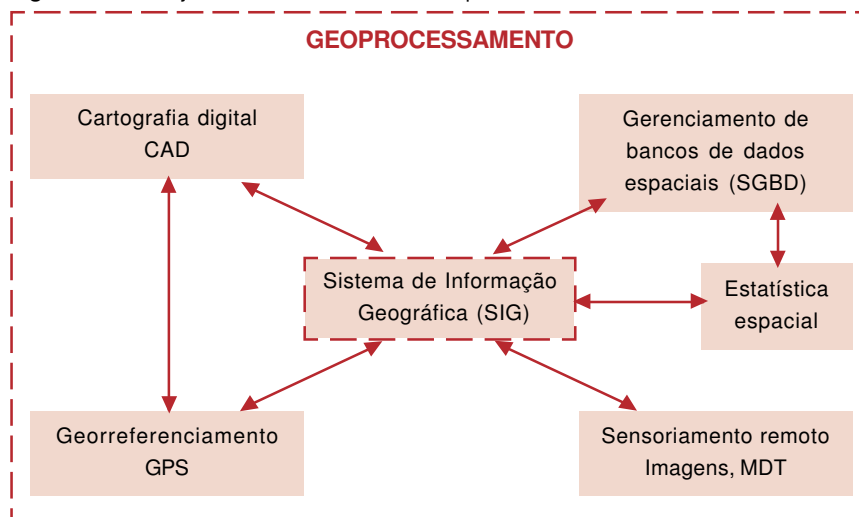
• **Dados não-gráficos ou alfanuméricos**

(tabelas): descreve fatos e fenômenos sociais e naturais representados no mapa. Representa as características, qualidades ou relacionamentos de objetos na representação cartográfica. Na literatura também podem ser encontradas com as definições de **textuais** ou **atributivas**.

As integrações entre **dados gráficos** e **não-gráficos** em ambiente SIG, por meio de um código de ligação (**geocódigo**), proporcionam a organização interna para que todos os dados estejam indexados, e sejam acessados de forma fácil e ágil. Esse mecanismo permite a análise dos dados utilizando-se de diversas metodologias, como operações que envolvem apenas o espaço – proximidade e tamanho, e as relacionadas à modelagem estatística do espaço com seus dados.

É importante lembrar que “Sistemas de Informações Geográficas” e “geoprocessamento” não são sinônimos. O geoprocessamento é um termo amplo que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais. Dentre essas tecnologias se destacam: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas (Figura 1.1). Ou seja, o SIG é umas das ferramentas do geoprocessamento, a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais, mas nem todo o geoprocessamento é um SIG (Carvalho et al., 2000).

Figura 1.1 – Conjunto de ferramentas do Geoprocessamento.



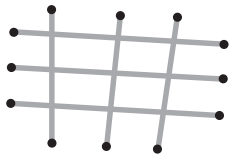
• Estruturação de um SIG •


Na estruturação de um Sistema de Informações Geográficas, os seguintes pontos são levados em conta:

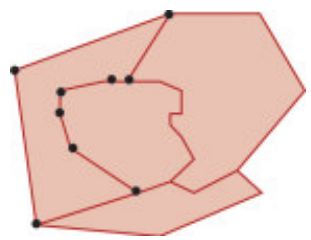
– Objetos Geográficos


São os fenômenos do mundo real que se deseja representar – limites municipais e estaduais, estradas, lotes, lagos, etc. São digitalizados por instrumentos específicos e com finalidades preestabelecidas. Sua representação pode ser vetorial, onde a unidade de armazenamento é o ponto

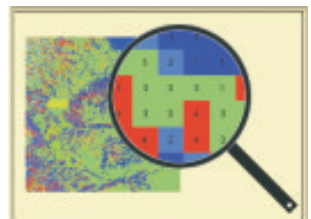
(par de coordenadas), ou matricial, onde a unidade é o **pixel**. São representados por vetores, pontos ou áreas.

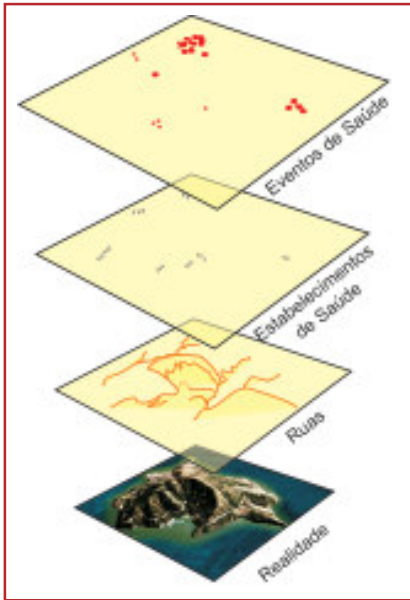
Linhas, comumente são usadas para representar ruas;	
Linha única com um início e um final independente.	

Polilinhas, podem representar rios, estradas curvas;	
Várias linhas, já que cada uma possui uma única direção. O programa entende que quando uma termina, no mesmo ponto começa outra e formam uma única entidade .	

Polígonos, para demarcação dos limites de uma área, como, por exemplo, municípios e lagos;	
Similar à polilinha, mas o final se liga ao começo, tornando a área central parte integrante da entidade.	

Pontos, para localização de cidades, árvores, eventos de interesse na saúde, por exemplo;	
Cada ponto possui um par de coordenadas para sua localização. Representa a localização de um evento ou objeto.	

Modelo matricial usado em fotos aéreas e imagens de satélite.	
Pode ser visto como uma matriz, de dimensões n linhas por m colunas, em que cada célula (<i>pixel</i>) desta matriz possui um valor numérico correspondente. Sua resolução é determinada pelo tamanho de cada <i>pixel</i> .	



– Camada, Tema ou Plano de Informação

Coleção de objetos geográficos com características comuns, definidas pelo usuário. Alguns exemplos de camadas são:

- Hidrografia: arquivo com rios, canais, lagos.
- Malha viária: arquivo com ruas, avenidas, estradas.
- Edificações: arquivo contendo os lotes, edificações, prédios.
- Residências: arquivo com locais dos casos de meningite.
- Setores Censitários: arquivo com os limites dos setores censitários.
- Municípios: arquivo contendo os limites dos municípios.

– Atributos

Conjunto de dados tabulares de SIG. Tem as propriedades de qualquer banco de dados tabulares, com variáveis dispostas nas colunas (cujos nomes funcionam como chave de identificação do conteúdo das células) e registros de dados dispostos nas linhas. Cada arquivo cartográfico no SIG possui um banco de dados relacionado a cada objeto geográfico, sendo que sua ligação é invisível para o usuário, mas extremamente importante para as análises a serem feitas.

Tabela 1.1 - Exemplo de estrutura de banco de dados tabulares.

ID	Nome	Endereço	Agravo	Data Notificação	Idade (anos)
1	José dos Santos	Av. 3 de abril, 25	Dengue	01/06/1999	31
2	Maria Pia	Rua do Amparo, 03	Meningite	02/07/1999	14
3	Ana da Silva	Rua do Futuro, 113	Hanseníase	03/07/1999	45

Como no exemplo da tabela 1.1, os nomes das variáveis (cada coluna é uma variável) apresentados na primeira linha, devem ser auto-explicativos, neste exemplo: ID – Identificação do Registro, Nome, Endereço, Agravo, Data Notificação, Idade. As variáveis podem ser classificadas em: alfanuméricas (nas quais o conteúdo pode ser digitado em forma de números e caracteres); numéricas (quando são restritas ao formato de números); e em datas. Essa classificação é de fundamental importância para as análises em SIG, e o analista precisa ter em mente a composição dos dados para o melhor aproveitamento. Uma variável, normalmente a de identificação (ID), pode ser especificada como geocódigo, servindo para a ligação com o arquivo dos objetos geográficos.

1.2 - Aquisição ou Coleta de Dados

A aquisição de dados, que representam propriedades significativas da superfície da Terra, é uma parte importante da atividade das sociedades organizadas. Desde as civilizações antigas até os tempos modernos, dados referenciados a localidades da superfície terrestre têm sido coletados por navegadores, geógrafos e outros estudiosos, e organizados na forma de mapas.

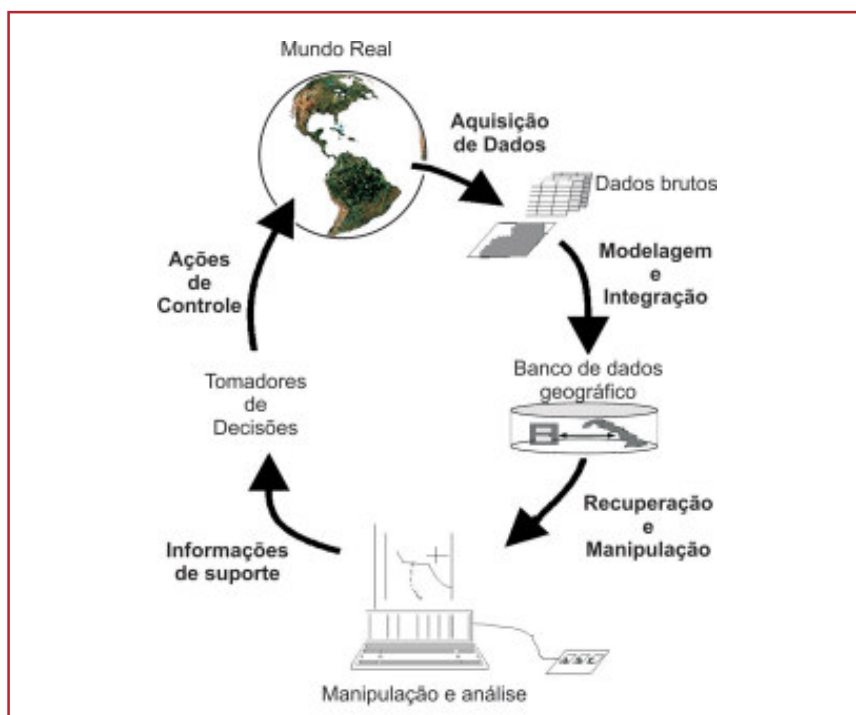
Esses dados são denominados dados geográficos e descrevem um objeto do mundo real em termos de sua posição em relação a um sistema de coordenadas conhecidas (latitude e longitude), de suas relações espaciais com outros objetos (como **pertinência**, **vizinhança** e **distância**), e de suas propriedades medidas ou observadas. As informações extraídas desses dados são denominadas de **informações geográficas**.

A figura 1.2 mostra o fluxo do processo de aquisição e conversão de dados geográficos em informações geográficas, e sua posterior utilização na geração de ações de controle. Esse processo é composto por várias etapas. A aquisição de dados é a primeira delas.

A aquisição de dados digitais para a construção de um SIG pode ser efetuada utilizando-se diversas metodologias, como:

- Digitalização de dados, usando-se uma mesa digitalizadora ou *scanner*;
- Sensoriamento remoto utilizando imagens de satélite ou aerolevantamentos;
- Levantamento de campo utilizando técnicas de topografia ou aparelhos receptores de Sistemas de Posicionamento Global (GPS).

Figura 1.2 - Ciclo de coleta de dados e utilização de informações.



• Digitalização de Dados •

Existem dois métodos principais de se efetuar a digitalização de dados: a digitalização manual e a automática, também chamada de rasterização. Tornou-se comum a utilização do termo “**digitalização**” para se referir ao método de digitalização manual, e do termo “**rasterização**” para denominar a digitalização automática. É, no entanto, importante deixar claro, que a digitalização é um processo de transformação de dados em formato digital, não importando qual dos métodos foi utilizado.

Utilizando-se uma mesa digitalizadora de grande ou pequeno formato, um mapa é colocado em sua superfície e com um tipo de *mouse* especial com uma “mira” (cursor) se procede ao desenho de todas as feições (objetos) do mapa original. Apesar do processo de digitalização ser simples e do equipamento necessário ser bastante acessível, este procedimento requer tempo e pessoal treinado e habilidoso (Figura 1.3).

O uso de *scanner* para a rasterização também é bastante comum para a recuperação de mapas já desenhados. Após a captura da imagem, o mapa passa por processos de vetorização, utilizando-se programas e técnicas específicas. Esse método é mais rápido, porém necessita tempo complementar para o processo de edição e acabamento.

Figura 1.3 – Mesa digitalizadora.



• Sensoriamento Remoto •

O sensoriamento remoto tem o objetivo capturar imagens de forma remota, isto é, sem tocar nos objetos, da superfície da Terra, a partir de propriedades de ondas eletromagnéticas emitidas, refletidas ou difracionadas, emitidas por um satélite ou radar. As imagens são registros do espectro eletromagnético – visível ou não, em faixas específicas de frequência, devido a características das composições químicas e das suas propriedades físicas.

As imagens podem ser oriundas de sensores ativos ou passivos. Os ativos têm a propriedade de emitir a própria radiação e de captar o sinal de retorno, como, por exemplo, os radares, que podem operar sob todas as condições meteorológicas e também no escuro. Os sensores passivos coletam a radiação refletida ou emitida na superfície da Terra, por meio de satélites.

As imagens captadas por sensores remotos podem ter diversos tipos de resolução. A resolução é a medida da habilidade que um sistema sensor possui para discriminar respostas próximas **espacialmente** ou semelhantes **espectralmente**. São quatro os tipos de resolução:

- **Espectral**, está relacionada à capacidade do sensor de registrar a radiação em diferentes regiões do **espectro eletromagnético**. Quanto melhor a resolução espectral, maior o número de bandas espectrais que podem ser adquiridas sobre os objetos da superfície, aumentando o poder de extração de informação;

- **Espacial**, está relacionada com a capacidade do sensor distinguir os objetos na superfície da Terra. Temos no mercado sensores cujo *pixel* chega a 1m de resolução, isto é, o sensor consegue diferenciar objetos de até 1m², a maior resolução espacial disponível, atualmente;

- **Temporal**, ou seja, a frequência com que determinada área da Terra é imageada. Quanto menor o tempo entre uma imagem e outra, maior a resolução temporal, e mais atual a imagem reproduzida;

- **Radiométrica**, diz respeito à percepção do sensor para captar as diferenças do objeto, armazenando em número de níveis de cinza. Essa qualidade é conferida pela capacidade de armazenar determinado **número binário**, traduzido em número de **bites**; então quanto maior a resolução radiométrica, maior o número de *bites* da imagem. Uma imagem de 8 *bites* possui 256 níveis de cinza.

No capítulo 4 os conceitos em sensoriamento remoto serão discutidos com mais detalhes.

• Posicionamento e Topografia •

GPS – Sistema de Posicionamento Global

O **NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System)** é um sistema de rádio-navegação por satélite que fornece, a usuários que possuam equipamento apropriado, coordenadas precisas de posicionamento tridimensional e informação sobre a navegação e o tempo. Traduzido para o Português, o Sistema de Posicionamento Global também é conhecido como Sistema de Posicionamento por Satélite. Foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o propósito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Em razão da alta acurácia

proporcionada e do alto nível tecnológico, embutidos nos aparelhos receptores GPS, uma grande comunidade de usuários do sistema surgiu dos mais variados segmentos do meio civil, (navegação, posicionamento geodésico, agricultura, meio ambiente, controle de frotas, etc.).

Como o nome sugere, o GPS é um sistema de abrangência global e tem facilitado todas as atividades que necessitam de posicionamento.

A concepção do sistema GPS permite que um usuário, em qualquer ponto da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha sempre à disposição, no mínimo 4 satélites para serem rastreados, permitindo navegação em tempo real, sob quaisquer condições meteorológicas.

O princípio básico de navegação pelo GPS é relativamente simples. Consiste na medida das distâncias entre o usuário e cada um dos satélites rastreados. Conhecendo-se as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do receptor em terra, no mesmo sistema de referência dos satélites (Figura 1.4).

O GPS é útil na localização de elementos pontuais complementares à base cartográfica e de eventos para estudo como, por exemplo, os eventos de saúde. Sugerimos que sejam revistos os conceitos e detalhes sobre GPS no volume 1 desta coletânea.

Figura 1.4 – GPS.



1.3 - Entrada/Importação de Atributos e Geometria em SIG

Uma vez estruturado um SIG, existe a necessidade de se incorporar dados gráficos (novos objetos cartográficos) e não-gráficos (tabelas com dados), para análise. Para isso, dois aspectos devem ser avaliados: as unidades espaciais escolhidas e a geometria, e a correta localização geográfica dos mapas (sistema de projeção).

No Brasil, as bases de dados geográficas são padronizadas em escala topográfica (1:25.000 ou menores), com a produção realizada pelo IBGE e pela Divisão de Levantamentos Geográficos (DLG) do Exército. Essas bases, inclusive as malhas municipais atualizadas, estão disponíveis nas livrarias ou no *site* do IBGE (www.ibge.gov.br). Nessas escalas, a menor unidade territorial que pode ser utilizada é o município.

Quando se trata de escalas cadastrais (1:10.000 ou maiores), utilizadas nos levantamentos intramunicipais urbanos, não há padronização. Cada produtor escolhe seu formato e projeção cartográfica conforme a necessidade, capacidade e disponibilidade. Os maiores produtores destas bases são os estados, municípios e concessionárias. O acesso a essas informações torna-se complexo por problemas de falta de padrões, necessidade de especialização para uso destas bases e direitos autorais.

A partir do Censo 2000 foram disponibilizadas, para os municípios com mais de 25.000 habitantes, malhas de setores censitários (Figura 1.5), que representam a unidade de informação dos Censos e contagens de população e base para a constituição de amostras utilizadas em outras pesquisas. Esses arquivos cartográficos são padronizados em formato e **projeção**. Um problema encontrado nesse processo é a falta de uma geometria que represente o terreno de maneira correta, em algumas dessas bases. Por esse motivo, ao se projetar as coordenadas de um determinado evento, estas podem não estar no local correto correspondente na base cartográfica utilizada. Na figura 1.6 é apresentado um exemplo de sobreposição de duas bases cartográficas de uma mesma área, mas que foram digitalizadas com erros.

Figura 1.5 – Malha de setores censitários.

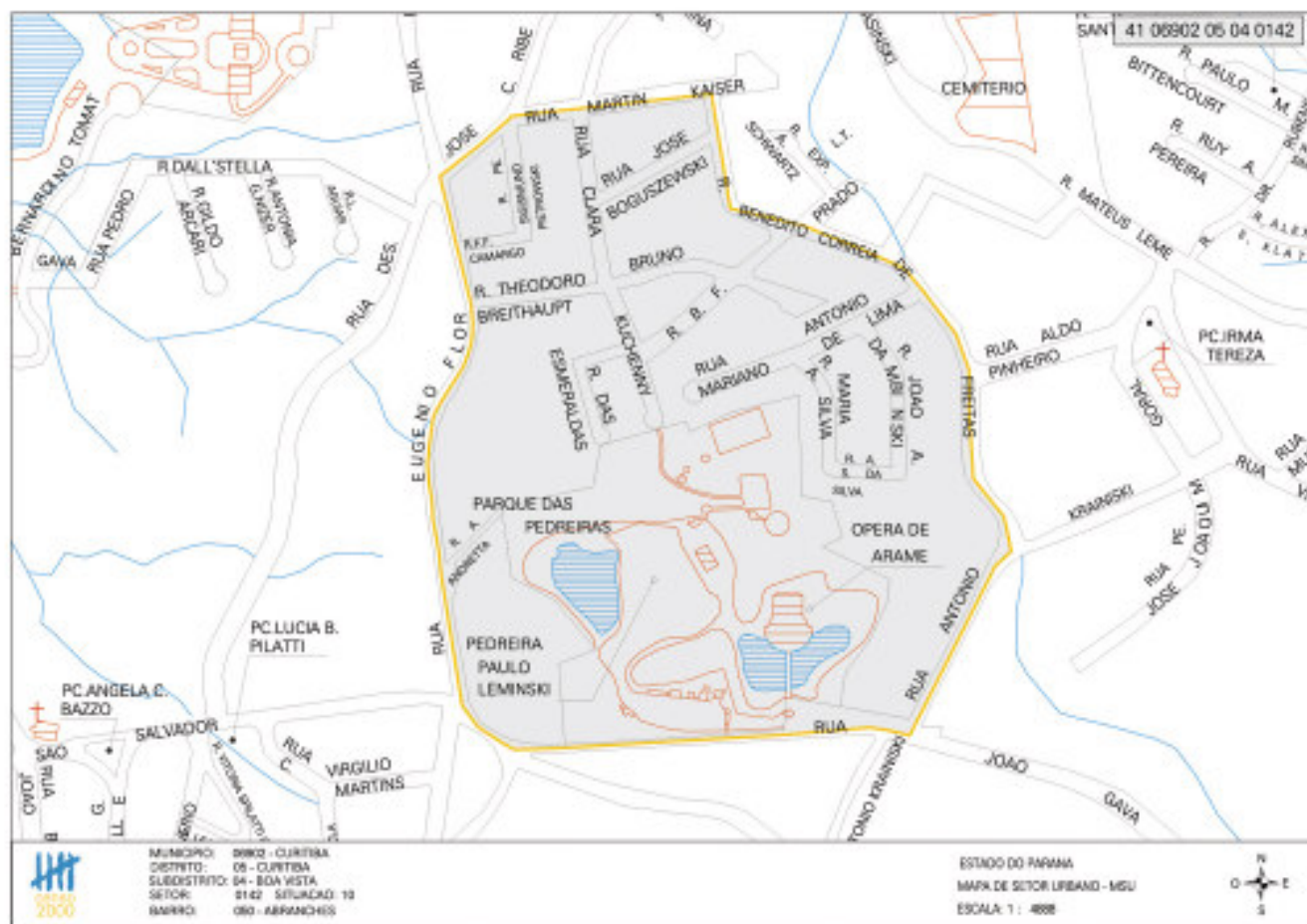
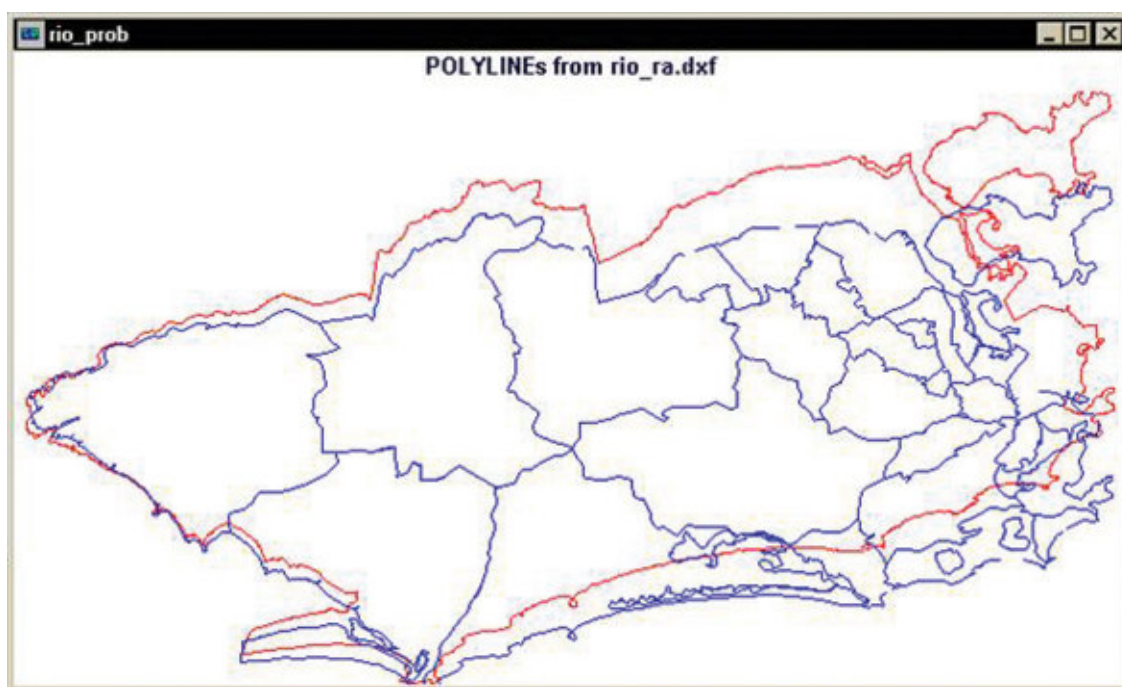


Figura 1.6 - Superposição das digitalizações de 1997 (vermelho) e 1990 (azul) do município do Rio de Janeiro (Carvalho et al., 2000).



• Importação de Atributos e Georreferenciamento •

A importação de atributos para um ambiente SIG pode ser processada de dois modos:

1) Por meio de uma nova camada de elementos geográficos que vão se associar geometricamente com a camada base para análise. Nesse caso, é necessário que as camadas a serem associadas tenham a mesma projeção e geometria. Logo, a nova malha digital a ser importada já possui todos os atributos necessários ao processo de análise. Nessa categoria podemos incluir a importação de uma tabela de pontos (p. ex.: localização geográfica de hospitais), possuindo latitude e longitude de cada ponto, com seus respectivos atributos (p. ex.: número de internações em cada hospital).

2) Por meio de uma nova tabela que será ligada temporariamente à tabela dos objetos da camada geográfica correspondente (**georreferenciamento**). Nesse caso, a intenção seria a criação de um relacionamento entre unidades espaciais ou objetos geográficos já presentes no SIG, utilizando-se uma variável de indexação ou uma chave de identificação (geocódigo ou ID) comum na tabela das feições geográficas e na tabela a ser importada. Podemos ainda subdividir esse tópico em 2 outros tipos de associação espacial – associação direta e associação por aproximação:

– **Associação direta – Geocódigo:** Esta é a forma mais comum de trabalho, onde inicialmente os atributos dos objetos geográficos de uma determinada base cartográfica do SIG possuem um código específico de indexação ou **geocódigo**. Por exemplo, os municípios brasileiros são identificados por códigos padronizados pelo IBGE. Esse código está presente nos Sistemas de Informação em Saúde (SIS) e este atributo garante a indexação dos demais atributos (variáveis) todas as vezes que são tabulados para dar entrada num SIG.

Quando a escala de interesse é municipal, é necessário buscar uma unidade de análise menor, como bairro, distrito, região administrativa, etc., neste caso, a codificação é, na maioria das vezes, fornecida pelos órgãos da prefeitura municipal. Porém, como grande parte dos municípios do Brasil não possui leis que estabeleçam os limites de bairros ou desenho cartográfico intramunicipal, o uso dos setores censitários como unidades de análise nas pesquisas de saúde vêm se tornando comum devido a sua disponibilidade em formato digital para todos os municípios acima de 25.000 habitantes (tanto os dados tabulares - informações sobre o universo e amostra populacional - quanto as bases cartográficas).

– **Associação por aproximação – Endereço:** Esta metodologia de georreferenciamento se aplica quando se dispõe de uma base cartográfica de ruas, especialmente construída para este fim, digitalizada por segmentos ou trechos do arruamento, vinculada a uma base de logradouros com formato específico contendo, para cada segmento de rua, o nome, número ímpar inicial, número ímpar final, número par inicial e número par final. Por meio dessa formatação, os programas de SIG podem localizar endereços contidos numa base de dados de forma automatizada, por aproximação ou interpolação.

O **georreferenciamento** de dados tabulares (não-gráficos) é o processo de associação destes dados, sem referência espacial explícita, com um mapa já incorporado em um ambiente SIG, e pode ser realizado utilizando-se diversas maneiras, dependendo da natureza do dado geográfico.

Esse tipo de estruturação não é muito comum no Brasil, porém está presente em alguns municípios com alto grau de organização, refletido no cadastro urbano. A transparência e a sedimentação dessa organização se viabilizam por meio de parcerias institucionais, na medida em que, para o georreferenciamento funcionar por logradouros, se faz necessário ter ruas com nomes conhecidos pela população, por ser ela quem irá fornecer, no momento de preenchimento das fichas de notificação, os números das residências, os quais precisam estar coerentes com normas já estabelecidas. Essas regras referem-se a descer e decrescer em uma única direção e um lado da via para números pares e outro para ímpares.

Outra forma de localização dos endereços de eventos de saúde, oriundos dos SIS nos setores censitários, pode ser realizada utilizando-se o cadastro de segmentos de logradouros contidos em bancos de dados específicos – Cadlog, também fornecidos pelo IBGE. Nesse caso, a geocodificação poderá ser efetuada manualmente, numa procura nos mapas, ou automaticamente através do Cadlog (Figura 1.7).

Figura 1.7 – Cadastro de segmentos de logradouros.

UF	MUNIC	DISTR	SDIST	SETOR	SEQ	TIPO	TITULO	NOME	INIPAR	FIMPAR	INIMP	FIMIMP	CEP5	CEP3
33	00100	05	00	0004	1	AV		BEIRA MAR	0	0	449	449	23900	000
33	00100	05	00	0004	2	AV		JULIO CESAR DE NORONHA	246	490	0	0	23900	000
33	00100	05	00	0004	3	R		JULIO HONORATO FILHO	102	504	21	501	23900	000
33	00100	05	00	0004	4	MRO		DO ABEL	26	28	35	247	23900	000

Registro: 1 de 166010

Esse cadastro, produzido pelo IBGE no Censo 2000, contém, para cada setor censitário, os segmentos dos logradouros com numerações iniciais e finais e o CEP correspondente.

CADLOG-Base urbana e cadastro de segmento de logradouros do censo 2000

O Censo 2000 obteve a maior cobertura cadastral do país, consolidando informações nos 215.811 setores censitários dos 5.507 municípios. Como resultado desse trabalho, obteve-se a Base Urbana e o Cadastro de Segmento de Logradouro do Censo 2000.

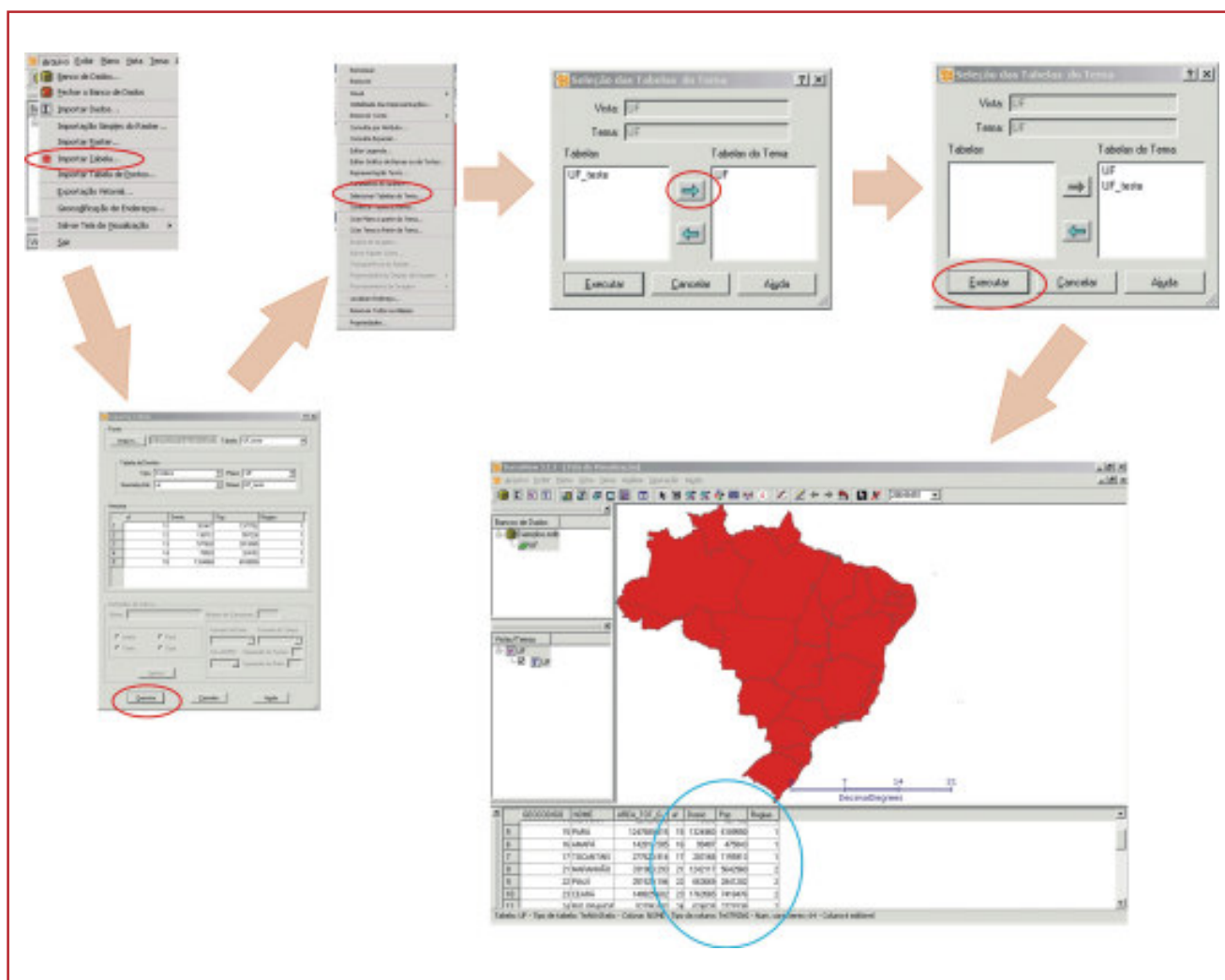
A base de segmentos de logradouros foi digitada a partir do formulário do recenseador, mantendo as seguintes características: Nome do logradouro; Tipo (rua, avenida, praça, etc...); Título (Barão, Duque, Coronel, etc...); Início da numeração do lado par; Fim par; Início lado ímpar; Fim ímpar; Numeração irregular; e CEP. Através da digitação foi criado um banco de dados ACCESS, cujo uso permitiu a implementação de rotinas computacionais para a recuperação do número do setor censitário a partir do endereço.

Há várias formas de importação de tabelas no Terraview, dependendo das necessidades e disponibilidade das informações ou bases de dados compatíveis.

1) Geocódigo

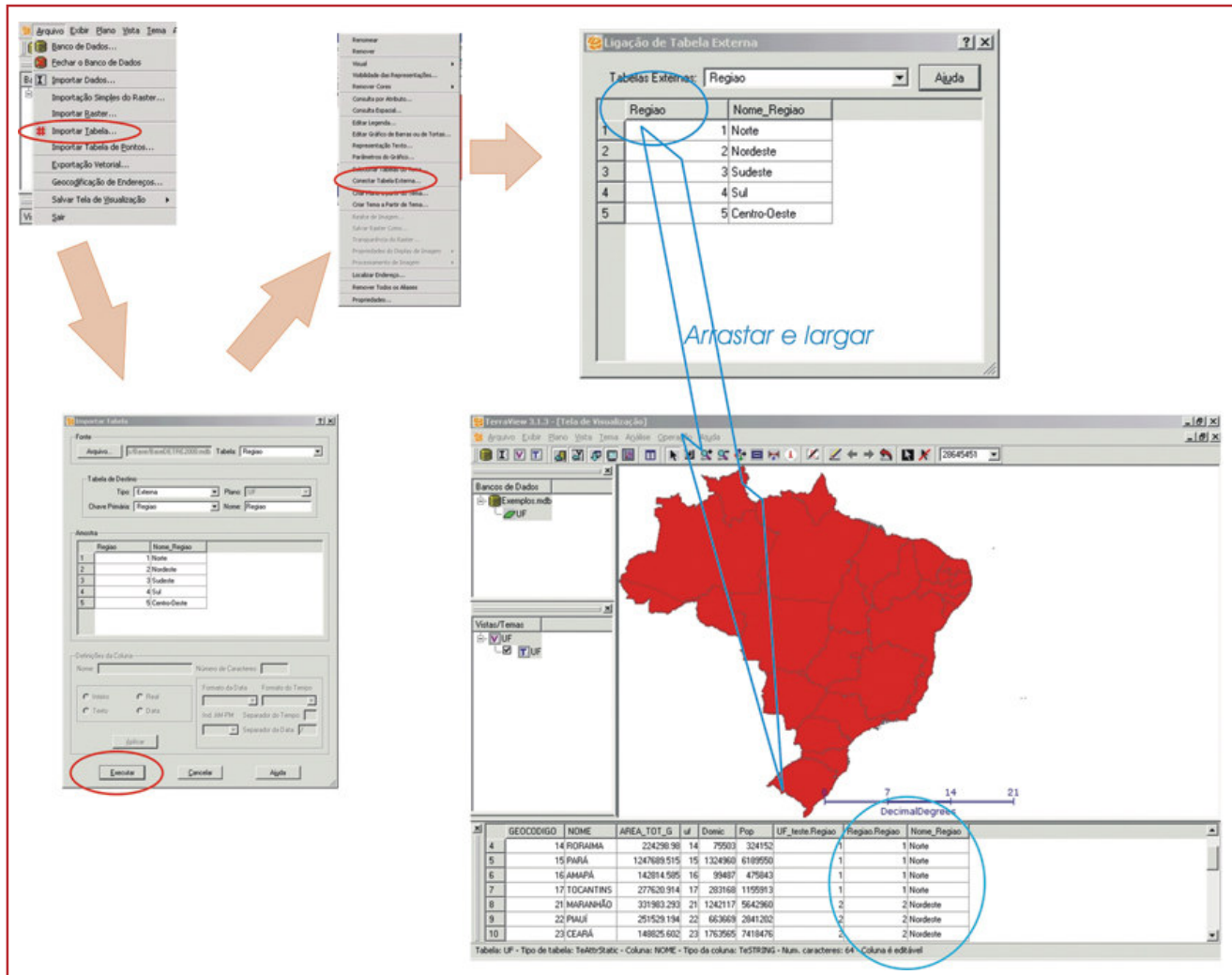
– **Relação 1:1:** Quando existem tabelas que possuem informações para todos os elementos gráficos, pode-se estabelecer uma relação 1:1 entre a tabela dos valores existentes no SIG e a tabela a ser importada. Nesse caso, a importação é efetuada conforme a seqüência da figura 1.8, em que são incorporadas informações sobre número de domicílios, população e o código da Região para cada Unidade da Federação.

Figura 1.8 – Relação 1:1.



– **Relação 1:N** - situação em que os valores a serem incluídos são compartilhados por vários elementos, como é o caso do exemplo da figura 1.9. Nesse caso, o nome da Região é incluído nos registros onde há o código correspondente. Essa relação é definida como 1:N.

Figura 1.9 – Relação 1:N.



Relações entre registros de diferentes tabelas

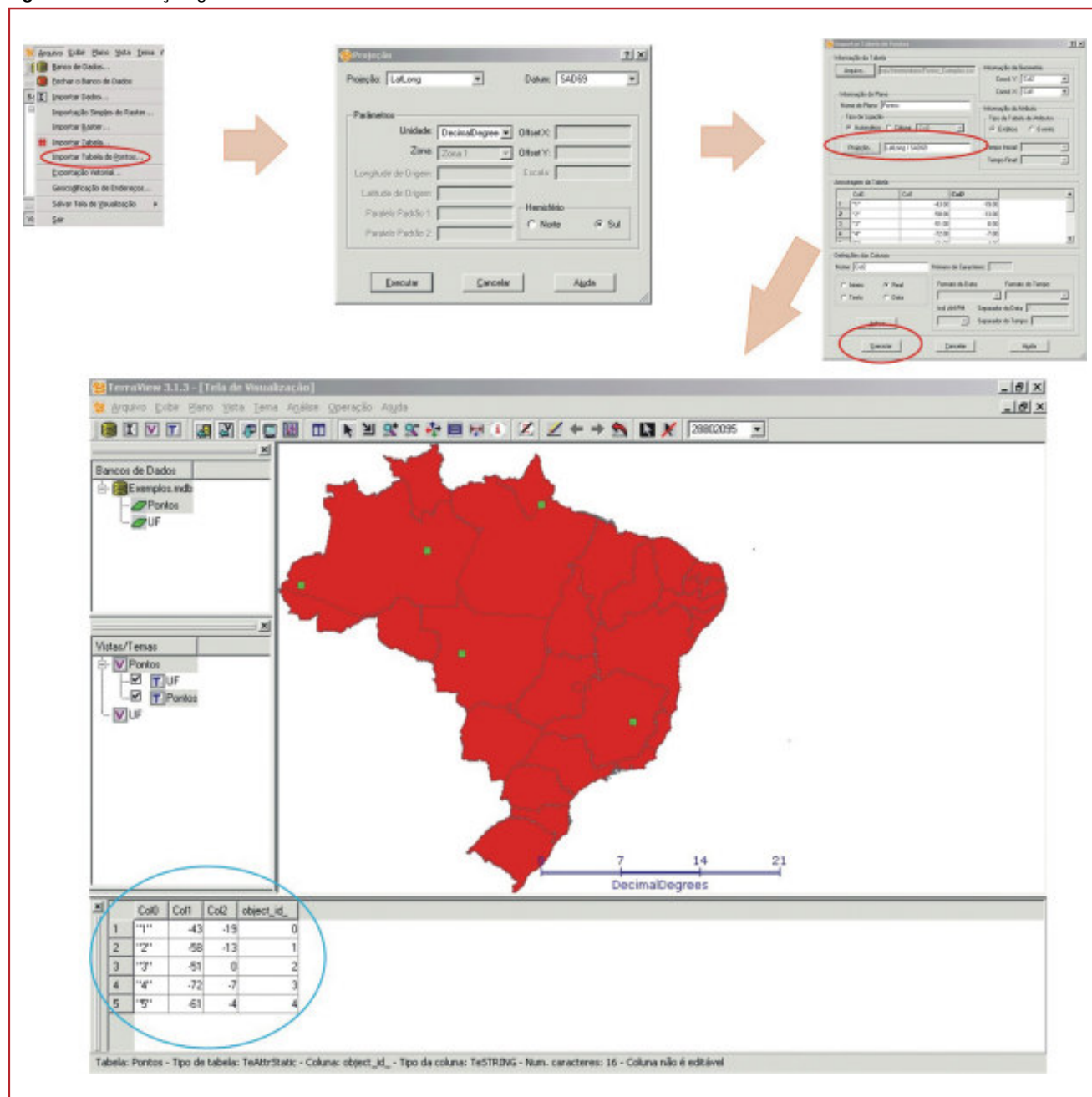
Relação 1:1 – para cada registro na tabela a ser importada existe um correspondente na tabela existente no SIG.

Relação 1:N – para cada registro na tabela a ser importada existem N registros (mais de um, variando de um registro para outro) na tabela existente no SIG.

2) Coordenadas

Quando o relacionamento não é efetuado por meio de tabelas, mas pela sua localização geográfica, é criada uma nova camada (tema), e esta relação é efetuada geometricamente pelo aplicativo de SIG. Um exemplo dessa operação é mostrado na figura 1.10, em que uma tabela de pontos é importada no Terraview e sua relação com os polígonos das Unidades da Federação é feita pela operação de investigação de ponto em polígono. Esse tipo de importação é muito utilizado quando se coletam informações a partir de GPS.

Figura 1.10 – Relação geométrica.



3) Endereços

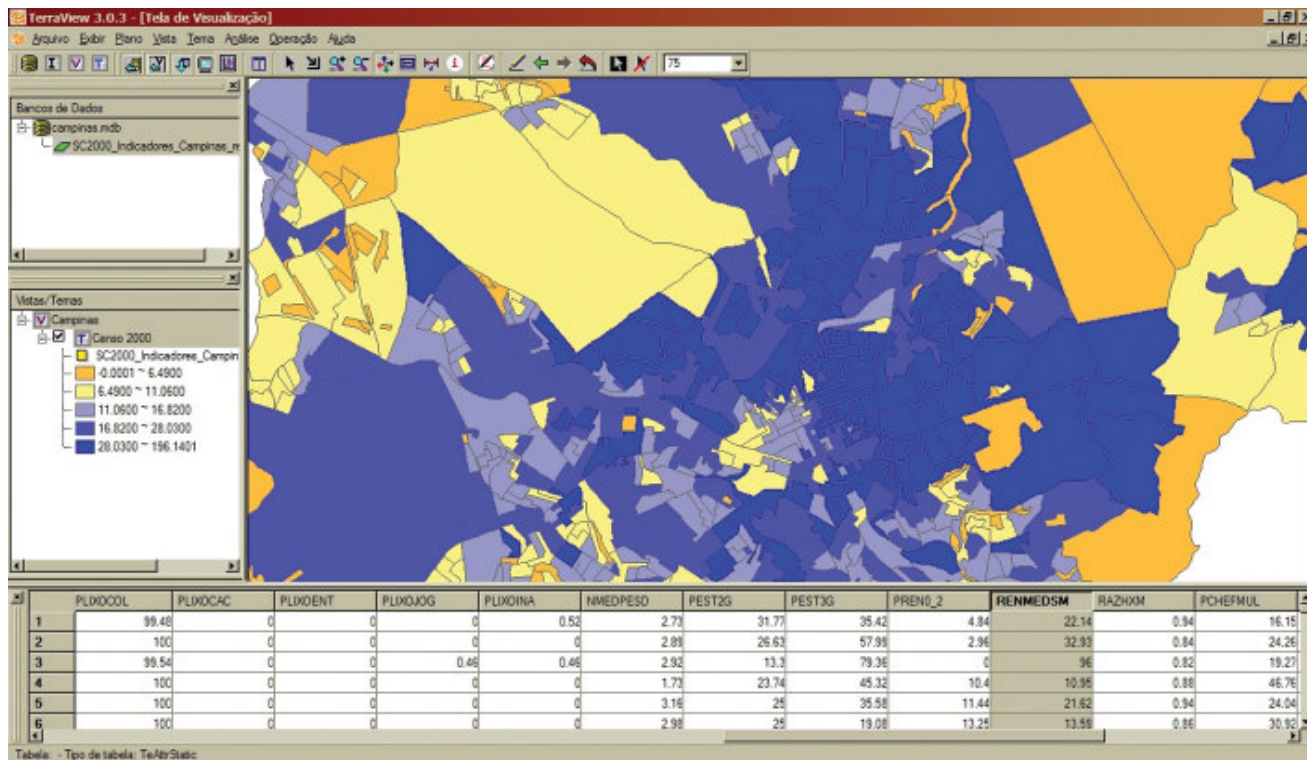
Situação de importação de dados denominada Geocodificação de Endereços, em que é encontrada uma localização exata ou aproximada, a partir do endereço. No TerraView, a Geocodificação de Endereço pode ser efetuada partindo-se de uma base de dados de eixos de rua, em que cada trecho contém as numerações iniciais e finais. Essas informações são confrontadas com os endereços que se deseja georreferenciar. Na figura 1.11 é apresentado o fluxo de importação desses dados.

1.4. Estruturação dos Dados

Como foi visto anteriormente, uma das propriedades do SIG é a ligação entre dados gráficos e não-gráficos, isto é, entre objetos geográficos e seus atributos. É essa propriedade que permite elaborar mapas temáticos sobre indicadores que são calculados para cada objeto geográfico.

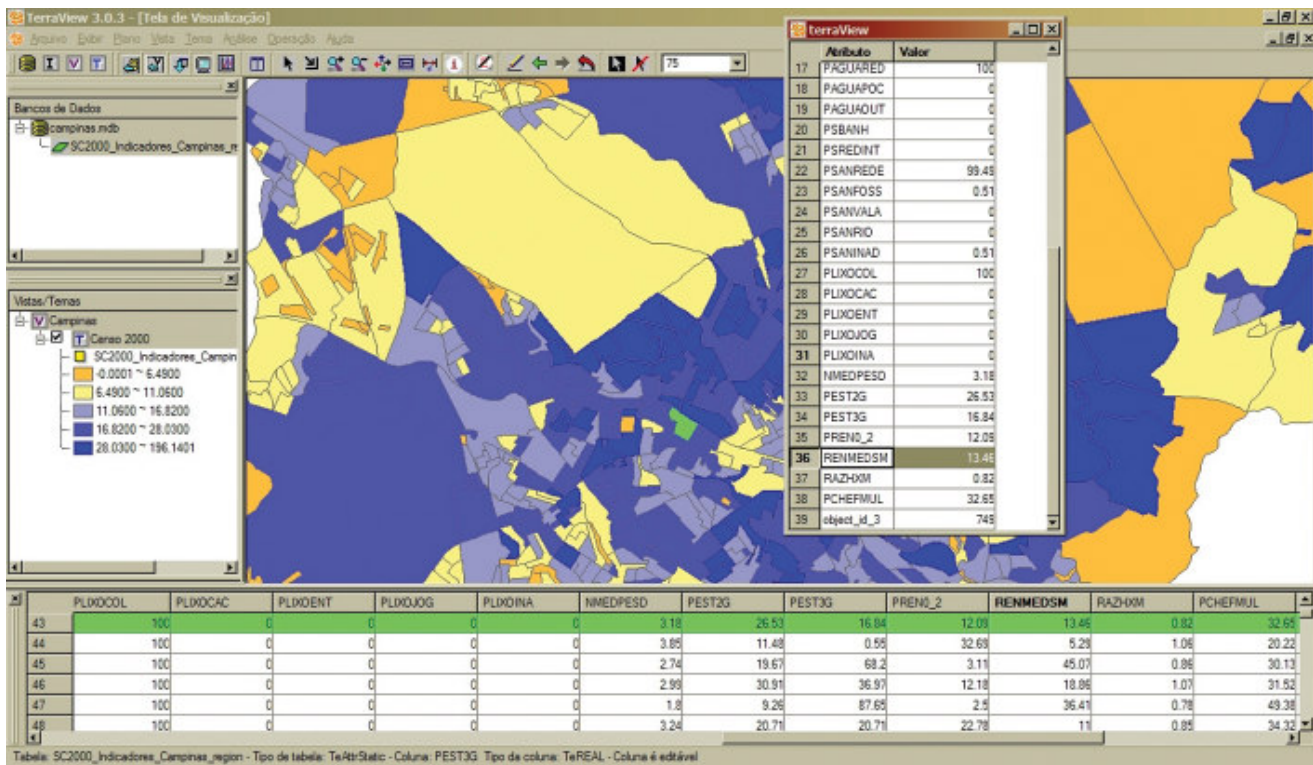
Por exemplo, um setor censitário contém vários dados do censo demográfico e podemos usar estes dados para calcular indicadores. Esses indicadores são atributos dos setores censitários e podemos agora colorir os polígonos do mapa representando a variação deste indicador (Figura 1.12).

Figura 1.12 – Exemplo de mapa com destaque de setores censitários.



Explorando o mapa podemos perguntar quais são os indicadores de uma área que queremos estudar mais precisamente. Para isso podemos usar o cursor de informação para apontar este objeto do qual queremos mais informações. Os programas de SIG permitem que usando-se o ícone (i), e clicando no objeto geográfico, possamos resgatar as informações dos atributos em uma janela. De forma análoga, ao selecionar uma linha da tabela de atributos, logo a indicação do objeto geográfico é apontada na janela mapa (Figura 1.13).

Figura 1.13 – Exemplo de visualização das informações de um setor censitário.



Cada objeto espacial possui uma identificação que podemos usar para criar um vínculo entre este e seus atributos. Para cada entidade geográfica, existe uma e apenas uma linha no banco de dados, e a chave de ligação entre estes dados gráficos e não-gráficos é chamada de geocódigo, que vai permitir a entrada e vinculação de tabelas externas a serem importadas para o SIG. O geocódigo não poderá ter referências repetidas, isto é, nomes ou números iguais que identifiquem unidades geográficas distintas.

Assim, a maneira como um SIG guarda esses dados, gráficos e não-gráficos, separadamente e produz um vínculo entre eles, é transparente para o usuário, isto é, não precisamos mostrar ao sistema como armazenar os dados e mostrar este conjunto no momento em que importamos a base cartográfica. Mas precisamos sempre estabelecer uma maneira de ligar os dois tipos de dados, estabelecendo o geocódigo antes da importação.

Um pouco mais de geocódigo: Por exemplo, se os objetos de trabalho fossem escolas, poderíamos usar o nome das escolas com geocódigo. Mas se trabalhamos com um conjunto de municípios, cada objeto poderia ser identificado pelo nome do município? Esse tipo de procedimento não é recomendável por duas razões:

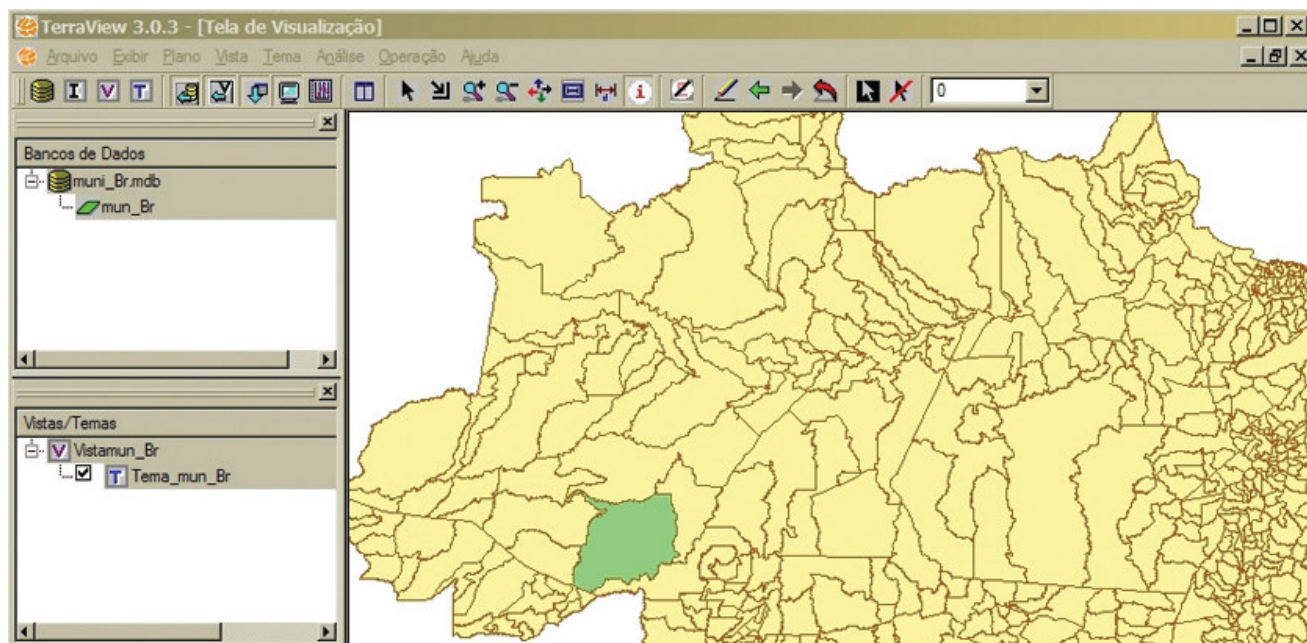
- 1) Em primeiro lugar, existem vários municípios no Brasil que possuem o mesmo nome. Existem três municípios no Brasil com o nome de “Alto Alegre”. Um no Rio Grande do Sul, outro em Roraima, outro em São Paulo. Quando quiséssemos identificar esse objeto no mapa a partir do nome, encontraríamos três objetos. Da mesma maneira, não poderia haver um vínculo entre uma

tabela com os nomes de municípios e seus objetos porque o sistema não conseguiria encontrar um objeto para estabelecer esta ligação.

2) Em segundo lugar, existem diversas maneiras de se escrever um nome. Por exemplo, algum técnico pode ter ditado o nome de um município em uma tabela como “General Sampaio”, e outro técnico digitou o nome do objeto gráfico do município como “Gal Sampaio” ou “Gen Sampaio”. Num caso como esse não poderá haver a vinculação entre a tabela e o objeto. A informação sobre aquele objeto será perdida.

A solução mais simples para isso é adotar um **código numérico para os objetos**. Por exemplo, o IBGE padronizou os identificadores dos municípios por códigos de 6 e 7 dígitos que são os geocódigos utilizados em todos os mapas produzidos no Brasil. Felizmente, esses mesmos códigos também são usados nos sistemas de informação de saúde. Dessa maneira, podemos vincular uma tabela produzida nesses sistemas com a malha de municípios do Brasil com grande facilidade. Essa idéia também deve seguir a codificação presente nos sistemas de informação, dos bairros dos municípios, e é importante que sigam uma única regra em todos eles (Figura 1.14).

Figura 1.14 – Tabela contendo atributos dos municípios e a variável “geocódigo”.



	GEOCODIGO	NOME	UF	ID_UF	REGIAO	MESOREGIAO	MICROREGIA	LATITUDE	LONGITUDE
3221	1302405	Lábrea	AM	13	Norte	SUL AMAZONENSE	PURUS	-7.259	-64.798
3222	1508159	Uruará	PA	15	Norte	SUDOESTE PARAENSE	ALTAMIRA	-3.718	-53.737
3223	4309407	Guaporé	RS	43	Sul	NORDESTE RIO-GRANDENSE	GUAPORE	-28.846	-51.89
3224	1600303	Macapá	AP	16	Norte	SUL DO AMAPA	MACAPA	0.039	-51.066
3225	3162609	São João do Oriente	MG	31	Sudeste	VALE DO RIO DOCE	CARATINGA	-19.339	-42.158
3226	3138674	Luisburgo	MG	31	Sudeste	ZONA DA MATA	MANHUACU	-20.44	-42.103
3227	3157252	Santa Bárbara do Leste	MG	31	Sudeste	VALE DO RIO DOCE	CARATINGA	-19.978	-42.14
3228	3305133	São José de Ubá	RJ	33	Sudeste	NOROESTE FLUMINENSE	SANTO ANTONIO DE	-21.358	-41.943
3229	2200608	Angical do Piauí	PI	22	Nordeste	CENTRO-NORTE PIAUIENSE	MEDIO PARNAIBA PI	-6.086	-42.739
3230	3167707	Sobralia	MG	31	Sudeste	VALE DO RIO DOCE	GOVERNADOR VALA	-19.235	-42.098

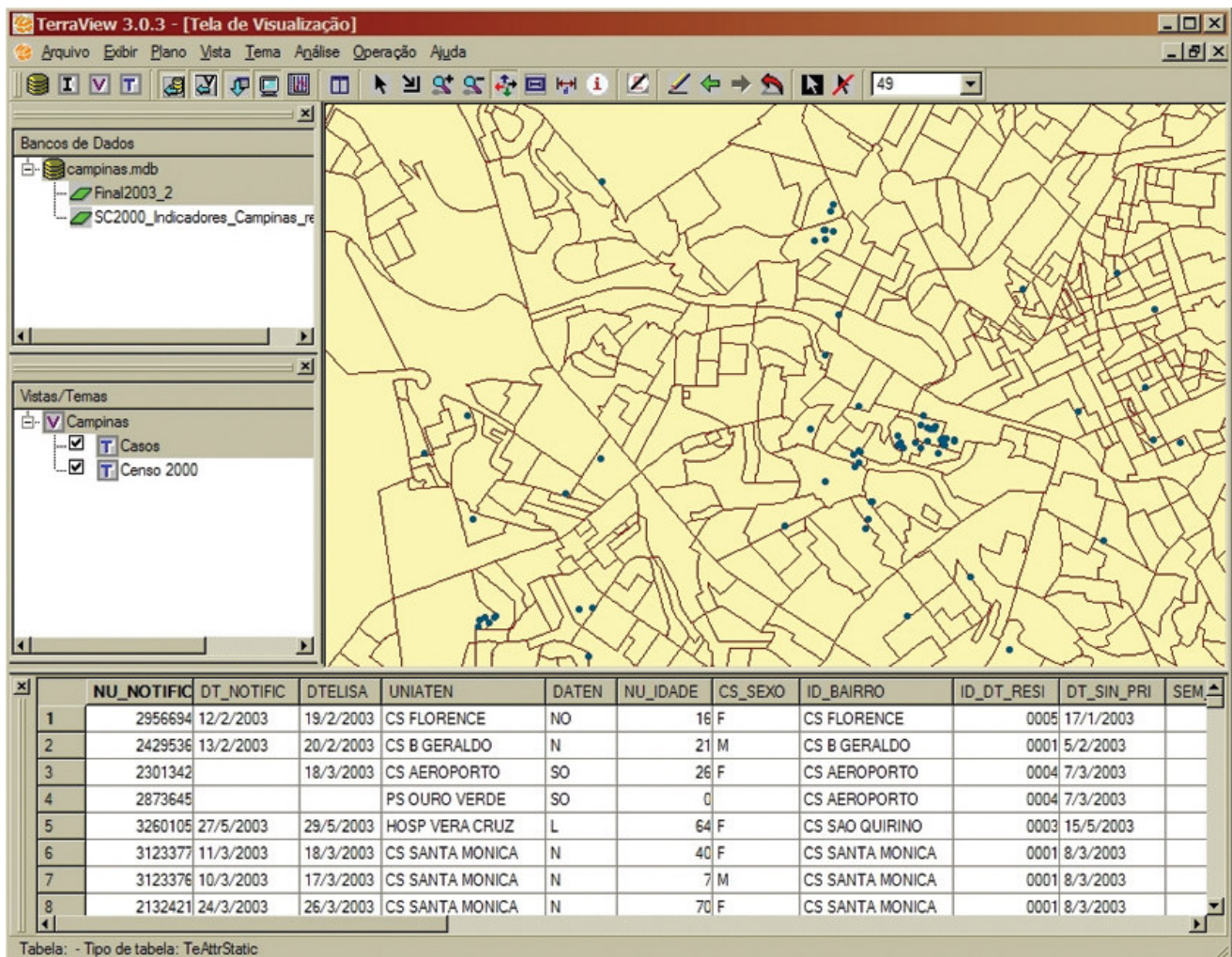
Tabela: mun_Br - Tipo de tabela: TeAttrStatic - Coluna: GEOCODIGO Tipo da coluna: TeREAL - Coluna é editável

Mas além dos municípios, existem vários tipos de unidades espaciais que são usadas para produzir mapas. Em geral essas unidades espaciais cobrem todo o território nacional e são maneiras de se dividir este território segundo critérios que permitam estudar a distribuição espacial de características ambientais, sociais e demográficas. O desenho dessas unidades tem as seguintes características:

- Cobrem toda a área de trabalho, isto é, não existem áreas vazias, sem que pertençam a uma unidade espacial;
- Não se sobrepõem, isto é, não existe uma área no mapa que pertença simultaneamente a duas ou mais unidades.

Essas características permitem que um ponto qualquer colocado no mapa pertença a uma e somente uma unidade espacial (Figura 1.15). A grande vantagem de se adotar unidades espaciais segundo esses critérios é que sempre haverá uma relação unívoca entre pontos e unidades espaciais em um mapa.

Figura 1.15 – Mapa de pontos sobre mapa de setores censitários.



Os pontos, que em geral representam eventos de saúde, estão sempre contidos nas unidades espaciais. Se esses pontos fossem casos de tuberculose, notificados no SINAN, poderíamos verificar em que polígono de unidade espacial cada ponto está contido. Se esses polígonos fossem áreas de abrangência de postos de saúde, saberíamos quantos casos de tuberculose ocorreram em cada área de abrangência, o que permite quantificar os insumos necessários para o controle da doença. Além disso, permitiria emitir relatórios com a identificação de cada caso para os respectivos postos de saúde, para que estes postos procurassem estas pessoas e encaminhasse para tratamento e aconselhamento. Esse é um dos princípios mais importantes da atenção em saúde: da contra-referência e ligação entre atenção primária, prevenção e tratamento.

• Tipos de Unidades Espaciais •

Entre os tipos de unidades espaciais que podem ser usadas para organização e análise de dados temos as unidades político-administrativas, as operacionais e as físico-territoriais.

a) Político-administrativas são aquelas que mais interessam para a gestão pública. São estabelecidas por lei, seguindo normas legais e legitimadas por deliberações de plebiscitos ou votações específicas nas Assembléias Legislativas estaduais. As unidades mais conhecidas são os estados, ou Unidades da Federação (UF), municípios e distritos.

b) Operacionais são estabelecidas por setores de governo ou organizações da sociedade civil e servem, antes de tudo, para organizar o trabalho destes setores e instituições no espaço geográfico. Alguns exemplos dessas unidades são os Setores Censitários, criados pelo IBGE para organizar o trabalho de coleta e divulgação de dados do censo. Da mesma maneira, a empresa de correios criou áreas de CEP, com o objetivo principal de gerenciar a entrega de correspondências. Também o setor saúde criou e continua criando e modificando suas unidades operacionais, como o distrito sanitário, as áreas e microáreas do PSF, as regionais de saúde do PDR - Plano Diretor de Regionalização, etc (Figura 1.16).

Figura 1.16 – Regionais de saúde do Rio Grande do Sul.



c) Físico-territoriais são aquelas que independem das formas de organização da sociedade e que sua existência pode ser reconhecida por meio de trabalhos de campo ou da análise de imagens de satélite que mostrem as diferenças do terreno. Alguns exemplos para esse tipo de unidades são as bacias hidrográficas, os ecossistemas e as quadras nas áreas urbanas. Um profissional com experiência e conhecimento pode delimitar essas unidades usando critérios técnicos.



Capítulo

Análise Descritiva em Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Reinaldo Souza-Santos

Paulo C. Peiter

Ana Paula da Costa Resendes

Maria de Fátima Pina

Capítulo 2:

Análise Descritiva em Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

2.1 - Análise Descritiva em Ambiente SIG

pág. 39

Distribuição de Frequências e Histograma

pág. 39

Medidas de Tendência Central

pág. 43

Medidas de Dispersão

pág. 45

2.2 - Indicadores Ambientais e de Saúde

pág. 47

Coefficiente ou Taxa

pág. 48

Proporção

pág. 50

Razão

pág. 50

2.3 - Para cada Tipo de Dado um Tipo de Mapa

pág. 52

Mapas de Pontos

pág. 52

Mapas Temáticos

pág. 55

2.1 - Análise Descritiva em Ambiente SIG

Para a análise de um problema ambiental ou de saúde, o investigador deve refletir sobre o conjunto de dados que possui, pois durante a interpretação destes dados serão geradas informações importantes para nortear tanto a vigilância quanto o controle de agravos. Ao final da análise descritiva três perguntas básicas devem ser respondidas: quem ou o quê, quando e onde. Quando perguntamos “quem ou o quê” estamos nos referindo ao grupo populacional (sexo, idade, condição socioeconômica) ou a um fator ambiental. O “quando?”, está relacionado ao período ou momento exato de ocorrência do evento, e “onde?”, à localização da população ou evento.

Para refletir sobre seus dados, encontrar respostas para essas perguntas e alcançar objetivos relacionados à vigilância e controle de agravos, o investigador deve ter conhecimentos sobre elementos conceituais e práticos que o auxiliem no cálculo e interpretação de variáveis socioeconômicas e ambientais, além de indicadores e taxas. A partir desse ponto, vamos discutir esses conceitos e procedimentos, e o seu uso em ambiente SIG.

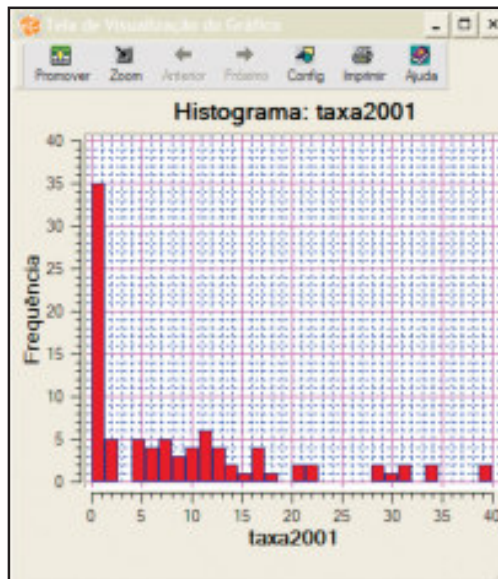
• Distribuição de Freqüências e Histograma •

A distribuição de freqüência corresponde ao número de ocorrências de cada valor de uma variável. Como o TerraView não possui a opção para solicitar a distribuição de freqüência de uma variável, podemos então usar o histograma. O histograma é um dos gráficos mais difundidos, sendo usado para representar uma distribuição de freqüências de dados discretos com muitos valores ou valores contínuos. O eixo vertical exibe a freqüência dentro de cada intervalo e o eixo horizontal exibe os limites dos valores das variáveis. A distribuição de freqüência é útil para verificar como os valores se comportam, se existem valores fora do padrão esperado, e auxilia na definição de pontos de corte para estratificação de faixas e futuro mapeamento.

A figura 2.1 mostra que os municípios apresentam taxa de incidência de aids que variam de zero até aproximadamente 40 por 100.000 habitantes. A primeira coluna mostra que dos 92 municípios do estado, aproximadamente 35% correspondem aos municípios com valor da taxa de incidência variando de zero a 1. Como essa informação pode nos ajudar no momento de **estratificar** essa variável para criar um mapa temático?

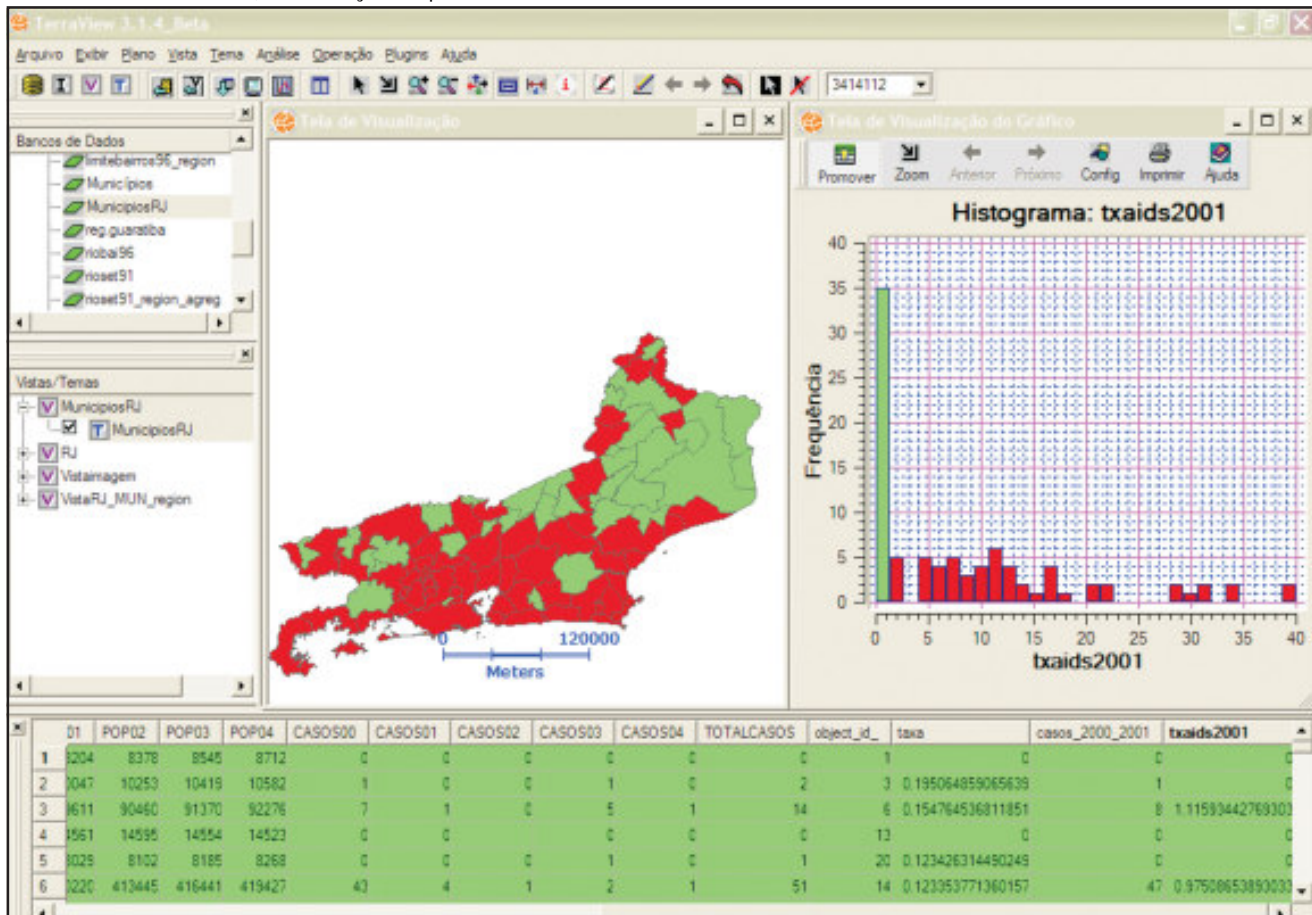
Estratificar significa dividir em segmentos (população, grupo social etc.) segundo um critério, criando pequenos grupos mais homogêneos. Mais adiante trataremos com detalhes a estratificação.

Figura 2.1 – Histograma, criado no programa TerraView, da variável taxa de incidência de aids em 2001 para os municípios do Estado do Rio de Janeiro.



A grande vantagem de efetuar esse tipo de procedimento em ambiente SIG, é que ao clicar em umas das barras, imediatamente você seleciona os municípios no mapa e seus registros na tabela (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Visualização no TerraView do histograma da variável taxa de incidência de aids, em 2001, para os municípios do Estado do Rio de Janeiro, com seleção daqueles com taxas variando de zero a 1.



– Gráfico de barras

Os gráficos de barras são utilizados para representar dados **nominais** e **ordinais** (Quadro 2.1). As categorias onde as observações são classificadas estão dispostas em um eixo horizontal. A altura de cada barra corresponde ao valor expresso no eixo vertical, que pode ser em número absoluto ou em percentual. Conforme pode ser verificado na figura 2.3, um gráfico de barras com os municípios do Rio de Janeiro pode não ser muito esclarecedor. Uma opção seria criar um mapa da variável casos de aids, estratificando os valores em faixas que sejam representativas do problema estudado ou incorporar a um mapa preexistente, o da taxa de incidência em 2001, por exemplo, uma barra referente ao total de casos de cada município no ano 2001 (Figura 2.4).

Os gráficos de barras e tortas permitem que você avalie comparativamente dois ou mais atributos para cada um dos seus objetos (no caso municípios) individualmente.

Figura 2.3 – Gráfico de barras: Número de casos de aids no ano de 2001 em alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro.

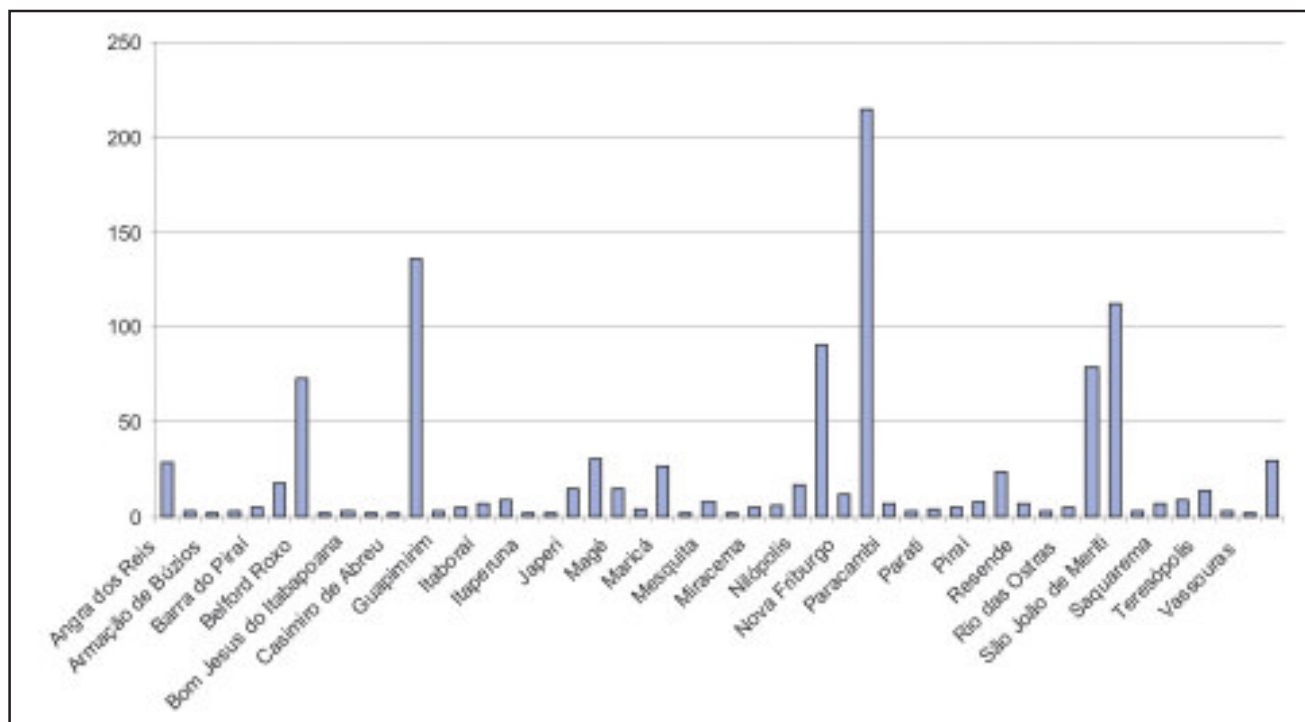
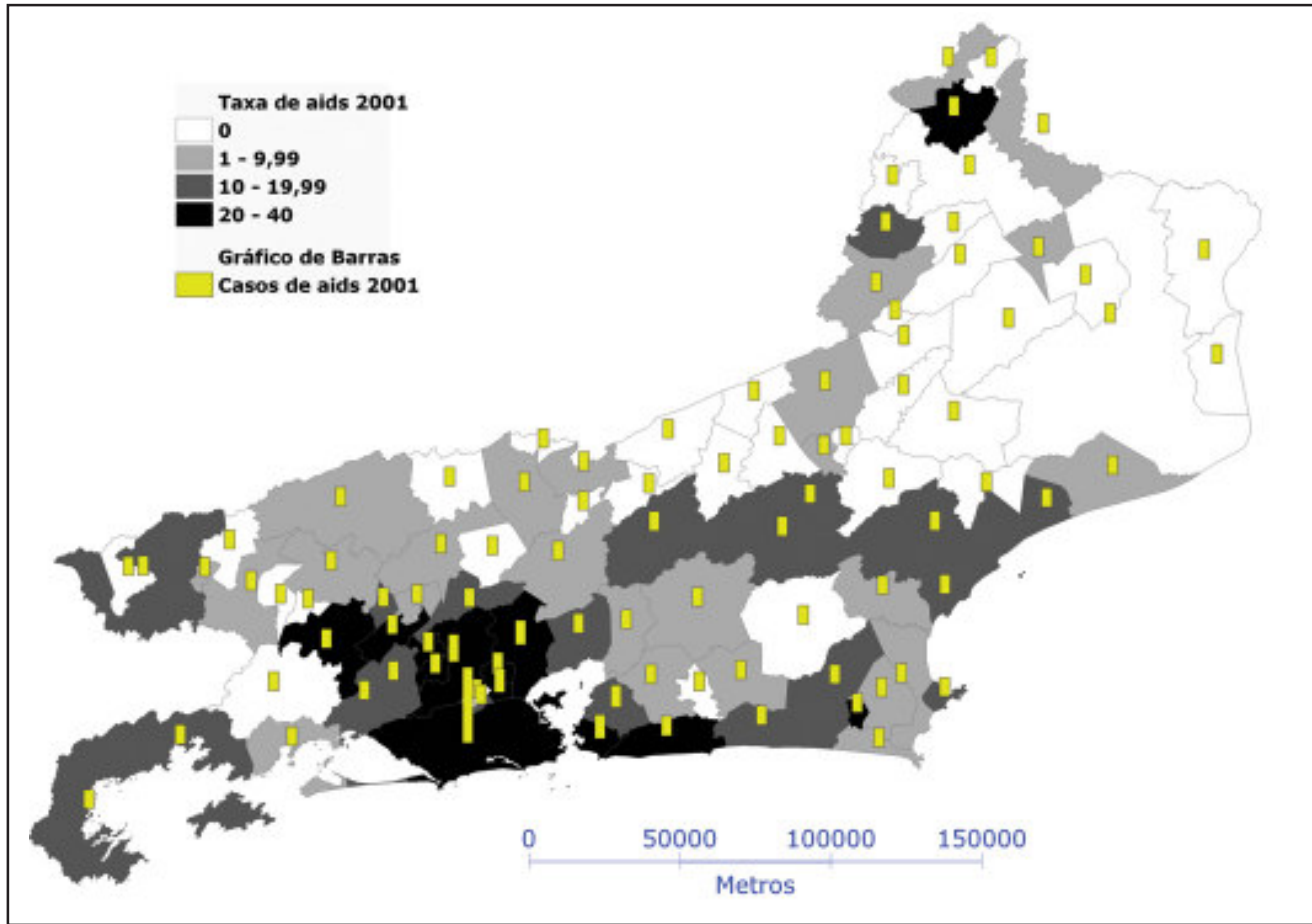


Figura 2.4 – Uso de gráfico de barras em associação ao mapa temático.



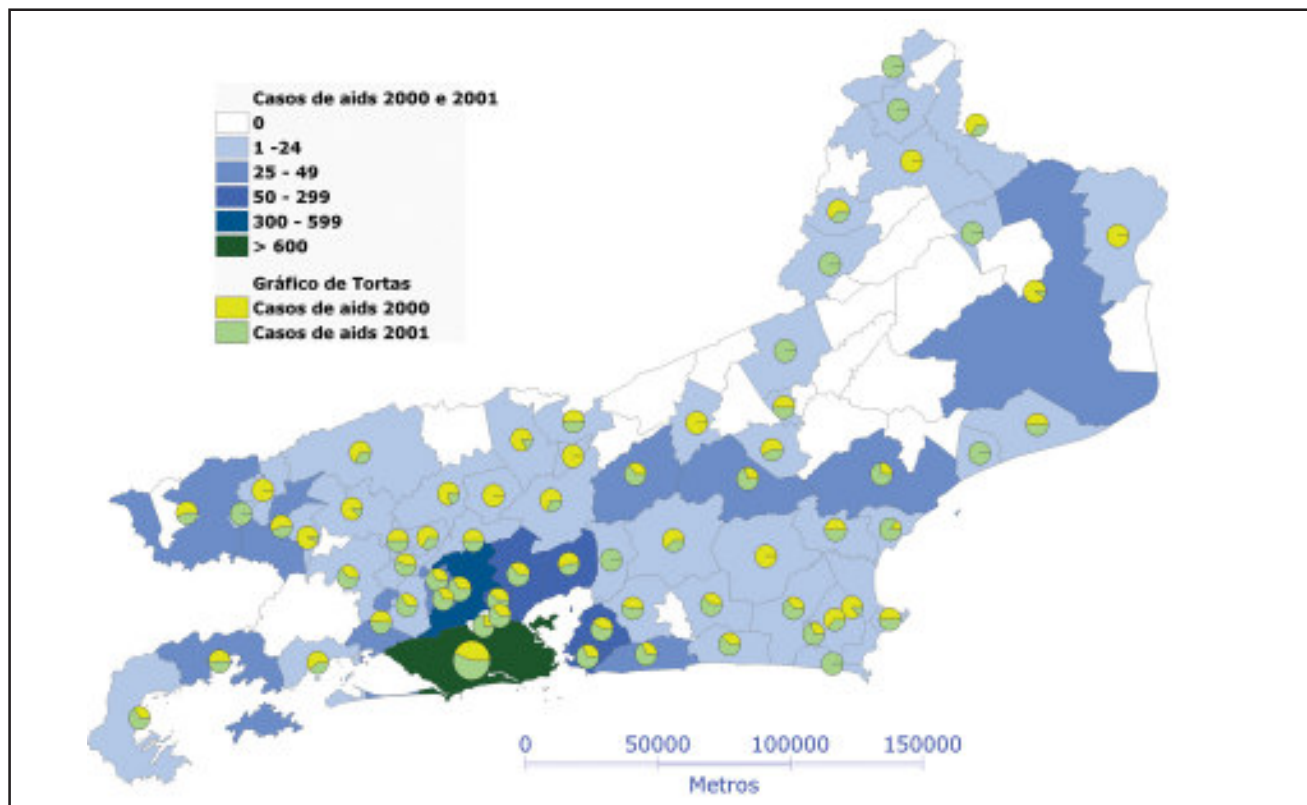
Quadro 2.1 – Tipos de dados numéricos.

Tipo de dados	Significado	Exemplo
Nominais	Valores classificados em categorias ou classes não ordenadas.	Códigos numéricos não ordenáveis: 1 água encanada; 2 para água de poço; 3 para sem água.
Ordinais	Quando a ordem entre as categorias se torna importante.	0 – nulo; 1-ruim; 2-regular; 3- bom; 4-excelente.
Discretos	Tanto a ordenação quanto a magnitude são importantes. Os números representam quantidades mensuráveis em vez de meros rótulos. São freqüentemente inteiros ou contagens. Nenhum valor intermediário é possível.	Número de casos de infarto por municípios do Estado do Rio de Janeiro. De acordo com a magnitude por município, podemos ordená-los de forma crescente ou decrescente.
Contínuos	Representam quantidades mensuráveis, mas não estão restritos a assumir certos valores especificados (tais como inteiros).	Altura de crianças entre 6 e 12 anos de idade que residem no Estado do Rio de Janeiro.

– Gráfico de torta

O gráfico de torta é ideal para verificar a proporção de duas variáveis em relação a uma terceira. Por exemplo, a proporção dos casos de aids de 2000 a 2001 em relação ao total de casos dos dois anos (Figura 2.5).

Figura 2.5 – Uso combinado de gráfico e mapa temático.



• Medidas de Tendência Central •

- **Média** – É calculada com a soma de todas as observações de uma variável, dividindo o total da soma pelo número de observações. Por exemplo, a soma do número de casos de aids no ano de 2000 dividido pelo número de municípios do Estado do Rio de Janeiro. Essa seria a média do número de casos de aids em 2000 para o estado do RJ. De acordo com a figura 6 seria: $2.248 / 92 = 24,434$. Apesar de ser importante e muito usada, a análise dessa medida sem observar os valores máximo e mínimo pode levar a uma interpretação equivocada. Apenas a análise do valor médio para o Rio de Janeiro não permite saber se existem municípios com valores discrepantes (muito alto ou nulo).

- **Moda** - Define-se moda como sendo o valor que surge com maior frequência se os dados são discretos, ou, o intervalo de classe com maior frequência se os dados são contínuos. Essa medida é especialmente útil para reduzir a informação de um conjunto de dados qualitativos, apresentados sob a forma de nomes ou categorias, para os quais não se pode calcular a média e por vezes a mediana.

• **Mediana** – Se uma lista de observações é ordenada em ordem crescente, metade dos valores é igual ou menor que a mediana e a outra metade é igual ou maior que ela. Se o número de observações (em nosso exemplo corresponde ao número de municípios) for ímpar, a mediana será o valor do meio; se for par, a mediana será usualmente a média dos dois valores centrais do intervalo. Logo, diante da ordenação das cinco medidas a seguir (2,05, 2,91, 3,05, 4,01, 4,99), a mediana seria 3,05. Já a média seria 3,4. Da mesma forma que a média, se deve ter cautela no seu uso e interpretação. Se a distribuição de dados for aproximadamente simétrica, a média aproxima-se da mediana (Figura 2.6); se for assimétrica para a direita (alguns valores grandes como “outliers”), a média tende a ser maior que a mediana (Figura 2.7) e se for assimétrica para a esquerda (alguns valores pequenos como “outliers”), a média tende a ser inferior à mediana (Figura 2.8). Em relação ao nosso exemplo, a distribuição dos dados é assimétrica à direita, sendo então a média maior que a mediana cujo valor é dois, bem inferior ao valor da média de 24.434. Diferente da média, a mediana é considerada *robusta*, pois não sofre tanta influência dos valores extremos e não-usuais.

Figura 2.6 – Em uma distribuição simétrica tem-se igualdade dos valores da média (\bar{x}), mediana (Md) e moda (Mo).

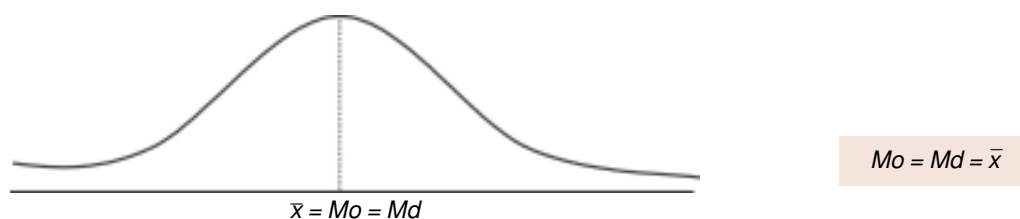
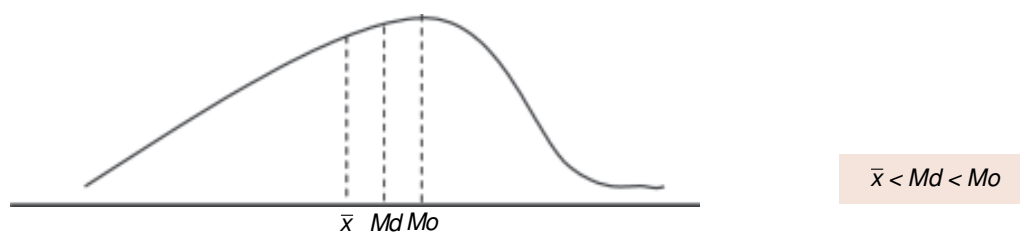


Figura 2.7 – Em uma distribuição assimétrica à direita (ou positiva), tem-se: valores da média (\bar{x}) maiores que a mediana (Md) e a moda (Mo).



Figura 2.8 – Em uma distribuição assimétrica à esquerda (ou negativa) predominam valores inferiores à moda (Mo).



• Medidas de Dispersão •

• **Amplitude** – É calculada através da diferença entre o maior e menor valores das observações (máximo e mínimo). Embora seja um cálculo fácil, o seu uso é limitado, uma vez que considera apenas os valores extremos e não a maior parte dos valores das observações. Semelhante à média, é sensível aos valores atípicos, muito grandes ou pequenos.

• **Variância (S^2)** – É a variabilidade ou a dispersão dos valores ao redor da média destes valores. Para obter seu valor, poderíamos calcular a diferença média das observações individuais a partir da média das observações (\bar{x}), ou $1/n \sum (x_i - \bar{x})$. Contudo, por definição, ao efetuar esse cálculo, o resultado é zero. Ou seja, na tabela 2.1, observamos que o valor médio das observações 5, 7, 3, 8 é igual a 5,75. Ao somarmos os valores das subtrações de cada valor observado pela média ($x_i - \bar{x}$), obtemos o total zero. Isso acontece porque a soma das diferenças menores que \bar{x} com a diferença dos valores maiores que a \bar{x} totalizam zero. O usual é elevar as diferenças da média ao quadrado (é importante lembrar que um valor absoluto elevado ao quadrado é positivo) e depois calcular a médias destas diferenças ao quadrado. Essa medida é considerada a variância das observações. Mais explicitamente, a variância é calculada ao se subtrair a média de um conjunto de valores de cada uma das observações, elevar ao quadrado estes desvios, somá-los e dividir a soma pelo número de observações do conjunto de dados menos 1. Para informações detalhadas, sugerimos a leitura do capítulo 3 (Medidas-Resumo Numéricas) do livro Princípios de Bioestatística (Pagano & Gauvreau, 2004). Apesar de a variância ser calculada automaticamente em ambiente SIG (Figura 2.9), no caso o TerraView, o cálculo do desvio-padrão é mais freqüentemente usado do que a variância.

Tabela 2.1 – Exemplo de cálculo de variância.

Registro	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5	-0,75	0,5625
2	7	1,25	1,5625
3	8	2,25	5,0625
4	3	-2,75	7,5625
Total (Σ)	23	0	14,75
Média	5,75		

Logo, a variância é

$$\begin{aligned}
 s^2 &= \frac{1}{(4-1)} \sum_{i=1}^4 (x_i - 5,75)^2 \\
 &= \frac{14,75}{3} \\
 &= 4,92
 \end{aligned}$$

• **Desvio-padrão ($s = \sqrt{s^2}$)** – É calculado com base na raiz quadrada positiva da variância das observações. Ele é mais utilizado do que a variância porque tem a mesma unidade de medida que a média, ao invés da unidade elevada ao quadrado. O desvio padrão é uma medida que só pode assumir valores não negativos, e quanto maior for seu valor maior será a dispersão dos dados. O desvio-padrão será maior quanto maior variabilidade houver entre os dados. Lembre-se, não tem sentido comparar desvios-padrão para duas quantidades não relacionadas, por exemplo, casos de aids e taxa de incidência. Na verdade, a média e o desvio-padrão de um conjunto de dados podem ser usados para resumir as características da distribuição inteira de valores (Pagano & Gauvreau, 2004).

O desvio-padrão do nosso conjunto de dados é

$$s = \sqrt{4,92}^2$$

$$s = 2,22$$

• **Coefficiente de variação (CV)** - Um desvio padrão pode ser considerado grande ou pequeno dependendo da ordem de grandeza da variável. Uma maneira de se expressar a variabilidade dos dados tirando a influência da ordem de grandeza da variável é por meio do coeficiente de variação (CV). Esse é calculado pela divisão do desvio-padrão pela média, multiplicando por 100. Quanto menor o CV, mais homogêneo é o conjunto de dados. Um CV é considerado baixo (indicando um conjunto de dados razoavelmente homogêneo) quando for menor ou igual a 25%. Entretanto, esse padrão varia de acordo com a aplicação.

O coeficiente de variação de nossos dados é

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{2,22}{5,75} \times 100\%$$

$$CV = 38,61\%$$

Figura 2.9 – Janela do TerraView com apresentação das medidas de tendência central e de dispersão da variável casos de aids no ano de 2000.

Descrição	Valor
Número de Itens	92
Número de nulos	0
Número de Objetos	92
Mínimo	0.000000000
Máximo	1347.000000000
Média	24.434782609
Desvio Padrão	140.436145504
Mediana	2.000000000
Soma	2248.000000000
Variância	19722.310964083
Coeficiente de Variância	5.747386738
Quantil Inferior	0.000000000
Quantil Superior	7.000000000
Skewness	9.084431540

2.2- Indicadores Ambientais e de Saúde

A palavra “**indicador**” vem de “indicar, apontar, distinguir”, ou seja, os indicadores são instrumentos que permitem caracterizar uma determinada situação ou fenômeno. Os indicadores devem representar uma dada realidade que se deseja caracterizar. Por isso, a escolha de indicadores é precedida por um entendimento (mesmo que preliminar e incompleto) dessa realidade e dos processos que se deseja “indicar”. Ele deve servir para comparações entre lugares, grupos ou períodos distintos, o que pressupõe uma padronização da unidade de medida, dos procedimentos metodológicos e dos sistemas de informação.

Os indicadores podem ter vários objetivos, dentre eles:

- Detectar uma situação de risco relacionada à saúde e ao ambiente;
- Monitorar tendências no ambiente e na situação de saúde;
- Comparar condições de vida, saúde e ambientais em diferentes áreas permitindo a identificação de áreas prioritárias para intervenção (método da estratificação espacial);

- Avaliar o efeito de políticas e intervenções específicas sobre a saúde, e as condições sociais e ambientais.

Propriedades desejáveis dos indicadores

Um bom indicador deve ser **sensível** à mudança de condições do ambiente e da sociedade; deve ser **específico** em relação ao problema analisado; deve ser **reprodutível** segundo padrões metodológicos estabelecidos; deve proporcionar uma pronta resposta; deve ser **entendido** pela população leiga; deve ser **robusto** para mudanças de metodologia e disponível ou de baixo custo (Barcellos, 2002).

Em suma, os indicadores são utilizados com o objetivo de apresentar uma determinada situação, que pode ser relativa a um ambiente, um indivíduo ou uma população. Podem ser expressos por meio de números absolutos, de proporções e de coeficientes ou taxas.

• Coeficiente ou Taxa •

Uma taxa é definida como o número de casos que ocorre em um determinado período de tempo, dividido pela população no mesmo período. Lembre-se que os termos “taxa” e “proporção” não são sinônimos (Quadro 2.2). Para o cálculo de coeficientes podemos utilizar a fórmula abaixo, onde:

$$\text{coeficiente} = \left(\frac{\text{número de casos}}{\text{população sob risco}} \right) \times \text{constante}$$

- Numerador: os casos (óbito, doença, indivíduos com características específicas etc.).

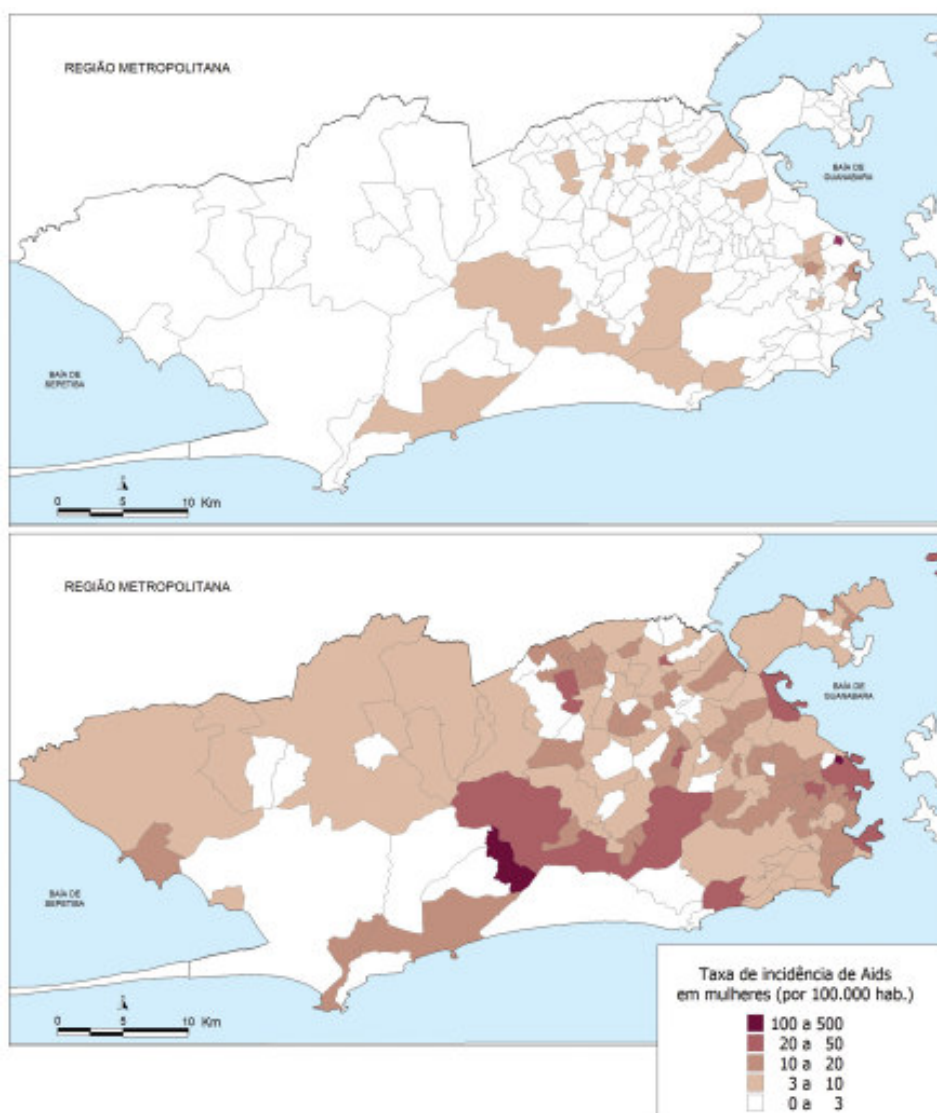
- Denominador: população sob risco (de se tornar doente, de falecer etc). É a população de onde se originam os casos.

- Constante: 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000 etc; os múltiplos de 10 são usados com a finalidade de se evitar muitas casas decimais e facilitar a expressão dos resultados. Normalmente durante o cálculo de um coeficiente observamos que os valores do numerador são bem menores que os dos denominadores (população sob risco), que dão origem a números decimais de difícil leitura (ex.: 0,0009 ou 0,09%). Assim, multiplica-se a fração por uma constante, objetivando um resultado com menos casas decimais. Embora a escolha da constante seja arbitrária, devendo estar relacionada à ordem de grandeza dos valores, os investigadores tendem a usar um padrão para coeficientes específicos, como a taxa de mortalidade infantil que é expressa por 1.000 nascidos vivos.

Dependendo do objetivo de sua investigação, coeficientes calculados para curtos períodos de tempo ou para pequenas populações podem dar origem a resultados que devem ser interpretados com cautela. Alternativas como aumentar o período de estudo ou calcular coeficientes para todo o município em lugar dos valores por bairro, podem ser usadas.

Em estudo sobre a distribuição de casos de aids em mulheres no Rio de Janeiro, entre 1982 e 1997, Tomazelli et al. (2003) calcularam a taxa de incidência dos casos de aids ocorridos entre indivíduos de 15 a 59 anos de idade, no período do estudo, por sexo, estratificados pelos bairros da cidade e em relação à população estimada para o período, também por sexo e bairro. Partes dos resultados podem ser vistas na figura 2.10, na qual é apresentado um mapa temático dos bairros do Rio de Janeiro, com a estratificação da taxa de incidência. Note que a constante utilizada foi “100.000 habitantes”.

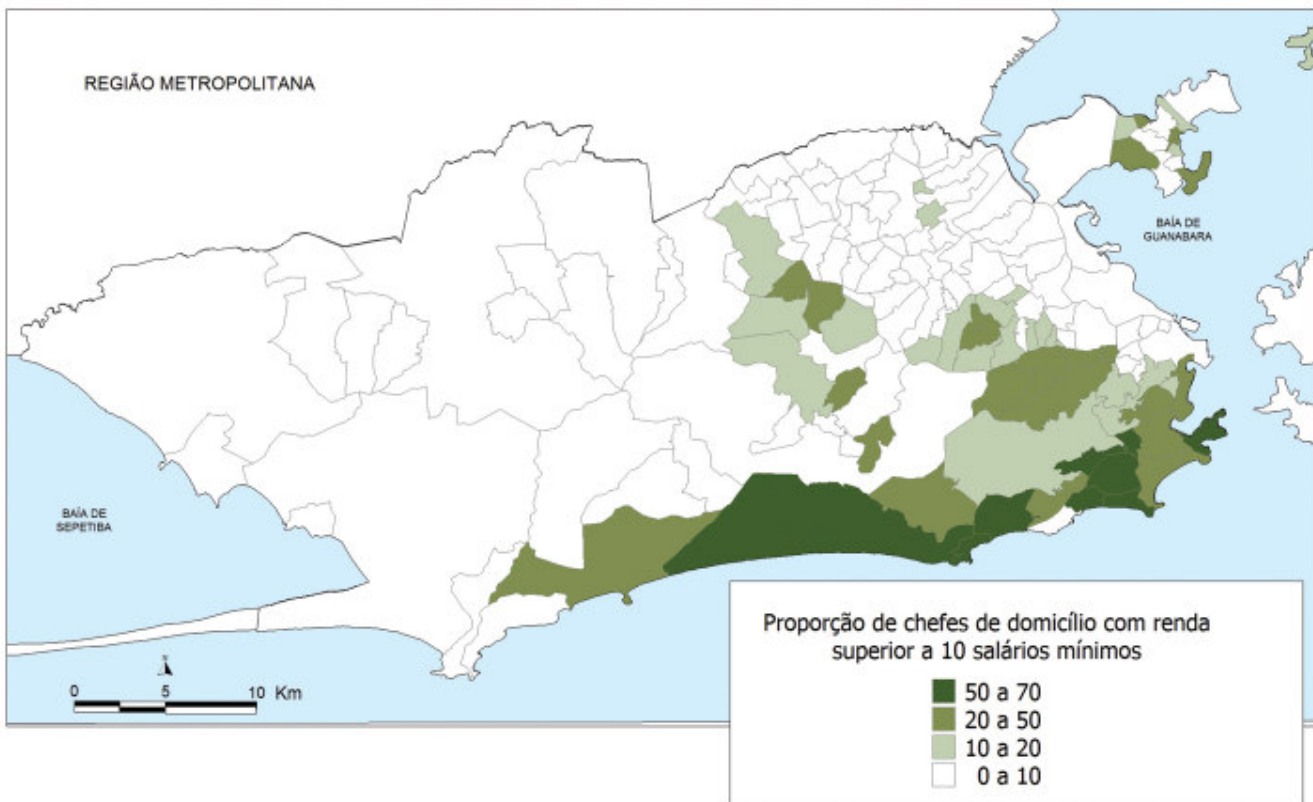
Figura 2.10 – Taxa de incidência dos casos notificados de aids em mulheres entre 1982 e 1993, Município do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Adaptado de Tomazelli et al., 2003.



• Proporção •

Numa proporção os indivíduos do numerador estão incluídos no denominador, tal como o total de óbitos por tuberculose em relação ao total de óbitos geral. Um exemplo desse cálculo pode ser encontrado no estudo citado acima (Tomazelli et al., 2003), onde foi calculada a proporção de chefes de domicílio com renda superior a 10 salários mínimos, ou seja, números de chefes de domicílios com renda superior a 10 salários mínimos em relação ao total de chefes de domicílios. O resultado apresentado em mapa temático pode ser visto na figura 2.11.

Figura 2.11 – Proporção de chefes de domicílio com renda superior a 10 salários mínimos, Município do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Tomazelli et al., 2003.

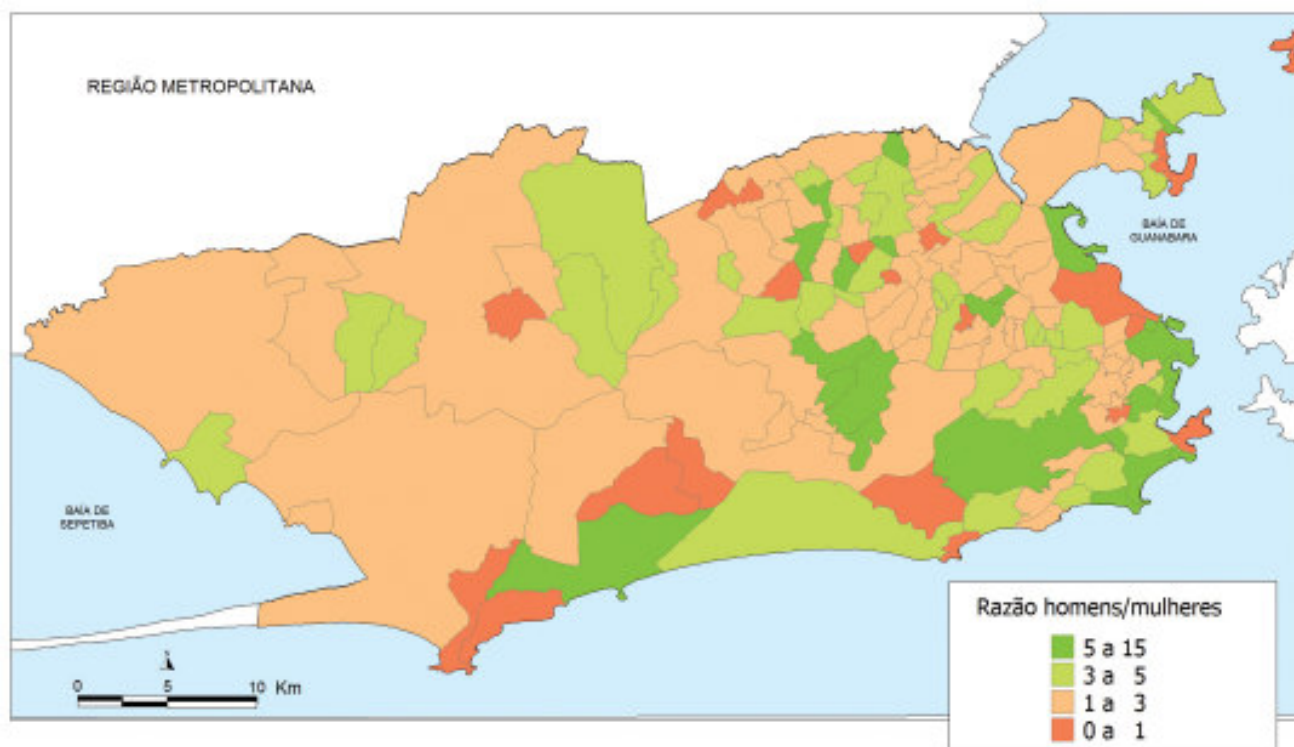


• Razão •

Não podemos esquecer a relação entre eventos diferentes, tais como a “razão” entre homens e mulheres de uma cidade que considera o número de homens para cada grupo de 100 mulheres, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. O cálculo é realizado dividindo-se o número de residentes do sexo masculino (numerador) pelo número de residentes do sexo feminino (denominador) multiplicado por 100.

Essa razão expressa a relação quantitativa entre os sexos. Se for igual a 100, o número de homens e de mulheres é equivalente; acima de 100, há predominância de homens e, abaixo, predominância de mulheres. Outra razão utilizada é a “razão de dependência total” que define no numerador o somatório de jovens na faixa etária de menores de 15 anos, e idosos na faixa etária de 60 anos e mais (população economicamente dependente), e no denominador a população na faixa etária de 15 a 59 anos (população potencialmente produtiva), multiplicada por 100. Essa razão mede a participação relativa do contingente populacional potencialmente inativo, que deveria ser sustentado pela parcela da população potencialmente produtiva. Valores elevados indicam que a população em idade produtiva deve sustentar uma grande proporção de dependentes, o que significa consideráveis encargos assistenciais para a sociedade. Essa pode ser desmembrada em duas razões que incluiria no numerador somente os jovens (razão de dependência de jovens) e a outra, somente os idosos (razão de dependência de idosos) divididos pela população na faixa etária de 15 a 59 anos, multiplicada por 100. Novamente retiramos um exemplo do artigo de Tomazelli et al. (2003), onde os autores calcularam a razão de sexo da seguinte forma: todos os casos de aids em homens, ocorridos entre 15-59 anos nos bairros do Município do Rio de Janeiro, em relação a todos os casos de aids em mulheres de 15-59 anos, pelos períodos do estudo e bairros (Figura 2.12).

Figura 2.12 – Razão de casos de aids entre homens e mulheres. Município do Rio de Janeiro, Brasil, 1982-1988. Fonte: Adaptado de Tomazelli et al., 2003.



Um **indicador composto** serve para sintetizar informações de mais de um indicador, facilitando a análise dos dados. Cuidado: construa um indicador composto apenas quando você tiver certeza das relações entre as variáveis utilizadas e realmente o que elas significam para o seu estudo.

Diversos indicadores podem ser calculados e mapeados, como o percentual de pessoas com escolaridade até a 4ª série (Tomazelli et al., 2003), ou criados com base em outros indicadores. Um exemplo desse último, em estudo desenvolvido por Padro (2005), sobre fatores associados à ocorrência de dengue pelos bairros de Niterói, foi a criação de um **indicador composto** denominado “urbanização”, que levou em consideração as seguintes variáveis: densidade populacional na área útil, percentual de apartamentos, percentual de casas ligadas à rede de água e dos domicílios situados em favelas.

Quadro 2.2 – Comparando os indicadores.

Indicador	Cálculo	Exemplo
Taxa	Número de casos que ocorre em um determinado período de tempo, dividido pela população (que inclui casos e não-casos) no mesmo período. Deve-se utilizar uma constante para evitar excesso de casas decimais.	Total de casos de aids em relação à população geral.
Proporção	Numa proporção os indivíduos do numerador estão obrigatoriamente incluídos no denominador. Calcula-se dividindo um pelo outro.	Total de óbitos por tuberculose em relação ao total de óbitos geral.
Razão	Expressa a relação quantitativa entre eventos diferentes. Dividi-se um pelo outro.	Razão entre homens e mulheres - divisão do número de homens pelo número de mulheres.

A facilidade de se trabalhar em ambiente SIG é que se pode, dentro do próprio programa, no caso o TerraView, criar uma nova coluna ou variável para calcular o indicador desejado.

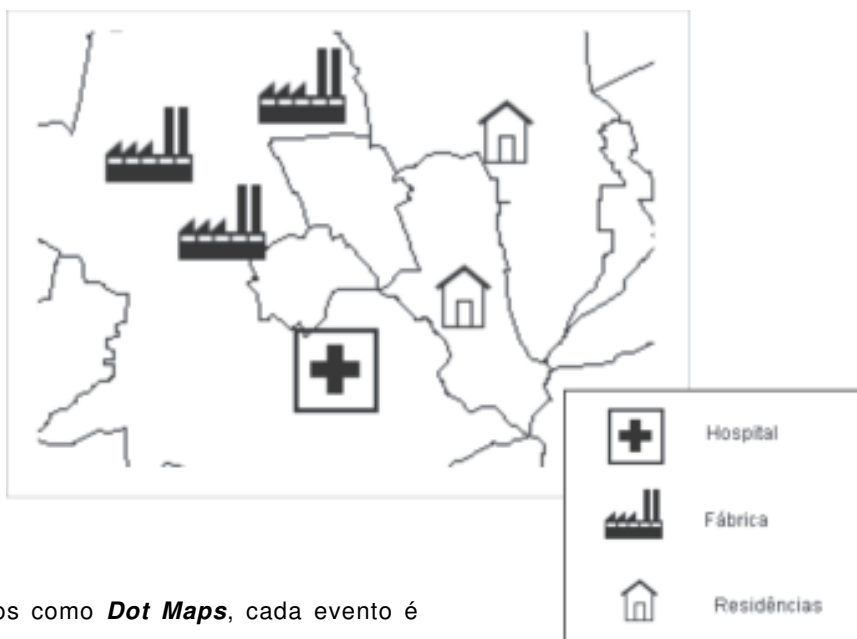
2.3 Para cada Tipo de Dado um Tipo de Mapa

• Mapas de Pontos •

Dois tipos de fenômenos podem ser representados por meio de pontos: aqueles que realmente ocorrem em pontos (chamados pontos verdadeiros) e que podem ser feições geográficas (por exemplo, um hospital) ou eventos (por exemplo, o local de ocorrência de um óbito) e aqueles que são artificialmente associados a pontos, mas referem-se aos valores de área (chamados de pontos conceituais). Por exemplo, a população de uma área, pode ser associada ao centro geométrico desta área, como artifício para utilização de técnicas de mapeamento de pontos. Neste caso, o centro geométrico do município é um ponto conceitual.

São diversas as possibilidades de produzir mapas de dados pontuais. Os Mapas de Pontos Nominais utilizam símbolos figurativos que lembram o objeto que está sendo representado (Figura 2.13). Por exemplo, um símbolo de avião para representar a localização de um aeroporto, ou uma cruz para representar a localização de um hospital. São mapas simples, destinados a um público muito específico, como por exemplo, crianças ou turistas.

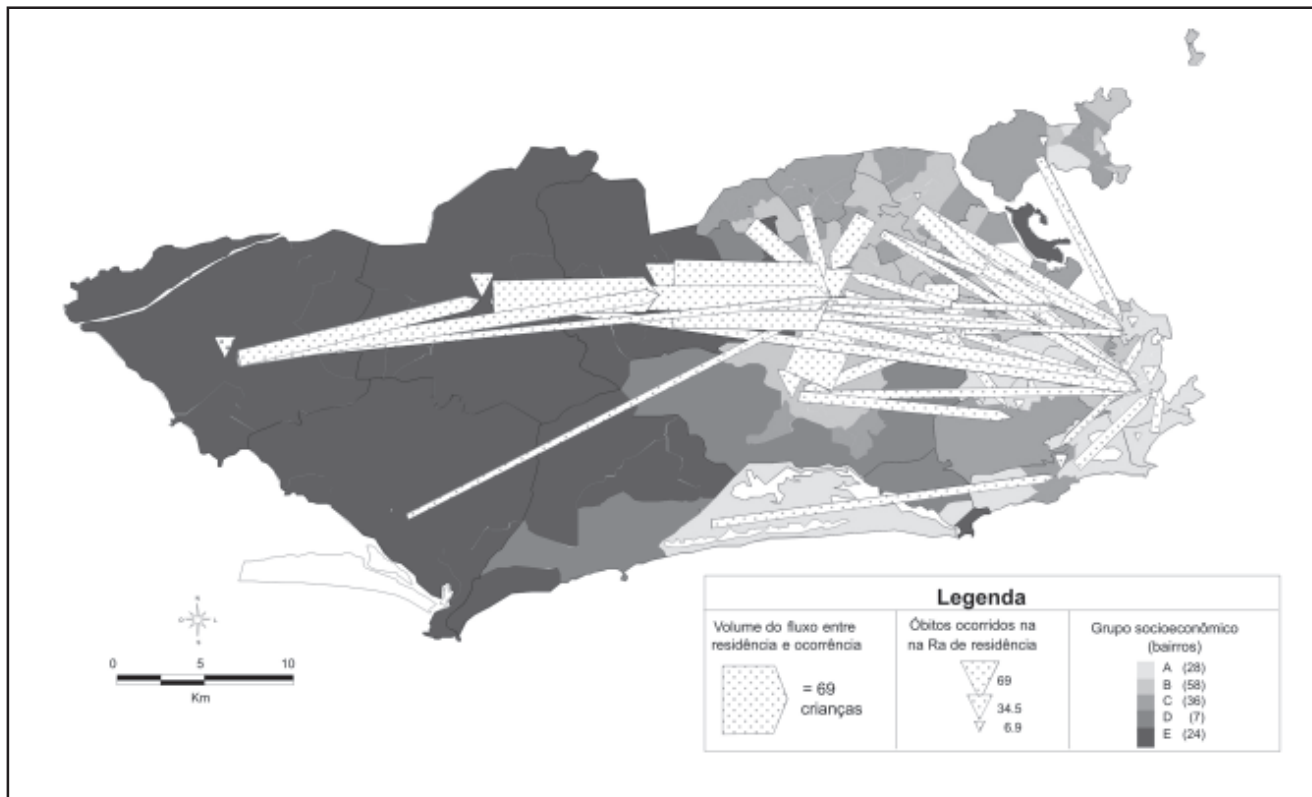
Figura 2.13 – Mapa de pontos nominais.



Nos **Mapas de Pontos**, conhecidos como **Dot Maps**, cada evento é representado por um ponto (*dot*) posicionado no seu lugar de ocorrência (por exemplo, cada ponto pode representar um óbito). Esses mapas são úteis para mostrar padrões de concentração ou dispersão de um evento num território, mas são difíceis de interpretar quando existe uma sobreposição de pontos muito grande. Quando isso acontece agregam-se valores, por exemplo, 1 ponto = 10 óbitos, com a desvantagem de perda de informações nas áreas onde o número de eventos não atingir o mínimo estabelecido (no exemplo, 10 óbitos). Uma alternativa ao *dot map* é a utilização de **Mapas de Símbolos Proporcionais**, onde os símbolos variam de acordo com a quantidade que representam, ao contrário dos *dots*, onde todos os pontos representam o mesmo valor. O símbolo mais comum nesses mapas é um círculo, mas outras figuras geométricas, como triângulos ou quadrados, também podem ser usadas. Se os símbolos forem usados simultaneamente com cores, é possível mapear mais do que uma variável, com a cor representando uma característica e o tamanho representando uma quantidade. Por fim, os **Mapas de Diagramas**. São mapas que contêm gráficos (o mais comum é o gráfico de barras, mas também se pode usar gráficos de *pizza*) para representação de diversas variáveis. Por exemplo, num mapa de causas de mortalidade, o tamanho do círculo pode representar o número total de óbitos de uma área e cada “fatia” da *pizza* representar a proporção de cada causa. A vantagem desses mapas é o fato de colocarem os gráficos no seu contexto geográfico, ou seja, inseridos nas áreas a que os dados se referem. No entanto, na prática são mapas de difícil leitura. Normalmente partem de pontos conceituais, ou seja, são posicionados no ponto ao centro da área para a qual as variáveis dizem respeito.

Os fenômenos lineares têm apenas uma dimensão significativa (o comprimento) e podem ser tangíveis, como rios ou estradas, ou estar relacionados a eventos que ocorram ao longo de linhas, como é o caso do volume de tráfego numa determinada estrada, ou fluxo de doentes para um hospital. Nesse caso, o mapa é chamado **Mapa de Fluxos**. Nesses mapas as cores e os padrões são utilizados para representar diferentes categorias, enquanto a largura das linhas varia de acordo com as quantidades representadas. É um tipo de mapa que simula movimento, por meio da utilização de variáveis gráficas que dão uma impressão de ordem, ou através da utilização de símbolos que dão a sensação de movimento, como setas (Kraak e Ormeling, 1996). A utilização das setas como símbolo permite não só dar a direção do fenômeno que se descreve como também uma idéia de quantidade e intensidade, por meio da espessura ou comprimento da seta. A figura 2.14 exemplifica esse tipo de mapa, na Cidade do Rio de Janeiro, com as setas representando os fluxos entre a área de residência da mãe e a área de óbito pós-neonatal. As setas estão sobrepostas ao padrão socioeconômico dos bairros, o que permite a percepção de que as mães de classe social mais baixa são aquelas que tiveram de percorrer maiores distâncias para receber atendimento hospitalar.

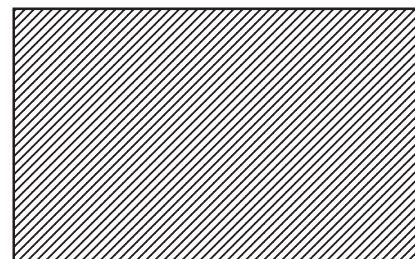
Figura 2.14 – Mapa de fluxo entre área de residência e de óbito pós-neonatal, no Município do Rio de Janeiro – 1995 (Carvalho et al. 2000).



Por fim, os fenômenos que ocorrem em áreas podem ser a representação de características observadas no terreno, como uma mancha de vegetação; de áreas conceituais, como regiões de moradia; de áreas administrativas (bairros ou municípios); ou ainda de áreas operacionais (setores censitários).

No preparo de um mapa, essas restrições devem ser consideradas, procurando-se sempre classificar os dados dentro dos limites da percepção visual humana. Apesar de não ser consenso, para muitos autores um número de classes entre 4 e 6 é considerado ideal (Dorling, 1997). Por vezes, é necessário usar muitas classes num mapa e pode-se recorrer ao uso de texturas como alternativa para facilitar a diferenciação. A representação em cores, no entanto, é mais eficaz, e as texturas só devem ser utilizadas em último caso, tendo o cuidado de não “poluir” o mapa e prejudicar sua leitura e entendimento. É comum que um mapa utilizando texturas seja desmotivante e até repulsivo, principalmente quando se utilizam texturas que têm um efeito gráfico de vibração, produzindo um movimento visual ondulatório e repulsivo ao olhar (Figura 2.15).

Figura 2.15 – Exemplo de textura que provoca efeito vibratório.



• Mapas Temáticos •

A constatação de diferenças na distribuição espacial de um evento (população humana, incidência de uma doença, fornecimento de água etc) pode ser verificada de diversas formas. O uso de gráfico de barras ou mesmo uma tabela, para comparação de distribuição de frequência, pode ser uma forma eficiente de fazê-la. Entretanto, o uso de mapas tem se mostrado a melhor forma de representação, pois dá ao investigador uma visão imediata e direta da distribuição de um evento no espaço. Além disso, com o uso de SIG, pode-se verificar com maior facilidade eventuais associações espaciais entre eventos de saúde e diferentes aspectos do ambiente natural e construído (objetos geográficos) como, por exemplo, uma grande via de acesso e acidentes de trânsito.

Os mapas temáticos, geralmente, baseiam-se em outros mapas preexistentes, por isto para se ter um bom resultado é fundamental o conhecimento preciso das características da base cartográfica de origem e das informações que a ela serão associadas.

Como já foi visto, a definição de quais informações serão incorporadas ao SIG e em quais temas e planos de informação serão organizadas, são estabelecidas pela equipe de implementação (técnicos, usuários e gestores), que devem levar em consideração o objetivo do sistema e os tipos de análises e resultados esperados.

Uma criteriosa organização das informações nas camadas estabelecidas permite que no futuro não haja problemas e impossibilidades na realização de alguma análise ou na obtenção de resultados.

Um mapa temático é a expressão gráfica de um indicador (vide as Figuras 2.10 a 2.12). Ele pode ser construído com base em números absolutos, taxas, proporções ou percentagens. A utilização de mapas em ambiente SIG facilita a vinculação de dados geográficos (geralmente representados por mapas diversos) e dados alfanuméricos (atributos, normalmente representados sobre a forma de tabelas), ou mesmo entre dados geográficos (relação entre dois mapas), produzindo mapas temáticos que resultam da combinação de diferentes informações (camadas).

No momento da criação de um mapa temático, deve-se tomar alguns cuidados para evitar dificuldades na comparação deste com outros mapas da investigação que está sendo realizada. Deve-se ainda procurar a melhor forma ou representação do evento objeto da investigação. A seguir são discutidos alguns aspectos metodológicos importantes para elaboração de mapas temáticos.

– Estratificação

A estratificação espacial é uma metodologia que permite classificar áreas a partir de uma característica que se deseja examinar. Essas características podem ser apreendidas por meio de variáveis e indicadores (por exemplo, densidade populacional, renda, escolaridade, uso do solo, etc.).

Inicialmente é preciso “estratificar” os dados de uma variável, ou seja, criar classes ou faixas de valores que representem adequadamente a variação observada dos dados. O passo seguinte consiste no mapeamento dessas variáveis classificadas/estratificadas, utilizando um SIG.

Como exemplo, podemos citar as faixas de valores apresentadas na figura 10 (taxa de incidência – por 100.000 habitantes - dos casos notificados de aids em mulheres entre 1982 e 1993, Município do Rio de Janeiro, Brasil), onde os autores dividiram os valores em 5 faixas ou classes: de 3 a 9, de 9,1 a 19, de 19,1 a 49, de 49,1 a 99, e de 99,1 a 500. A questão é: Que critérios devem ser utilizados para a criação das faixas? Qual o melhor número de faixas, e qual o melhor método para fazê-lo?

Em princípio, quanto maior o número de faixas ou classes mais detalhada será a representação da variação do evento. Contudo, uma estratificação muito numerosa (com muitas faixas ou classes) torna confusa a visualização do mapa, pois diminui o efeito do contraste de cores ou hachuras (traçado de linhas finas, paralelas e muito próximas umas das outras, que se utiliza em desenho ou em gravura para produzir efeito de sombra ou meio-tom), efeito necessário para uma clara identificação da variação do evento. Compare as figuras 2.16a com a 2.16b. Qual das duas apresenta um padrão mais fácil de identificar? Por outro lado, quando existem poucas classes, as diferenças entre os valores de uma mesma classe podem ser grandes, dificultando a visualização das variações do evento, pois como regra geral, a homogeneidade

das classes é proporcional à sua quantidade. Se estratificássemos os valores da figura 2.16 em apenas 3 faixas, poderíamos verificar o seguinte: valores de 0 a 10 (com 62 casos de aids), de 11 a 1000 (com 29 casos), e de 1001 a 3100 (com apenas um caso). Logo, na segunda faixa teríamos municípios com número de casos de aids entre 11 e 1000. Diferença grande, não?

Figura 2.16 – Estratificação dos casos de aids no Estado do Rio de Janeiro (2000 e 2001) com 6 faixas (figura 2.16a) e com 10 faixas (figura 2.16b).

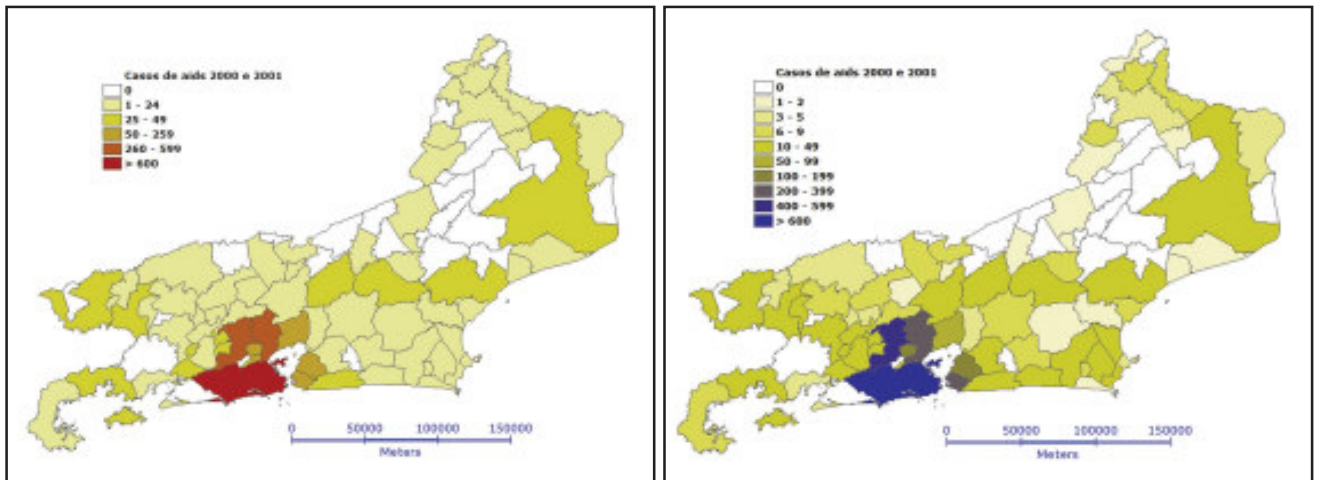


figura 2.16a

figura 2.16b

Um procedimento simples envolve definir os limites das classes (valores mínimos e máximos) com base em uma divisão igual (no TerraView é denominado passos iguais) dos valores do indicador. Contudo, é importante que você elimine antes os valores discrepantes, fora do padrão (*outliers*). No caso dos exemplos aqui utilizados é o Município do Rio de Janeiro, que possui 3.065 casos, enquanto o segundo maior número de casos é encontrado em Nova Iguaçu com 401 registros. Apesar da dica, antes de fazê-lo é importante lembrar que estamos dando exemplo de valores brutos (número de casos). Que tal você calcular a taxa de incidência, que leva em consideração a população, para confirmar se o Rio de Janeiro deve ser realmente retirado da estratificação? Ao comparar mapas de um mesmo evento em momentos distintos, como por exemplo, mapas de incidência de aids para os anos de 2000, 2001 e 2002, ou mapas do mesmo evento que ocorrem em regiões diferentes, por exemplo, comparação do percentual de residência com abastecimento de água nos Estados de Pernambuco e Paraíba, não esqueça de utilizar a mesma estratificação de classes. Se você não o fizer, será difícil a comparação.

Outra opção de estratificação é através do uso de **quantil**. Assim, se você determinar no TerraView a estratificação por quantil e informar o número de classes (fatias no TerraView), o programa irá dividir, no total de classes que foi definido, os valores do evento estudado em partes iguais.

Quantil

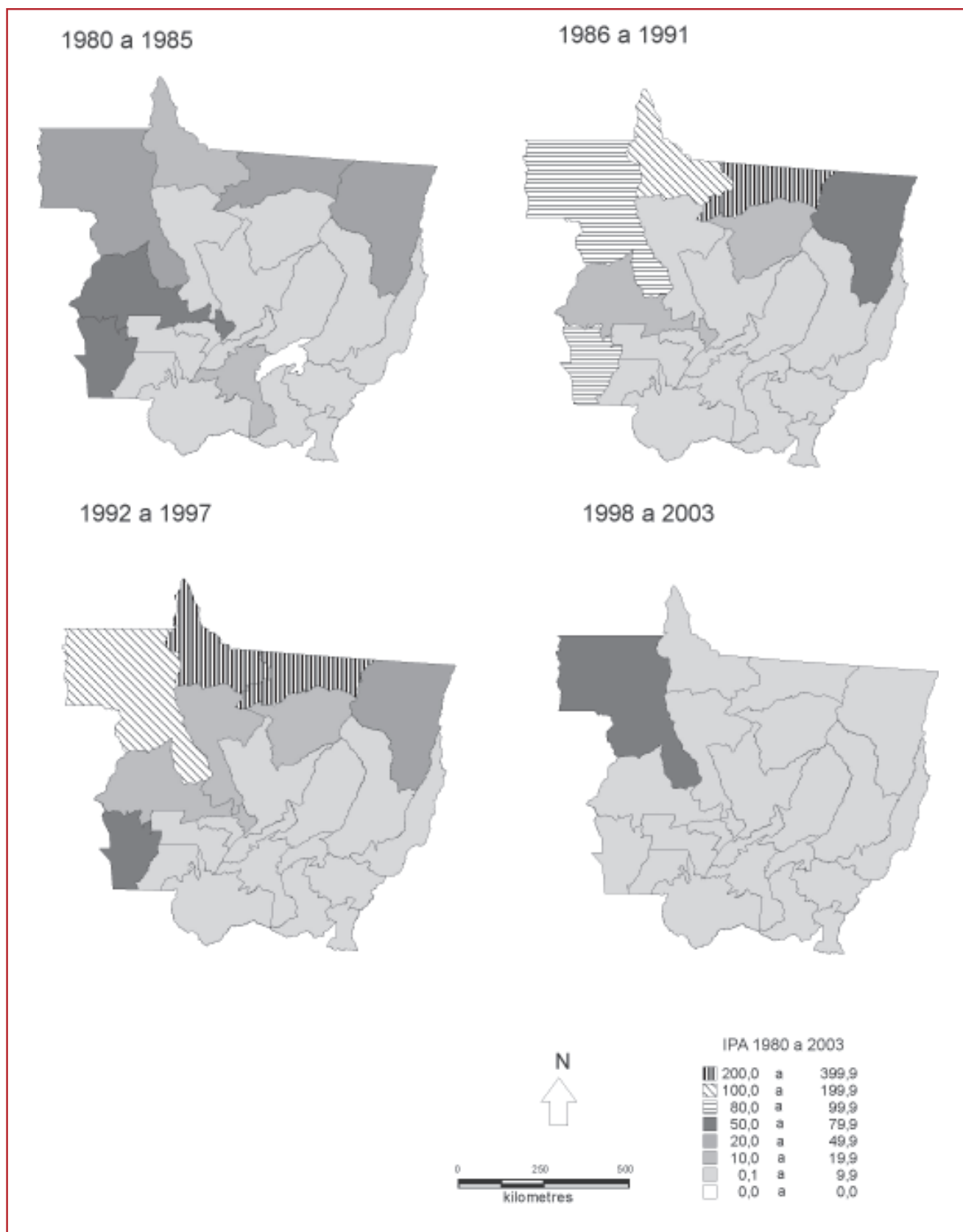
Qualquer separatriz que divide o intervalo de frequência de uma população, ou de uma amostra, em partes iguais.

Apesar de existirem essas e outras formas de estratificação dos valores do evento estudado, é imprescindível que o investigador tenha bem definido o objetivo da estratificação e ter conhecimento prévio do problema estudado. Diante disso, em alguns estudos torna-se necessário que o investigador estratifique seus dados manualmente (uma maneira de fazer isto é colocar os dados da variável em ordem crescente, tirar uma listagem e definir os pontos de corte), alterando os valores dos limites inferiores e superiores e o número de faixas ou fatias para melhor explicar o fenômeno estudado.

No exemplo a seguir (Figura 2.17), um estudo epidemiológico sobre malária em Mato Grosso, os autores utilizaram, além de uma faixa com valor zero, mais sete faixas para estratificação da Incidência Parasitária Anual (IPA). O uso dessas 7 classes obedeceu o seguinte critério: permitir a comparabilidade entre todos os períodos do estudo, englobar a estratificação de risco preconizada pela Secretaria de Vigilância em Saúde (classificação das áreas como de baixo, médio e alto risco de transmissão, tendo como pontos de estratificação valores de IPA menores que 10, entre 10 e 50, e acima de 50, respectivamente) e permitir a identificação de áreas com valores extremamente altos e normalmente relacionados a atividades como garimpo.

É possível encontrar na literatura especializada os critérios de estratificação de incidência para cada doença, ou melhor, os níveis considerados baixos, médios e elevados; portanto, antes de se realizar a estratificação de um determinado agravo é importante consultar os critérios de estratificação mais utilizados, ainda que isto não seja suficiente, pois cada caso apresenta particularidades que devem ser consideradas. Os critérios de estratificação e determinação dos pontos de corte dependem também dos objetivos do estudo que se pretende realizar.

Figura 2.17 – Distribuição espaço-temporal da incidência parasitária anual por microrregião de Mato Grosso, 1980-2003. Fonte: Atanaka-Santos et al., 2006.



Como foram sete faixas além do zero, os autores utilizaram 4 tons de cinza e 3 hachuras diferentes. Será que a utilização de cores tornaria mais fácil a visualização dos padrões?

– Cores

Vamos supor que os valores de um indicador variam entre 1 e 5, sendo que o 5 representa a situação principal ou a de maior risco; e um mapa temático no qual normalmente o tom ou a cor mais forte chama a atenção para aspectos mais importantes da análise. Assim, a situação mais significativa – que pode ser a que apresenta maior crescimento, ou a atividade mais importante, ou a melhor condição relativa ao indicador – está associada ao número 5 e é representada em cor mais forte; em tons mais suaves, estão representadas as situações de menor relevância e/ou decréscimo, associados sucessivamente aos números 4, 3, 2 e 1.

Como podemos confirmar em diversos trabalhos publicados, as cores escolhidas para representar os vários níveis de risco, por exemplo, diferem de um trabalho ou mapa para outro. De qualquer forma, o que foi apresentado no parágrafo anterior é seguido como um princípio: a intensidade da cor diminui de um extremo, do indicador, para o outro. Em muitos casos, principalmente seguindo o padrão dos programas de computador (SIG), são utilizadas duas cores: uma para os valores acima da média e outra para os valores abaixo desta. Logo, observamos autores utilizando a cor vermelha para os valores ou faixas de maior risco e a cor verde para as de menor. Mas, será que isto é o ideal?

A primeira pergunta que devemos fazer é: Devo ou não usar cores no meu mapa? A resposta depende do uso que será dado ao mapa. Em princípio todo mapa colorido fica melhor que os em tons de cinza ou hachuras. Contudo, se você for utilizá-lo para publicar um artigo em revista científica, devemos saber com antecedência se você terá de pagar para publicar em cores e quanto custará. Um outro aspecto que deve ser pensado é relativo à reprodução (fotocópia na biblioteca ou uso de impressora pessoal) que poderá dar origem a cópias em preto, branco e tons de cinza. Muitos mapas coloridos, quando reproduzidos, tornam-se ilegíveis. Logo, o uso de tons de cinza e/ou hachuras (Figura 2.17) pode ser útil e sem custos adicionais.

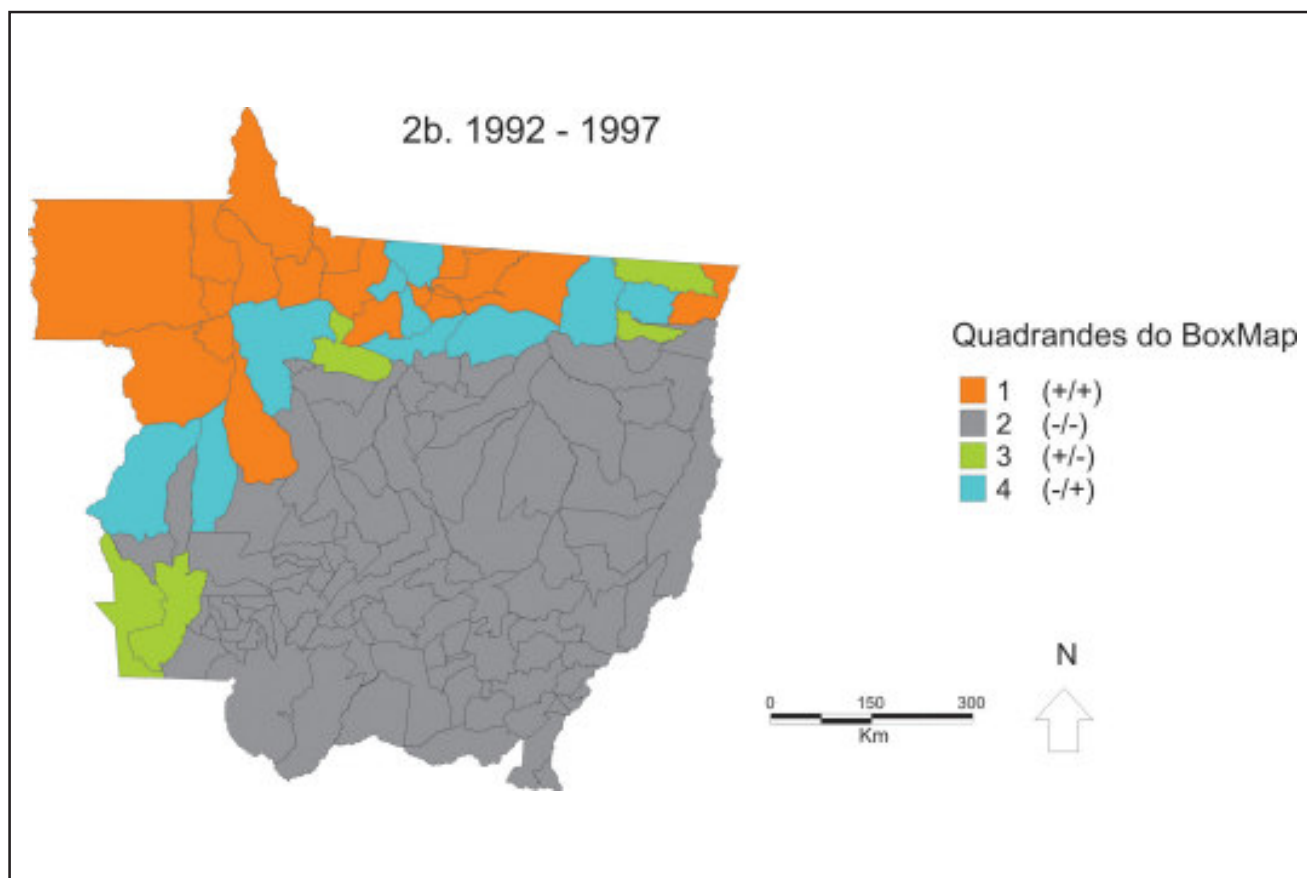
Não obstante aos comentários anteriores, o uso de mapas coloridos em apresentações, relatórios e outros que não geram o uso de recurso financeiro, é muito bem aceito.

Pensando na estética, dependendo do número de faixas ou categorias que você irá mapear, deve-se tentar utilizar apenas uma cor com diferentes tons. Se o número de faixas for grande, talvez seja melhor utilizar duas cores, pois muitos tons de uma única cor poderão produzir um mapa onde as variações

não serão percebidas facilmente. Esse princípio foi seguido pelos autores do mapa da figura 16, onde apenas os tons de cinza não seriam suficientes para demonstrar as variações entre as faixas. Como opção eles utilizaram, além dos tons de cinza, as hachuras.

Outro aspecto a ser observado quando da utilização de cores, é se as faixas do indicador ou variável a ser mapeada representam um contínuo (variável contínua), como o exemplo anterior do indicador que varia de 1 a 5, ou se cada faixa representa um processo diferente da outra faixa (variável nominal). Como exemplo deste último, citamos o trabalho de Atanaka-Santos et al. (2007) onde os autores utilizaram os dados da IPA (Incidência Parasitária Anual), após um procedimento estatístico em ambiente SIG (Box Map) para gerar o mapa de Mato Grosso por municípios, dividido em áreas que representam diferentes processos associados à ocorrência e intensidade da malária. Áreas de valor 1 apresentam valores normalizados do atributo (IPA) e média dos vizinhos acima da média global; áreas de valor 2 apresentam valores normalizados do atributo (IPA) e média dos vizinhos abaixo da média global (valor 2) e as áreas de valores 3 e 4 são de transição entre o agrupamento de altos valores e os agrupamentos de baixos valores. Como os processos são diferenciados, vale a pena utilizar cores distintas (Figura 2.18).

Figura 2.18 – Diferenciação espacial da Malária no Mato-Grosso. Fonte: Adaptado de Atanaka-Santos, et al. 2007.





Capítulo

Análise de Dados Espaciais

Evangelina X.G. Oliveira

José Constantino Silveira Júnior

Reinaldo Souza-Santos

Maria de Fátima Pina

José Luiz Portugal

Capítulo 3:

Análise de Dados Espaciais

3.1 - Consultas aos Dados e Operações Espaciais em Ambiente SIG *pág. 65*

Consulta por Apontamento *pág. 65*

Consulta por Atributos *pág. 66*

Consulta Espacial *pág. 67*

Operações Geográficas *pág. 71*

3.2 - Mapas de Fluxo *pág. 72*

Identificação de Redes *pág. 73*

Tipologia dos Fluxos *pág. 75*

3.1 Consultas aos Dados e Operações Espaciais em Ambiente SIG

Para a análise de um evento ou problema temos de conhecer o melhor possível como este evento ou problema se apresenta ou está distribuído no espaço estudado, além das variáveis/indicadores selecionados. Um SIG é uma ótima ferramenta para esse tipo de análise. Por exemplo, quais são os setores censitários da Cidade do Rio de Janeiro que são contíguos àqueles com áreas de favelas? Como posso visualizar no mapa da ocorrência de malária em Rondônia apenas os municípios que possuem valores da Incidência Parasitária Anual, de malária, acima de 200? Quais são os municípios com área maior que 300.000m² e com população superior a 30.000 habitantes? Quais são as estradas secundárias que estão conectadas a uma estrada principal?

Vamos supor que diante das análises acima percebemos a necessidade de agregar os setores censitários de uma cidade em seus bairros, somando um determinado atributo dos setores para serem representados nos bairros. Esse tipo de operação pode ser facilmente executado em ambiente SIG. Neste tema iremos apresentar e discutir alguns exemplos de consultas por atributos, consulta espacial e operações geográficas ou espaciais que podem ser desenvolvidas em ambiente SIG, sendo que em uma única camada.

- Consulta por Apontamento •

No capítulo anterior foi dado exemplo de como calcular indicadores, média, mediana, além de outras estatísticas para todas as regiões do mapa analisado. Por exemplo, cálculo para todos os municípios do Estado de Pernambuco. Mas, em alguns momentos, desejamos visualizar apenas as informações e/ou estatísticas de um ou mais municípios específicos como, por exemplo, de Caruaru. Se você ao olhar a malha digital consegue identificar qual dos municípios é Caruaru, basta clicar com o cursor no polígono que o representa (método comum a todos os SIG). Logo ele estará selecionado e o usuário poderá solicitar as estatísticas e/ou calcular indicadores para apenas este município. No caso do TerraView esse município (um objeto que compõe a malha digital de Pernambuco) está “apontado”. Apesar de ser uma forma simples de selecionar um objeto em um SIG, município no caso da malha de Pernambuco, é uma consulta fundamental para possibilitar várias outras análises e consultas que serão detalhadas mais adiante.

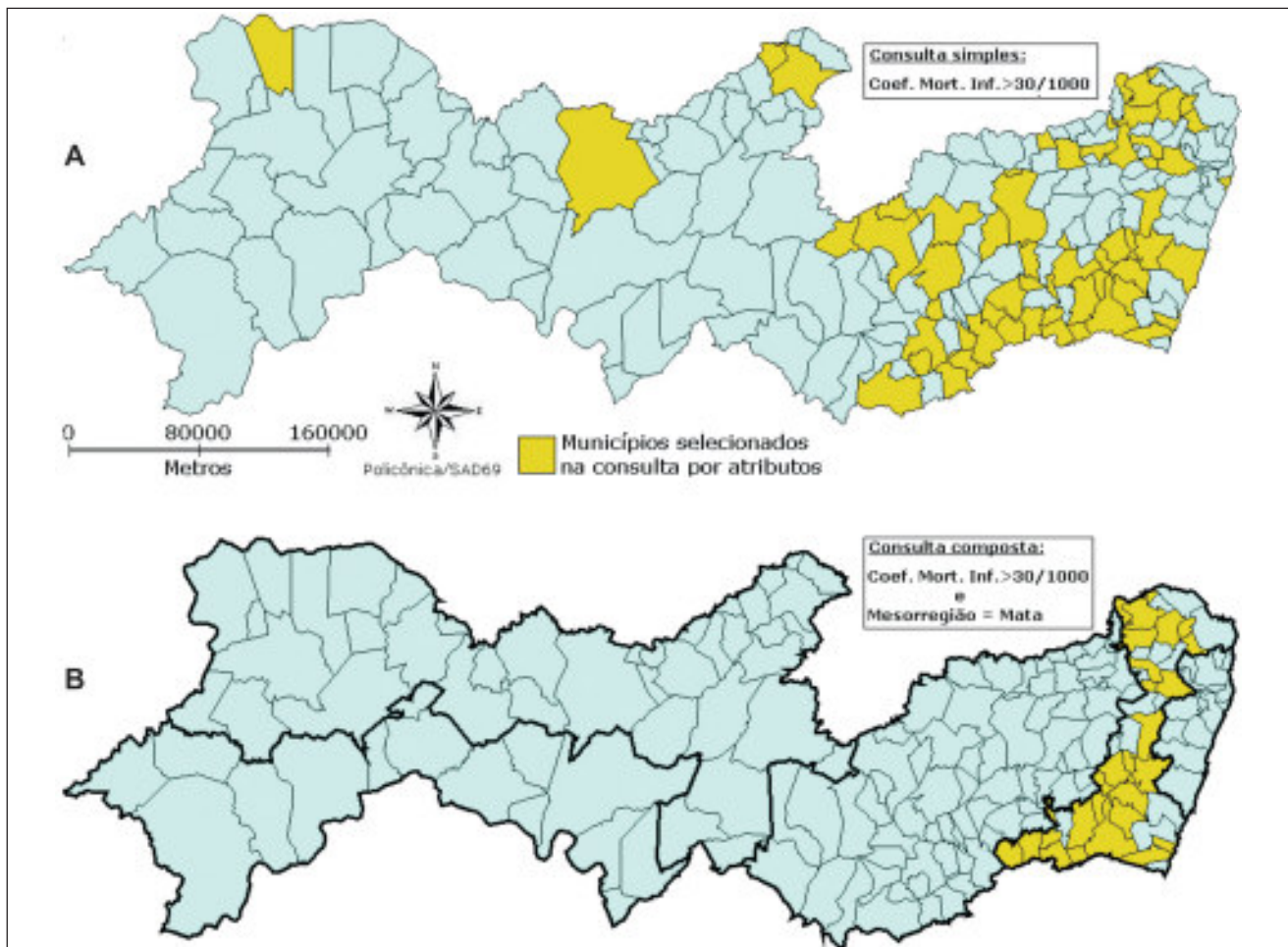
• Consulta por Atributos •

A consulta por atributo permite, como o próprio nome diz, consultar e selecionar objetos (polígonos, linhas e pontos) do seu mapa com base nos atributos dos polígonos, linhas ou pontos, estabelecendo relações de vizinhança e cruzamento. Por exemplo, você pode selecionar cidades de um país em função do tamanho da sua população, ou selecionar bairros dentro de uma cidade em função do número de ocorrências de homicídios, ou poderá também, selecionar vias numa cidade em função da velocidade de trânsito legalmente permitida.

A consulta pode ser considerada simples quando é utilizado apenas um atributo (p. ex.: número de habitantes), ou composta, quando utilizamos dois ou mais atributos (p. ex.: número de habitantes, percentual de extração de madeira e ano de registro de casos de malária).

A figura 3.1 apresenta exemplos de consultas simples e composta, feitas para identificar os municípios de Pernambuco que, em 1998, apresentavam coeficientes de mortalidade infantil maiores que 30/1000 nascidos vivos (A) e que se localizavam na mesorregião da Zona da Mata Pernambucana (B).

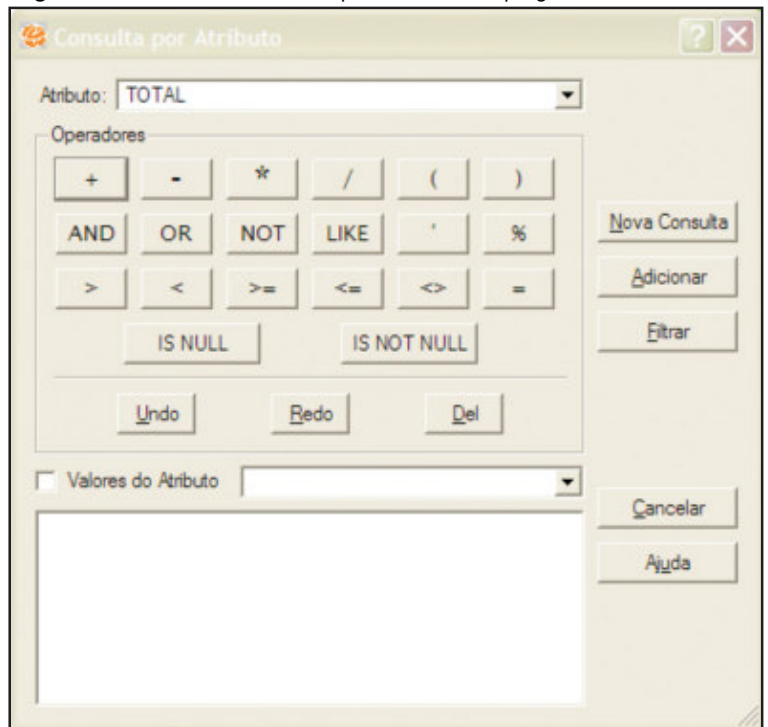
Figura 3.1 – Resultado da consulta por atributos: municípios de Pernambuco que, em 1989, apresentavam coeficientes de mortalidade infantil maiores que 30/1000 nascidos vivos (A) e que se localizavam na mesorregião da Mata Pernambucana (B).



Vários operadores podem ser utilizados para consulta dos valores dos atributos e seleção dos objetos, tais como maior que, menor que, igual, etc. Como exemplo apresentamos a janela de consulta por atributos do TerraView (Figura 3.2).

Após sua consulta e seleção, o SIG permite que o usuário crie uma nova camada dos objetos selecionados e que grave de modo independente, o que pode ser muito útil para sua análise.

Figura 3.2 – Janela de consulta por atributos do programa TerraView 3.1.3.



• Consulta Espacial •

A consulta espacial pode ser feita com base no relacionamento espacial entre objetos (pontos, linhas ou polígonos) de camadas diferentes ou de uma mesma camada, como mostraremos a seguir. Mas o que desejamos dizer com relacionamento entre objetos? Esse relacionamento significa dizer qual objeto toca, está dentro, cruza, por exemplo, outros objetos.

Para ficar mais fácil vamos primeiro discutir os polígonos. Lembre-se que um polígono pode ser um setor censitário, um bairro, um município, um estado ou uma área determinada pelo usuário.

As opções para relacionar polígonos são as apresentadas abaixo, sendo que as utilizadas em uma única camada são: “disjunto”, “toca” e “igual”. A janela de consultas espaciais pode ser vista na figura 3.3. É importante lembrar que teremos, em uma única camada, um polígono dentro do outro em casos especiais tais como ilhas, lagos ou quando for erro de digitalização. As operações entre duas camadas serão abordadas no capítulo 4.

Operação	Ícone	Função
Disjunto		Não tem interseção
Igual		É exatamente igual
Toca		Faz limite

Quando falamos em linha podemos referir, por exemplo, a estradas ou rios. As relações topológicas entre as linhas podem ser:



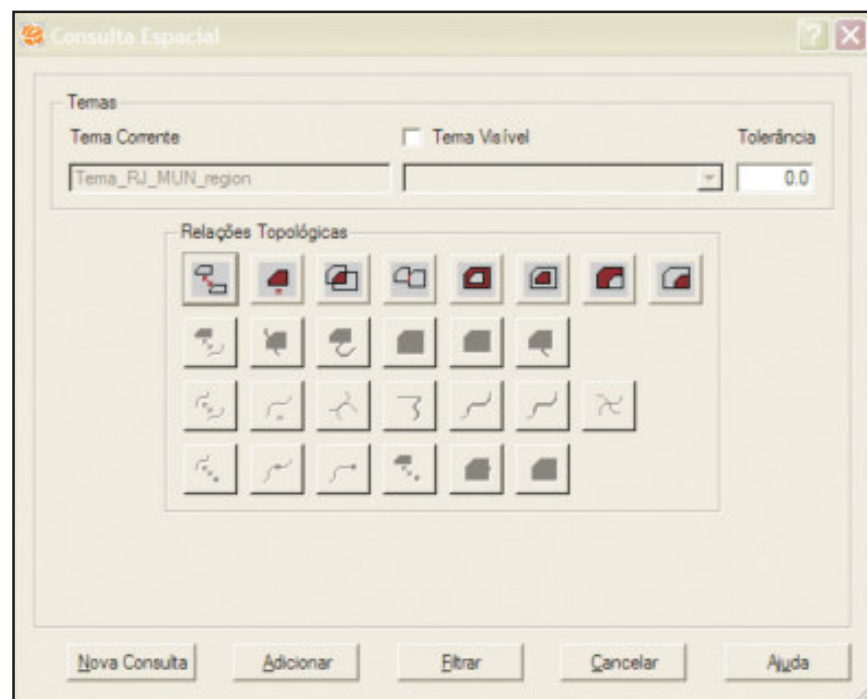
Operação	Ícone	Função
Disjunto		Não tem interseção
Igual		É exatamente igual
Toca		Termina na linha
Sobrepõe		Tem um trecho em comum
Cruza		Tem um ponto (que não é o final) em comum
Dentro		Está contido
Contém		Contém

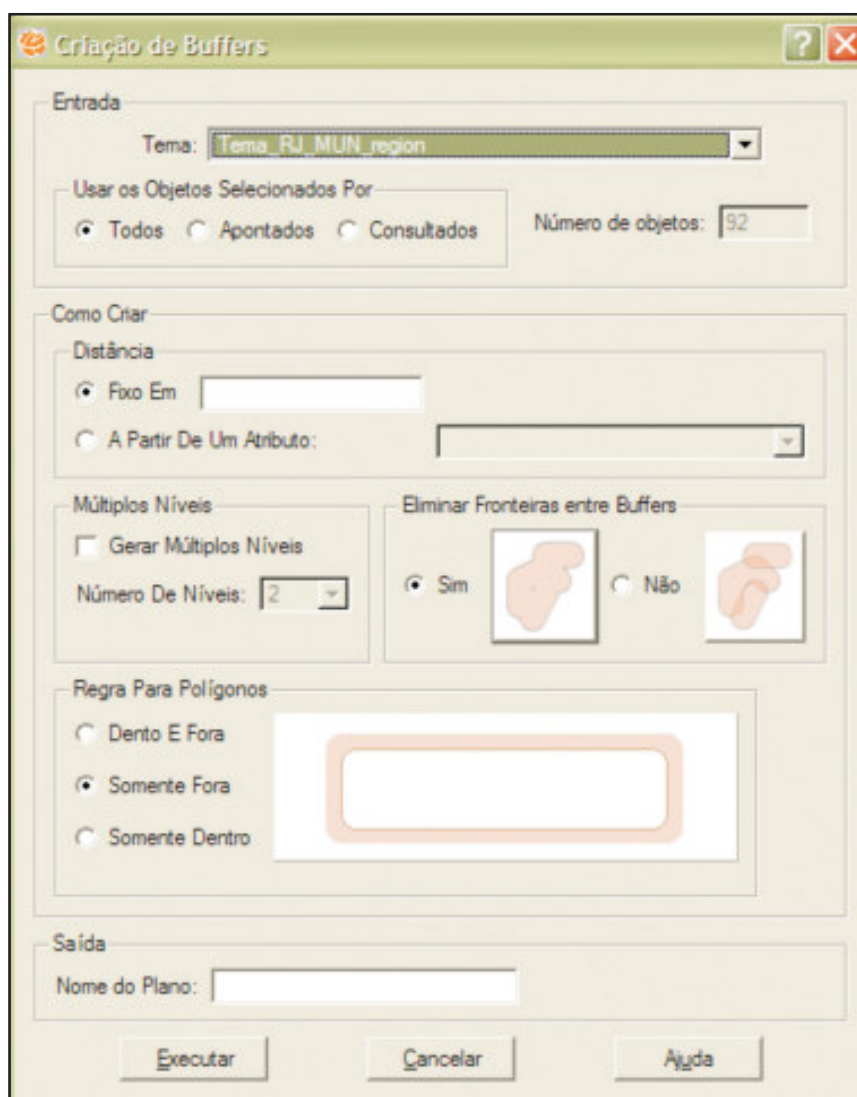
Figura 3.3 – Janela de consultas espaciais do programa TerraView 3.1.3.



E quanto aos pontos, o que pode ser feito? Como estamos discutindo apenas uma camada, por enquanto podemos calcular um *buffer* ao redor deles. O *buffer* nada mais é que uma área de influência. Isso quer dizer que podemos calcular uma área de influência de cinquenta metros ao redor de um ponto. Como um *buffer* pode ser criado para qualquer objeto, também podemos criar uma área de 500 metros ao redor de uma estrada. Esse procedimento pode servir para demarcação de uma área de risco ambiental a partir de um ponto de vazamento de um poluente. Podemos também criar regras para criação de *buffer* em polígonos (apenas dentro, apenas fora do polígono ou os dois), bem como eliminar as bordas entre os *buffers* criados (Figura 3.4).

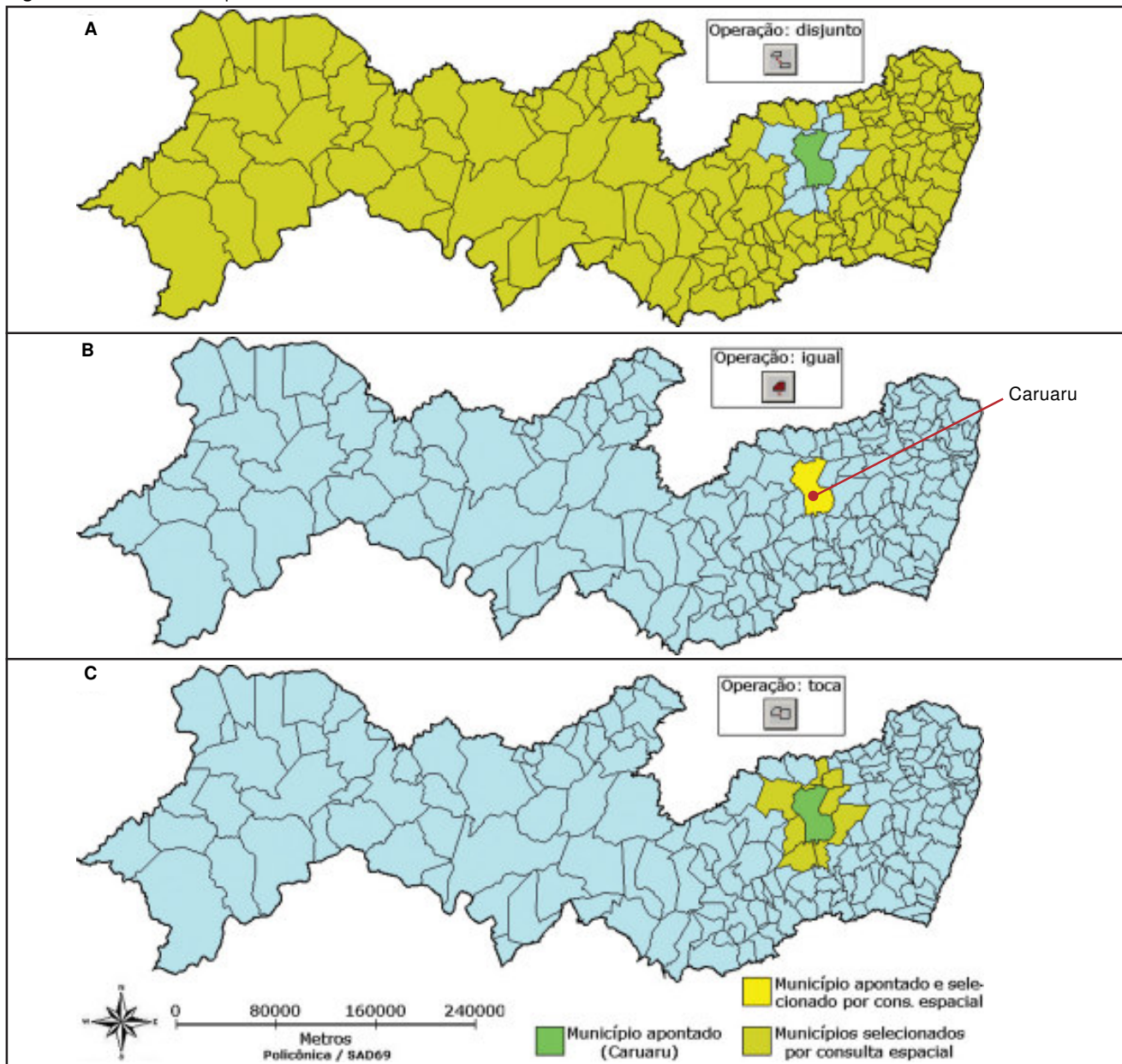
Tanto as consultas como as funções espaciais, no aplicativo TerraView, podem ser encontradas na janela “consultas espaciais” (Figura 3.3). Para a criação de *buffer*, existe uma janela especial (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Janela para criação de *buffers* no TerraView 3.1.3.



A figura 3.5 ilustra com mapas alguns resultados que podemos obter com o uso das operações de consultas espaciais em **uma camada com polígonos**. Utilizando-se a malha municipal de Pernambuco em 2000, por exemplo, é possível identificar os municípios que não fazem limite com Caruaru (operação: disjunto - Fig. 3.5a), o próprio município de Caruaru (operação: igual - Fig. 3.5b) e os que fazem fronteira com este município (operação: toca - Fig. 3.5c). Apesar de, aparentemente, não ter muito sentido a realização de uma consulta que resulte no próprio objeto apontado (Fig. 3.5b), a operação de igualdade espacial é usada, principalmente, quando precisamos selecionar objetos geográficos que satisfaçam a mais de uma condição de relacionamento. Por exemplo, para selecionar o município de Caruaru e seus vizinhos, podemos usar a função de igualdade, adicionando a de contigüidade (toca).

Figura 3.5 – Consultas espaciais em uma camada.



• Operações Geográficas •

As operações geográficas são úteis para você redefinir sua área de estudo, bem como seus atributos. O método utilizado em uma única camada é a agregação, apresentado a seguir. No próximo capítulo discutiremos as operações entre duas camadas.

A agregação tem por propriedade compor uma camada de saída, resultante do agrupamento de feições geográficas de somente uma camada de entrada. O agrupamento pode ser executado em função da igualdade de valores de um atributo, definido *a priori*, conforme mostrado na figura 3.6. Tal atributo recebe o nome de atributo de agregação.

Em termos práticos, suponha-se uma camada de entrada composta pelos municípios da Paraíba e de Pernambuco. Essa camada tem os seguintes atributos: **Nome_mun** (Nome do município), **UF** (unidade da Federação) e **Pop** (População residente). Definindo-se o atributo **UF** como o de agregação, a camada de saída fica formada pela UF 25 (Paraíba) e UF 26 (Pernambuco), conforme mostrado na figura 3.7.

Figura 3.6 – Atributo de agregação.

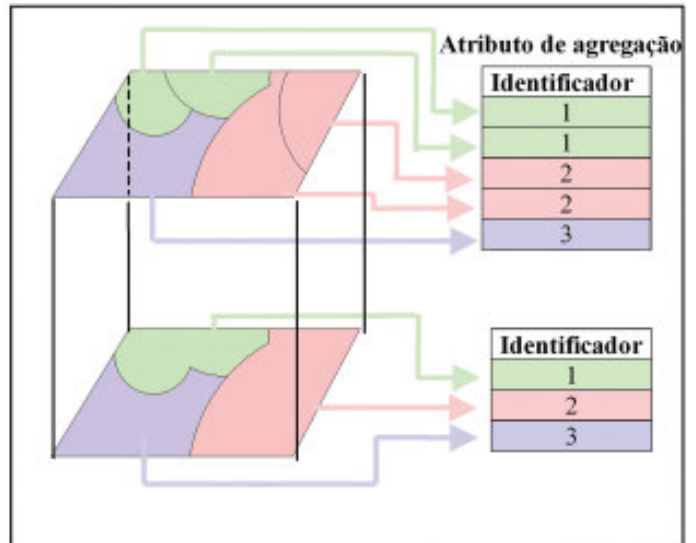
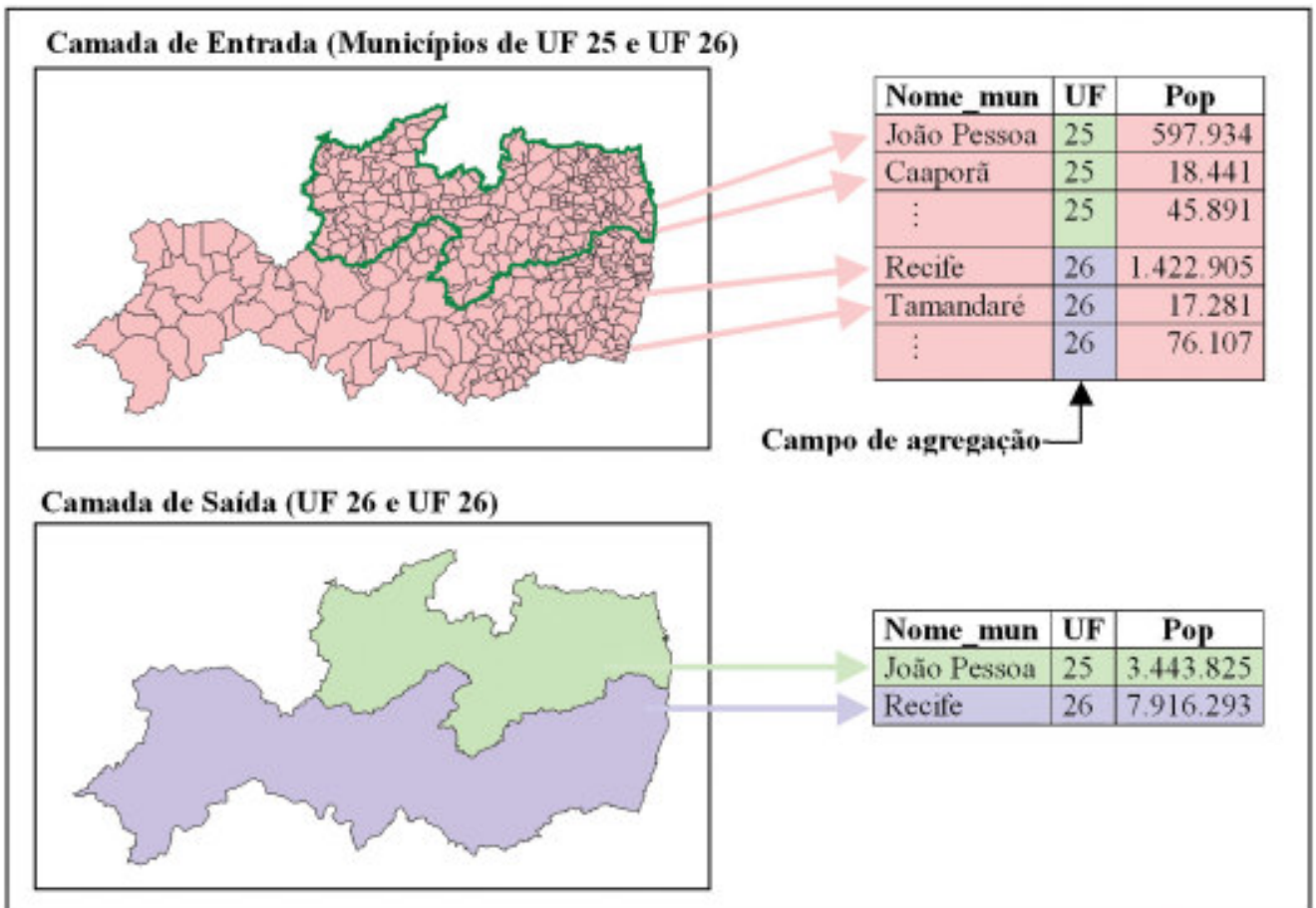


Figura 3.7 – Exemplo prático de agregação.



Atenção especial deve ser dada em relação aos atributos gerados na camada de saída. O de agregação estará sempre presente, os outros serão a totalidade ou parte dos existentes na camada de entrada, sendo isto parâmetro de entrada da operação. Na situação da figura 3.7 foi solicitado que a totalidade dos atributos da entrada conste na saída. Quanto aos valores dos atributos da saída, existem possibilidades diferentes caso sejam do tipo numérico ou texto. Quando numéricos pode-se, por exemplo, solicitar o somatório, a média, o maior valor, o menor valor e outros mais. Quando do tipo texto pode-se, por exemplo, solicitar o primeiro encontrado, o último encontrado, quantidade de nulos e outros mais. Essas opções variam de programa para programa e sugere-se a consulta aos manuais correspondentes. Na situação mostrada na figura 3.7, o valor de **Nome_mun** é o primeiro valor encontrado e o valor de **Pop** é o somatório. Observe que **Pop** na saída corresponde à população total do estado, obtida por soma das populações dos respectivos municípios.

3.2 - Mapas de Fluxo

Os mapas de fluxo mostram o traçado entre pontos de origem e de destino, ou seja, o deslocamento entre 2 pontos, que podem ser 2 cidades. O estudo dos fluxos é útil para tratar questões ligadas à regionalização do atendimento e à identificação de pólos, à qualidade do acesso aos serviços de saúde e à avaliação das distâncias envolvidas no atendimento. Por exemplo, é possível avaliar a busca de atendimento através dos fluxos entre local de moradia e local de atendimento. Se tentamos compreender a dinâmica da busca do atendimento em determinada área, a construção de mapas dos fluxos, representando o deslocamento das pessoas para os locais em que estão os serviços, é uma ferramenta que pode ser de grande utilidade.

Para analisarmos um conjunto de fluxos é necessário tipificarmos algumas estruturas, a partir dos nós (pontos de encontro entre vários destinos) e redes (diversas ligações entre os diferentes nós). Essas ligações e nós que compõem uma rede, podem ser hierarquizados de acordo com o volume de fluxos entre os diferentes nós.

A tentativa de traçar todas as ligações que representam a demanda de determinado serviço, entretanto, pode resultar num acúmulo de linhas que impede a observação de padrões mais gerais. Uma forma de contornar esse

problema é focalizar apenas alguns fluxos específicos, em especial o fluxo dominante (o maior fluxo a partir de cada origem). Entretanto, vários outros fluxos, além do principal, estruturam os relacionamentos internos e externos de cada rede, e limitar o exame apenas aos fluxos dominantes representa perda de informação. Uma solução é identificar o arcabouço e estrutura hierárquica da rede, a partir de métodos baseados na teoria dos **grafos** e, em seguida, classificar os fluxos em diferentes tipos, segundo acompanhem, ou não, a estrutura da rede.

• Identificação de Redes •

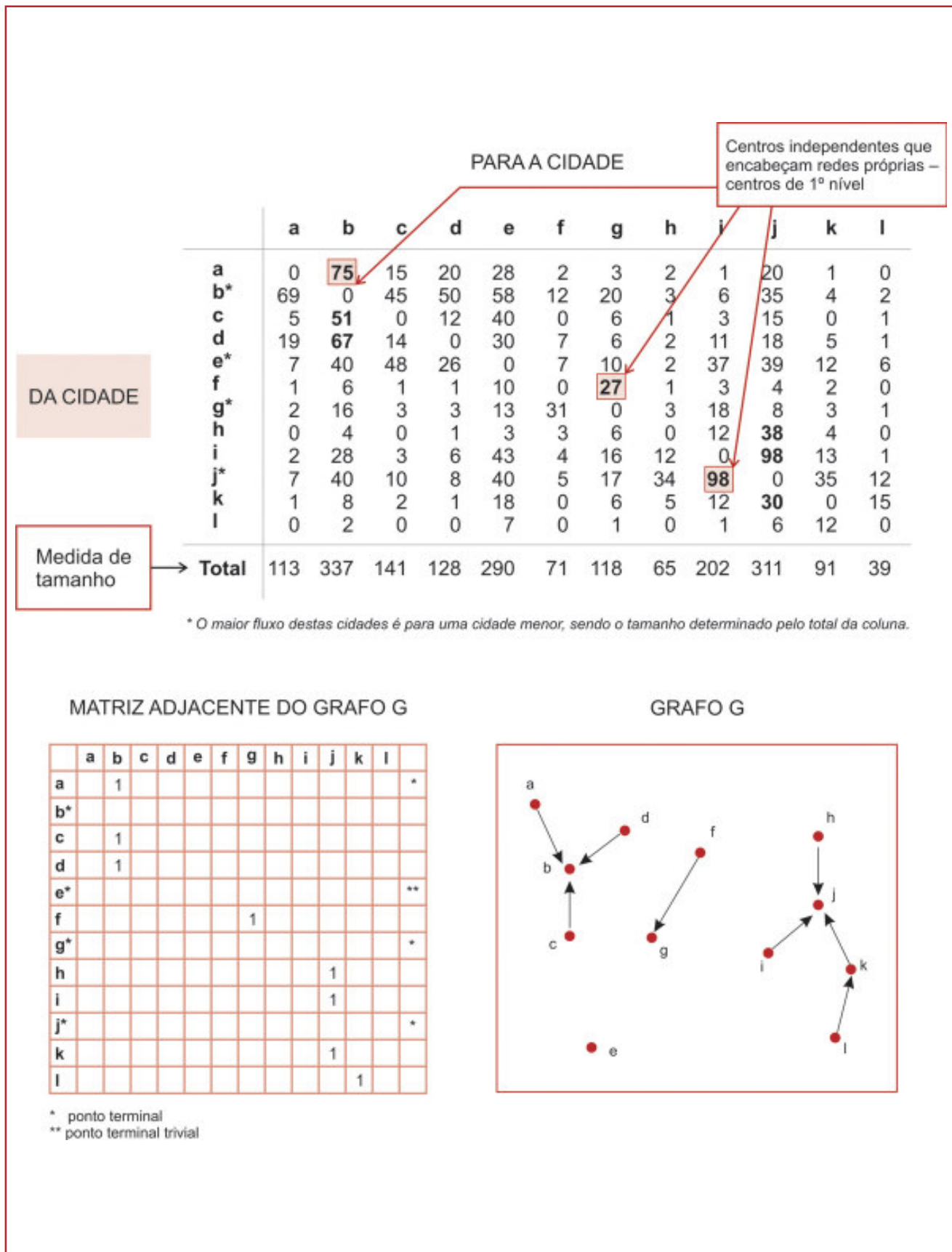
Pode-se identificar o arcabouço da rede de ligações utilizando-se o método proposto por Nystuen e Dacey (1961) para investigar redes de cidades. A hierarquia dos nós da rede é definida com base em três propriedades dos fluxos:

1. Uma cidade é **independente** se o seu maior fluxo se dirige para uma cidade menor do que ela, e **subordinada** se o fluxo vai para uma cidade maior;
2. **Transitividade**: se A é subordinada a B e B é subordinada a C, então A é subordinada a C;
3. Uma cidade não pode ser subordinada a qualquer de suas subordinadas.

Para ilustrar o procedimento, veja o exemplo da figura 3.8, observando: 1) na tabela, há uma medida de tamanho registrada na última linha, e o maior fluxo de saída de cada cidade está em negrito, e 2) asteriscos assinalam as cidades cujo maior fluxo se dirige para um centro de tamanho menor. Estas são pontos terminais ou cidades independentes. Quando o ponto terminal não tem qualquer subordinado, ele é um ponto terminal trivial. É o caso do ponto **e**, que é simplesmente um ponto não ligado a uma rede, isolado. Os centros independentes **b**, **g** e **j**, encabeçam redes próprias e constituem, portanto, centros de primeiro nível. A cidade **k**, por sua vez, é um centro de segundo nível na rede de **j** que subordina **l**, que é, portanto, de nível 3. Por esse critério, a definição do nível hierárquico depende unicamente da posição da cidade em relação às outras, e as cidades subordinadas, direta ou indiretamente, constituem a rede da cidade de nível superior.

Grafos são objeto de estudo de um ramo da topologia, a teoria dos grafos. Representam, graficamente, as relações existentes entre elementos de dados, representados como um conjunto de pontos (vértices ou nós), conectados por linhas (arestas ou arcos).

Figura 3.8 – Método de fluxo dominante (Nystuen e Dacey, 1961).



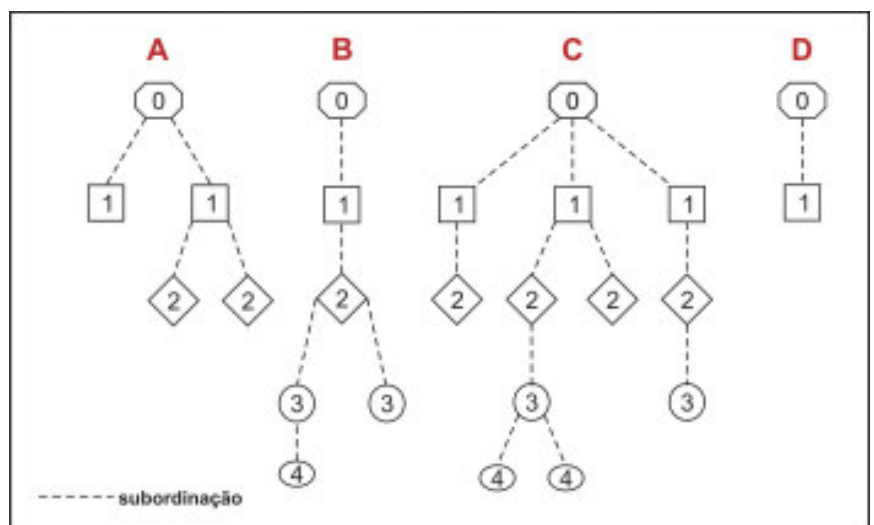
• Tipologia dos Fluxos •

Uma vez identificado o arcabouço da rede, pode-se classificar os fluxos segundo a tipologia dos relacionamentos derivada da proposta por Rabino e Ocelli (1997). Com isso, além do fluxo dominante, os demais são também considerados, evitando-se perda de informação. A análise da gama de relacionamentos permite, ainda, avaliar o grau de “fechamento”, ou de interconexão, das várias redes.

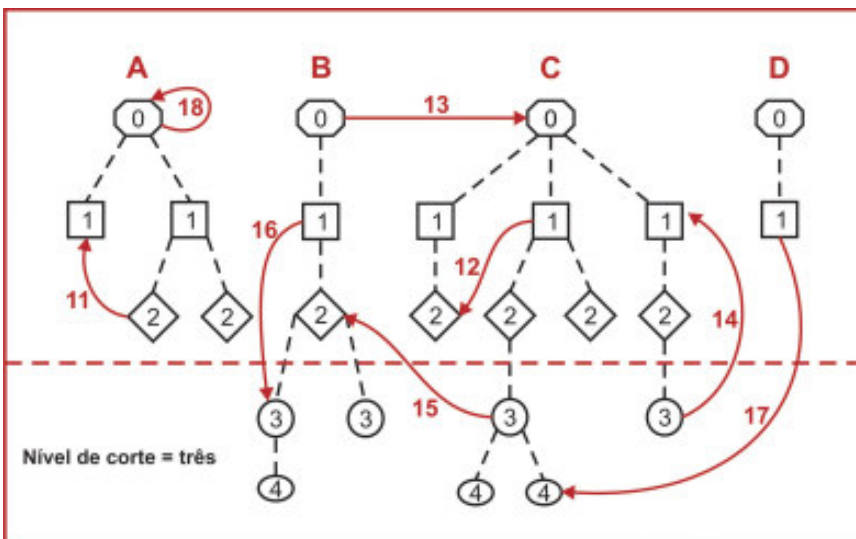
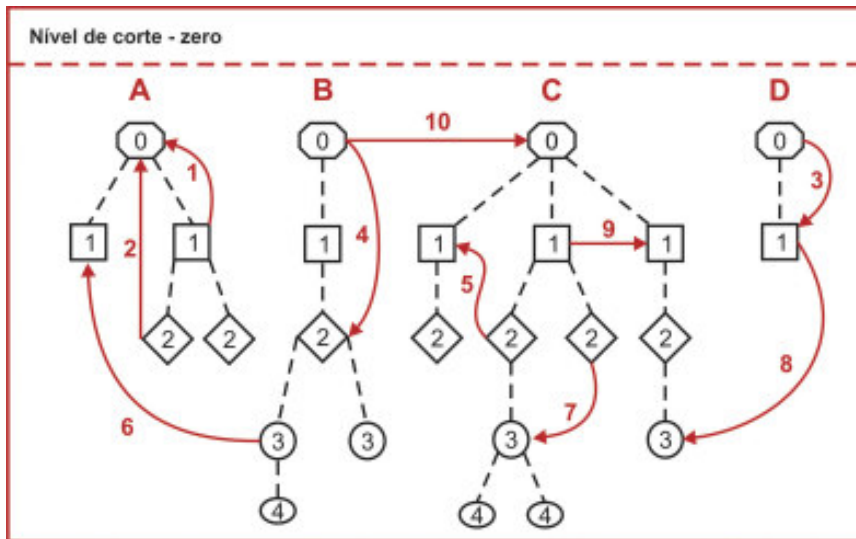
A ilustração da figura 3.9 representa os vários tipos da classificação. Os fluxos entre os nós estruturam os relacionamentos internos e externos de cada rede e são classificados em: **fluxos hierárquicos**, os que acompanham a estrutura da rede; e, **fluxos transversais**, os que ocorrem entre diferentes redes, ou entre diferentes subredes de uma mesma rede. Os fluxos hierárquicos, ascendentes ou descendentes, podem estabelecer ligação direta com o próximo nível hierárquico, ou estabelecer um “curto-circuito”, saltando o nível mais próximo. As relações entre centros de mesmo nível são ditas horizontais. Uma característica interessante da tipologia é a possibilidade de aplicá-la tomando como referência diferentes níveis hierárquicos, o que enriquece a visão da rede, permitindo detalhar áreas de interesse específico. Isso é feito pela introdução de um “nível de corte”, para focalizar uma área em maior detalhe. Para a área acima do nível de corte, ao contrário, informa-se apenas a natureza das ligações entre as diversas redes (ascendente, descendente ou horizontal). Quando interessa detalhar toda a rede, basta definir o nível de corte de forma a eliminar a área superior.

Figura 3.9 – Estrutura da rede e classificação dos fluxos.

Estrutura das quatro redes independentes (A, B, C, e D), relações de subordinação e identificação dos níveis hierárquicos.



CLASSIFICAÇÃO DOS FLUXOS



Área de interesse

- 1- Hierárquico-ascendente direto
- 2- Hierárquico-ascendente em curto circuito
- 3- Hierárquico-descendente direto
- 4- Hierárquico-descendente em curto circuito
- 5- Transversal ascendente mesma rede
- 6- Transversal ascendente entre redes
- 7- Transversal descendente mesma rede
- 8- Transversal descendente entre redes
- 9- Transversal horizontal mesma rede
- 10- Transversal horizontal entre redes

Área acima do nível de corte

- 11- Transversal ascendente mesma rede
- 12- Transversal descendente mesma rede
- 13- Transversal horizontal entre redes

Ligações entre as duas áreas da(s) rede(s)

- 14- Ascendente mesma rede
- 15- Ascendente entre redes
- 16- Descendente mesma rede
- 17- Descendente entre redes

Locais

- 18- Ligação local

Exemplo: Redes de atenção ao parto – Paraná, 2002

Para ilustrar uma aplicação do método, examinamos as redes de atenção ao parto no Paraná, definidas com base nos nascimentos registrados segundo o município de residência da mãe e o de ocorrência do parto. Foram utilizadas as informações do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) de 2002, e o programa TerraView. O método do fluxo dominante identifica 3 centros de nível 0 (o primeiro nível da hierarquia), Curitiba, Londrina e Ivaiporã. As redes comandadas por esses centros têm

tamanhos bem diferentes, como pode ser visto no mapa apresentado na figura 3.10. Ivaiporã, no centro do estado, comanda 13 municípios, enquanto os municípios do norte e oeste do estado estão ligados a Londrina, exceto pela sub-rede que se liga a Umuarama, subordinada a Curitiba.

Para classificar os fluxos, não foi separada uma área acima do corte, ou seja, o nível 0 foi tomado como nível de corte.

Como é natural, a maioria dos partos, cerca de 81%, se dá no próprio município em que reside a mãe. Considerando o subconjunto de fluxos externos, sua classificação (Tabela 3.1) aponta padrão de fluxos marcadamente hierárquico, sendo poucas as ligações estabelecidas entre as redes. Os fluxos hierárquico-ascendentes predominam largamente, sendo mais raros os fluxos descendentes. A cadeia hierárquica tende a ser obedecida e a proporção de fluxos em curto circuito também é menor.

Para examinar a distribuição, no estado, dos tipos de fluxos, os mapas a seguir representam alguns tipos, não incluindo as ligações representadas por apenas um caso, que podem perturbar a visualização dos padrões. Como o padrão de distribuição do tipo hierárquico-ascendente direto praticamente repete o mapa da rede, não está aqui apresentado. Os fluxos hierárquico-ascendentes em curto circuito, representados na figura 3.11, destacam a importância de centros como Guarapuava, Maringá, Umuarama e Cascavel, além de Curitiba e Londrina. Os fluxos hierárquico-descendentes diretos (em vermelho no mapa da figura 3.12) ou em curto circuito (em castanho), são mais frequentes entre cidades próximas, à exceção de alguns deslocamentos a partir da capital. Os fluxos transversais na mesma rede são apenas do tipo horizontal, entre cidades de mesma hierarquia, e também tendem a ocorrer entre cidades próximas (Figura 3.13).

Figura 3.10 – Redes de atenção ao parto no Paraná – 2002. Nível de corte 0.

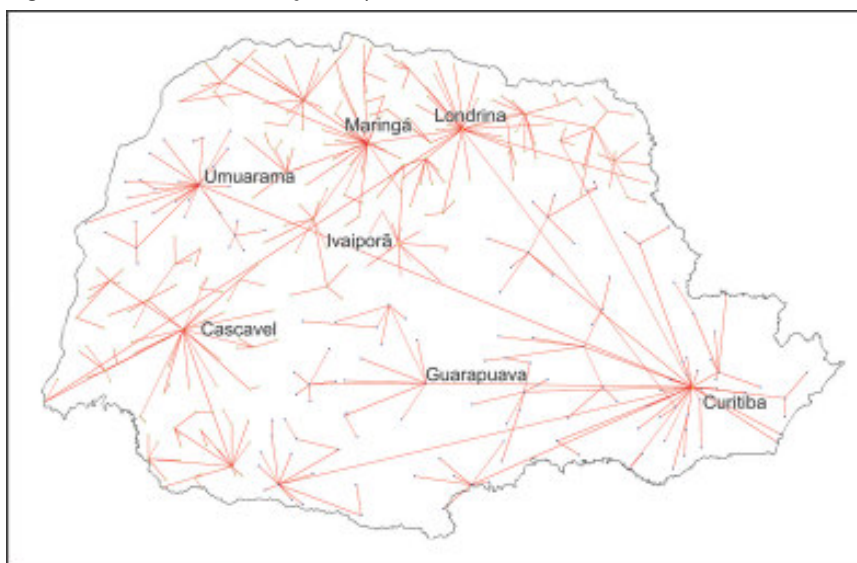


Tabela 3.1 – Classificação dos fluxos externos.

	Tipo de fluxo	Nº de ocorrências	%
1	Hierárquico-ascendente direto	23.715	76,7
2	Hierárquico-ascendente em curto circuito	1.598	5,2
3	Hierárquico-descendente direto	1.836	5,9
4	Hierárquico-descendente em curto circuito	190	0,6
9	Transversal horizontal mesma rede	2.843	9,2
6	Transversal ascendente entre redes	379	1,2
8	Transversal descendente entre redes	209	0,7
10	Transversal horizontal entre redes	139	0,4

Figura 3.11 – Fluxos hierárquico-ascendentes em curto circuito.

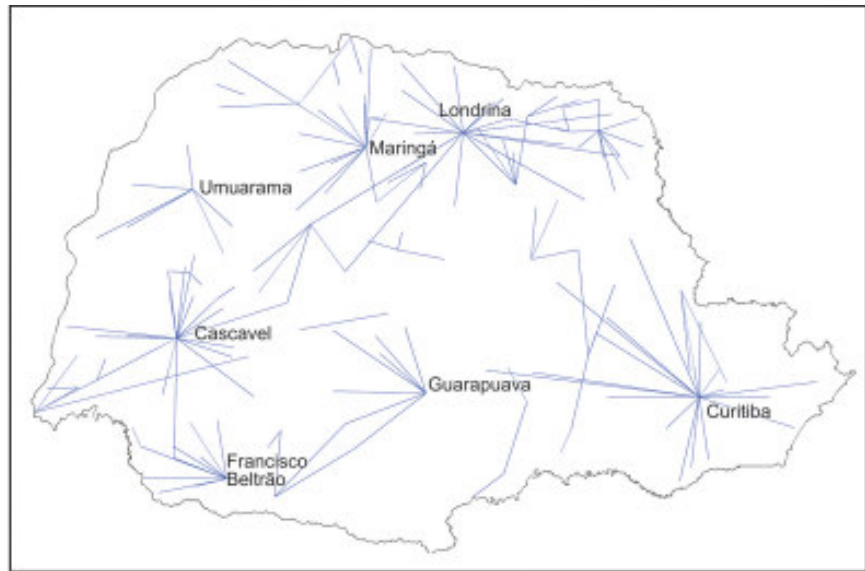
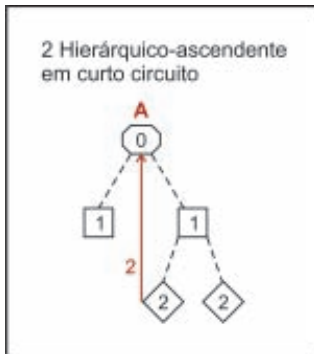


Figura 3.12 – Fluxos hierárquico-descendentes diretos e em curto circuito.

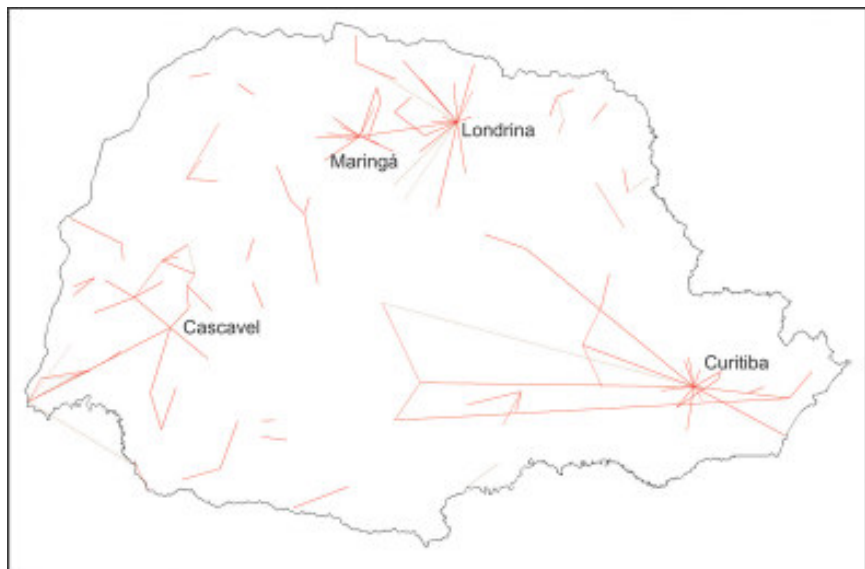
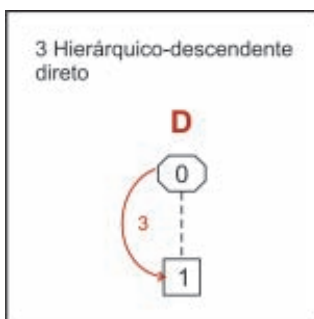
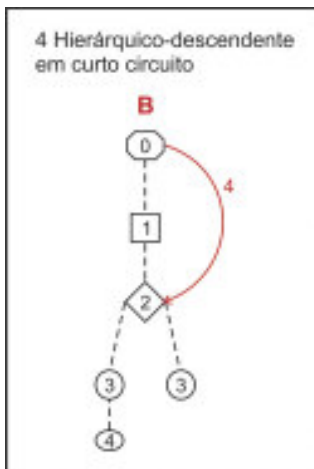
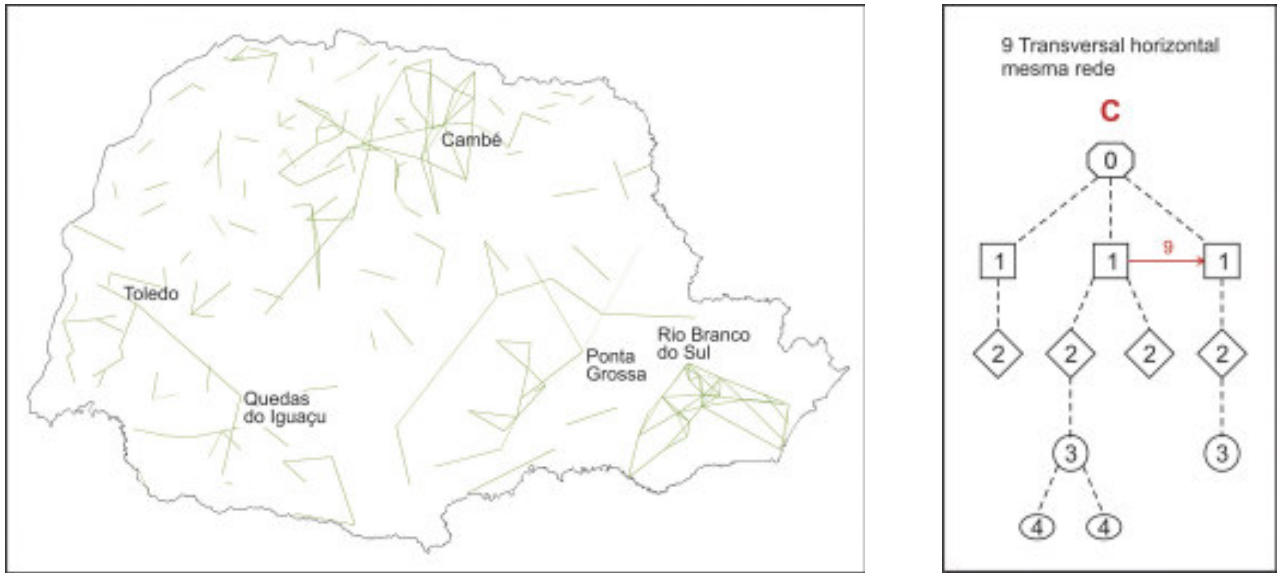
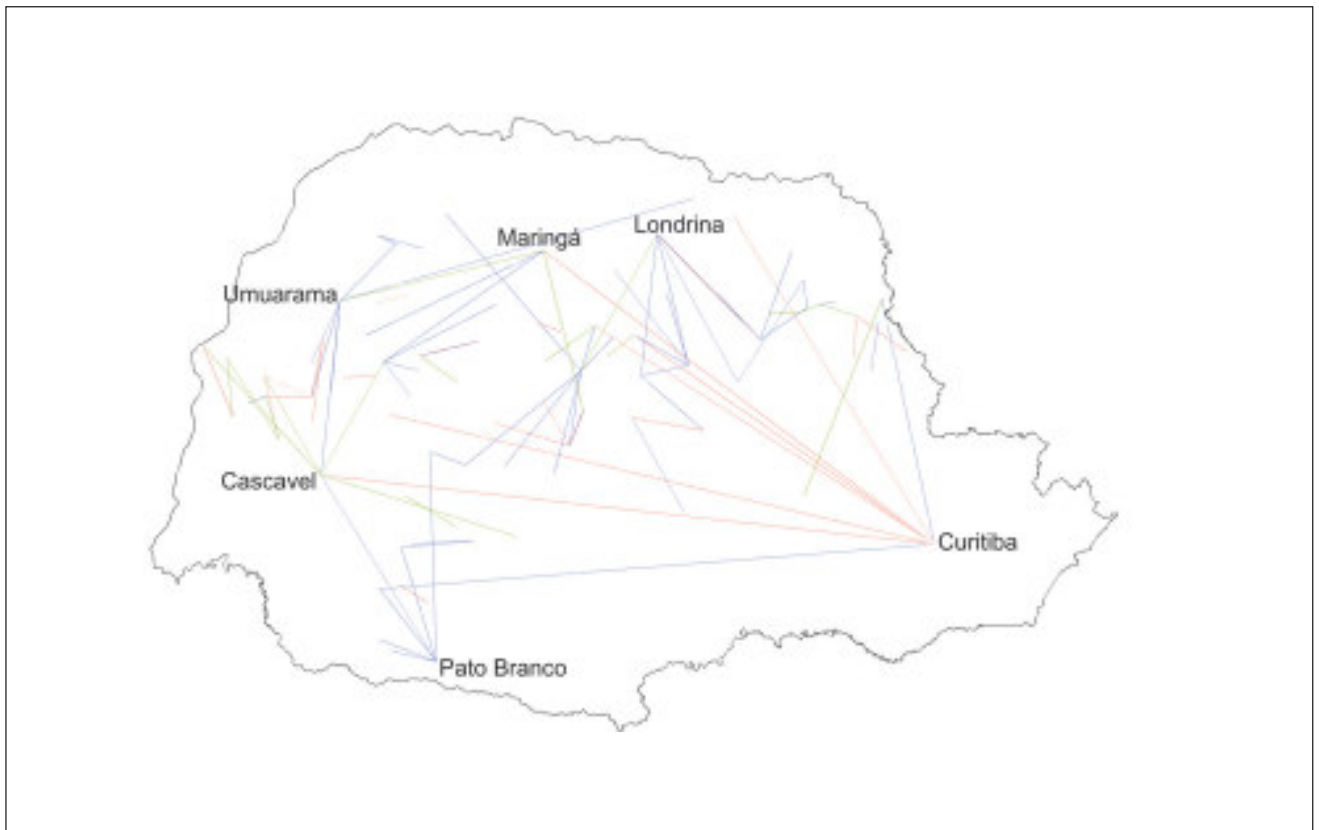


Figura 3.13 – Fluxos transversais horizontais na mesma rede.



No conjunto dos fluxos transversais entre redes, representados no mapa da figura 3.14 (ascendentes em azul, horizontais em verde e descendentes em vermelho), predominam os fluxos ascendentes. Os fluxos descendentes partem, em sua maioria, de Curitiba para o interior do estado.

Figura 3.14 – Fluxos transversais entre redes – ascendentes, descendentes e horizontais.



Os padrões apresentados indicam uma distribuição dos serviços de atenção ao parto que não impõe maiores deslocamentos às usuárias, sendo mais frequentes os movimentos a distâncias mais curtas. Observa-se que, em geral, as maiores distâncias são encontradas para fluxos da capital para o interior do estado, o que poderia indicar, em vez de necessidade de buscar o serviço em outros locais, um movimento de retorno às origens familiares. Uma melhor avaliação da qualidade do acesso deve levar em conta a relação entre o nível de complexidade das unidades assistenciais e a gravidade dos casos por elas atendidos, mas o padrão dos fluxos aqui examinados não aponta maiores problemas.



Capítulo

Operações entre Camadas e Imagens de Satélite

José Luiz Portugal

José Constantino Silveira Júnior

Virgínia Ragoni de Moraes Correia

Guilherme L. Werneck

Capítulo 4:

Operações entre Camadas e Imagens de Satélite

4.1 - Operações entre Camadas –
Conceitos Iniciais *pág. 83*

4.2 - Georreferenciamento *pág. 86*

4.3 - Operações entre Camadas *pág. 87*

4.4 - Operações entre Camadas com
Duas Entradas *pág. 88*

Soma *pág. 88*

Diferença *pág. 89*

Interseção *pág. 91*

Atribuição por Localização *pág. 95*

4.5 - Uso de Imagens de Satélite em
Saúde Pública *pág. 97*

4.1 – Operações entre Camadas – Conceitos Iniciais

As **operações entre camadas**, também conhecidas por **operações geográficas**, requerem o conhecimento prévio de determinados conceitos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para facilitar o entendimento dessas operações, julga-se pertinente relembrar alguns desses conceitos.

De modo simplificado, pode-se dizer que um SIG é composto por uma ou mais camadas de informação. Uma camada de informação é composta por feições geográficas. As feições geográficas são visualizadas em mapas e descritas por meio de atributos.

No SIG, os mapas podem ser armazenados segundo duas estruturas, que são a vetorial e a *raster*. Apesar das operações entre camadas serem permitidas nessas duas, será tratada somente a vetorial. Essa considera que todas as feições geográficas são associadas a somente três tipos de geometria: o ponto, a linha e o polígono.

As feições geográficas que compõem uma camada de informação devem possuir um único tipo de geometria. Assim, uma determinada camada definida como do tipo ponto só pode conter feições do tipo ponto, uma determinada camada definida como do tipo linha só poder conter feições do tipo linha e uma determinada camada do tipo polígono só pode conter feições do tipo polígono.

Considere-se, por exemplo, uma situação em que se deseja tratar num SIG as seguintes feições geográficas: bairros, ruas e postos de saúde. Os bairros foram associados à geometria polígono, as ruas à geometria linha e os postos de saúde à geometria ponto. Baseado nessas premissas, três camadas de informação diferentes deverão ser criadas, a primeira só conterá os bairros (porque foram definidos como polígonos), a segunda só conterá as ruas (porque foram definidas como linhas) e a terceira só conterá postos de saúde (porque foram definidos como pontos).

Sobre os atributos, sabe-se que são informações que procuram descrever as feições geográficas com palavras, números, datas ou propriedades do tipo sim ou não. Esses atributos têm por finalidade responder à pergunta: **O que a entidade geográfica é?** Para que isso seja possível deve-se levar em consideração três aspectos, o primeiro diz respeito à especificação de quais são os atributos de interesse, o segundo diz respeito ao modo de como estes atributos são armazenados e a terceira diz respeito a como se processa a ligação entre os atributos e o mapa.

Sobre a especificação dos atributos de interesse, deve-se observar que uma feição geográfica contém uma infinidade deles. Considere-se, por exemplo, a feição bairros que pode ter os atributos: área, perímetro, número

de habitantes, densidade demográfica, nome, renda média, data de criação e outros mais. O questionamento que se faz é se são todos eles necessários ao estudo pretendido, lembrando-se que quanto maior a quantidade de atributos mais complexa será sua manipulação, maior será o tempo gasto em testes de consistência, mais difícil será a análise e mais lento ficará o Sistema. Para contornar essa problemática, recomenda-se a inclusão do menor número possível de atributos à feição, sendo estes escolhidos em função da aplicação desejada.

Sobre o armazenamento, verifica-se que se realiza por meio de tabelas, onde cada linha desta corresponde a uma feição e cada coluna corresponde a um atributo desta feição. Por exemplo, definiu-se uma camada de informações chamada Bairro, tendo ela três feições (três bairros) com os seguintes atributos: **Identificador**, **Nome**, **Área** e **N_hab** (Número de habitantes). Com base nessa premissa, a tabela 1 representa o armazenamento desses atributos.

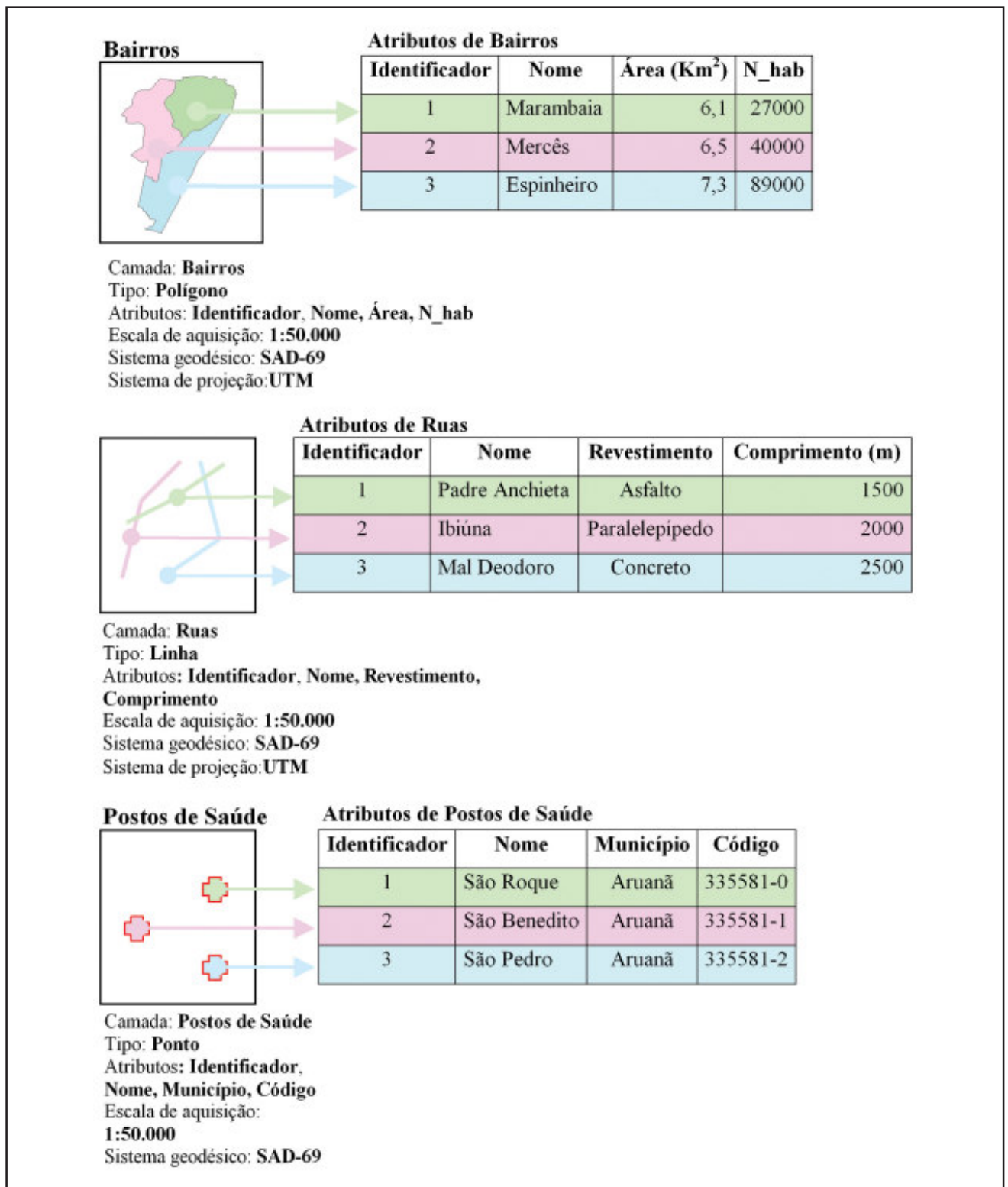
Tabela 4.1 – Bairros.

Identificador	Nome	Área (km ²)	N_hab
1	Marambaia	6,1	27000
2	Mercês	6,5	90000
3	Espinheiro	7,3	89000

Sobre a ligação entre os atributos contidos na tabela e o mapa, observa-se que se processa a partir da definição de uma coluna chamada de chave primária, cuja propriedade é conter valores que não se repetem. Nos programas de SIG a chave primária é criada automaticamente, de forma transparente para o usuário. No caso da tabela 4.1, essa chave é materializada pela coluna **Identificador**.

Em resumo, a estrutura completa de uma camada de informação do tipo ponto, linha e polígono, é mostrada na figura 4.1.

Figura 4.1 – Camadas de Informação.



Ainda reportando-se à figura 4.1, deve-se observar que em todas as camadas são especificados entre outros a escala de aquisição, o sistema geodésico e o sistema de projeção. Essas três informações correspondem aos dados técnicos do mapa e são fundamentais para o seu georreferenciamento.

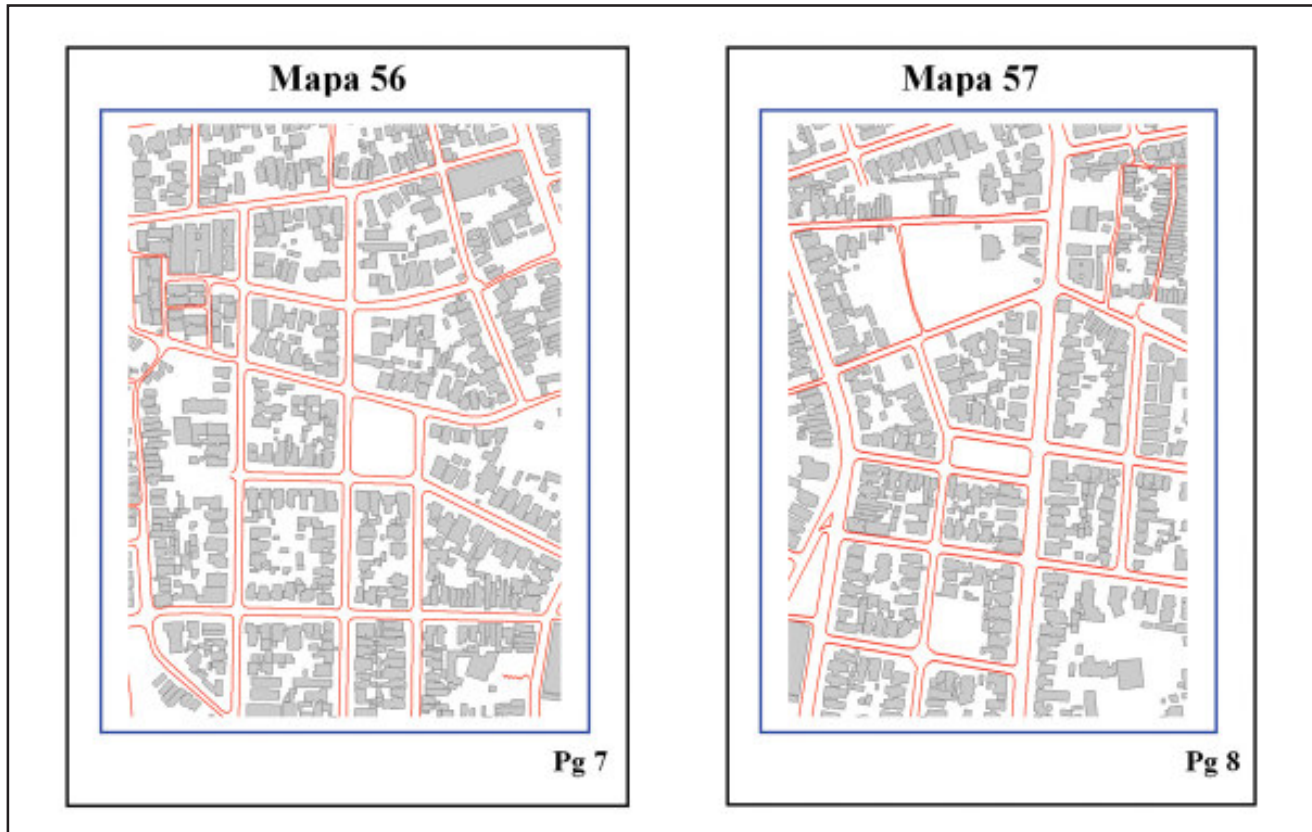
4.2 – Georreferenciamento

A operação de georreferenciamento visa a compatibilização de sistemas de coordenadas de mapas diferentes, devendo sempre preceder às operações entre camadas. Envolve uma combinação de três transformações geométricas que são a transformação por translação de eixos, a transformação por rotação de eixos e transformação por escala. O detalhamento dessas transformações, do ponto de vista de seus modelos matemáticos, não cabe nesse momento, entretanto a interpretação geométrica é descrita a seguir.

As listas telefônicas das grandes cidades contemplam mapas do sistema viário. Devido a limitações de escala, torna-se impraticável mostrar todas as ruas numa única página da lista, porque o mapa ficaria parecendo um borrão.

Uma opção plausível para sanar essa problemática é dividir a cidade em partes, de maneira que cada uma delas possa ser representada, de modo legível, em uma página da lista, conforme esquematizado na figura 4.2.

Figura 4.2 – Mapas de ruas constantes de Lista Telefônica



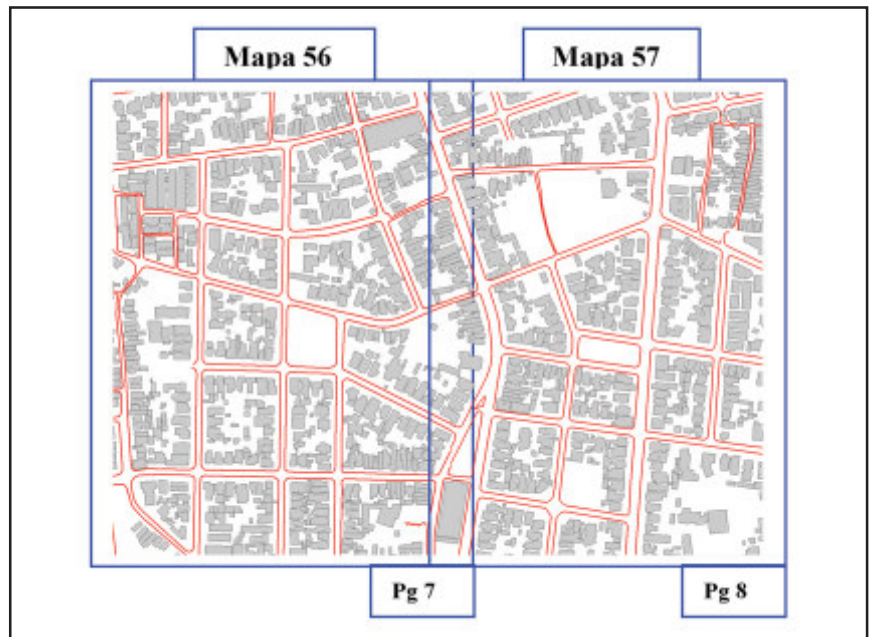
Caso seja de interesse a visualização de todas as ruas da cidade, partindo-se da premissa que ela está representada por partes (uma em cada página), o roteiro a seguir pode ser implementado: 1- Arrancar todas as páginas da

lista, recortando-as nos limites dos mapas; 2- Escolher um mapa como referência; 3- Arrastar e girar os vizinhos deste de modo a coincidir seus detalhes; 4- Arrastar e girar os vizinhos dos vizinhos, novamente coincidindo detalhes, até compor toda a cidade. Esse roteiro nada mais é que uma operação georreferenciamento, mantendo-se a escala inalterada. A Figura 4.3 esquematiza o procedimento, considerando-se somente 2 mapas, tendo como referência o de número 56.

Os programas de SIG resolvem a situação descrita no parágrafo anterior

por meio de fórmulas matemáticas, na maioria das vezes transparentes para o usuário. Mesmo assim, determinados parâmetros devem ser repassados aos programas, citando-se o Sistema Geodésico de Referência e o Sistema de Projeção Cartográfica. Tais parâmetros têm por objetivo permitir a ligação entre mapas e seu correto posicionamento no espaço geográfico, por isso na Figura 4.1 eles são especificados para cada uma das camadas de informação.

Figura 4.3 – Mapas de ruas georreferenciados analogicamente.



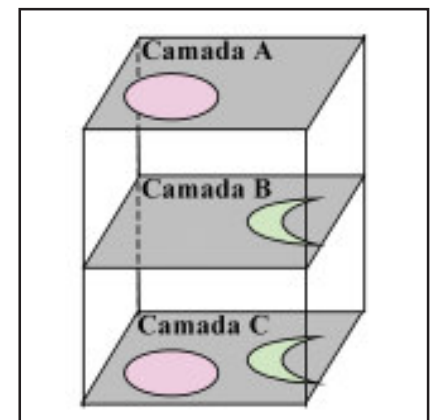
4.3 – Operações entre Camadas

As operações entre camadas estão inseridas no contexto de análise espacial e têm por finalidade criar novas informações a partir de algumas preexistentes. Para que essas operações se processem é fundamental que as camadas envolvidas estejam referidas a um único sistema de coordenadas, ou seja, que estejam georreferenciadas.

As operações entre camadas empregam duas ou mais camadas de entrada e geram uma camada de saída. A interpretação geométrica é mostrada na figura 4.4. Nela define-se as **Camadas A** e **B** como entrada, que são manipuladas por determinado operador, criando a **Camada C** como saída.

A partir da classificação sugerida serão abordadas operações disponibilizadas em programas de SIG como o TerraView, o ArcView, o MapInfo, o ArcGis, entre outros. Alguns exemplos práticos serão detalhados, ficando a critério do leitor adaptá-los às suas necessidades.

Figura 4.4 – Operações entre camadas envolvendo duas entradas.



4.4 – Operações entre Camadas com Duas Entradas

As operações entre camadas com duas entradas a serem tratadas são a **Soma**, a **Diferença**, a **Interseção** e a **Atribuição por Localização**.

- Soma •

Esta operação tem por propriedade compor uma camada de saída, resultante da conexão de duas ou mais camadas de entrada. Seu emprego é particularmente útil quando se deseja juntar dois ou mais mapas que originalmente encontram-se separados. Ressalta-se que as camadas de entrada e a de saída deverão ter o mesmo tipo de geometria, ou seja, todas são do tipo ponto, linha ou polígono. A figura 4.5 fornece a interpretação geométrica da operação.

Atenção especial deve ser dada em relação ao que acontece com os atributos gerados na camada de saída, identificando-se duas situações distintas:

I. Os atributos das camadas de entrada são iguais

Neste caso a saída terá os mesmos atributos das entradas. Exemplificando, suponha-se que existem duas camadas de entrada **A** e **B** representando os Estados da Paraíba e de Pernambuco, respectivamente. Os atributos de cada uma dessas camadas são: **Nome_Estado**; **Pop** (Pessoas residentes); **Pop_H** (Homens residentes); **Pop_M** (Mulheres residentes). A Soma das duas camadas é a saída **C**, representando o conjunto Paraíba-Pernambuco, com os atributos de **A** e **B**, conforme mostrado na figura 4.6.

Figura 4.5 – Operação Soma.

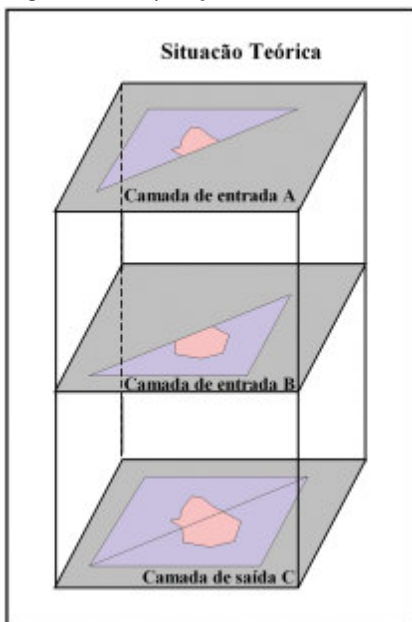
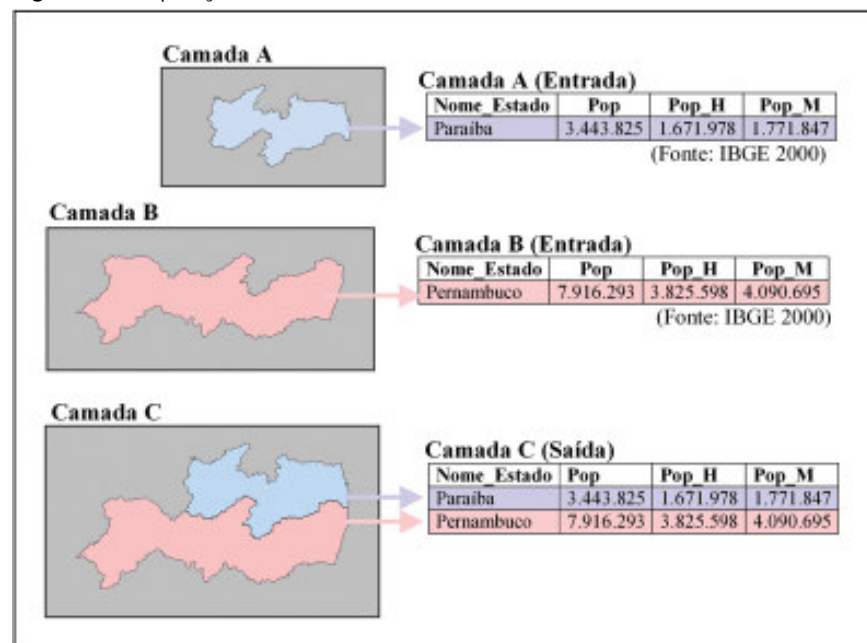


Figura 4.6 – Operação Soma com atributos coincidentes.



II. Os atributos das camadas de entrada são diferentes

Neste caso a saída terá os atributos de somente uma das entradas que deve ser previamente escolhida. Exemplificando, suponha-se que existem duas camadas de entrada **A** e **B** representando os Estados da Paraíba e de Pernambuco, respectivamente. Os atributos da camada **A** são: **Nome_Estado**; **Pop_H** (Homens residentes). Os atributos da camada **B** são: **Nome_Estado**; **Pop_M** (Mulheres residentes). Definindo-se que a camada de saída conterà os atributos de **B**, a Soma das duas camadas é a saída **C**, representando o conjunto Paraíba-Pernambuco. Convém observar que como o campo **Pop_M** (Mulheres residentes) não existe na camada **A**, este será preenchido com o valor zero na linha correspondente da camada de saída **C**. Essa operação é mostrada na figura 4.7.

Figura 4.7 – Operação Soma com atributos diferentes.

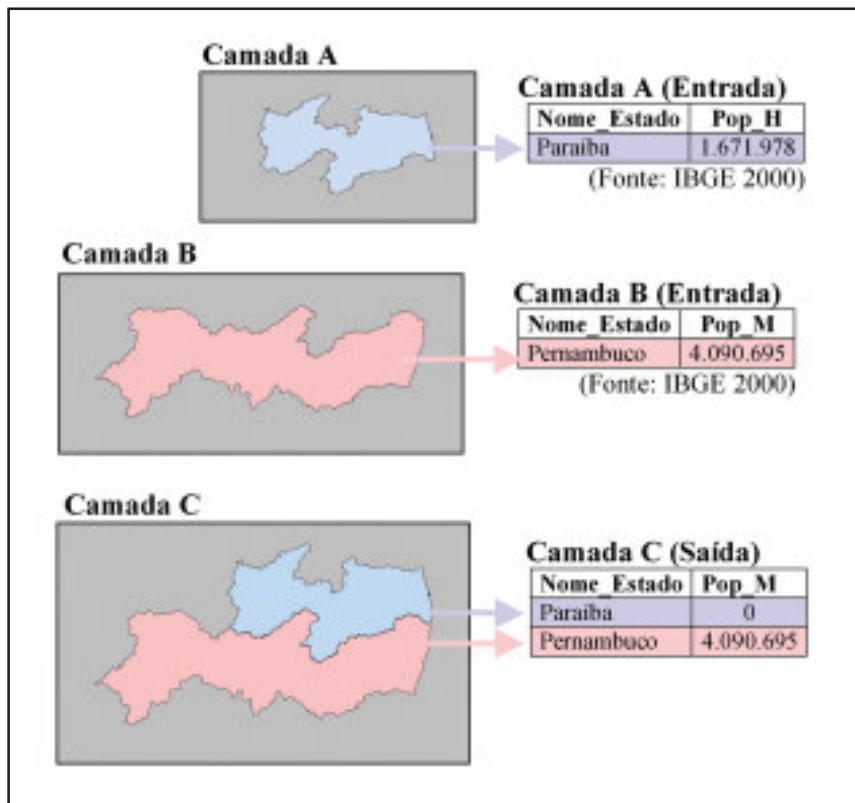
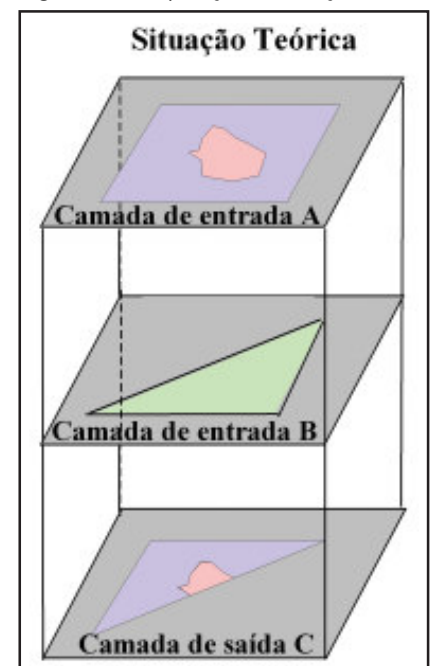


Figura 4.8 – Operação Diferença.



- Diferença •

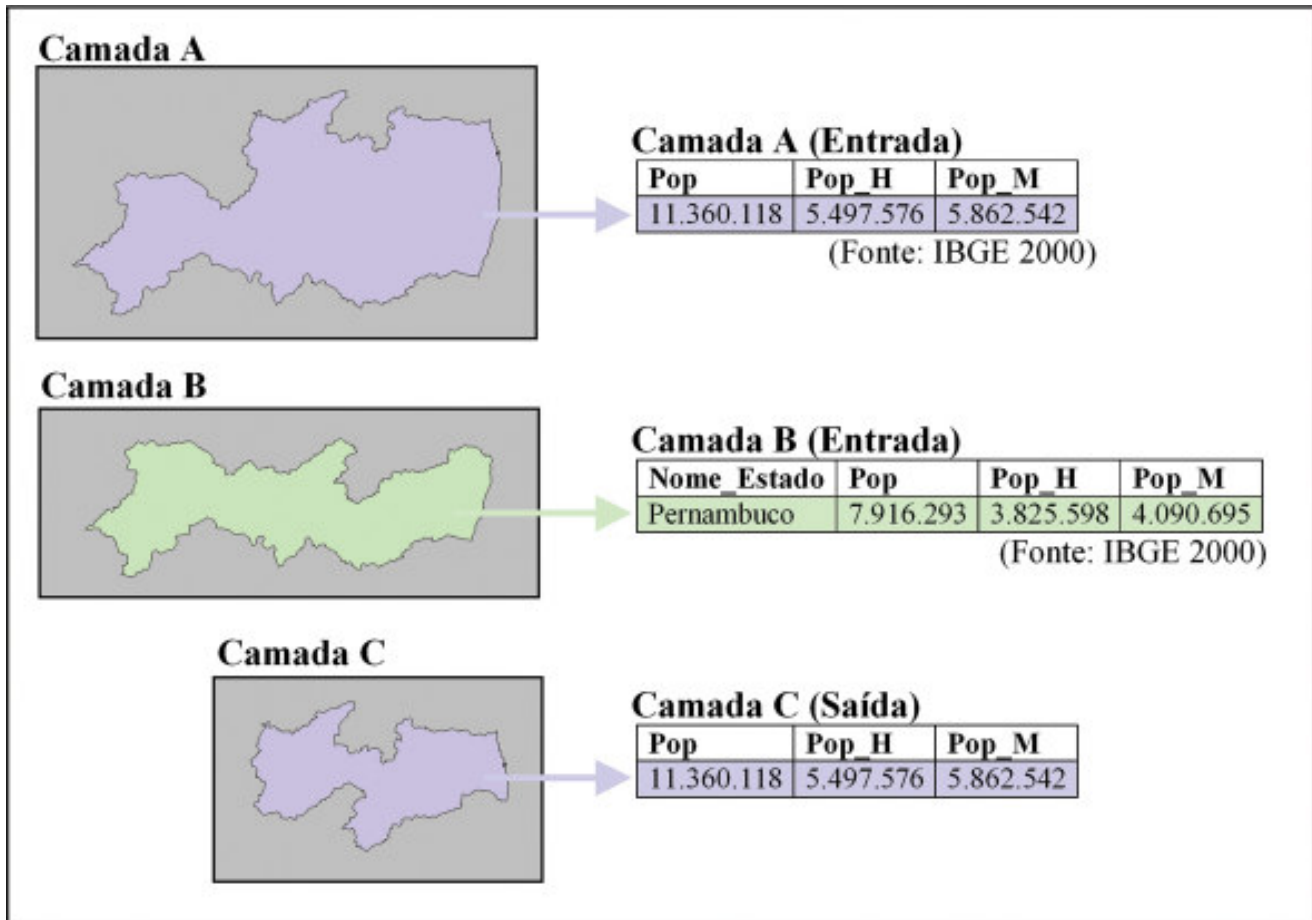
Esta operação tem por propriedade compor uma saída, resultante da subtração de uma camada de entrada mais abrangente por outra menos abrangente. Assim, é criado um mapa com feições que existem na camada mais abrangente, excluídas as que existem na camada menos abrangente. **Ressalta-se que as camadas de entrada e a de saída deverão ser do tipo polígono.** A figura 4.8 fornece a interpretação geométrica da operação.

Atenção especial deve ser dada em relação ao que acontece com os atributos gerados na camada de saída, identificando-se duas situações distintas:

I. A camada mais abrangente contém uma única feição

Neste caso a saída terá os mesmos atributos da camada mais abrangente. Exemplificando, suponha-se que existem duas camadas **A** e **B** representando o conjunto Paraíba-Pernambuco e o Estado de Pernambuco, respectivamente. Os atributos da camada **A** são **Pop** (Pessoas residentes), **Pop_H** (Homens residentes) e **Pop_M** (Mulheres residentes). Os atributos da camada **B** são **Nome_Estado**; **Pop** (Pessoas residentes), **Pop_H** (Homens residentes) e **Pop_M** (Mulheres residentes). A Diferença das duas camadas é a saída **C**, representando o Estado da Paraíba com os atributos de **A**, ou seja, com atributos que não lhe correspondem, conforme mostrado na figura 4.9.

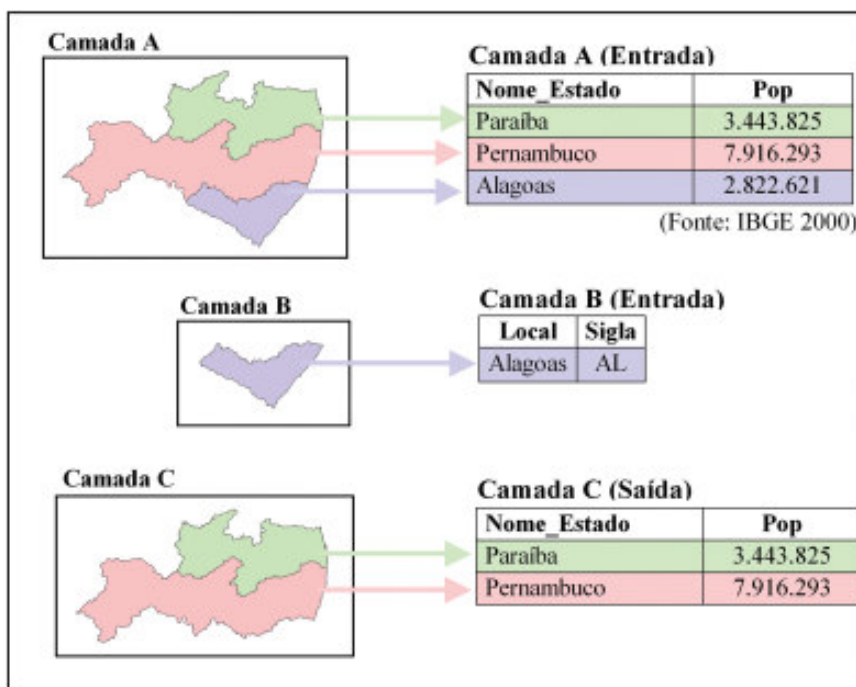
Figura 4.9 – Operação Diferença com uma feição na camada de entrada.



II. A camada mais abrangente contém mais de uma feição

Neste caso a saída também terá os mesmos atributos da camada mais abrangente. Exemplificando, suponha-se que existem duas camadas **A** e **B** representando os Estados Paraíba-Pernambuco-Alagoas e o Estado de Alagoas, respectivamente. Os atributos da camada A são **Nome_Estado** e **Pop** (Pessoas residentes). Os atributos da camada B são Local e Sigla. A diferença das duas camadas é a saída C, representando os Estados Paraíba-Pernambuco com os atributos de A, ou seja, com valores de atributos que lhe correspondem, conforme mostrado na figura 4.10.

Figura 4.10 – Operação Diferença com mais de uma feição na camada de entrada.

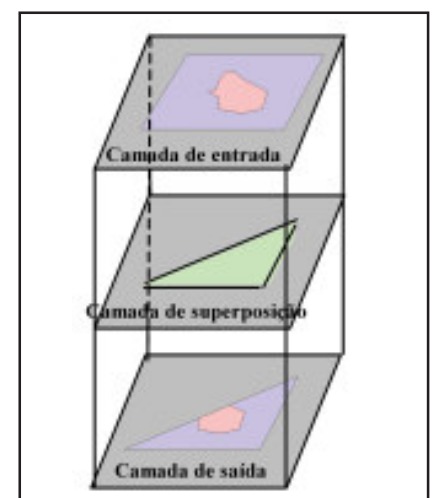


• Interseção •

Esta operação tem por propriedade compor uma camada de saída, constituída por feições que são comuns às duas camadas de entrada. Uma dessas pode receber o nome de camada de superposição, conforme mostrado na figura 4.11.

Sobre a camada de entrada e a de superposição, identifica-se que a primeira pode ter geometria do tipo ponto, linha ou polígono e que a segunda será sempre do tipo polígono. Sobre a camada de saída, observa-se que terá sempre a geometria da camada que não a da sobreposição.

Figura 4.11 – Interseção.

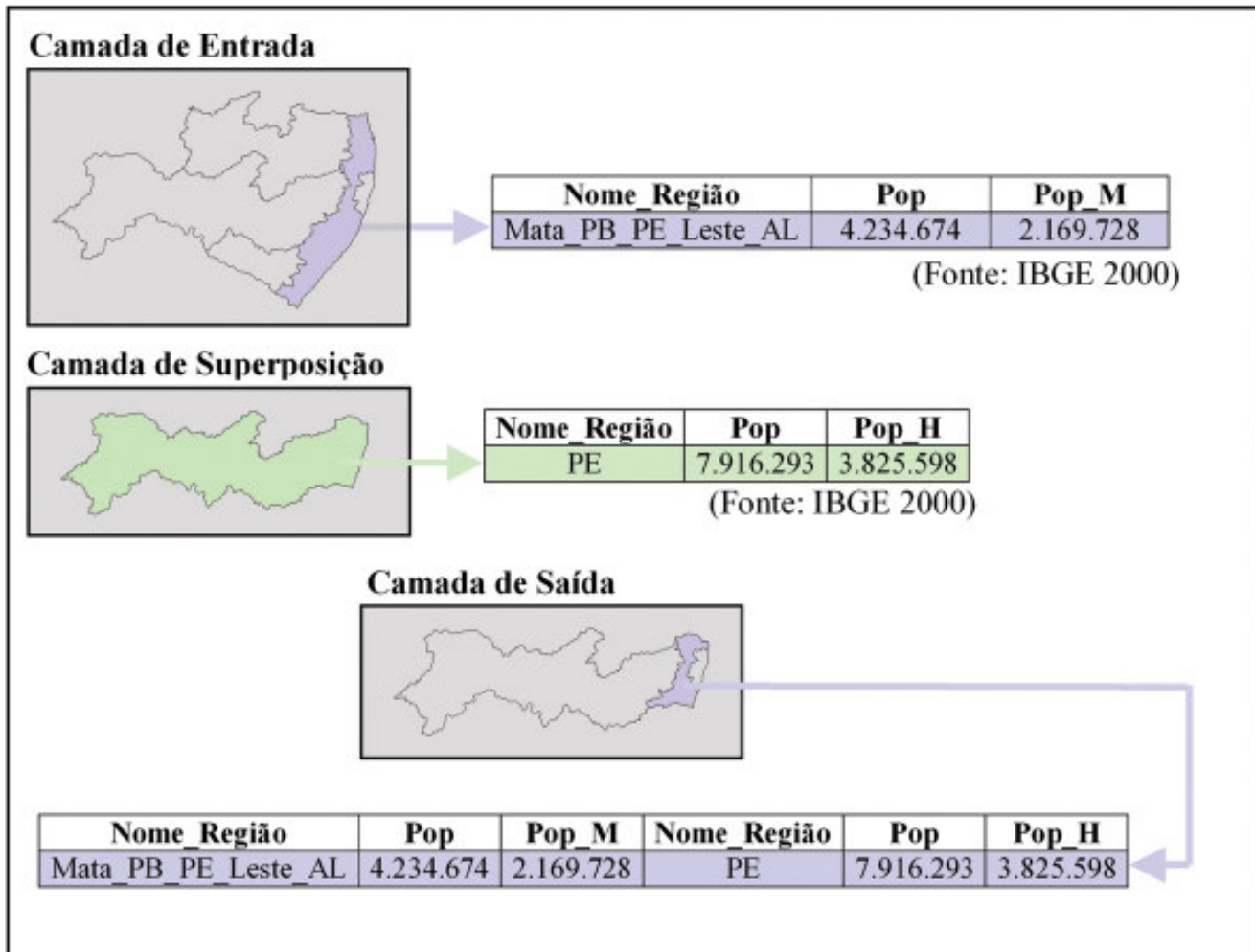


Atenção especial deve ser dada em relação ao que ocorre com os atributos gerados na camada de saída, nela três situações distintas podem acontecer:

I. A camada de entrada é do tipo polígono e a camada de superposição é composta por um único polígono

Neste caso a camada de saída conterá os atributos da camada de entrada e da camada de superposição. Considere-se, por exemplo, uma camada de entrada **A** formada pelo conjunto Mata_PB_PE_Leste_AL correspondente à Zona da Mata Paraibana, Zona da Mata Pernambucana e Leste Alagoano e uma camada de superposição **B** formada pelo Estado de Pernambuco. Os atributos da camada **A** são **Nome_região** (Nome da região, **Pop** (População residente) e **Pop_M** (Mulheres residentes). Os atributos da camada **B** são **Nome_Região**, **Pop** (População residente) e **Pop_H** (Homens residentes). A interseção das duas camadas será a camada de saída **C**, materializada por parte da camada **A** contida no Estado de Pernambuco, conforme mostrado na figura 4.12.

Figura 4.12 – Interseção com camada de superposição composta por único polígono.

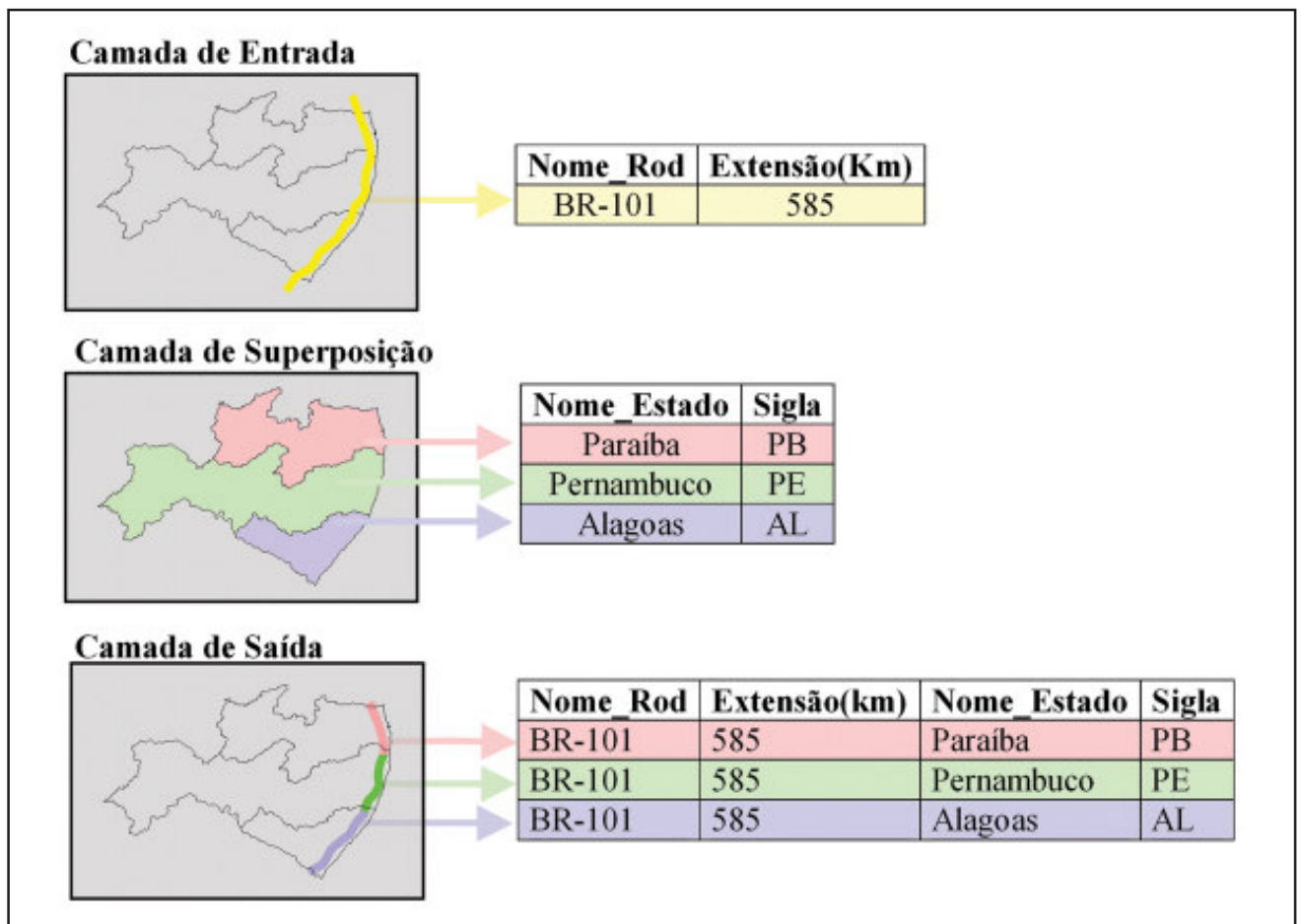


Ainda sobre a figura 4.12, valem as seguintes observações: *i)* a camada de entrada corresponde somente à região que está na cor azul, o contorno dos Estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas é mostrado somente para facilitar o entendimento, o mesmo acontecendo com a camada de saída no que diz respeito ao contorno do Estado de Pernambuco; *ii)* **os valores dos atributos da camada de saída não dizem respeito diretamente a ela, sugerindo-se que sejam atualizados.**

II. A camada de entrada é do tipo linha e a de superposição composta por vários polígonos

Neste caso a camada de saída conterá os atributos da camada de entrada e da camada de superposição. Considere-se, por exemplo, uma camada de entrada **A** formada por um trecho da BR 101. Considere-se uma camada de superposição **B** formada pelos Estados da Paraíba, de Pernambuco e de Alagoas. A interseção das duas camadas será a camada de saída **C**, materializada por trechos da BR-101 contidos em cada um dos estados da camada de entrada, conforme mostrado na figura 4.13.

Figura 4.13 – Interseção com camada de entrada do tipo linha e de superposição com vários polígonos.

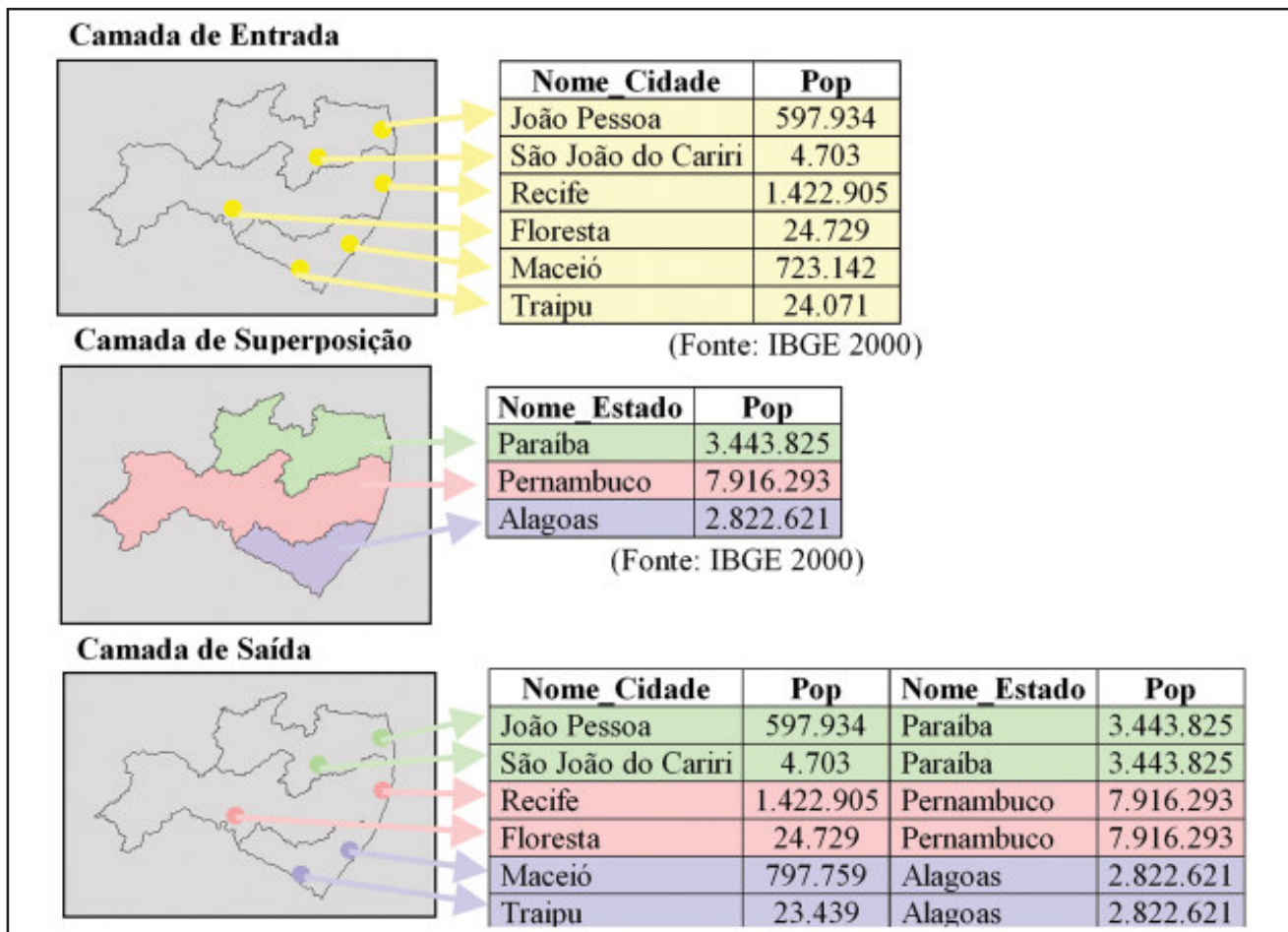


Ainda sobre a figura 4.13, valem as seguintes observações: *i)* a camada de entrada corresponde somente à linha que está na cor amarela, o contorno dos Estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas é mostrado somente para facilitar o entendimento, o mesmo acontecendo com a camada de saída no que diz respeito ao contorno destes estados; *ii)* os valores do atributo **Extensão(Km)** da camada de saída não diz respeito a ela, sugerindo-se que sejam atualizados.

III. A camada de entrada é do tipo ponto e a de superposição composta por vários polígonos

Neste caso a camada de saída conterá os atributos da camada de entrada e da camada de superposição. Considere-se, por exemplo, uma camada de entrada **A** formada por seis cidades da região nordeste. Considere-se uma camada de superposição **B** formada pelos Estados da Paraíba, de Pernambuco e de Alagoas. A interseção das duas camadas será a camada de saída **C**, materializada pelas mesmas cidades, agora inseridas dentro de cada um dos estados da camada de superposição, conforme mostrado na figura 4.14.

Figura 4.14 – Interseção com camada de entrada do tipo ponto e de superposição com vários polígonos.



Ainda sobre a figura 4.14, valem as seguintes observações: *i*) a camada de entrada corresponde somente aos pontos que estão na cor amarela, o contorno dos Estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas é mostrado somente para facilitar o entendimento, o mesmo acontecendo com a camada de saída no que diz respeito ao contorno destes estados; *ii*) o atributo **Pop** (Pessoas residentes) na camada de saída aparece duas vezes, na primeira se relaciona com a camada de entrada e na segunda com a camada de superposição.

• Atribuição por Localização •

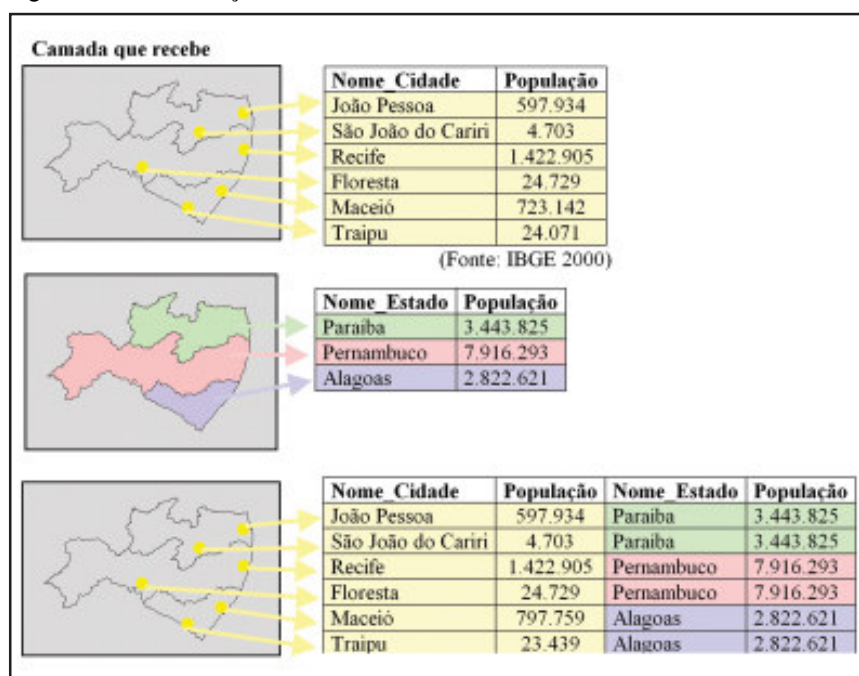
Esta operação tem por propriedade associar os atributos de uma camada de entrada aos da outra camada de entrada. A associação é efetuada a partir de uma relação espacial entre ambas, levando em consideração o compartilhamento das camadas no mesmo espaço geográfico. Seu emprego é particularmente útil quando se deseja saber que feições de uma camada esta dentro, intercepta, cruza ou é coberta pelas feições da outra camada.

Alguns programas de SIG prevêem duas situações para Atribuição por Localização que são a Distribuição e a Coleta.

I. Distribuição

A Distribuição tem analogia com a operação de Interseção, sem contudo criar uma camada de saída. Aqui são definidas duas camadas de entrada e também qual delas recebe os atributos e em qual delas passam os atributos. O resultado da operação é a inserção dos atributos da camada que passa na camada que recebe, desde que as feições de ambas tenham uma relação espacial. Considere-se, por exemplo, a mesma situação mostrada na figura 4.15, onde a primeira camada de entrada é formada por seis cidades da região nordeste e a segunda camada de entrada formada pelos Estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Definindo-se que a primeira camada recebe os atributos da segunda, pela relação espacial **está dentro**, será possível identificar quais cidades pertencem a quais estados, conforme mostrado na figura 4.15.

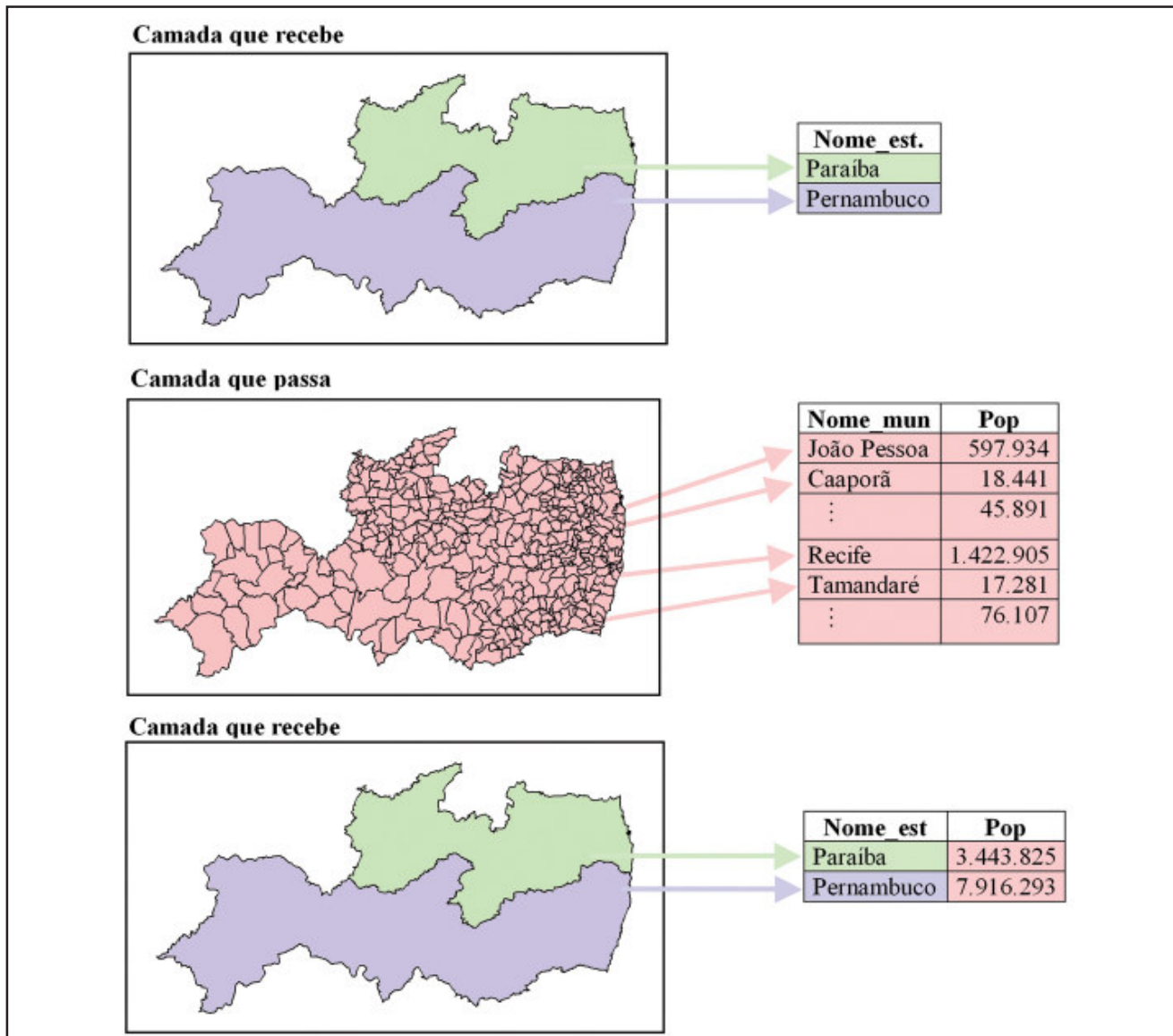
Figura 4.15 – Distribuição.



II. Coleta

A Coleta tem analogia com a operação de Agregação, sem contudo criar uma camada de saída. Aqui também são definidas duas camadas de entrada, qual delas recebe os atributos e em qual delas passam os atributos. O resultado da operação é a uma função estatística (somatório, média, maior valor, menor valor, etc) realizada nos atributos da camada que passa para a que recebe, desde que as feições de ambas tenham uma relação espacial. Considere-se, por exemplo, uma primeira camada formada pelos Estados da Paraíba e Pernambuco, com o atributo **Nome_Estado**, e uma segunda formada pelos municípios destes estados com o atributo **Pop** (Pessoas residentes). Definindo-se que a primeira camada recebe o somatório do atributo **Pop** da segunda, pela relação **está dentro**, será possível identificar a população de cada um dos estados, conforme mostrado na figura 4.16.

Figura 4.16 – Coleta.



4.5 - Uso de Imagens de Satélite em Saúde Pública

O uso de imagens de satélite para caracterizar variáveis ambientais de interesse em estudos epidemiológicos vem despertando crescente interesse, particularmente nos estudos sobre a dinâmica e distribuição de doenças infecciosas transmitidas por vetores (Correia et al., 2004). Estas imagens são obtidas utilizando-se tecnologias de sensoriamento remoto (SR), que permitem a aquisição de dados sobre a superfície terrestre por meio de sensores localizados em satélites meteorológicos e ambientais. Utilizando-se as características espaciais, temporais e espectrais dos sensores, pode-se monitorar, de forma sistemática e regular, as condições terrestres, fornecendo grandes quantidades de dados climáticos e acerca da cobertura vegetal e uso do solo. Essas informações podem ser usadas para mapear potenciais *habitats* de insetos vetores de doenças, avaliar como o risco para certas doenças varia no tempo e no espaço, prever alterações na população de vetores e reservatórios de infecção através do monitoramento das mudanças ambientais, e planejar programas de controle indicando as áreas de maior e menor risco para doenças.

Entre os fatores ambientais mais relacionados às endemias causadas por vetores e passíveis de observação a partir de plataformas espaciais destacam-se: temperatura, água, umidade do solo, condições da cobertura vegetal, desflorestamento, características urbanas, cor do oceano e topografia (Beck et al., 2000).

O **sensoriamento remoto** (SR) mede essencialmente a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre em comprimentos de onda distintos e específicos do espectro eletromagnético. As seguintes características fazem do SR uma ferramenta singular:

- Os sensores a bordo dos satélites são projetados para operar em diferentes porções do espectro eletromagnético (ultravioleta, visível, infravermelho e microondas) fornecendo dados multiespectrais. Essa característica do sensor é conhecida como resolução espectral e se refere à sua capacidade de discriminar e caracterizar com maior acurácia os alvos sobre a superfície terrestre. Como os alvos respondem diferentemente a cada uma das regiões do espectro eletromagnético, utilizam-se essas informações para caracterizá-los. Por exemplo, numa área de vegetação observa-se um valor alto de refletância na região do infravermelho próximo e um valor baixo na banda relativa ao vermelho visível. Na figura 4.17 observa-se uma região incluindo a Cidade de Teresina, Piauí, caracterizada por uma combinação multiespectral (bandas 3, 4 e 5 do espectro eletromagnético obtidas pelo sensor Thematic Mapper – TM - a bordo do satélite Landsat) e também por cada uma delas separadamente.

Sensoriamento remoto é o processo de obtenção de informação sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um equipamento que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno investigado.

- Os sensores dos satélites possuem também diferentes resoluções espaciais. A resolução espacial pode ser entendida como a menor área de terreno possível de ser individualizada. Essa característica pode ser observada na figura 4.18, que apresenta uma imagem de alta resolução (IKONOS) e uma de resolução inferior (CBERS).

- Uma terceira característica é a resolução temporal, que está associada ao intervalo mínimo de tempo entre duas passagens do satélite sobre o mesmo ponto da terra. Essa propriedade permite obter imagens da mesma região em intervalos de tempo regulares possibilitando observar mudanças e entender onde, quando e como o ambiente está sendo alterado. A figura 4.19 mostra as mudanças ambientais observadas na região que engloba a Cidade de Teresina, Piauí, a partir de duas estratégias. A primeira compara duas imagens multiespectrais obtidas em anos diferentes (1990 e 2000). Observa-se expansão da área construída (tons de roxo e lilás) principalmente nas periferias da cidade. A segunda estratégia compõe em uma única imagem a banda 3 do espectro eletromagnético obtida em 1990 e 2000. Colorindo-se de forma diferente as bandas de cada ano (verde-azul em 1990 e vermelho em 2000) pode-se perceber com clareza a expansão urbana.

- O custo é baixo quando comparado a coletar informações por visitas a campo. Existem imagens disponíveis sem custo, como as dos satélites TERRA, CBERS e NOAA.

O quadro 4.1 apresenta os principais satélites e a resolução de seus sensores. A escolha das imagens em cada estudo deve buscar um compromisso entre resolução espacial, espectral, temporal, tendo em vista os objetivos específicos da aplicação desejada. Por exemplo, estudos sobre doenças com transmissão focal, como a leishmaniose visceral, poderão se beneficiar do uso de imagens obtidas por satélites de mais alta resolução espacial. Por outro lado, sensores com menor resolução espacial e maior resolução temporal podem ser úteis no monitoramento de transformações ambientais para avaliação de risco de ocorrências de doença em nível regional ou continental. Sensores desse tipo, como o AVHRR a bordo do satélite NOAA, têm sido utilizados em investigações sobre malária e tripanossomíase africana (doença do sono) na África (Thomson et al., 1997; Hendrickx et al, 1999). O quadro 4.2 descreve algumas aplicações utilizando sensoriamento remoto para mapear vetores de doença. Uma descrição mais completa e crítica, voltada a realidade brasileira, pode ser encontrada em Correia et al., (2004).

Ao investigar uma doença específica, uma questão relevante a ser definida é quais fatores ambientais devem ser identificados através das imagens de satélite. Para a esquistossomose, por exemplo, o mapeamento de coleções de água nas periferias urbanas pode ser uma potencial aplicação do SR. Já para a leptospirose urbana, deseja-se a identificação de regiões planas, próximas a depósitos de lixo e áreas inundáveis (Correia et al., 2004).

A simples visualização das imagens já pode ser informativa para identificação de padrões relevantes para ocorrência de doenças. Entretanto, algumas técnicas aplicadas à imagem, baseadas nas respostas espectrais, podem gerar novas informações e contribuir para realçar características ambientais.

A operação de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), por exemplo, gera informação sobre a vegetação em forma de uma imagem, podendo ser relacionada à presença de vetores de doenças. Essa operação é muito utilizada nos estudos que buscam relacionar ambiente e doença, pois a presença ou ausência de cobertura vegetal é fundamental na manutenção do ciclo biológico de vetores e agentes infecciosos, uma vez que a vegetação responde rapidamente à alteração de outras variáveis ambientais como a precipitação, temperatura e umidade (Hay et al., 1996).

Operações de classificação de imagem utilizam dados multiespectrais para gerar uma camada de informação, denominado mapa temático, em que cada tema está associado a uma cor e representa um tipo de uso do solo. A Figura 4.20 mostra o resultado de um processo de classificação de imagem da área urbana de Teresina, Piauí, em que 11 classes de uso do solo foram definidas.

Utilizando-se algumas operações de SIG, é possível sobrepor os dados de localização de casos de doenças a uma malha de setores censitários, a um mapa temático ou a uma imagem obtida por NDVI. O resultado é a integração de informações sobre ocorrência de doenças com dados censitários (sóciodemográficas) e alguns índices “ambientais” para cada setor, como por exemplo, índices de urbanização e de vegetação (Werneck et al., 2006).

As principais etapas envolvidas no processamento de imagens de satélite são:

- Registro da imagem e correção geométrica: para integrar imagens de diferentes períodos ou diferentes sensores é necessário proceder ao registro de imagem, que se refere ao ajuste dos sistemas de coordenadas de duas imagens de uma mesma área, utilizando-se um dos sistemas como referência.
- Restauração de imagem: as técnicas de restauração visam corrigir a degradação radiométrica a fim de recuperar características da imagem original. Como resultado se obtém imagens com menos ruído e com maior nível de detalhes.
- Fusão de Imagens: a operação de fusão tem por objetivo principal integrar informação de diferentes sensores, a fim de se obter uma imagem com melhor resolução espacial e espectral.
- Segmentação: a segmentação é uma operação que subdivide a imagem em regiões que apresentam propriedades espectrais semelhantes. Esse procedimento é útil como etapa preliminar ao processo de classificação (ver adiante).
- Classificação supervisionada: a classificação supervisionada é aquela que necessita de um treinamento no qual o usuário determina, por meio de

amostras, as características do objeto que se quer mapear. Assim, o usuário deve, a partir de informações de campo, fornecer informações a priori sobre quais classes deseja-se identificar e a localização na imagem em que alguns exemplos destas classes podem ser identificados.

- Classificação não supervisionada: as classes não são definidas *a priori* mas através de procedimentos computacionais. Nesse caso, uma operação de rotulação das classes identificadas após a classificação se faz necessária.

Quadro 4.1 – Características espectrais, espaciais, temporais dos sensores de alguns satélites

S A T É L I T E	SENSOR	B A N D A S	Faixa Espectral (μm)	Região espectral	Resolução		Cena (km)
					Espacial (m)	Temporal (dias)	
NOAA*	AVHRR	1	0,58 – 0,68	VIS	1100 (nadir)	0,5	833
		2	0,72 - 1,10	NIR			
		3	3,55 – 3,93	MIR			
		4	10,30 – 11,30	TIR			
		5	11,50 – 12,50	TIR			
LANDSAT	TM, ETM+	1	0,45 – 0,52	BLUE	30	16	185
		2	0,52 – 0,60	GREEN			
		3	0,63 – 0,69	RED			
		4	0,76 – 0,90	NIR			
		5	1,55 – 1,75	MIR			
		6	10,4 – 12,5	TIR			
	ETM+	7	2,08 – 2,35	MIR	30		
	8	0,52 – 0,90	PAN	15			
CBERS*	CCD	1	0,45 – 0,52	BLUE	20	26 (Nadir) 3 dias (~32°)	120
		2	0,52 – 0,59	GREEN			
		3	0,63 – 0,69	RED			
		4	0,77 – 0,89	NIR			
		5	0,51 – 0,73	PAN			
	IR-MSS	1	0,50 – 1,10	PAN	80 e 160 (TIR)	26	120
		2	1,55 – 1,75	MIR			
		3	2,08 – 2,35	MIR			
		4	10,04 – 12,05	TIR			
	WFI	1	0,63 – 0,69	RED	260	3-5	900
2		0,77 – 0,89	NIR				
IKONOS		1	0,45 – 0,52	BLUE	4	1-3	11 Nadir
		2	0,52 – 0,61	GREEN			
		3	0,64 – 0,72	RED			
		4	0,77 – 0,88	NIR			
		5	0,45 – 0,90	PAN	1		

RED : vermelho; **GREEN**: verde; **BLUE**: azul; **MIR**: *Middle Infrared* – infravermelho médio; **NIR**: *Near Infrared* - infravermelho próximo; **PAN**: pancromática; **TIR**: *Thermal Infrared* – infravermelho termal; **VNIR**: *Visible Near Infrared* – infravermelho próximo

** As imagens CBERS, NOAA estão disponíveis sem custo. O satélite Terra não foi incluído na tabela devido ao grande número de sensores/bandas/resoluções, mas suas imagens estão disponíveis sem custo. Uma tabela mais completa pode ser encontrada em Correia et al. (2004).

Quadro 4.2 – Algumas doenças, seus vetores, local e sensor utilizado no estudo.

Doença	Vetor	Localização	Sensor
Dracunculiasis	<i>Cyclops</i> spp.	Nigéria	TM
Filariose	<i>Culex pipiens</i>	Egito	AVHRR
Leishmaniose	<i>Phlebotamus papatasi</i>	SW Asia	AVHRR
Malária	<i>Anopheles albimanus</i>	México	TM
	<i>Anopheles albimanus</i>	Belize	SPOT
	<i>Anopheles</i> spp.	Gambia	AVHRR, Meteosat
Febre Rift Valley	<i>Aedes & Cx.</i> spp.	Kenya	AVHRR
	<i>Cx.</i> spp	Kenya	TM,SAR
Esquistossomose	<i>Biomphalaria</i> spp.	Egito	AVHRR
Tripanosomíases	<i>Glossina</i> spp.	Kenya	AVHRR, TM

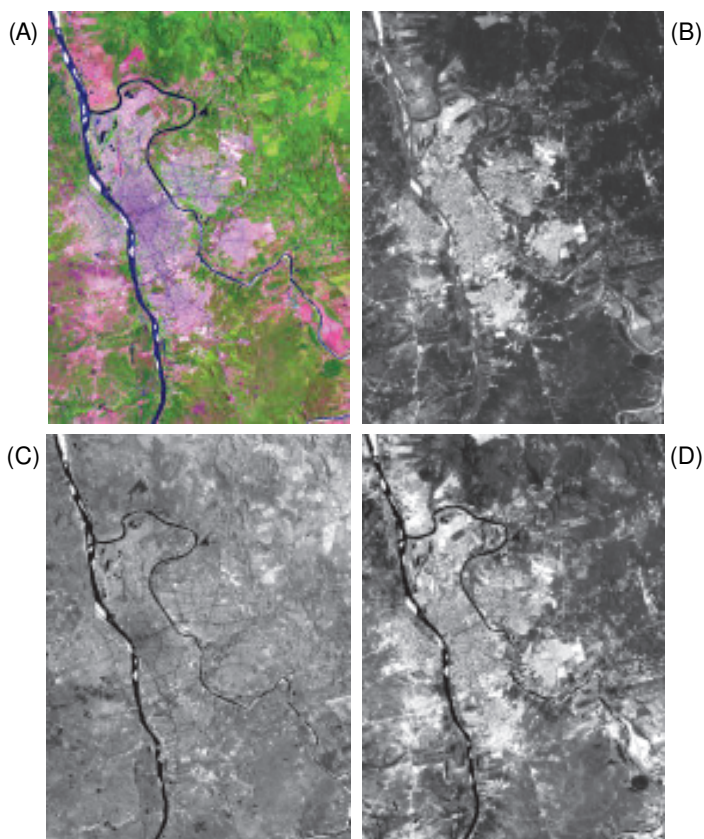


Figura 4.17 – (A) Imagem multispectral composta pelas bandas 3,4 e 5 do espectro eletromagnético. (B) Banda 3. (C) Banda 4. (D) Banda 5. Imagens de região englobando a cidade de Teresina, Piauí, obtida pelo sensor Thematic Mapper a bordo do satélite Landsat, 1990.

Figura 4.18 – (A) Imagem CBERS, CCD, multispectral com resolução de 20 metros e (B) imagem IKONOS, multispectral com resolução de 4 metros

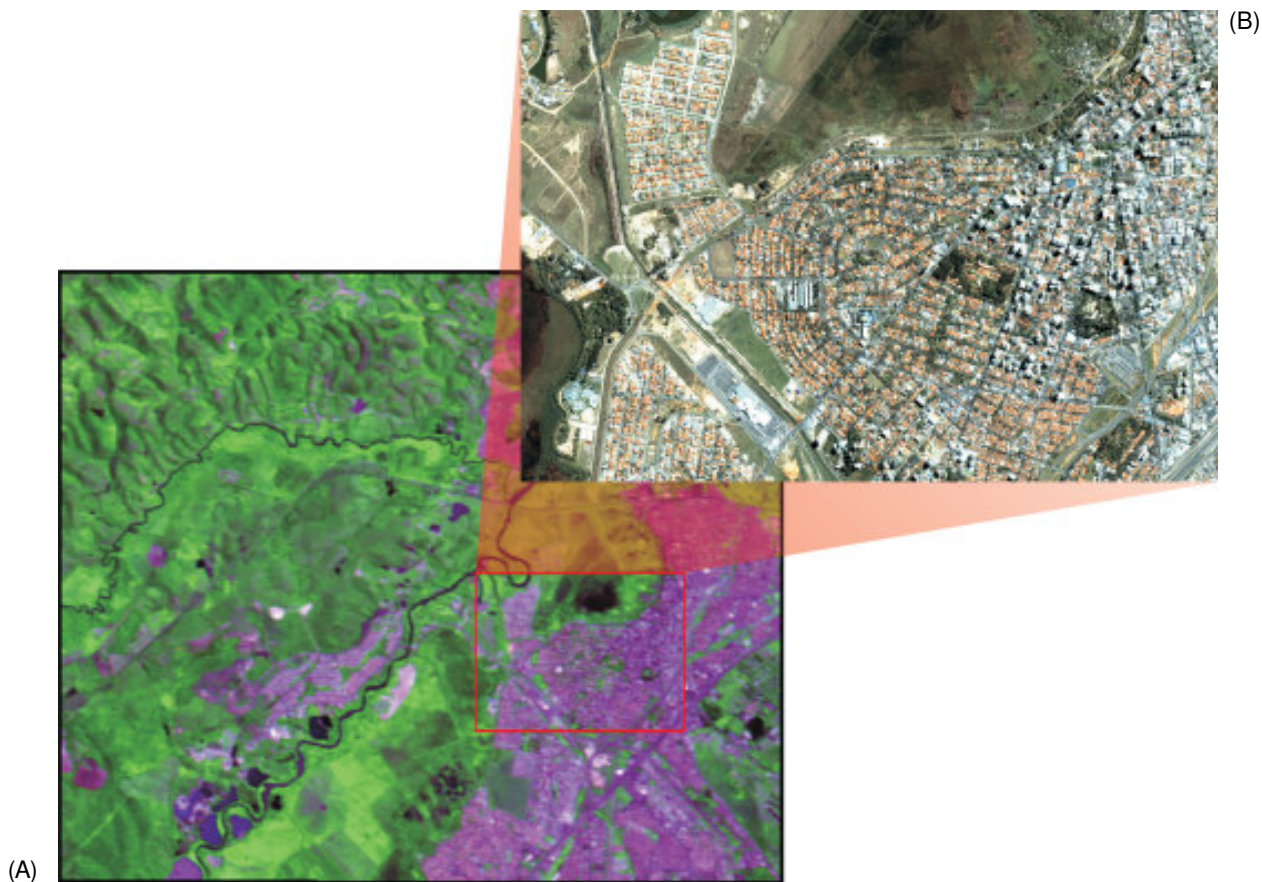


Figura 4.19 – (A) Imagem TM de Teresina, multispectral (banda 3,4,5), ano 1990. (B) Imagem TM de Teresina, multispectral (banda 3,4,5), ano 2000. (C) Imagem multispectral utilizando a banda 3 dos anos de 2000 e 1990. A banda 3 do ano 2000 foi associada ao vermelho, a banda 3 de 1990 foi associada ao verde e azul. As áreas vermelhas indicam expansão urbana.

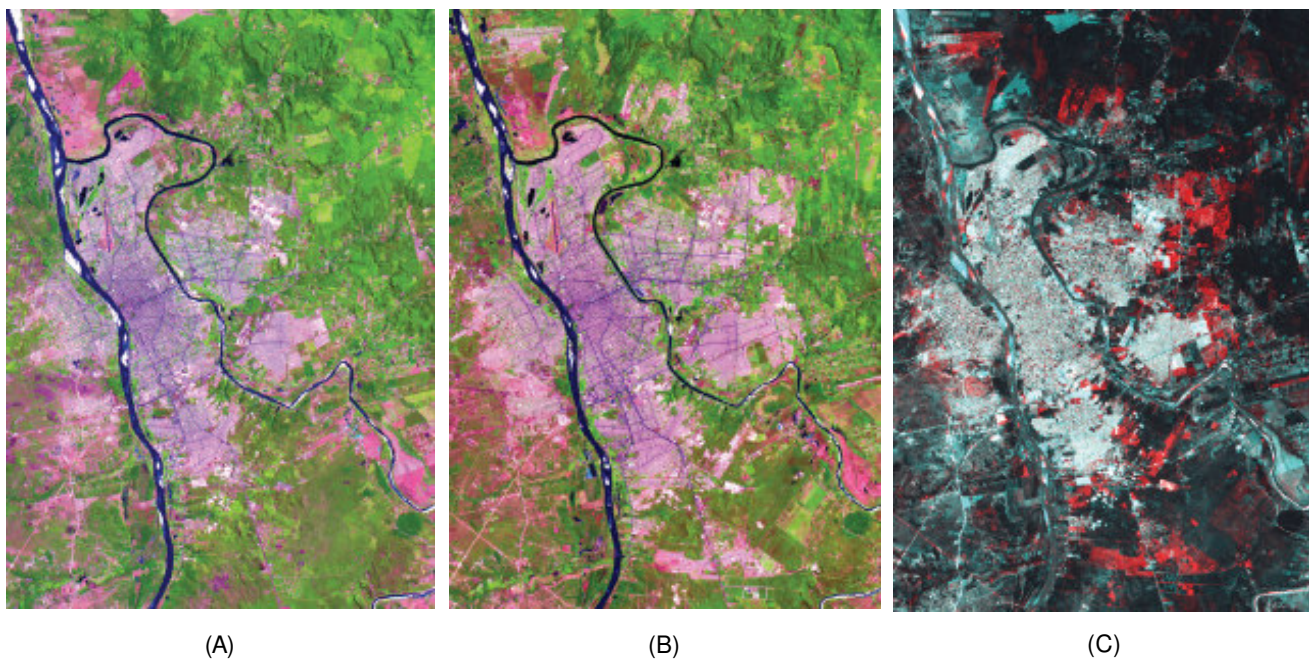
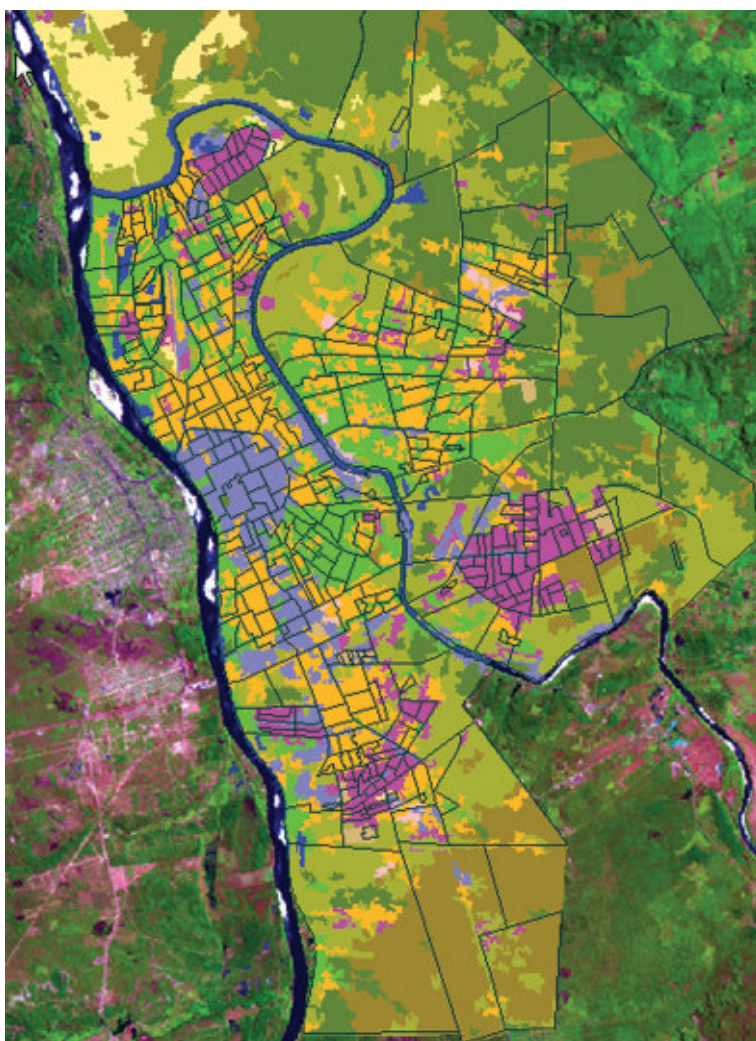


Figura 4.20 – Classes de uso do solo para a área urbana de Teresina, 1990.



- Residencial com vegetação moderada
- Água
- Vegetação densa
- Banco de areia
- Industrial e comercial predominante
- Área recentemente construída e solo descoberto
- Residencial com muita vegetação
- Área agrícola
- Solo exposto
- Residencial esparsa com muita vegetação
- Residencial de alta densidade



Anexos

EXERCÍCIO 1: Análise Espaço-temporal dos Casos de Dengue no Município do Recife - PE em 2002.

Autores: José Constantino Silveira Júnior, Wayner Vieira Souza, Walter M. Ramalho, Reinaldo Souza-Santos

EXERCÍCIO 2: Operações entre Camadas e Visualização de Imagens de Sensores Remotos.

Autores: José Constantino Silveira Júnior e José Luiz Portugal

EXERCÍCIO 3: Mapeamento e Classificação dos Fluxos de Origem e Destino de Pacientes de Hemodiálise, no Estado do Mato Grosso do Sul.

Autora: Evangelina G. X. Oliveira

Anexos:

EXERCÍCIOS

Exercício 1: Análise Espaço-temporal dos Casos de Dengue no Município do Recife - PE em 2002.

pág. 107

Exercício 2: Operações entre Camadas e Visualização de Imagens de Sensores Remotos.

pág. 123

Exercício 3: Mapeamento e Classificação dos Fluxos de Origem e Destino de Pacientes de Hemodiálise, no Estado do Mato Grosso do Sul.

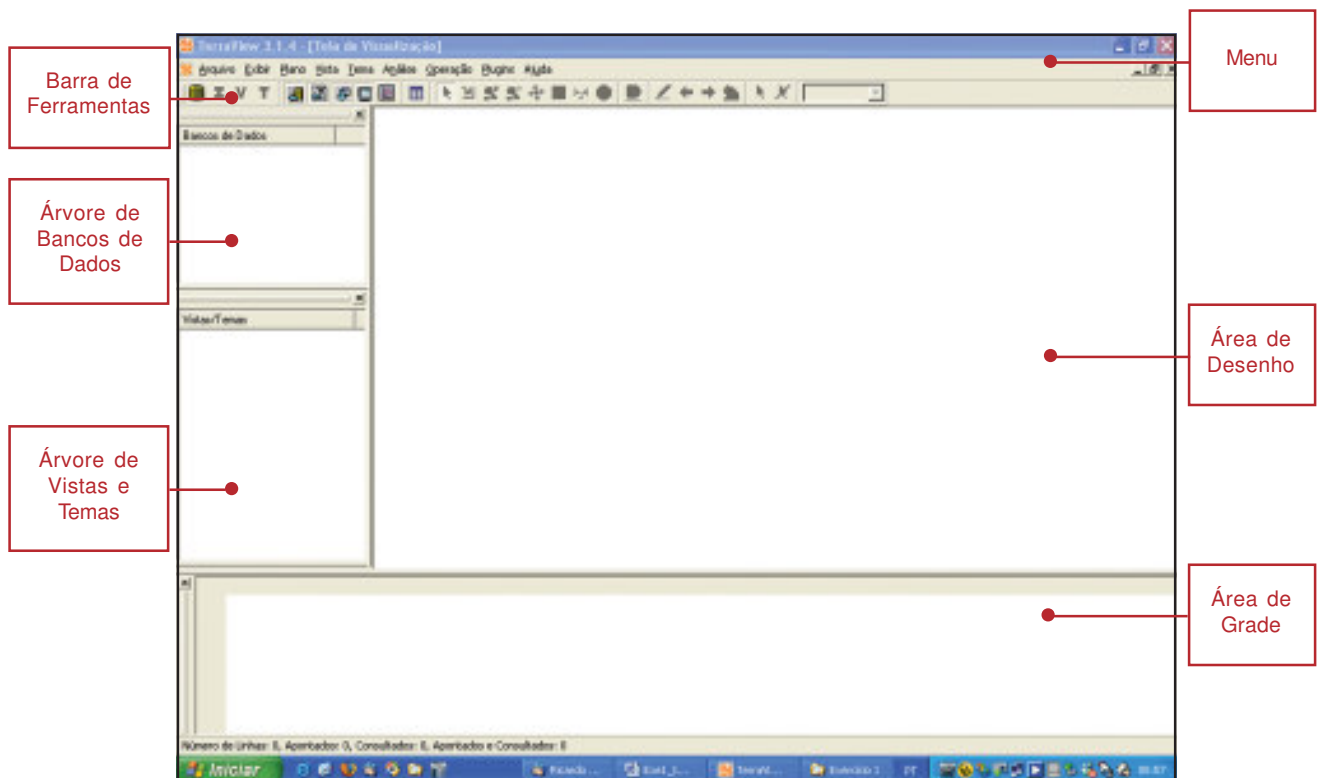
pág. 135

Exercício 1 : Análise Espaço-temporal dos Casos de Dengue no Município do Recife - PE em 2002

1.1 – Introdução

O programa TerraView (Figura 1.1) foi concebido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É um aplicativo voltado para o usuário, que tem por objetivo visualizar dados geográficos e possui capacidade para executar análises estatísticas espaciais, módulos de importação e exportação de dados cartográficos de diferentes extensões e também de conexão a diversos formatos de bancos de dados. Para obter a última versão do programa, o tutorial, e tirar dúvidas no fórum de discussão, acesse a página da Internet: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>.

Figura 1.1 – Tela de entrada do TerraView.



Neste exercício faremos os cálculos para análise espaço-temporal dos casos de dengue notificados no Município do Recife, durante o primeiro semestre do ano de 2002, quando ocorreu uma epidemia.

O objetivo do mesmo é apresentar, de maneira sistemática, técnicas simples de cálculos para a análise de dados espaciais, proporcionadas pela consulta aos dados, visualização de mapas e operações geográficas. Com isso, espera-se contribuir com o processo de aprendizagem e fixação dos conceitos apresentados neste livro.

Como o exercício envolve uma série longa de procedimentos, visando a não torná-lo cansativo ele foi dividido em quatro etapas sucessivas que podem ser realizadas separadamente:

1. Importação de bases de dados utilizando o TerraView (item 1.2);
2. Cálculo de taxas de incidência para análise dos dados (item 1.3);
3. Análise espaço-temporal (item 1.4);
4. Agregação de dados por operação geográfica (1.5).

Dados utilizados no exercício:

Os dados descritos a seguir foram utilizados direta ou indiretamente na elaboração do exercício.

- **Base cartográfica de bairros do Recife** – limites (polígonos) dos bairros do Recife – PE, no ano 2000. Formato: vetorial (extensões: .shp, .dbf e .shx). Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

- **População em 2000** – população residente nos bairros do Recife – PE no ano 2000. Formato: tabular (extensão: .xls). Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 2000.

- **População em 2002** – estimativa da população residente no Município do Recife, em 2002. Formato: tabular (extensão: .xls). Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Estimativa Populacional Municipal de 2002.

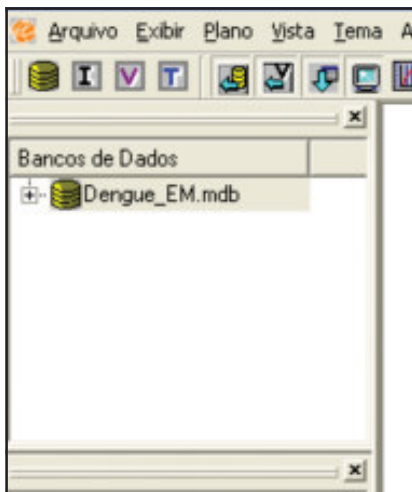
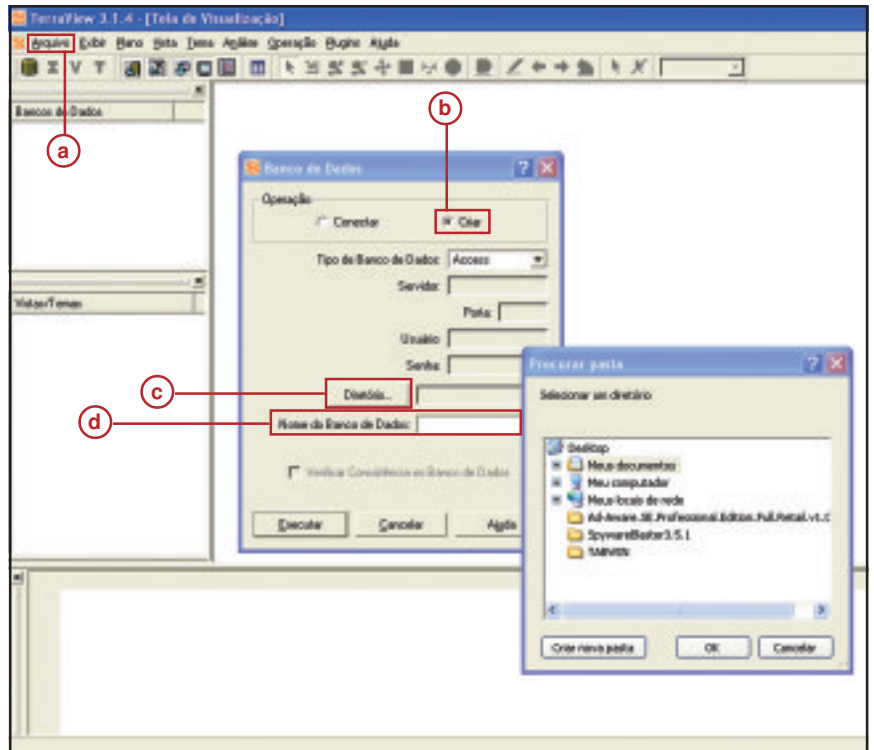
- **Casos de dengue em 2002** – casos de dengue notificados por bairros do Recife - PE em 2002. Formato: tabular (extensão .xls). Fonte: Secretaria de Saúde do Recife.

1.2 – Importação de arquivos para análise no TerraView

A) Importação de base cartográfica (Esquema 1)

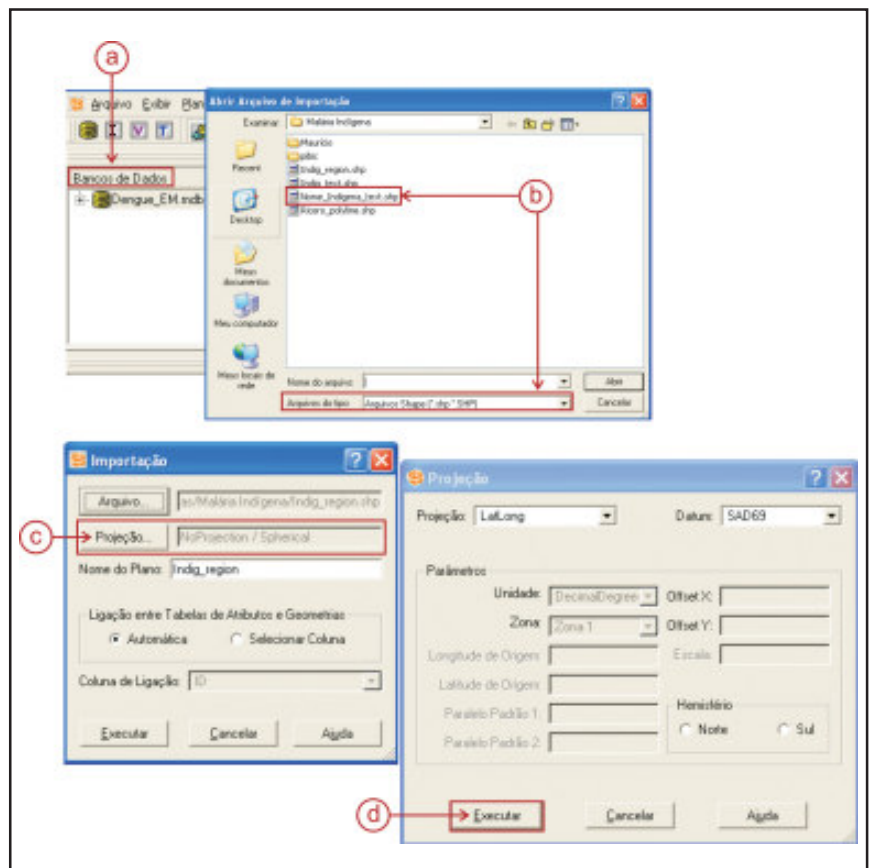
1. O modelo de dados trabalhado no TerraView baseia-se em um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD). Antes de importar, propriamente dita, a base cartográfica, é necessário criar uma “área de trabalho” através da definição de um **novo Banco de Dados** onde serão abrigadas todas as informações, como topologia e atributos das unidades geográficas. Todos os dados, incluindo mapas, são importados para um arquivo **Banco de Dados**, que pode ser suportado em diversos formatos. O aplicativo *Microsoft Access* foi o escolhido neste exemplo;

2. A base cartográfica poderá ser importada para um novo **Banco de Dados** ou para um já existente (independente da projeção utilizada). Os passos para a criação de um **novo Banco de Dados** (Esquema 1) deverão iniciar acessando-se o *menu* (a.) **Arquivo>Banco de Dados**. No submenu **Banco de Dados**, escolha (b.) **Criar**, com o **Tipo de Banco de Dados Access**. (c.) Clique em **Diretório** para escolher onde será criado o novo arquivo de **Banco de Dados** e (d.) digite um nome. Clique em **Executar**.



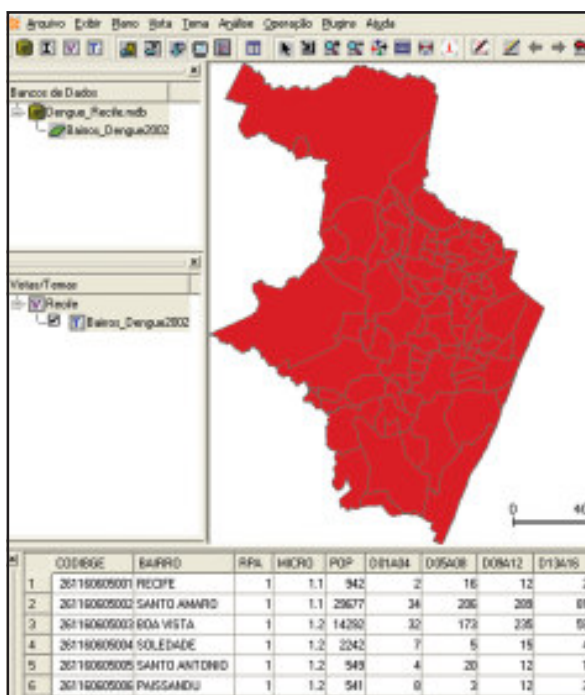
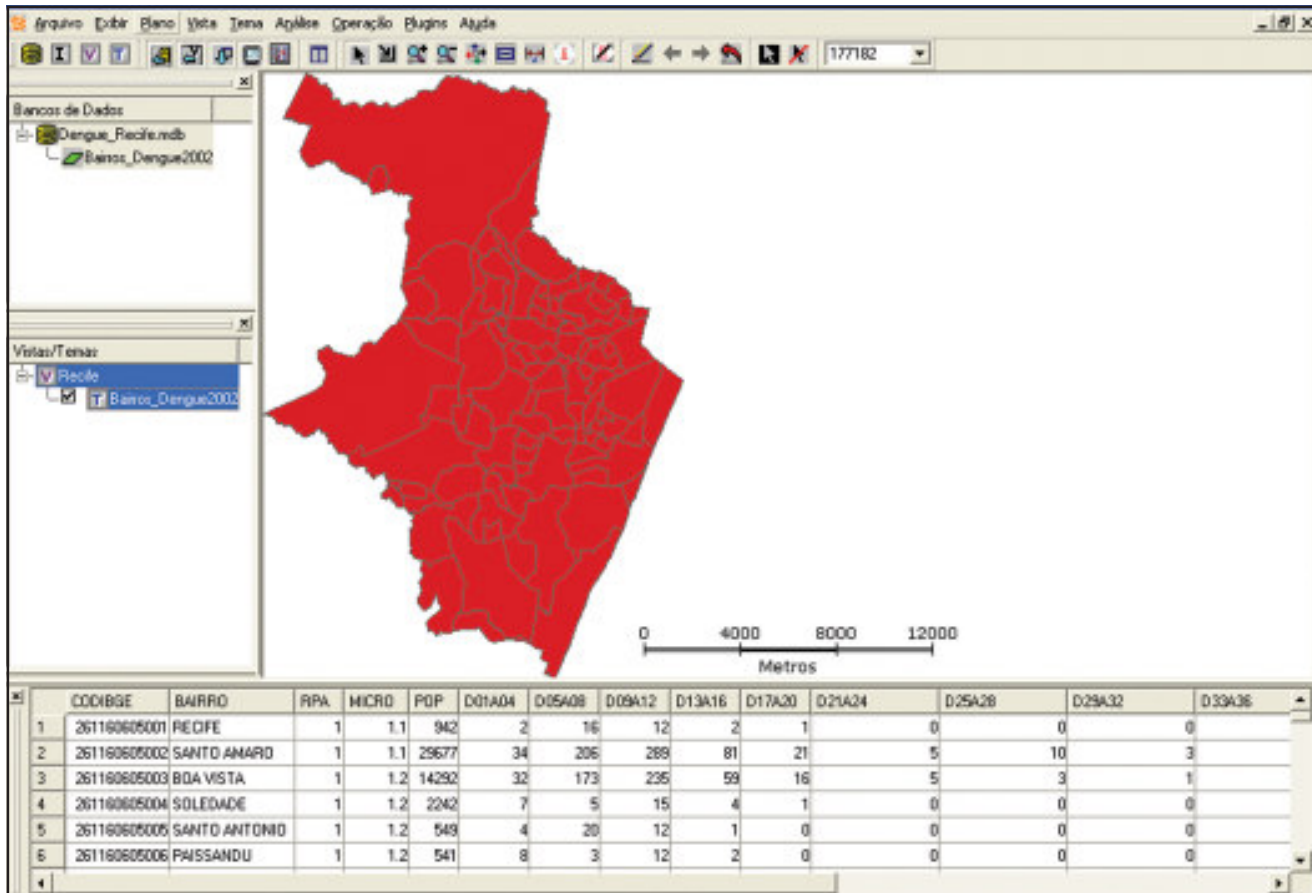
Observe que o novo banco de dados já está disponível na janela **Árvore de Bancos de Dados**.

3. Para importação de bases cartográficas, temos de seguir os passos: (a.) **Arquivo>Importar dados**; (b.) no *menu* de importação, em **Arquivo**, escolha o diretório, e escolha o arquivo original da base cartográfica. Clique **abrir**; (c.) Clique em **projeção** e escolha a **Projeção**, o **Datum** e os **Parâmetros** corretos, normalmente presentes em um arquivo de metadado; (d.) Finalmente, defina o formato de ligação entre as tabelas e clique em **Executar**.



4. Visualize agora todas as janelas do ambiente TerraView preenchidas com a nova base cartográfica importada (Figura 1.2).

Figura 1.2 – Tela com janelas com base cartográfica importada no TerraView.



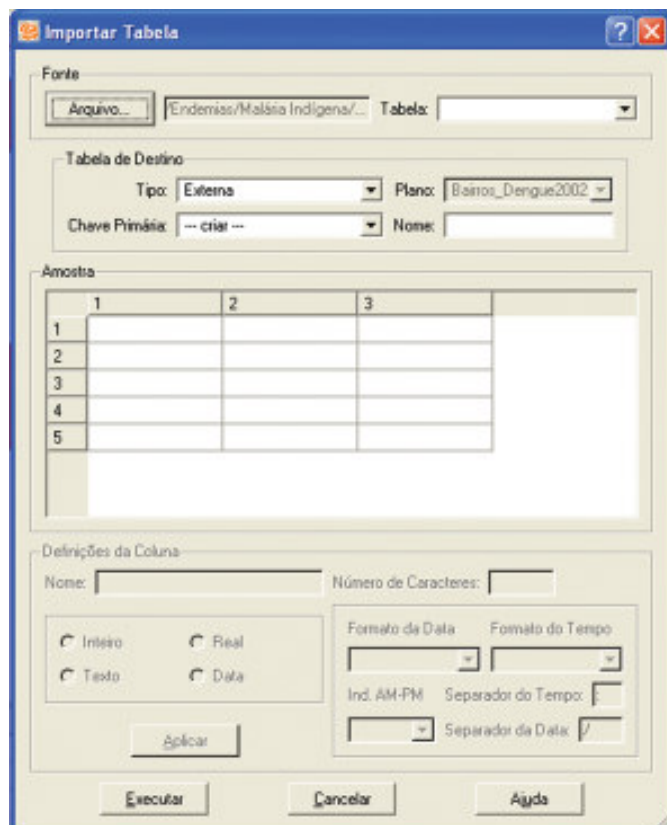
B) Importação de uma tabela externa para o TerraView (Esquema 2)

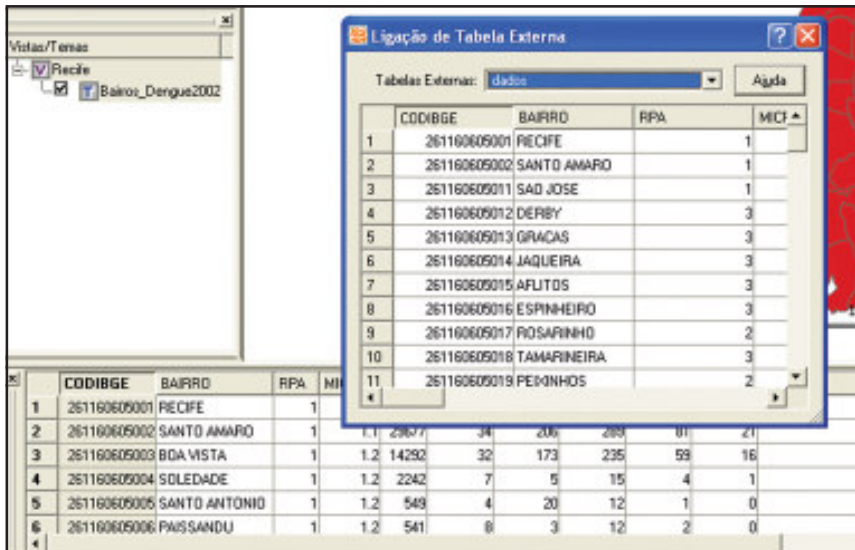
1. Com a base cartográfica na qual se deseja incorporar novos valores, identifique o **geocódigo** ou possível **código de união** com a base a ser incorporada.

2. Trabalhe a tabela a ser incorporada de forma que contenha o (a.) **código de união**, inclusive no mesmo formato (texto ou número), as (b.) indicações das **unidades geográficas** nas linhas, e nas (c.) colunas, as **variáveis**. É importante que as variáveis estejam na primeira linha da tabela e os seus nomes sejam sintéticos.

	CODIBGE	BAIRRO	RPA	MICRO	POP	D01A04	D05A08
1	261160605001	RECIFE	1	1.1	942	2	16
2	261160605002	SANTO AMARO	1	1.1	29677	34	206
3	261160605003	BOA VISTA	1	1.2	14292	32	173
4	261160605004	SOLEDADE	1	1.2	2242	7	5
5	261160605005	SANTO ANTONIO	1	1.2	549	4	20
6	261160605006	PAISSANDU	1	1.2	541	8	3
7	261160605007	ILHA DO LEITE	1	1.2	977	26	7
8	261160605008	COELHOS	1	1.3	6952	38	61
9	261160605009	ILHA JOANA BEZE	1	1.3	12990	155	153
10	261160605010	CABANGA	1	1.2	1564	82	71
11	261160605011	SAO JOSE	1	1.2	8813	118	265
12	261160605012	DERBY	3	3.1	2215	2	20
13	261160605013	GRACAS	3	3.1	17188	22	111

3. No menu **Importar Tabela**, selecione o diretório onde a tabela trabalhada foi salva e o tipo da extensão. O TerraView importa arquivos *.dbf, *.csv, *.spr (Spring) e *.mdb. Se o formato a ser utilizado for o *.csv (valores separados por vírgula), normalmente o caractere separador será o “;”. É possível ainda, configurar o formato das variáveis, inclusive o **código de união** com o mapa. Selecione-a com o cursor e no espaço de **Definição da Coluna**, escolha o tipo **inteiro**, posteriormente clique em **Aplicar**. Após estes procedimentos, clique em **Executar**.





4. A tabela externa está no ambiente TerraView, mas ainda não está vinculada a nenhum atributo de mapa. Para isso, selecione a vista que deseja vincular à tabela e clique com o botão esquerdo do *mouse*. No menu **Conectar Tabela Externa**, selecione a tabela a ser incorporada, e com o botão do *mouse* acionado no **código de união**, mova para o **código de união do atributo**. Libere o *mouse* e verifique se a operação foi bem-sucedida.

1. Esta relação é temporária. A qualquer momento poderá ser desfeita. Se o programa for fechado nesse momento, esta relação será recuperada ao chamar o **Banco de Dados** organizado. Para fechar o TerraView, clique no *menu* **Arquivo>sair**.

2. Para desfazer a relação seria necessário direcionar o cursor em cima de uma das variáveis da tabela externa e acionar o botão direito do *mouse* para acessar o caminho **Desconectar Tabela Externa**.

Encerra-se assim a preparação dos bancos de dados para serem usados no programa TerraView. Daqui para frente se realizará o exercício propriamente dito.


1.3 Análise dos dados: Cálculo da incidência de dengue

A) - Abrindo o banco e visualizando os dados


Banco de dados:

Os dados adquiridos foram importados e organizados em um banco do tipo *Access* criado no aplicativo TerraView, utilizando-se os procedimentos desenvolvidos no item anterior (Importação da base cartográfica e tabela de dados).

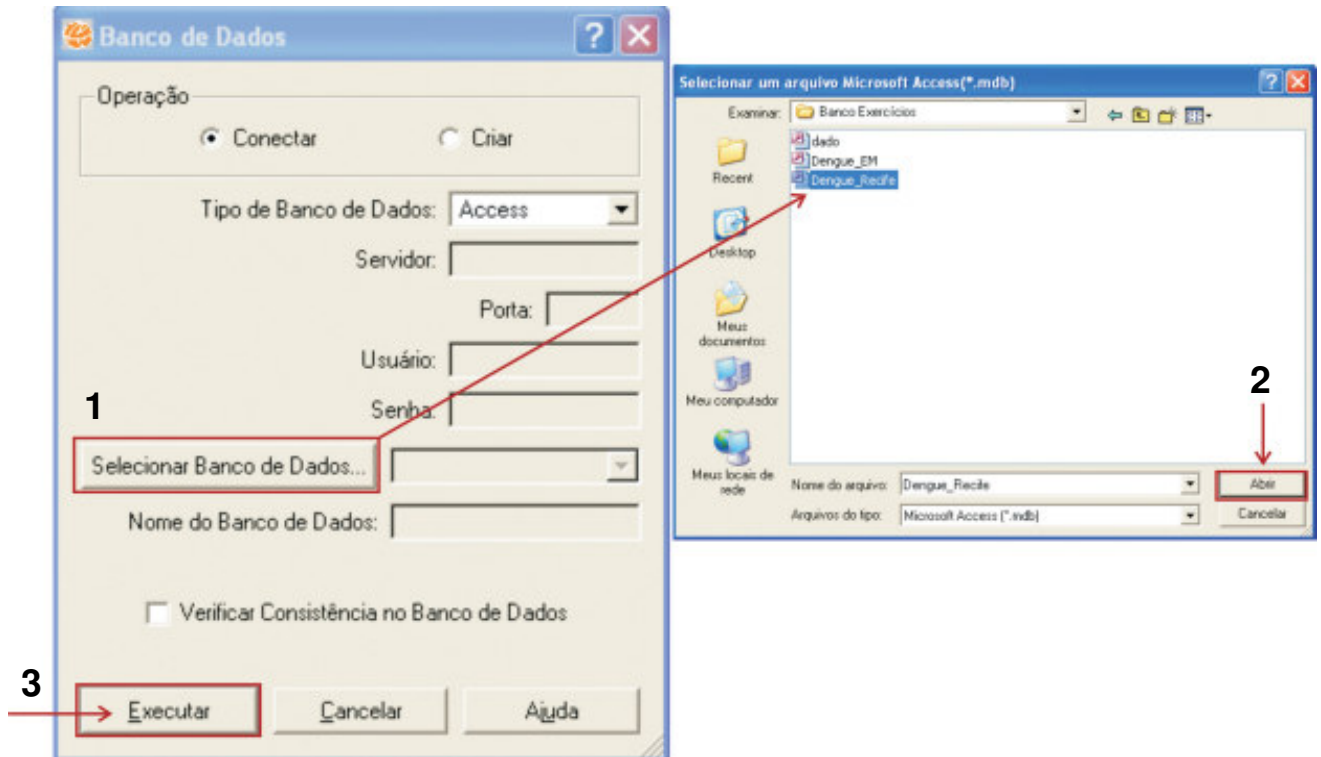
Agora procederemos a visualização e análise do banco de dados estruturado.

Inicialmente, é necessário executar (abrir) o aplicativo TerraView. Esse procedimento pode ser feito clicando em **Iniciar > Programas > TerraView3x > TerraView3x** ou através do ícone de atalho **TerraView 3x** , na área de trabalho.

Em seguida, a tela inicial do TerraView será apresentada. **Barra de menu**

Para abrir (ou conectar) um banco de dados, pressione o botão **Banco de Dados**  na barra de ferramentas ou clique no menu **Arquivo > Banco de Dados** e siga os passos mostrados na figura e no texto seguintes.

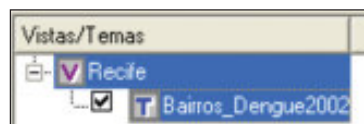
1. Na janela **Banco de Dados**, clique em **Selecionar Banco de Dados...**
2. Na janela **Selecionar um arquivo Microsoft Access (*.mdb)**, localize e selecione o banco de dados **Dengue_Recife.mdb**. Em seguida, clique em **Abrir**.
3. Clique em **Executar** na janela **Banco de Dados**. A tela inicial do TerraView será atualizada com os dados do banco Dengue_Recife.mdb.



Visualizando o mapa e a tabela de atributos:

A visualização de dados no TerraView pode ser feita da seguinte maneira:

4. Na árvore de **vistas/temas**, selecione e habilite o tema **Bairros_Dengue2002**.




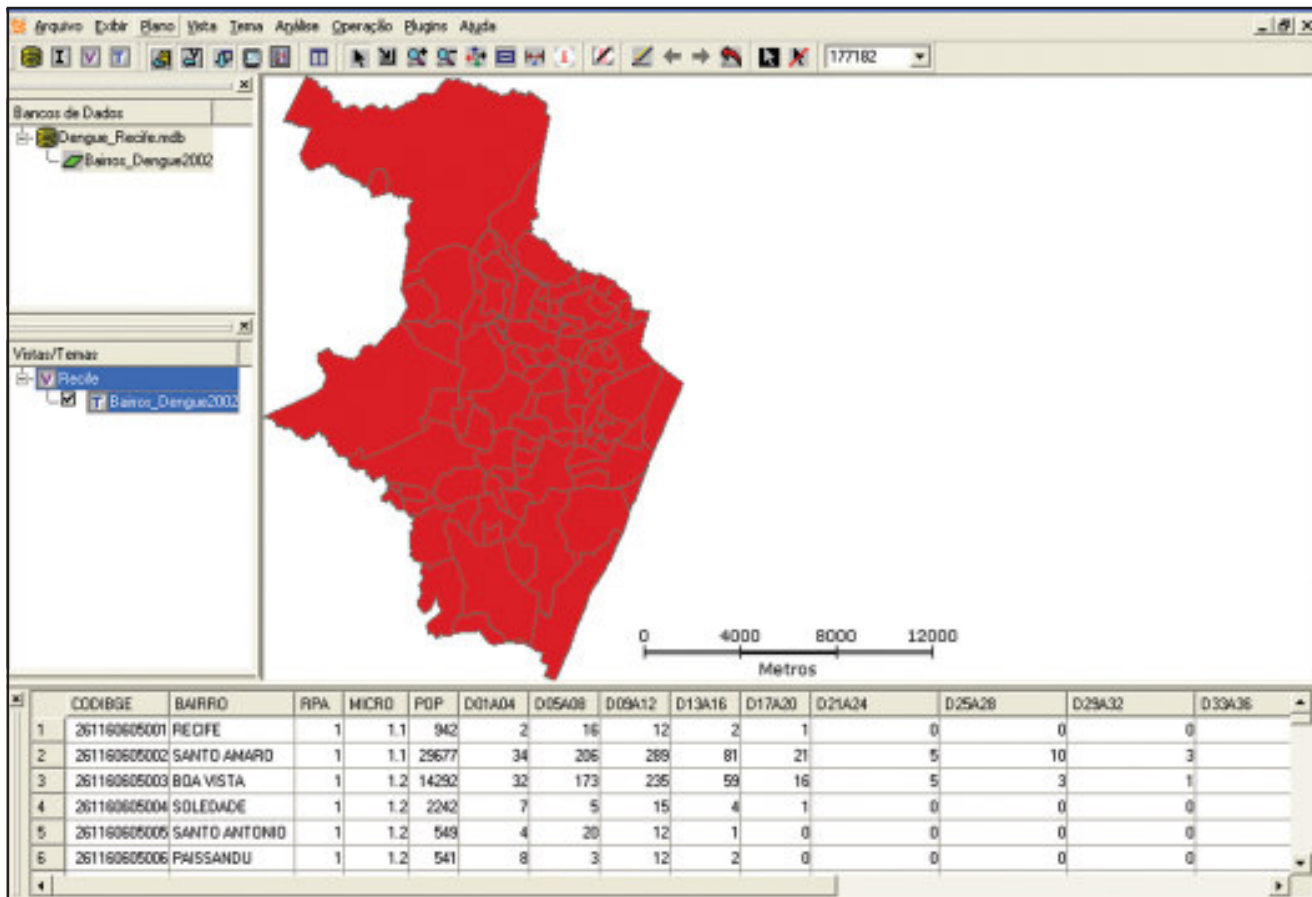
5. Na barra de ferramentas, pressione o botão **Desenhar** . O resultado é mostrado na figura 1.3.

Figura 1.3 – Visualização dos dados do banco Dengue_Recife.mdb no TerraView.




A malha de bairros do Recife será apresentada na janela de visualização de mapas e os dados tabulares, referentes ao tema Bairros_Dengue2002, serão mostrados na tabela de atributos. A descrição dos dados dessa tabela é a seguinte:

- CODIBGE – código (IBGE) de identificação dos bairros;
- BAIRRO – nome dos bairros;
- RPA – número da região político-administrativa ou distrito sanitário;
- MICRO – número da microrregião;
- POP – estimativa da população total residente nos bairros do Recife, no ano de 2002, considerando o fator de crescimento (1,018435) populacional no Município do Recife entre 2000 e 2002;
- DXAY – número de casos de dengue notificados entre a X^a e a Y^a semana epidemiológica de 2002.

B) – Calculando taxas com as ferramentas de consulta

A análise dos dados pode ser feita, inicialmente, através da utilização de ferramentas de consulta. Para visualizar os atributos de um bairro, por exemplo,

utilize o cursor de **Apontamento** , pressionando o botão esquerdo do *mouse* sobre o bairro que deseja consultar na janela de visualização de mapas. Os dados sobre o bairro apontado serão identificados na tabela de atributos.

Esse tipo de consulta também pode ser feito pela tabela de atributos. Para isso, selecione uma linha na tabela de atributos e veja na janela de visualização de mapas qual bairro possui aquelas características. O bairro e os seus atributos serão destacados dos demais.

Podemos também analisar as estatísticas descritivas, como valores máximo e mínimo, soma, média, desvio padrão, variância, etc., de variáveis (Colunas da tabela de atributos que possuem valores inteiros ou reais) da tabela de atributos dos bairros. Por meio dessas estatísticas, podemos observar, por exemplo, qual o total de casos de dengue notificados em todos os bairros do Recife, em um determinado período (D01A04,... D21A24) ou durante todo o período epidêmico de 2002. Para isso, siga os passos adiante.

6. Desloque o cursor de **Apontamento** para a tabela de atributos e clique com o botão direito do *mouse* sobre o **nome da coluna** (D01A04, por exemplo) que deseja analisar.

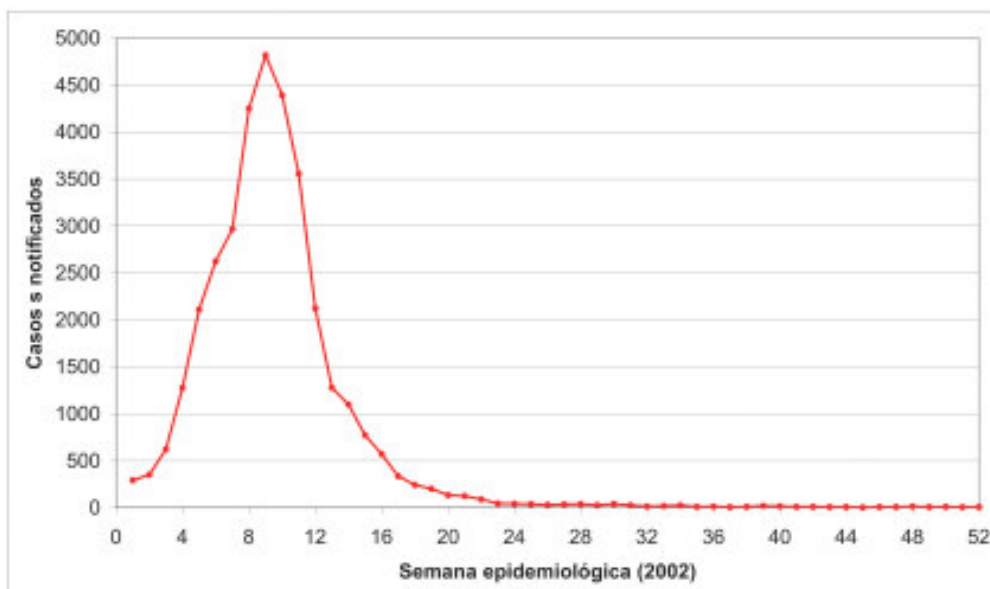
7. Selecione a opção **Estatística...**

8. Observe a **Soma**, analise e salve os resultados de cada período.

9. Calcule o número de casos notificados no período epidêmico de 2002.

Como pode ser observado pelo resultado anterior, no período epidêmico de 2002 foram notificados 34.295 casos de dengue na Cidade do Recife. A maior parte desses casos ocorreu durante os primeiros meses de 2002. A figura 1.4 mostra a distribuição dos casos por semana epidemiológica.

Figura 1.4 – Variação do número de casos de dengue nas semanas epidemiológicas do período epidêmico de 2002. Fonte: Secretaria de Saúde do Recife.



Analisando os dados sem considerar o contexto espacial, podemos afirmar, por exemplo, que mais de 98% dos casos foram registrados até a 22ª semana epidemiológica, sendo que o maior número de casos (4.818) ocorreu na 9ª semana.

No entanto, precisamos saber também como os casos se distribuíram no espaço geográfico e como esta distribuição variou no tempo. A análise espaço-temporal fornece subsídios para responder questões como:

- Quais os bairros que possuíam as maiores concentrações de casos de dengue?
- É possível identificar agrupamentos de bairros com características semelhantes em relação à concentração de casos de dengue?
- Como variou a concentração de casos de dengue no período estudado?
- Quais as microrregiões ou os distritos sanitários mais afetados e como ocorreu a variação no período estudado?

Para responder a essas questões é necessário, inicialmente, calcular a taxa de incidência de dengue nos bairros do Recife. O cálculo pode ser feito da seguinte forma:

$$\frac{\text{número de casos novos de dengue confirmados em residentes}}{\text{população total residente}} \times 100.000$$

Essa taxa estima o de infecção de dengue em um bairro. A razão de utilizar a taxa e não o número absoluto, é que com a taxa é possível fazer comparações entre bairros de diferentes tamanhos populacionais.

No TerraView, o **cálculo das taxas de incidências** pode ser feito da seguinte maneira:

10. Com o cursor posicionado sobre o **nome de uma das colunas** da tabela de atributos, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **“Adicionar Coluna...”**. Na janela **“Adicionar Coluna na Tabela”**, preencha os campos da seguinte forma: Tabela: Bairros; Tipo de Dado: Real; Nome da Coluna: TXD01A04.

11. Com o cursor posicionado sobre o **nome da coluna** criada (TXD01A04), pressione o botão direito do *mouse* e clique em **“Alterar Dados da Coluna...”**. Na área de edição da caixa **“Operação”**, elabore e execute a seguinte função: **D01A04 / POP * 100000**.

12. Os passos anteriores devem ser repetidos para calcular as taxas dos demais intervalos de quatro semanas epidemiológicas de 2002 (TXD05A08, TXD09A12,... TXD21A24) e do período todo (TXD01A24). Para cada taxa calculada, substituir, na função de alteração dos dados, o número de casos de dengue (DXAY) pelo período correspondente ao da taxa.

Ao final, sete novas colunas serão adicionadas na tabela de atributos. Verifique se as sete novas colunas foram corretamente adicionadas. Podemos definir essas novas variáveis como:

- TXD01A04 – taxa de incidência de dengue nas quatro primeiras semanas epidemiológicas de 2002. Refere-se ao número de casos de dengue nos bairros do Recife, por 100.000 habitantes, notificados entre a 1ª e a 4ª semana epidemiológica de 2002;

- ...

- TXD01A24 – taxa de incidência do período epidêmico de dengue em 2002 (primeiro semestre). Refere-se ao número de casos de dengue nos bairros do Recife, por 100.000 habitantes, notificados entre a 1ª e a 24ª semana epidemiológica de 2002.

1.4 Análise Espaço-temporal: visualização e análise da distribuição das altas taxas de incidência

O Programa Nacional de Controle da Dengue – PNCD caracteriza as áreas do país de acordo com os seguintes estratos:

- **Áreas de baixa incidência** – regiões, estados ou municípios com taxa de incidência menor que 100 por 100.000 habitantes, no período de um ano;

- **Áreas de média incidência** – regiões, estados ou municípios com taxa de incidência no intervalo entre 100 a 300 casos por 100.000 habitantes, no período de um ano;

- **Áreas de alta incidência** – regiões, estados ou municípios com taxa de incidência maior que 300 por 100.000 habitantes, no período de um ano.

Agora, com base nos cálculos efetuados no exercício anterior, podemos identificar, por exemplo, os bairros com **alta incidência de dengue**, ou seja, aqueles que possuíam taxas anuais superiores a 300 por 100.000 habitantes, ou os que tinham taxas acima de 23,1 em quatro semanas epidemiológicas.

A) – Visualizando bairros com altas taxas de incidência

No TerraView, isso pode ser feito da seguinte maneira :

13. Na árvore de **Vistas/temas**, selecione e habilite o tema **Bairros_Dengue2002**.

14. Posicione o cursor sobre o tema **Bairros_Dengue2002** e pressione o botão direito do *mouse*.

15. Clique em **Consulta por Atributo...**

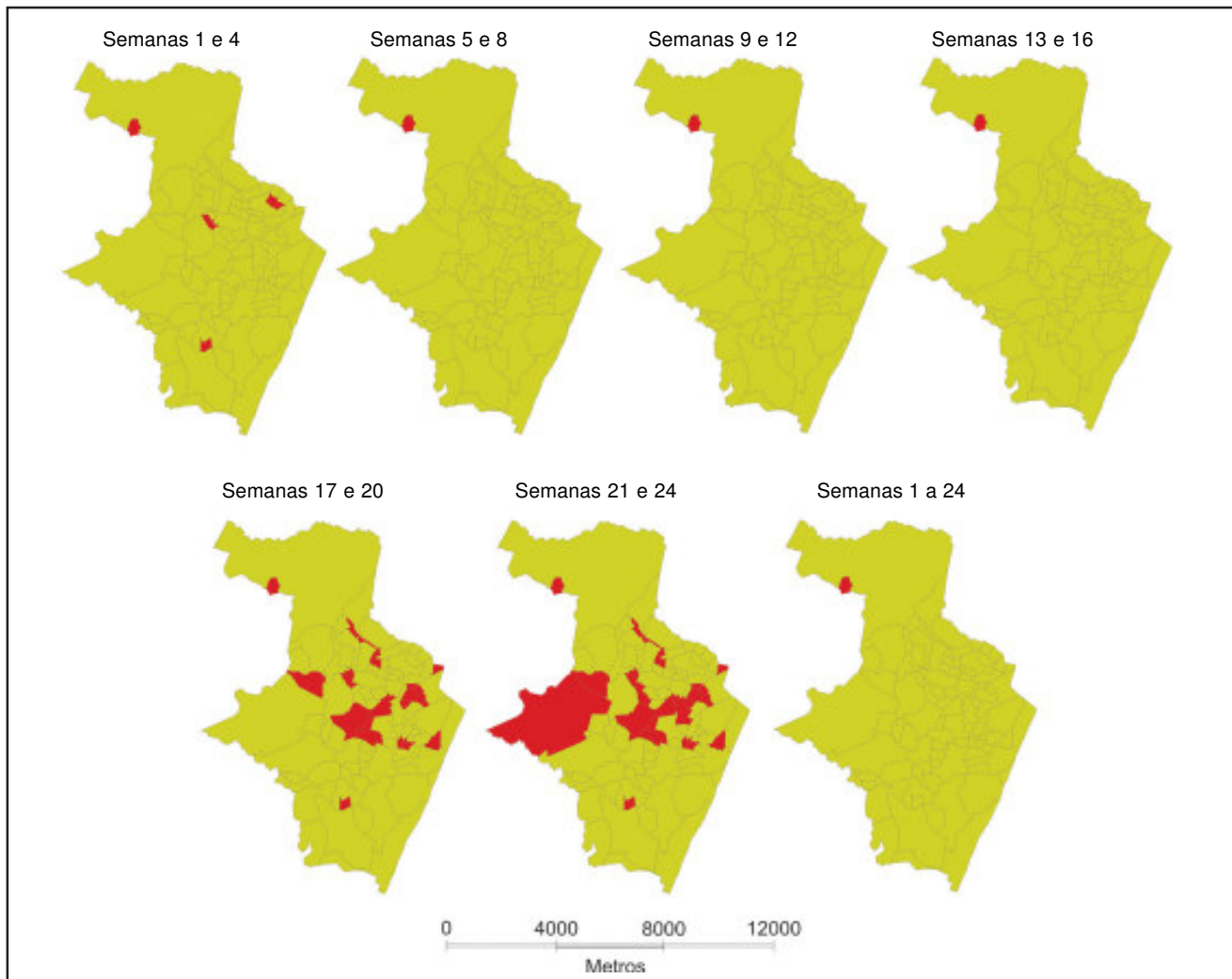
16. Na janela **Consulta por Atributo**, construa a equação de consulta: TXD01A04 > 23.1

17. Clique em **Nova Consulta**. O resultado será apresentado na janela de visualização de mapas e na tabela de atributos.

18. Analise o resultado.

Para visualizar a distribuição geográfica dos bairros com altas taxas, nas seis semanas epidêmicas, seria necessário realizar o mesmo procedimento para as taxas dos demais períodos. Lembrar que, para a **taxa do período epidêmico** (TXD01A24) a pesquisa deve ser feita com valores acima de 300 por 100.000 habitantes (equação: $TXD01A24 > 300$). Os Resultados das consultas são mostrados na figura 1.5 a seguir.

Figura 1.5 – Resultados das operações de consulta por atributos.



B) –Visualizando bairros com categorias de intervalos de incidência

Para criar os mapas com categorias de taxas de incidência de dengue, execute os procedimentos a seguir:

19. Na árvore de **Vistas/temas**, selecione o tema **Bairros_Dengue2002**. Com o cursor posicionado sobre esse tema, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Editar Legenda...**

20. Na janela **Editor de Legenda**, defina os parâmetros que melhor caracterizam a variável estudada. Um exemplo de preenchimento dos parâmetros dessa janela é mostrado a seguir, na figura 1.6.

21. Após a especificação dos parâmetros, clique em **Executar** na janela **Editor de Legenda**. O resultado é mostrado na janela de **Visualização de mapas**.

22. Analise o mapa apresentado.

23. Com o cursor sobre a janela de **Visualização de mapas**, pressione o botão direito do *mouse* e escolha a opção **Salvar Tela de Visualização > Arquivo**. Escolha um diretório (pasta) para armazenar as figuras e **“Salve”** o arquivo com o nome **“txd01a04.bmp”**.

24. Repita os cinco passos anteriores para criar os mapas com as taxas de incidências em cada período, inclusive do período inteiro. O nome das figuras (mapas) armazenadas deve seguir o padrão: txd05a08.bmp, txd09a12.bmp,... , txd21a24.bmp.

25. Analise a seqüência temporal dos mapas.

A figura a seguir mostra um exemplo dos mapas gerados.

Figura 1.6 – Exemplo de especificação dos parâmetros da janela Editor de Legenda.

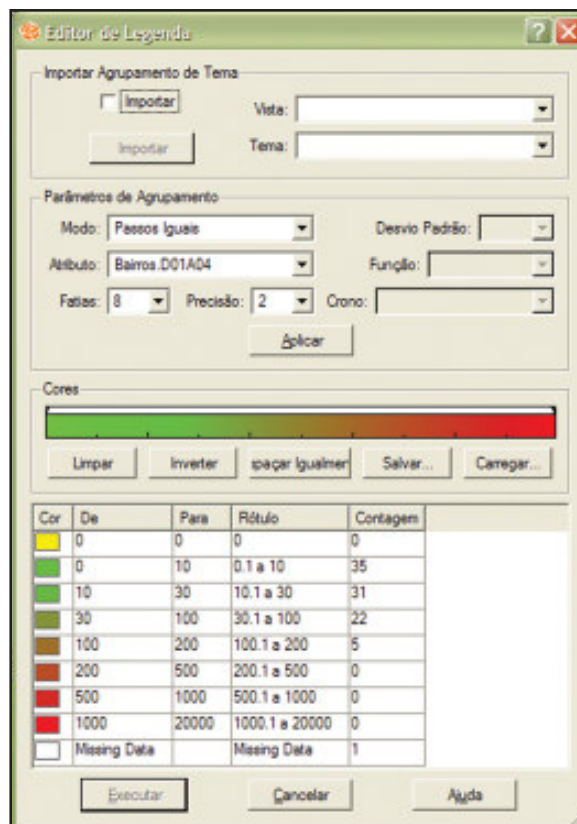
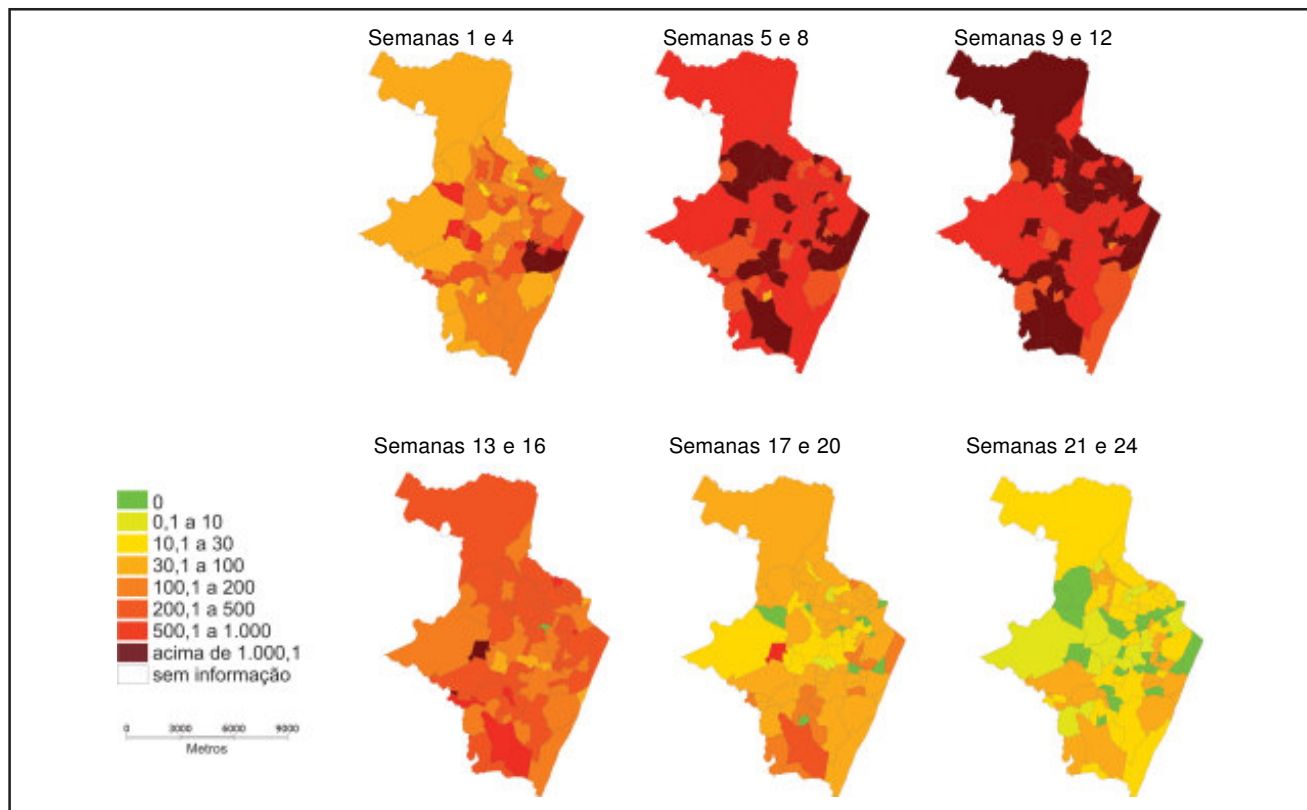


Figura 1.7 – Mapas de categorias da taxa de incidência nos bairros do Recife por grupos de quatro semanas epidemiológicas.



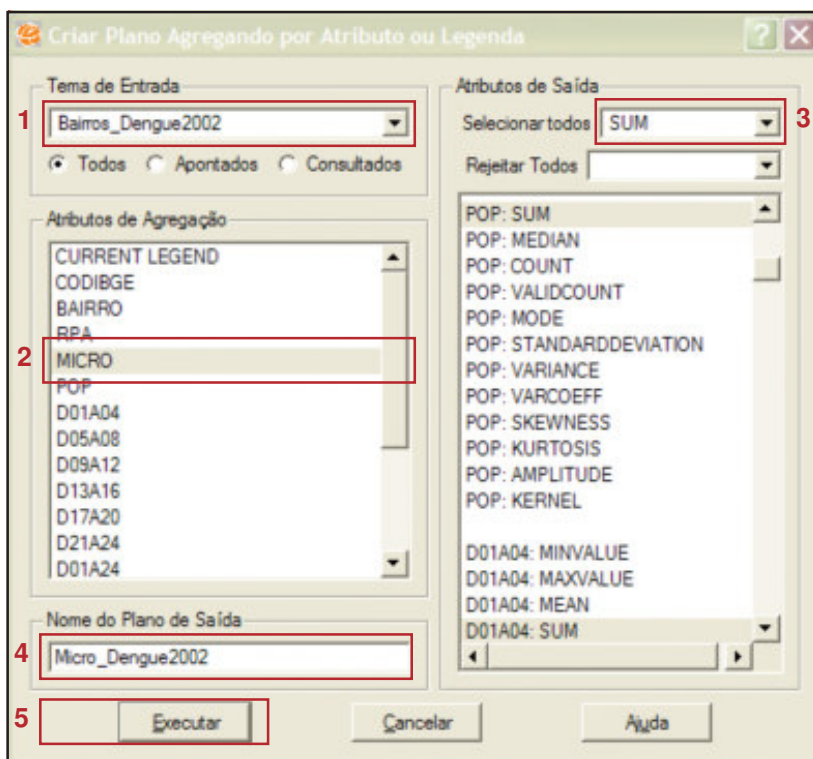
1.5. Agregação de dados por operação geográfica

Outra possibilidade de unidade geográfica para visualização da incidência do dengue são as microrregiões. Para saber quais as mais afetadas pelo dengue, é necessário agrupar os bairros em microrregiões, somando os atributos: população (POP) e casos de dengue (D01A04,..., D21A24). Com base nos resultados gerados, podemos calcular as taxas de incidência para as microrregiões, em todos os períodos estudados de 2002. O procedimento a seguir mostra como realizar essas operações no TerraView.

26. Na árvore de **Vistas/temas**, selecione o tema **Bairros_Dengue2002**. Com o cursor posicionado sobre a vista Recife, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Agregação...**

27. Na janela “**Criar Plano Agregado por Atributo ou Legenda**”, preencha os campos de acordo com a figura abaixo e clique em **Executar**.

Figura 1.8 – Especificação dos parâmetros para agregação dos dados.



1- Verifique se o tema de entrada é **Bairros_Dengue2002**;

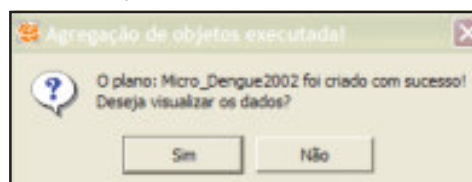
2- Escolha **MICRO** (microrregião) como atributo de agregação dos bairros;

3- Selecione **SUM** para que a tabela de atributos do plano de informação que será criado contenha a soma de cada variável (coluna) que possa ser calculada. As taxas de incidência (TXD01A04,...,TXD21a24) apresentarão valores incorretos, mas serão recalculadas no decorrer do exercício;

4- Digite **Micro_Dengue2002** para nomear o novo plano de informação;

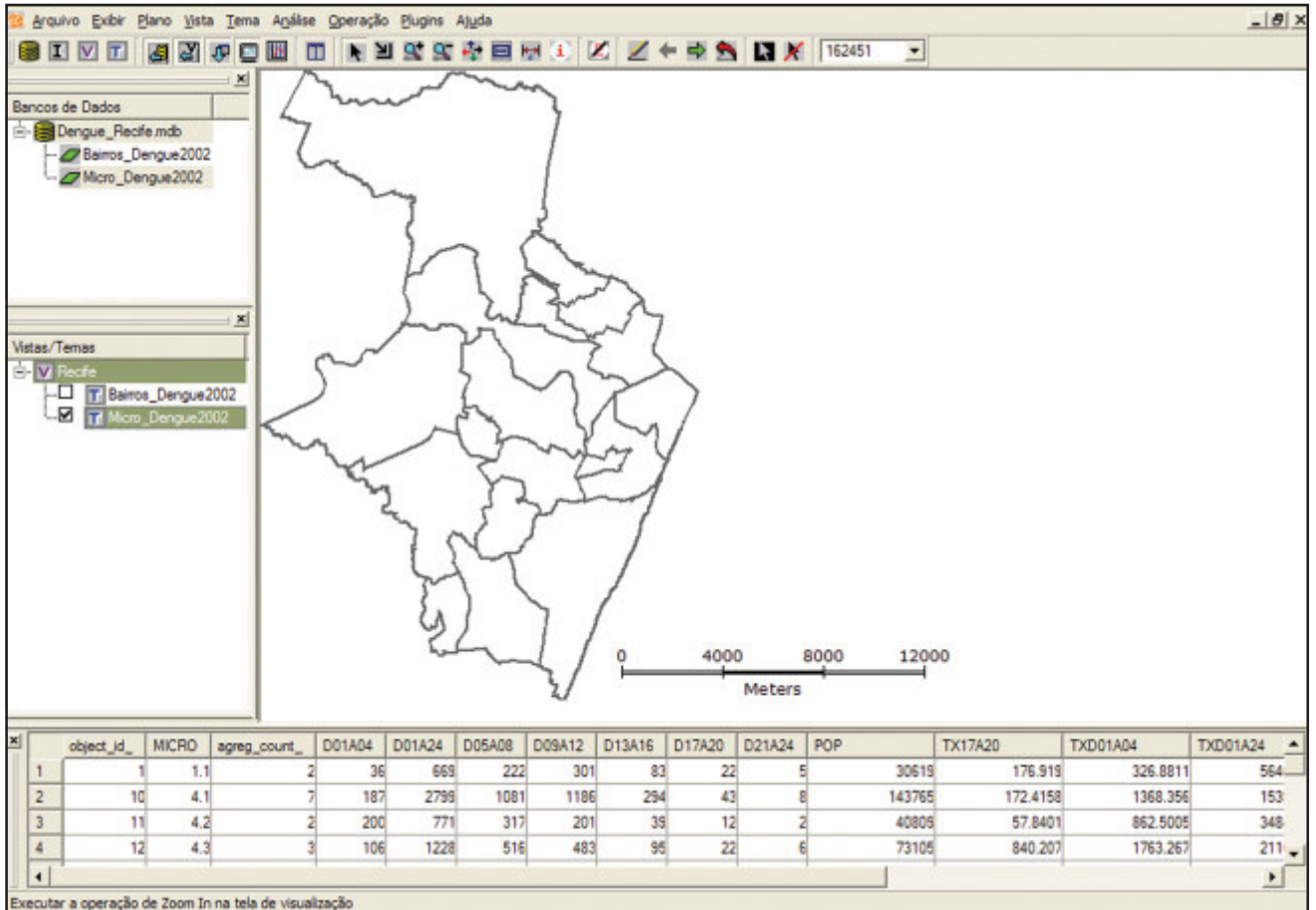
5- Clique em **Executar**.

28. Surgirá uma janela informando que a agregação foi executada e que o plano de informação **Micro_Dengue2002** foi criado com sucesso. Além disso, pergunta se o usuário deseja visualizar os dados criados.



29. Responda **Sim** para visualizar automaticamente o resultado na tela. A figura a seguir mostra o resultado dessa operação.

Figura 1.9 – Resultado da operação de agregação de dados.



A malha de microrregiões do Recife será apresentada na janela de visualização de mapas. Os dados tabulares, referentes ao tema **Micro_Dengue2002**, serão mostrados na tabela de atributos. A descrição dos dados dessa tabela é a seguinte:

- object_id_ – chave primária - código criado automaticamente pelo TerraView para identificar as microrregiões;
- MICRO – código (IBGE) da microrregião;
- Agreg_count_ - número de bairros agregados em cada microrregião;
- DXAY – número de casos de dengue notificados entre a Xª e a Yª semana epidemiológica de 2002;
- POP – estimativa da população total residente nas microrregiões do Recife, no ano de 2002, considerando o fator de crescimento (1,018435) populacional no Município do Recife entre 2000 e 2002;
- TXDXAY – **valores incorretos**, pois não podemos simplesmente somar as taxas de incidência dos bairros para calcular a taxa de incidência da

microrregião. **Essas colunas serão utilizadas, mas seus valores deverão ser recalculados.**

30. Com o cursor posicionado sobre o nome da coluna TXD01A04, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Alterar Dados da Coluna....** Na área de edição da caixa **Operação**, elabore e execute a seguinte função: **D01A04 / POP * 100000**. Execute esse procedimento para calcular as demais taxas do período, substituindo, na função de alteração dos dados, o número de casos de dengue (DXAY) pelo período correspondente ao da taxa. No final, as variáveis calculadas podem ser descritas da seguinte forma:

- TXD01A04 – taxa de incidência de dengue nas quatro primeiras semanas epidemiológicas de 2002. Refere-se ao número de casos de dengue nas **microrregiões** do Recife, por 100.000 habitantes, notificados entre a 1ª e a 4ª semana epidemiológica de 2002;

- TXD01A24 – taxa de incidência anual de dengue em 2002. Refere-se ao número de casos de dengue nas **microrregiões** do Recife, por 100.000 habitantes, notificados entre a 1ª e a 24ª semana epidemiológica de 2002.

31. Observando os passos 7 ao 12, crie os mapas das taxas de incidências das microrregiões do Recife por grupos de quatro semanas epidemiológicas.

32. Analise os resultados. O mesmo procedimento pode ser realizado para analisar a taxa de incidência de dengue nos distritos sanitários (regiões político-administrativas) do Recife.

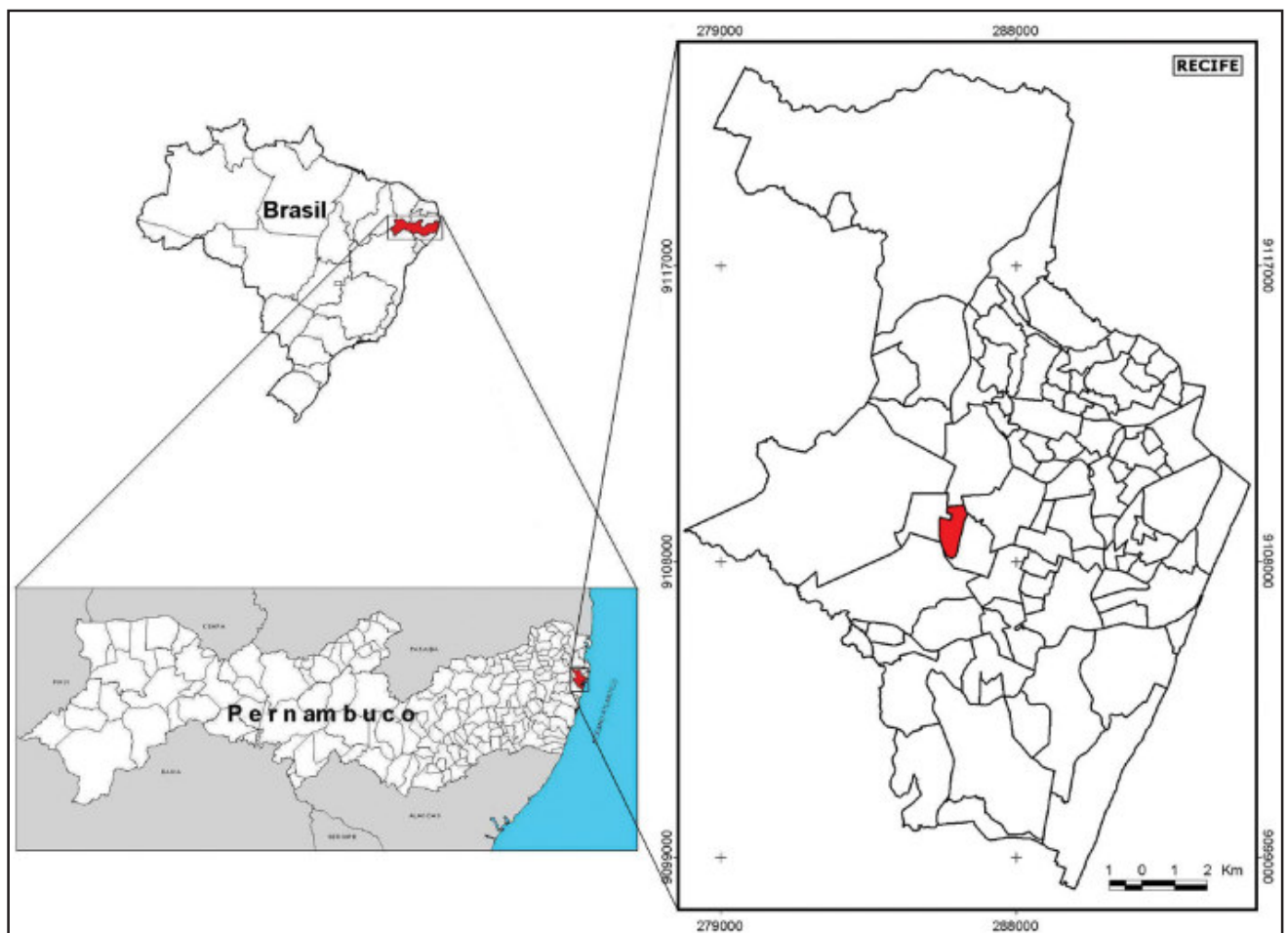
33. Para fechar o TerraView, clique no *menu* **Arquivo > sair** .

Exercício 2 : Operações entre Camadas e Visualização de Imagens de Sensores Remotos

2.1 – Introdução

Neste exercício utilizaremos dados de Engenho do Meio, bairro do município do Recife – PE (Figura 2.1), para exemplificar o uso de operações entre camadas e a visualização de imagens de satélites.

Figura 2.1 – Localização do bairro de Engenho do Meio.



No bairro de Engenho do Meio foram instaladas, em 2004, 100 ovitrampas - armadilhas de oviposição de *Aedes aegypti*, mosquito transmissor do dengue. Por questões operacionais, as armadilhas foram divididas igualmente em quatro lotes, de forma que, cada lote originou um mapa com a localização das 25 armadilhas, o número identificador do lote e o número de ovos coletados no período de um ano.

Por meio de operações geográficas como agregação, soma, coleta de dados por localização, interseção e diferença, mostraremos como identificar a quantidade de armadilhas e o número médio de ovos coletados em cada setor censitário, o total de ovos coletados no bairro, a parte das quadras expostas ao maior e ao menor risco de dengue e a visualização do mapa de risco sobre a imagem de satélite. Ao final dessas atividades, esperamos ter contribuído com o processo de aprendizagem e fixação dos conceitos apresentados neste capítulo.

Descrição e fonte dos dados utilizados:

Os dados utilizados na elaboração deste exercício, bem como suas respectivas fontes, são:

- **Ovitrapas:** mapa com a localização das armadilhas de oviposição, tendo como atributos o número de ovos de *Aedes aegypti* coletados no período de um ano, o código de identificação da armadilha e o lote a que esta faz parte. Fonte: CPqAM-FIOCRUZ / DPI-INPE (Projeto SAUDAVEL).

- **Setores censitários** – mapa com os limites dos setores censitários do bairro de Engenho do Meio. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

- **Quadras** – mapa com o limite das quadras do bairro de Engenho do Meio. Fonte: DECart – UFPE / CPqAM-FIOCRUZ.

- **Áreas de risco de dengue** – mapa com a delimitação das áreas de maior risco de dengue. Fonte: CPqAM-FIOCRUZ.


- **Imagem Quickbird** – imagem do satélite Quickbird, obtida em 2002, com resolução espacial de 70 cm e resolução espectral de 8 bits. Fonte: CPqAM-FIOCRUZ.

Banco de dados:

Os dados apresentados anteriormente foram importados e organizados em um banco do tipo Access criado pelo aplicativo TerraView. Para facilitar a condução do exercício, disponibilizamos no *site* www.capacita.geosaude.cict.fiocruz.br o banco de dados (Dengue_EM.mdb) com as informações necessárias ao desenvolvimento das atividades.

A visualização e análise do banco de dados deve ser feita através do aplicativo geográfico TerraView. Portanto, é necessário instalar a versão mais recente desse aplicativo. A aquisição do arquivo de instalação, do manual e do tutorial do TerraView pode ser feita através do sítio (www.dpi.inpe.br/terraview) da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DPI/INPE, conforme informado no exercício 1.

2.2 - Abrindo o banco e visualizando os dados

Inicialmente, é necessário executar (abrir) o aplicativo TerraView. Esse procedimento pode ser feito clicando em **Iniciar > Programas > TerraView3x > TerraView3x** ou através do ícone de atalho **TerraView3x** , na área de trabalho.


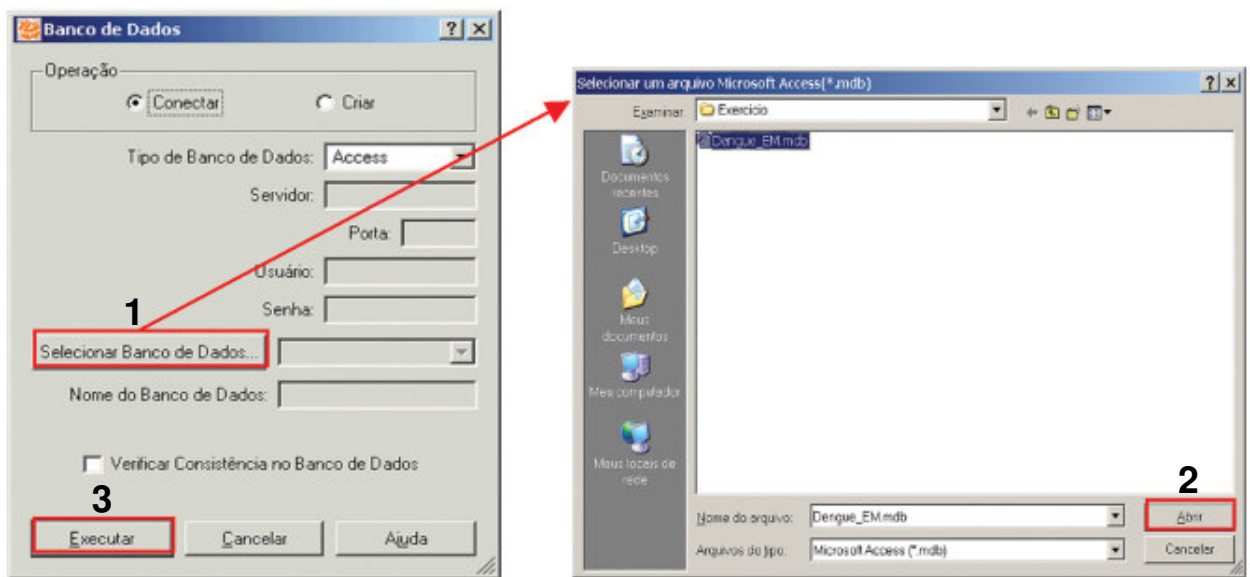
Em seguida, a tela inicial do TerraView será apresentada. Para abrir (ou conectar) um banco de dados, pressione o botão **Banco de Dados**  na barra de ferramentas ou clique no *menu Arquivo > Banco de Dados* e siga os passos mostrados na figura e no texto seguintes.

Figura 2.2 – Procedimento de abertura do banco de dados.




1. Na janela **Banco de Dados**, clique em **Selecionar Banco de Dados...**
2. Na janela **Selecionar** um arquivo **Microsoft Access (*.mdb)**, localize e selecione o banco de dados **Dengue_EM.mdb**. Em seguida, clique em **Abrir**.
3. Clique em **Executar** na janela **Banco de Dados**. A tela inicial do TerraView será atualizada com os dados do banco Dengue_EM.mdb.

Visualizando os mapas:

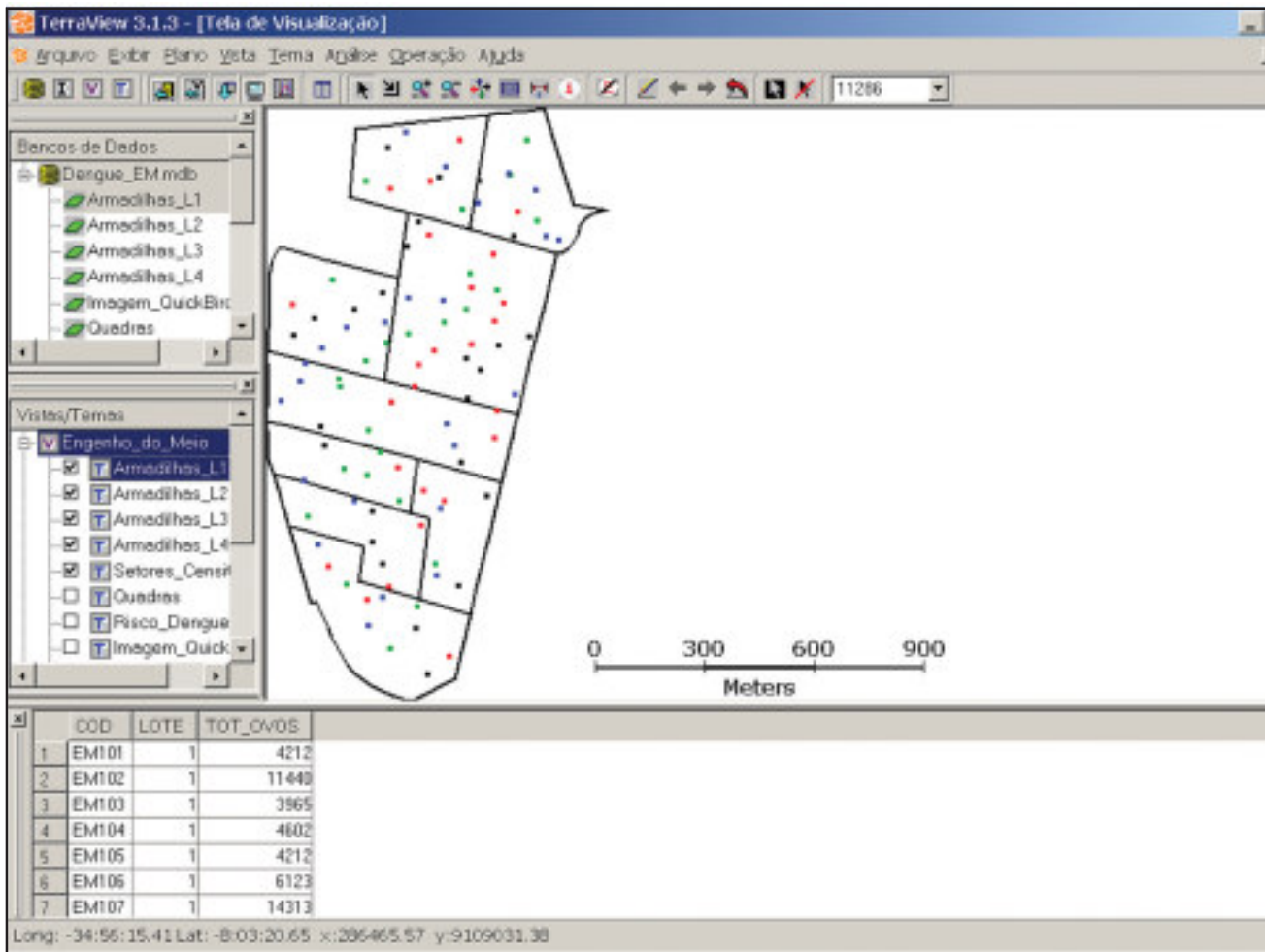
A visualização de dados no TerraView pode ser feita da seguinte maneira:

4. Na árvore de **Vistas/temas**, selecione e habilite o(s) tema(s) desejado(s). São eles: **Armadilhas_L1** (armadilhas do lote 1), **Armadilhas_L2**, **Armadilhas_L3**, **Armadilhas_L4**, **Setores_Censitários**, **Quadras**, **Risco_Dengue** e **Imagem Quickbird**.

5. Na barra de ferramentas, pressione o botão **Desenhar**  .

A figura 2.3 mostra um exemplo de visualização das armadilhas dos lotes 1 (pontos azuis), 2 (pontos verdes), 3 (pontos vermelhos) e 4 (pontos pretos) sobre os setores censitários de Engenho do Meio.

Figura 2.3 – Visualização dos dados do banco Dengue_EM.mdb no TerraView.



Observe que as armadilhas e a malha de setores censitários do Recife serão apresentadas na janela de visualização de mapas. Os dados tabulares, referentes ao tema selecionado, serão mostrados na tabela de atributos. A descrição dos atributos (colunas) das armadilhas é a seguinte:

- COD – código de identificação das armadilhas;
- LOTE – lote da qual a armadilha faz parte;
- TOT_OVOS – número de ovos coletados por armadilha, durante o período de um ano.

2.3 – Realizando operações entre camadas

a) Quantas armadilhas existem em cada setor censitário?

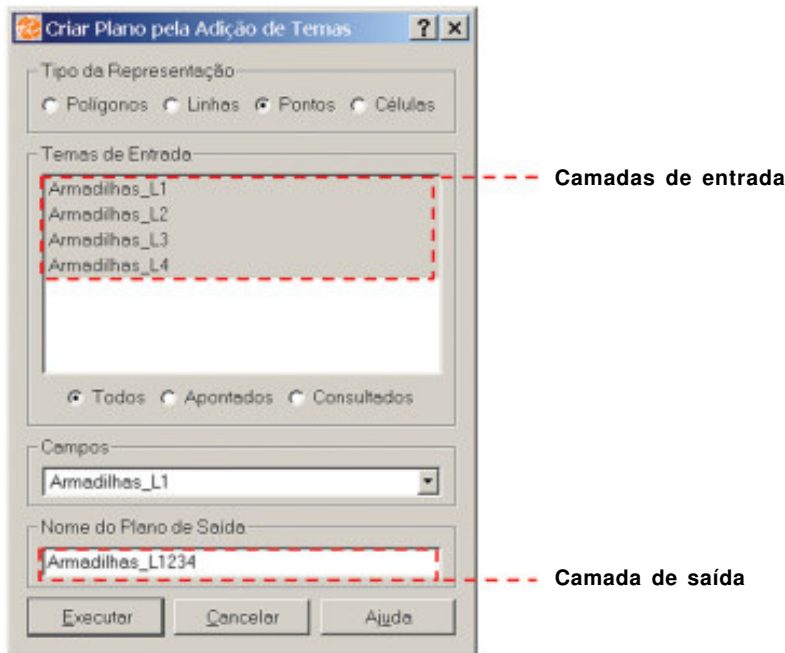
Inicialmente, desejamos saber **quantas armadilhas existem em cada setor censitário do bairro**. Para realizar essa operação, é necessário, anteriormente, **juntar os quatro lotes de 25 armadilhas em uma única camada**.

Esse procedimento pode ser feito usando-se a função **Soma**, da seguinte forma:

6. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Soma...**

7. Preencha os campos da janela **Criar Plano pela Adição de Temas** de acordo com a figura a seguir.

Figura 2.4 – Parâmetros que devem ser inseridos na janela de adição de temas (camadas).

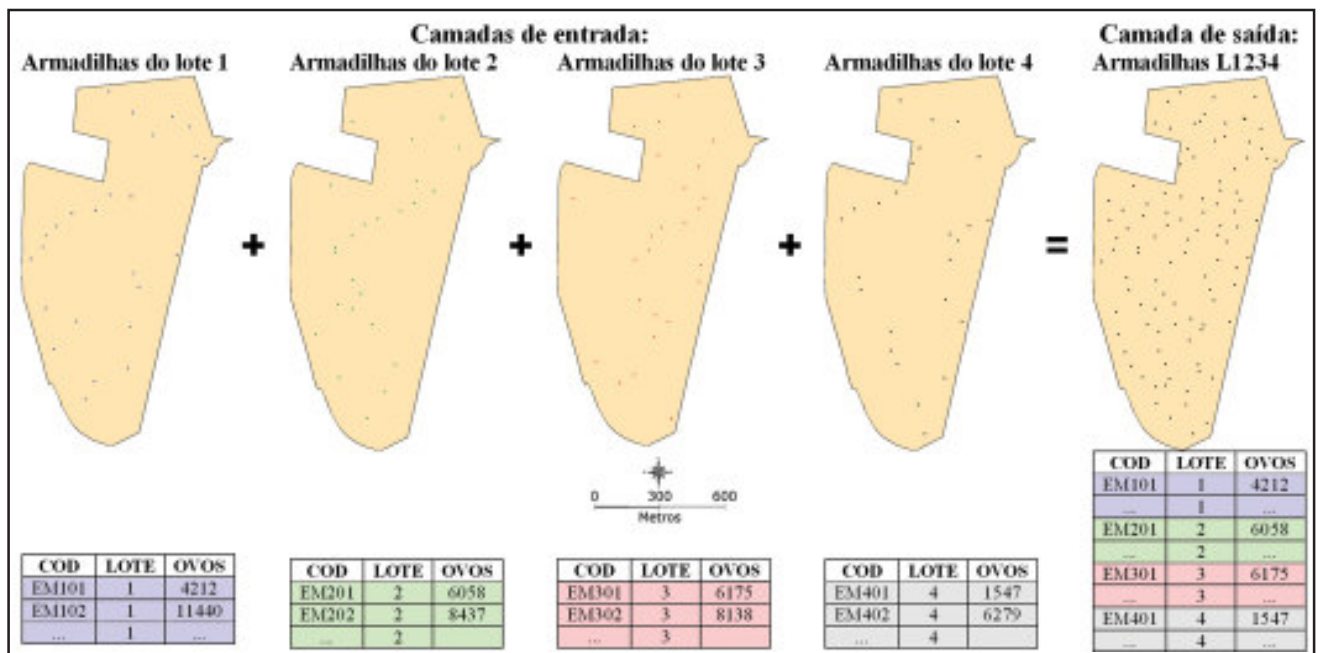


8. Clique em **Executar** na janela **Criar Plano pela Adição de Temas**.

9. Responda **Sim** para visualizar os dados da nova camada (plano de saída).

Essa operação cria uma nova camada que deve ser chamada **Armadilhas_L1234** com todos os atributos dos temas de entrada. A figura a seguir apresenta o resultado dessa operação.

Figura 2.5 – Operação de adição de camadas.



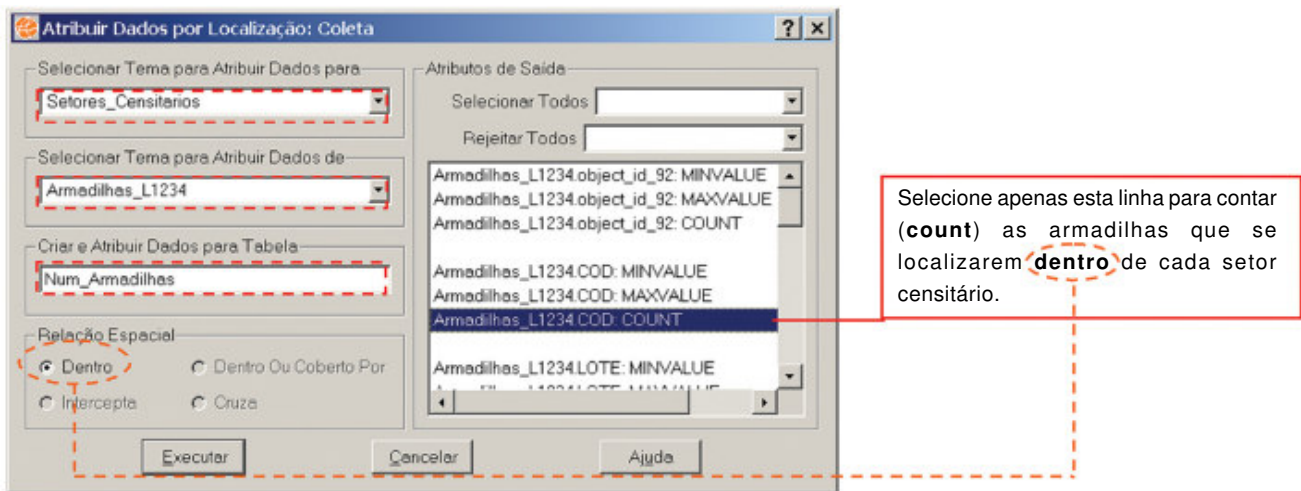
Utilizando a estratégia de **Coleta** da operação de atribuição de dados por localização, agora é possível identificar quantas armadilhas existem em cada setor censitário do bairro.

Os passos seguintes mostram como realizar essa operação.

10. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Atribuir Dado por Localização > Coletar...**

11. Preencha os campos da janela **Atribuir Dado por Localização : Coleta** de acordo com a figura a seguir.

Figura 2.6 - Parâmetros que devem ser inseridos para que o programa realize a contagem (count) das armadilhas em cada setor censitário.



12. Clique em **Executar**.

13. Responda **Sim** para visualizar a tabela criada.

Note que uma nova tabela denominada **Num_Armadilhas** foi associada à tabela de atributos de **Setores_Censitários**. Nessa nova tabela existem duas colunas:

- **object_id** – códigos que servem para associar os dados da nova tabela aos seus respectivos setores censitários;
- **Armadilhas_L1234_COD_COUNT** – número de armadilhas por setor censitário.

14. Observe os resultados.

15. Desassocie a tabela **Num_Armadilhas**: posicione o cursor sobre o tema **Setores_Censitários**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Selecionar Tabelas do Tema...**

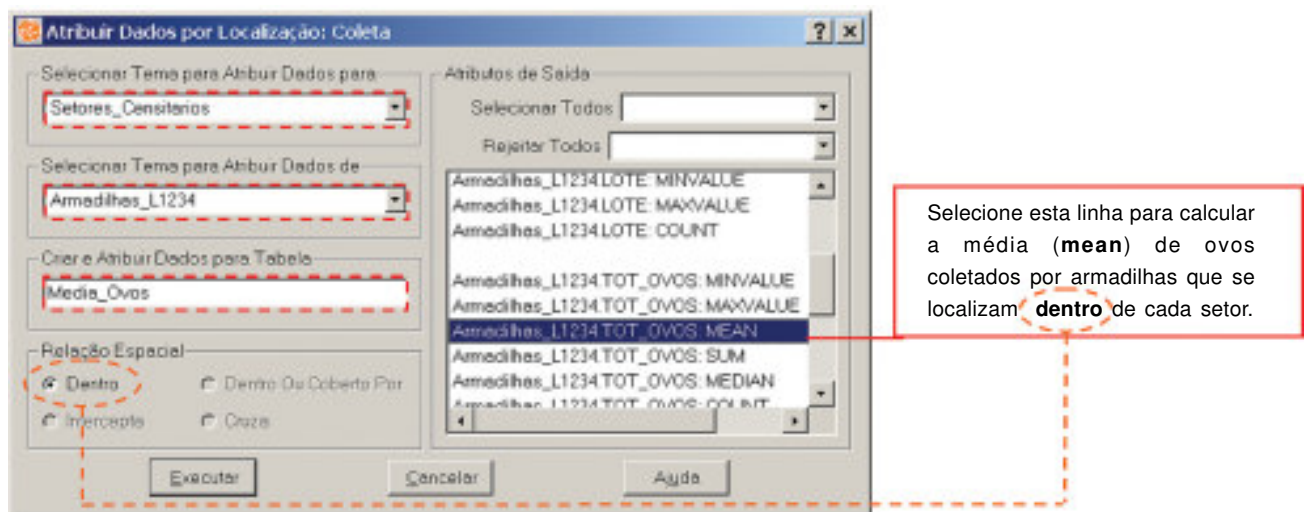
b) Qual o número médio de ovos coletados por armadilha em cada setor censitário?

Para responder esta questão utilizaremos também a estratégia de **Coleta** da operação de atribuição de dados por localização.

16. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Atribuir Dado por Localização > Coletar...**

17. Preencha os campos da janela **Atribuir Dado por Localização : Coleta** de acordo com a figura a seguir.

Figura 2.7 - Parâmetros que devem ser definidos para que o TerraView calcule a média (mean) de ovos coletados por armadilhas em cada setor censitário.



18. Clique em **Executar**.

19. Responda **Sim** para visualizar a tabela criada.

Note que uma nova tabela denominada **Media_Ovos** foi associada à tabela de atributos de **Setores_Censitários**. Nessa nova tabela existem duas colunas:

- **object_id** – códigos que servem para associar os dados da nova tabela aos seus respectivos setores censitários;
- **Armadilhas_L1234_TOT_OVOS_MEAN** – média do número de ovos coletados por armadilha em cada setor censitário.

20. Analise os resultados e identifique os setores que apresentam as maiores médias.

c) Qual o número total de ovos coletados no bairro?

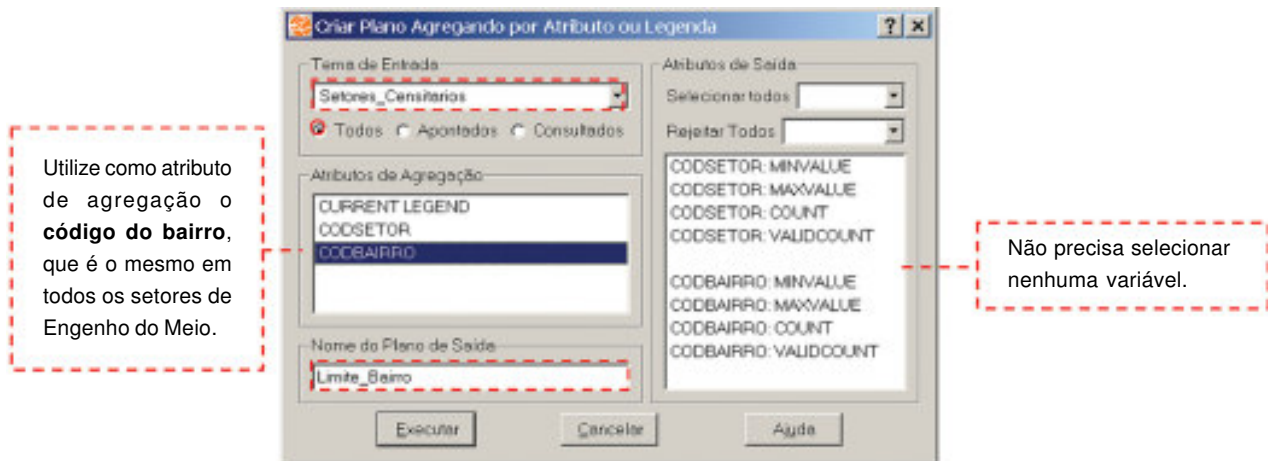
Usando o aplicativo TerraView, podemos encontrar a resposta para esta questão de várias maneiras. Como o objetivo do exercício é apresentar as operações entre camadas, usaremos aqui também uma operação de atribuição de dados por localização. Para isso, é necessário, anteriormente, **agregar os setores censitários** para criar um único polígono com o limite do bairro.

Isso pode ser feito da seguinte forma:

21. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Agregação...**

22. Preencha os campos da janela **Criar Plano Agregando por Atributo ou Legenda** por **Atributo** ou **Legenda** de acordo com a figura a seguir.

Figura 2.8 - Parâmetros que devem ser usados para criar uma camada (plano de informação) através da agregação de atributos.

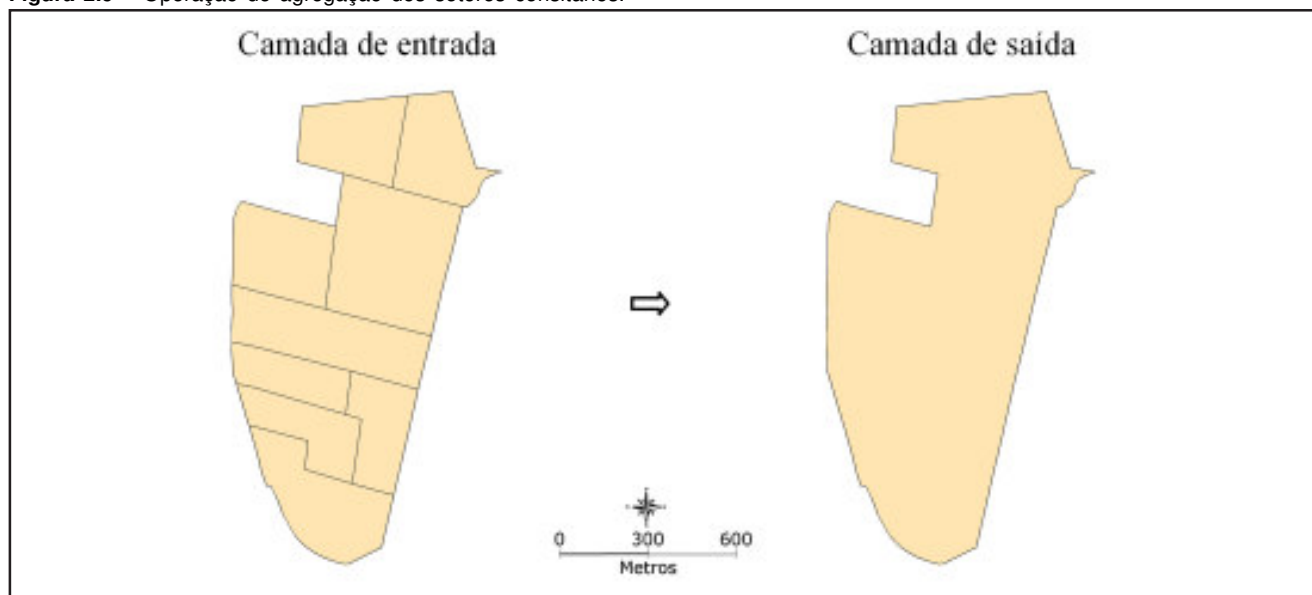


Clique em **Executar** na janela **Criar Plano Agregando por Atributo ou Legenda**.

23. Responda **Sim** para visualizar a nova camada (plano de saída) na janela de visualização de mapas.

A figura a seguir apresenta o resultado dessa operação.

Figura 2.9 – Operação de agregação dos setores censitários.



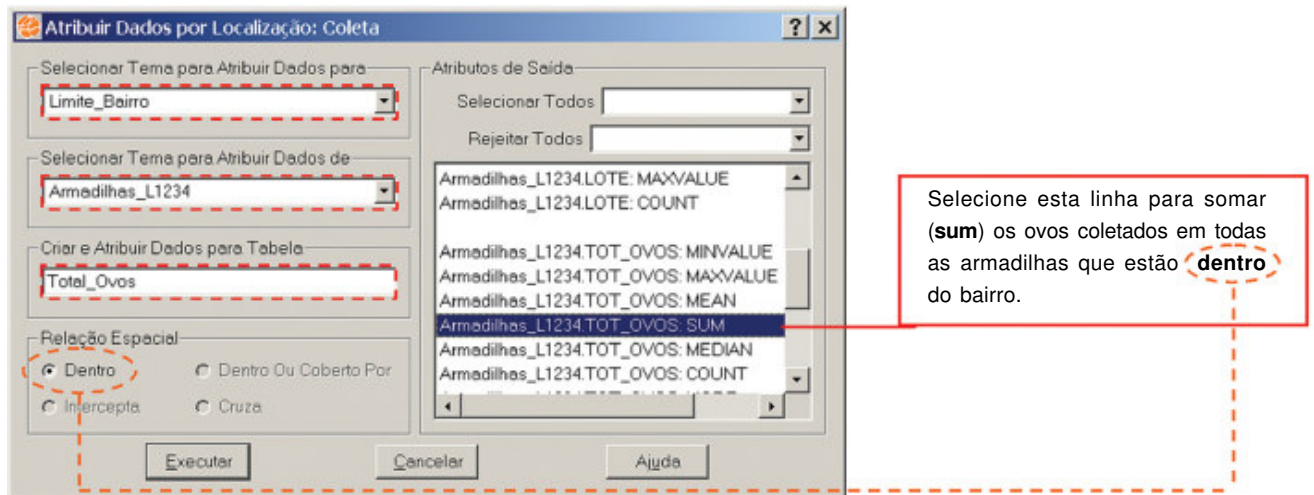
Agora, utilizando novamente a estratégia **Coletar** da operação de atribuição de dados por localização, podemos saber qual o **número total de ovos coletados no bairro**.

Os passos a seguir mostram como realizar essa operação.

24. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Atribuir Dado por Localização > Coletar...**

25. Preencha os campos da janela **Atribuir Dado por Localização: Coleta** de acordo com a figura a seguir.

Figura 2.10 - Parâmetros que devem ser definidos para calcular o total de ovos coletados em Engenho do Meio.



26. Clique em **Executar**.

27. Responda **Sim** para visualizar a tabela criada.

Note que uma nova tabela denominada **Total_Ovos** foi associada à tabela de atributos do tema **Limite_Bairro**. Nessa nova tabela existem duas colunas:

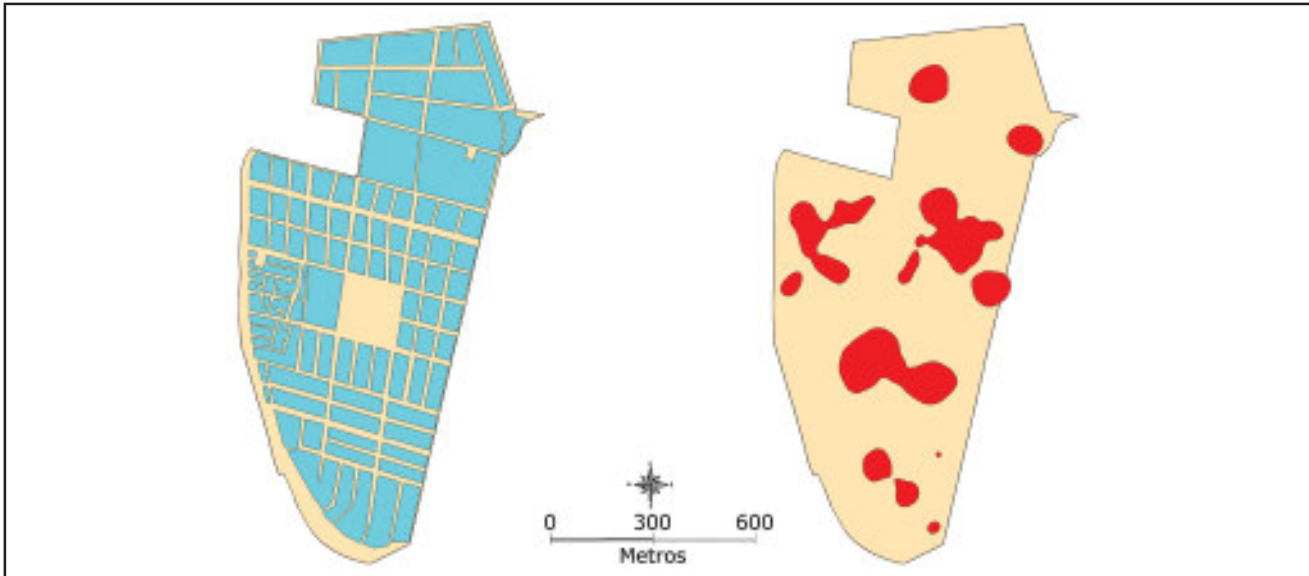
- **object_id** – código que serve para associar o total de ovos coletados no bairro à tabela de atributos do tema **Limite_Bairro**;
- **Armadilhas_L1234_TOT_OVOS_SUM** – número total de ovos coletados pelas armadilhas instaladas em Engenho do Meio no período de um ano.

28. Observe o resultado.

d) Qual a parte das quadras com maior risco?

Na base de dados organizada para este exercício, dispomos do mapa de quadras de Engenho do Meio e do mapa das áreas de maior risco de dengue. Esses mapas são apresentados na Figura 2.11.

Figura 2.11 - Mapa de quadras de Engenho do Meio (esquerda) e o mapa das áreas de maior risco de dengue (direita).



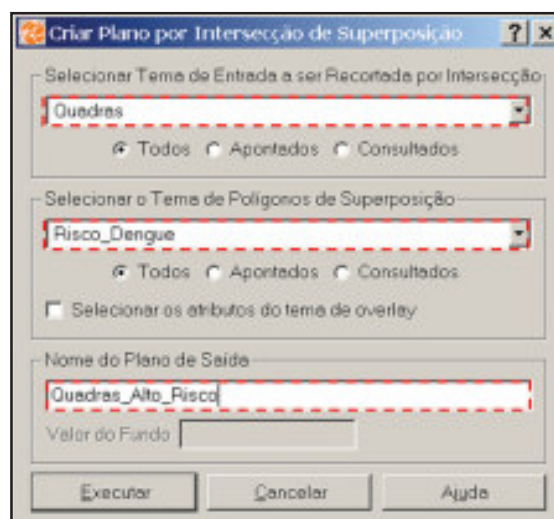
Dessa forma, para identificar as partes das quadras que estão expostas ao maior risco no bairro, podemos utilizar a operação de **Intersecção entre as camadas**.

Os passos a seguir mostram como realizar essa operação:

29. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Intersecção...**

30. Preencha os campos da janela **Criar Plano por Intersecção de Superposição** de acordo com a figura abaixo.

Figura 2.12 - Parâmetros que devem ser definidos para criar uma camada de intersecção das quadras expostas ao maior risco.



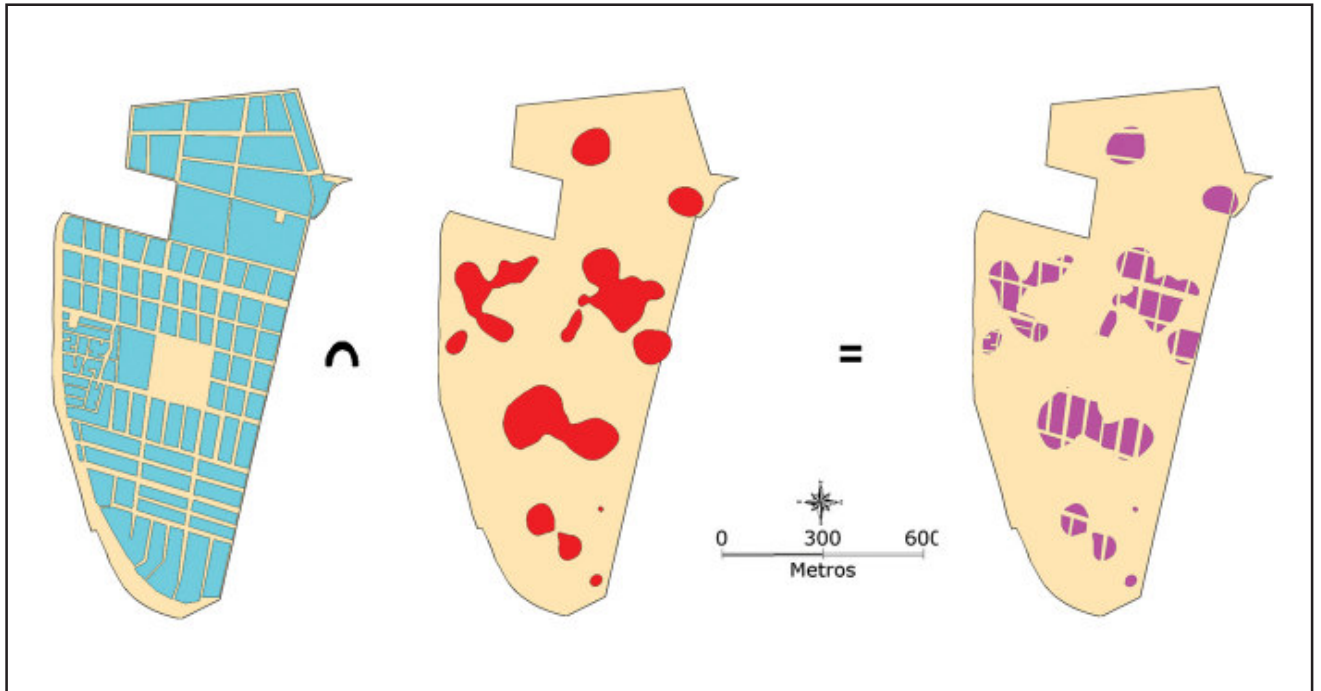
31. Clique em **Executar**.

32. Responda **Sim** para visualizar a nova camada denominada **Quadras_**

Alto_Risco (plano de saída) na janela de visualização de mapas.

A figura a seguir apresenta o resultado da operação de intersecção.

Figura 2.13 – Resultado da operação de intersecção mostrando as partes das quadras expostas ao maior risco



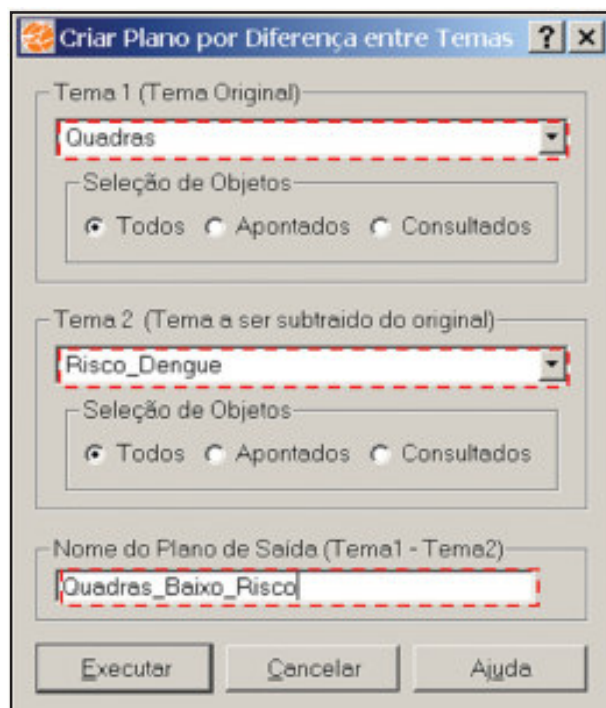
e) Qual a parte das quadras com menor risco?

Usando a operação de **Diferença entre camadas** podemos identificar também as partes das quadras com menor risco. Essa operação pode ser realizada da seguinte forma:

33. Na árvore de **Vistas/temas**, posicione o cursor sobre o nome da vista **Engenho_do_Meio**, pressione o botão direito do *mouse* e clique em **Operações Geográficas > Diferença...**

34. Preencha os campos da janela **Criar Plano por Diferença entre Temas** de acordo com a figura ao lado.

Figura 2.14 - Parâmetros que devem ser definidos para criar a camada de quadras com baixo risco.

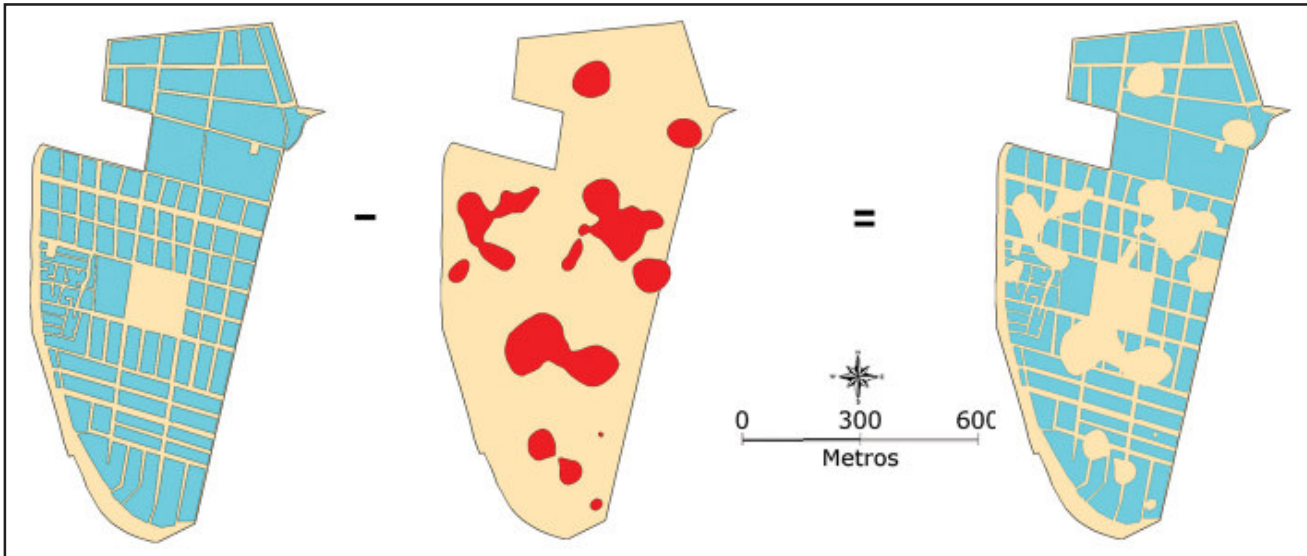


35. Clique em **Executar**.

36. Responda **Sim** para visualizar a nova camada denominada **Quadras_Baixo_Risco** (plano de saída) na janela de visualização de mapas.

A figura a seguir apresenta o resultado da operação de diferença.

Figura 2.15 – Resultado da operação de diferença mostrando as partes das quadras com baixo risco.



f) Visualizando as áreas de risco na imagem de satélite

Figura 2.16 – Apresentação das áreas de risco das quadras sobre a imagem de satélite (verde: menor risco e rósea: maior risco).




Podemos usar a imagem **Quickbird** como “pano de fundo” para visualizar as áreas de risco no bairro. Devido ao fato dessa imagem possuir alta resolução espacial é possível enxergar detalhes que podem ser muito importantes na análise do problema estudado. Nessas imagens, podemos identificar, por exemplo, a presença de esgotos a céu aberto, de áreas alagadas e de outros reservatórios hídricos, a presença e densidade da vegetação, de áreas desmatadas, de depósitos de lixo ou de ferro velho, de padrões de densidade habitacional, entre outras. Cabe ao analista a interpretação das imagens e associação das informações extraídas com outros dados da análise.

No TerraView, a visualização da imagem e das áreas de risco pode ser feita da seguinte maneira:

37. Defina o visual de apresentação dos temas **Quadras_Alto_Risco** e **Quadras_Baixo_Risco** para que apareçam com **cores diferentes** e com **90% de transparência**.

38. Na árvore de **Vistas/temas**, **Habilite** os temas **Quadras_Alto_Risco**, **Quadras_Baixo_Risco** e **Imagem_Quickbird**.

39. Na barra de ferramentas, pressione o botão **Desenhar** . O resultado é mostrado na figura 2.16.

40. Analise as áreas de risco na imagem.

41. Para fechar o TerraView, clique no *menu* **Arquivo > Sair**.

Exercício 3 : Mapeamento e Classificação dos Fluxos de Origem e Destino de Pacientes de Hemodiálise, no Estado do Mato Grosso do Sul.

3.1 Introdução

A exigência de deslocamentos para o tratamento em alguns locais significa que a distância entre a residência e a clínica pode representar barreira importante ao tratamento. Assim, a avaliação dos padrões de deslocamento é importante para orientar possíveis intervenções na regionalização do atendimento, visando a reduzir desigualdades em relação ao acesso, que podem afetar a utilização dos serviços de saúde e comprometer tanto a qualidade do atendimento quanto os ideais do Sistema Único de Saúde (SUS) de equidade no atendimento.

Neste exercício, o objetivo é apresentar algumas técnicas de mapeamento e análise de fluxos, aplicando-as ao caso do deslocamento de pessoas para terapia renal substitutiva, no Estado do Mato Grosso do Sul, no ano de 2002.

Material necessário:

Para realizar o exercício serão necessários, além do programa TerraView, a tabela com os dados de origem e destino dos pacientes e os mapas, disponíveis no site: www.capacita.geosaude.cict.fiocruz.br.

Programa TerraView: pode ser encontrado no endereço www.dpi.inpe.br/terraview.

Dados: A tabela **MS_hemodialise_2002.dbf** apresenta dados do Sistema de Informações Ambulatoriais – módulo procedimentos de alta complexidade APAC (Autorização de Procedimentos de Alto Custo) do SUS, obtidos com o programa TabWin, e referentes aos procedimentos de hemodiálise, considerando apenas os municípios do Mato Grosso do Sul. Note-se que, para utilização no TerraView, o arquivo dbf gerado no TabWin teve de ser alterado, dividindo-se a identificação da origem e a do destino em duas colunas, a primeira referente ao código e a segunda ao nome do município. As informações presentes na tabela são as seguintes:

COD_DE	código do município de origem (residência)
NOME_DE	nome do município de origem (residência)
COD_PARA	código do município de destino (unidade)
NOME_PARA	nome do município de origem (unidade)
FLUXO	nº de procedimentos autorizados em 2002
TOT1	total de procedimentos autorizados (município de origem)
TOT2	total de procedimentos autorizados (município de destino)

Mapas: Os mapas necessários para a análise são as coordenadas da localização das sedes dos municípios e o do contorno do estado. Os mapas estão em formato *shapefile* (shp), lido pelo TerraView, e são constituídos pelos seguintes arquivos:

Municípios MS	MS (contorno)
ms_mun.shp	ms.shp
ms_mun.shx	ms.shx
ms_mun.sbx	ms.sbx
ms_mun.sbn	ms.sbn
ms_mun.dbf	ms.dbf

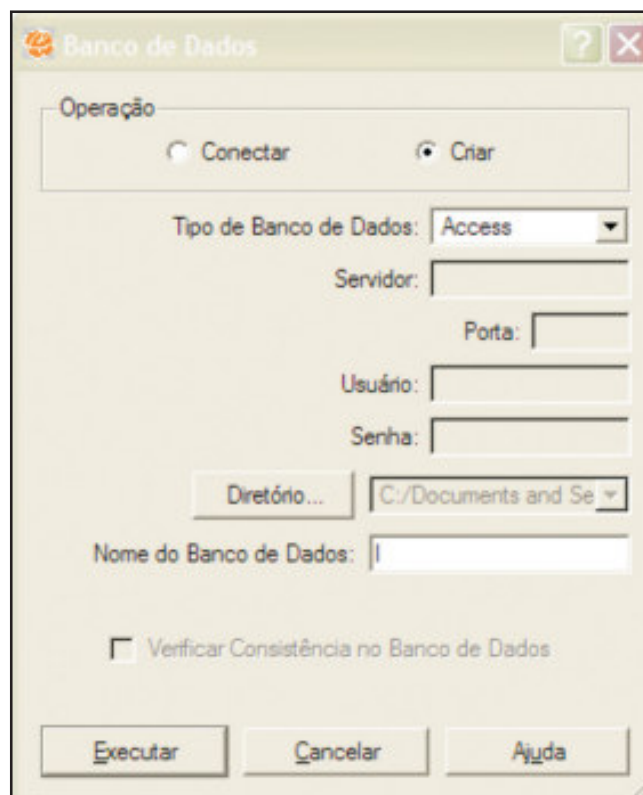
3.2 Etapas do exercício

A) Criação do banco de dados no TerraView.

No **Menu Arquivo > Banco de Dados** (ver figura 3.1),

1. Clique **Criar**;
2. Selecione o tipo de banco **Access**;
3. Localize e selecione o diretório onde deseja criar banco;
4. Atribua um nome ao banco;
5. Clique **OK**.

Figura 3.1 - Tela de criação do banco de dados.

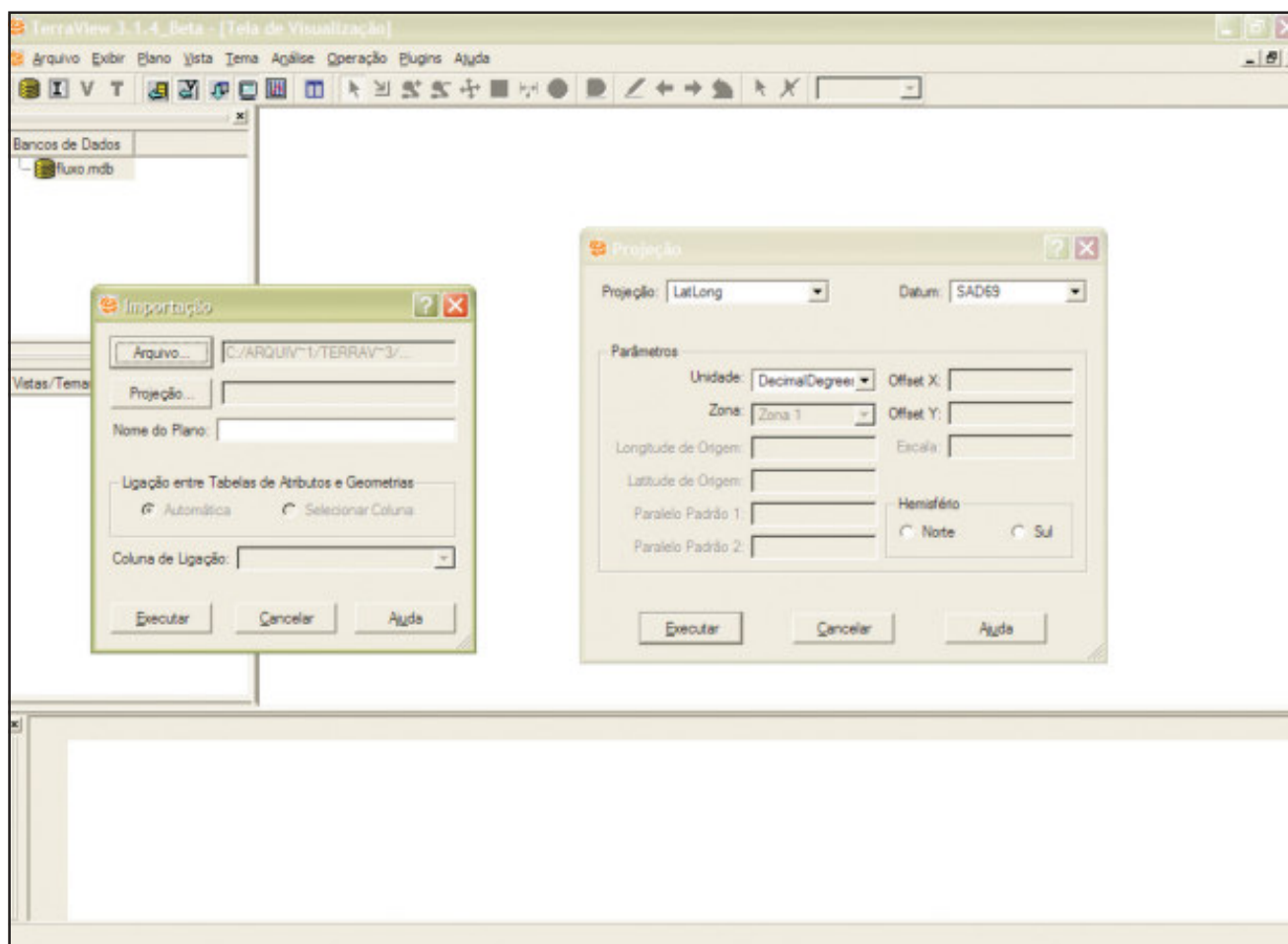


B) Leitura dos arquivos de mapas.

No Menu **Arquivo > Importar Dados** (ver figura 3.2):

6. Em **Arquivo (File)**, localize e selecione o arquivo do mapa desejado;
7. Clique na janela **Projeção** e selecione, na janela auxiliar, as opções **Projeção: LatLong, Datum: SAD69, Unidade: graus decimais, e Hemisfério: Sul**. Clique **OK** para aceitar e fechar a janela auxiliar;
8. Para selecionar a **chave de ligação** do mapa com os dados, clique **Selecionar Coluna** e selecione a coluna adequada;
9. Clique **OK** para concluir a importação.

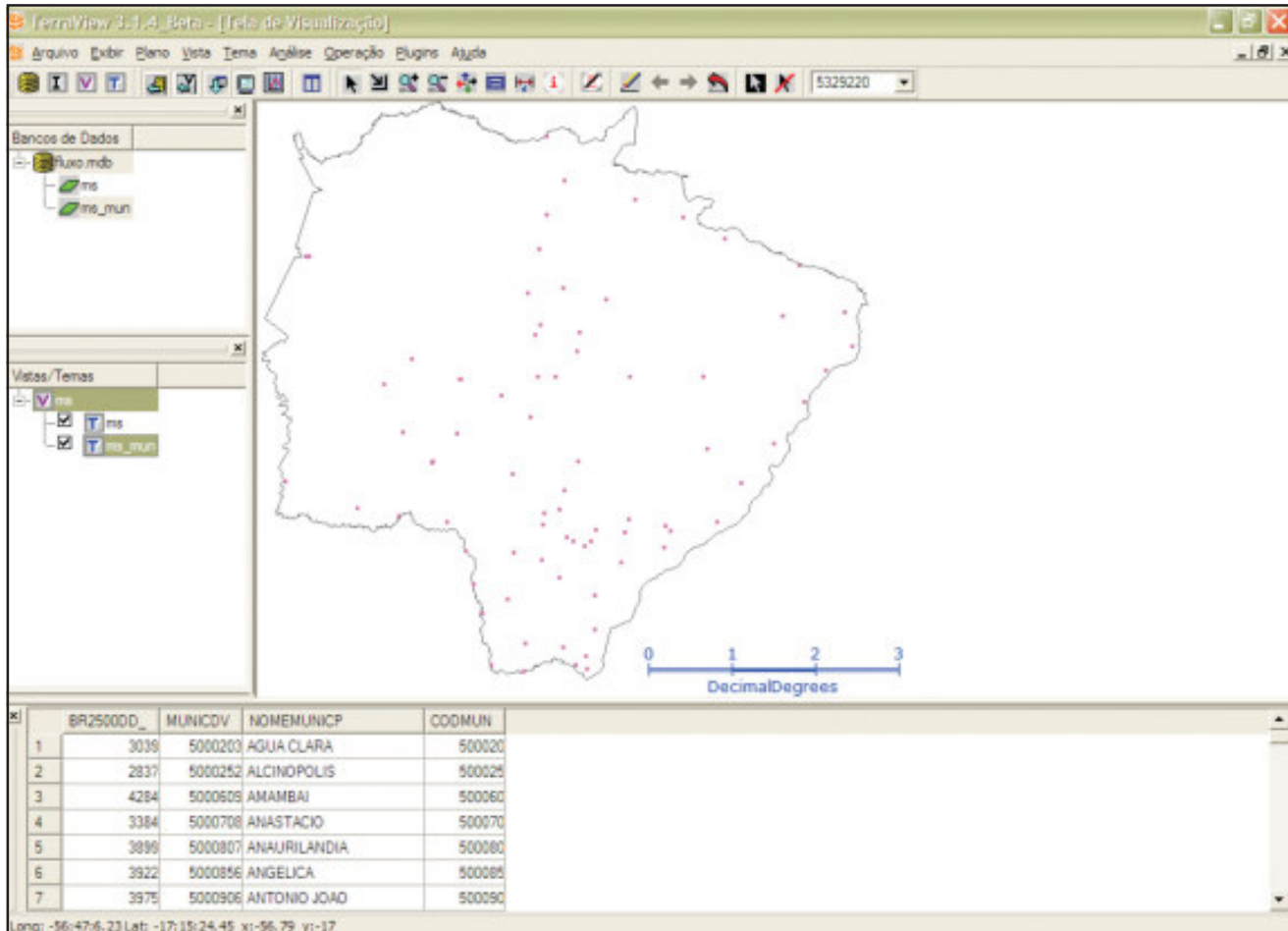
Figura 3.2 - Tela de importação de mapas.



Repita a operação para o arquivo de municípios, **ms_mun.shp**. **Atenção** para a **coluna de ligação**, que deve ser **CODMUN**, para poder ligar depois com os dados.

Arraste o tema **ms** (que é o contorno da UF) para a **View ms_mun**, para que o contorno fique visível na mesma janela, como na figura 3.3.

Figura 3.3 - Seqüência dos temas na **View**.



C) Importação da tabela de fluxos e geração de diagrama de fluxos.

Nesta etapa é criada a camada que representa graficamente os fluxos entre os municípios. Com o tema **ms_mun** selecionado (iluminado), clique no **Menu Arquivo > Plugins > Flow**:

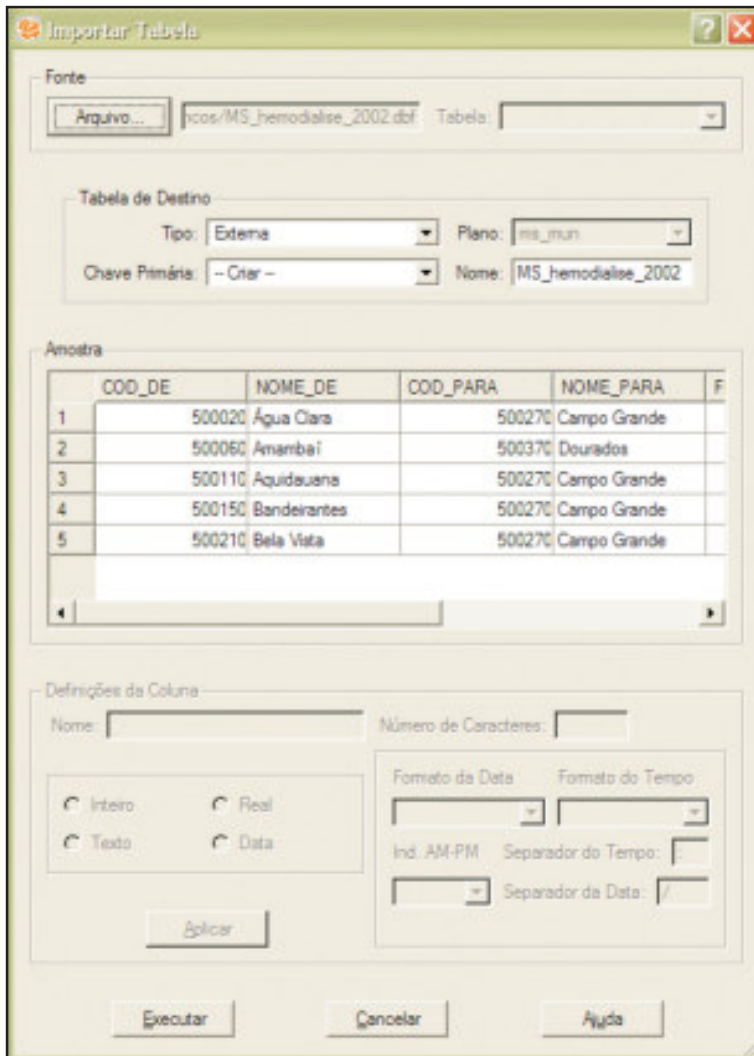
10. Selecione a opção **Gerar Diagrama de Fluxo**;

Figura 3.4 – Janela de geração de fluxos (**Flow**).



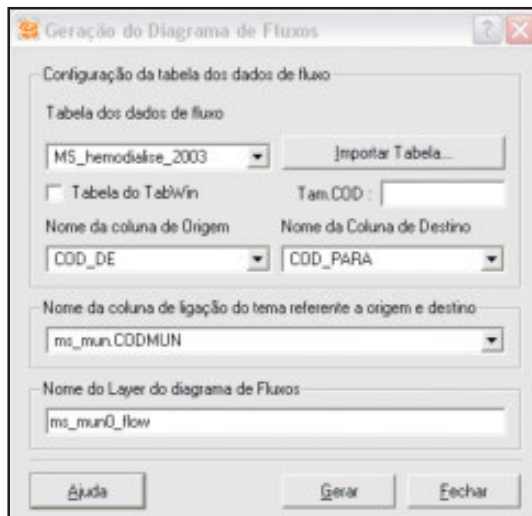
11. Localize e selecione o arquivo com a tabela, e pressione **Executar**;

Figura 3.5 – Janela de importação de tabela.



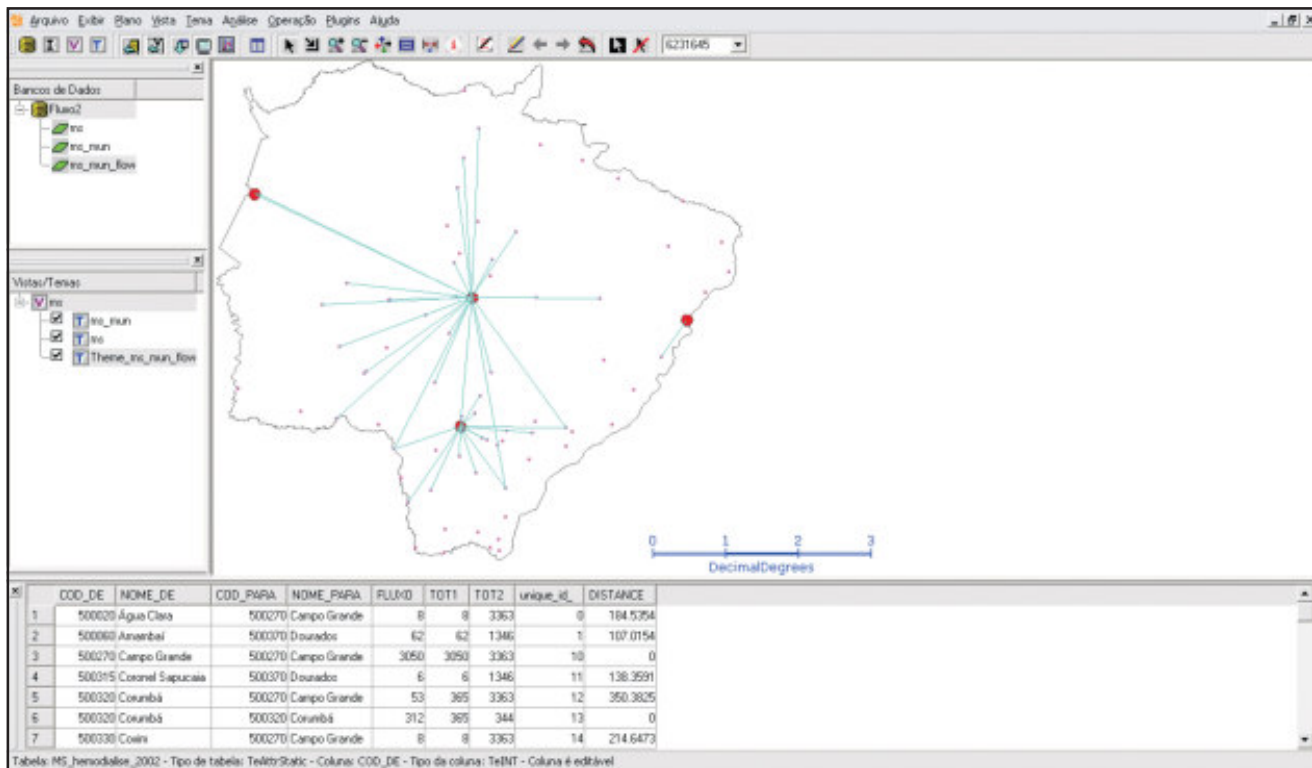
12. Selecione as colunas de **origem (COD_DE)** e **destino (COD_PARA)** dos fluxos;

Figura 3.6 - Janela de Geração de Diagrama de Fluxos.



13. Selecione a **coluna de ligação** com o mapa (**CODMUN**);
14. Defina um **nome** para o tema que será criado;
15. Clique **Gerar**;
16. Ao término da operação, feche a janela de **Fluxos** para exibir o novo tema (pode ser necessário clicar nos demais temas, para obter a visualização da figura 3.7).

Figura 3.7 – Deslocamento para hemodiálise, Mato Grosso do Sul, 2002.



O novo tema apresenta as **ligações entre os municípios**, representadas por **linhas retas**, exceto no caso das **ligações dentro um mesmo município**, indicadas por um **círculo**. Observe que a tabela associada ao tema apresenta o código e nome dos municípios de origem e de destino, o valor do fluxo, o total de autorizações na origem (TOT1) e no destino (TOT2), uma identificação interna do programa, e a distância em linha reta (em quilômetros) entre as sedes.

D) Geração da rede

Para obter a estrutura da rede, recorde-se que dois itens são necessários, uma **medida de intensidade da ligação**, que permita identificar o **fluxo dominante** (o maior entre os que partem de determinada origem) e uma **medida de tamanho dos lugares**, que permita **hierarquizá-los**. O programa permite selecionar essa variável na tabela de fluxos ou no tema original (aqui o tema dos municípios).

Clique novamente no **Menu Arquivo > Plugins > Flow** e selecione a opção **Gerar rede**:

17. No botão **Coluna de peso dos dados de fluxo**, selecione a variável **Fluxo**, para indicar a **intensidade da ligação**;

18. No quadro **Informação de dominância dos dados de fluxos**, selecione a opção **Usar coluna da tabela dos dados de fluxo** e a variável **TOT2**, para usar o total de procedimentos autorizados no município de destino com medida de **tamanho dos municípios**. No caso de seleção da outra opção – **Usar o tema de referência** – deveria ser indicado o tema e o nome da variável selecionada;

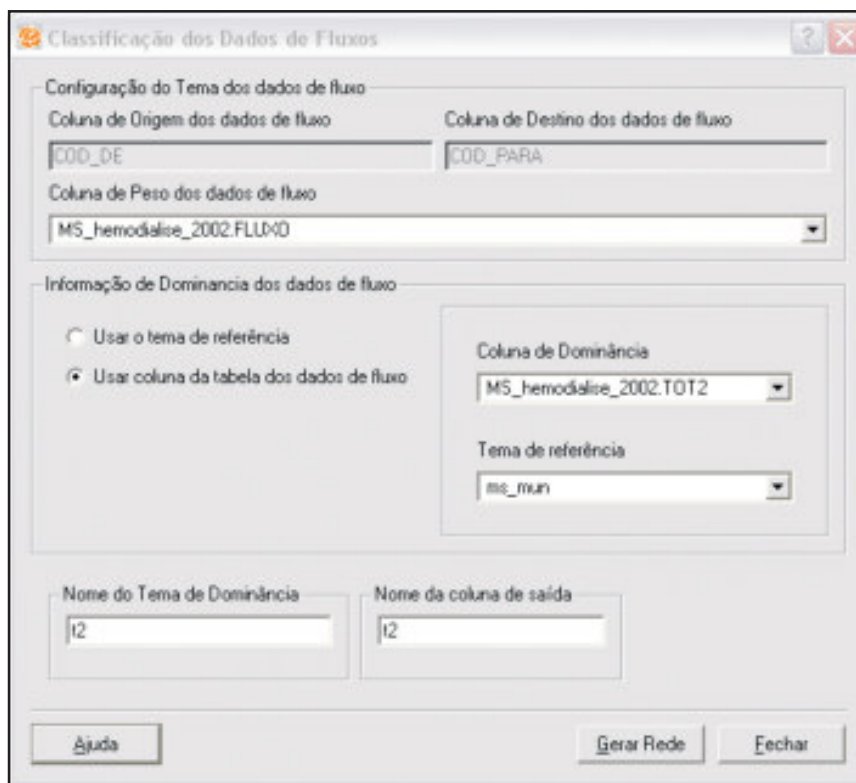
19. No quadro **Nome do tema de dominância**, selecione um **nome para o novo tema** (sugere-se um nome que recorde a variável selecionada para definir a hierarquia);

20. No quadro **Nome da coluna de saída** indique um **prefixo** que identificará as informações geradas nesta etapa;

21. Clique em **Gerar rede** para executar a operação;

22. Feche novamente a janela de **Fluxos**, para exibir a rede.

Figura 3.8 – Tela para geração da rede.



Como resultado dessa operação, identificam-se as subordinações, o arcabouço e a hierarquia da rede. Ao final, novas colunas são acrescentadas aos temas já existentes. O tema de municípios **ms_mun** conta agora com 6 novas colunas, iniciadas com o prefixo selecionado no item 20, e identificadas a seguir:

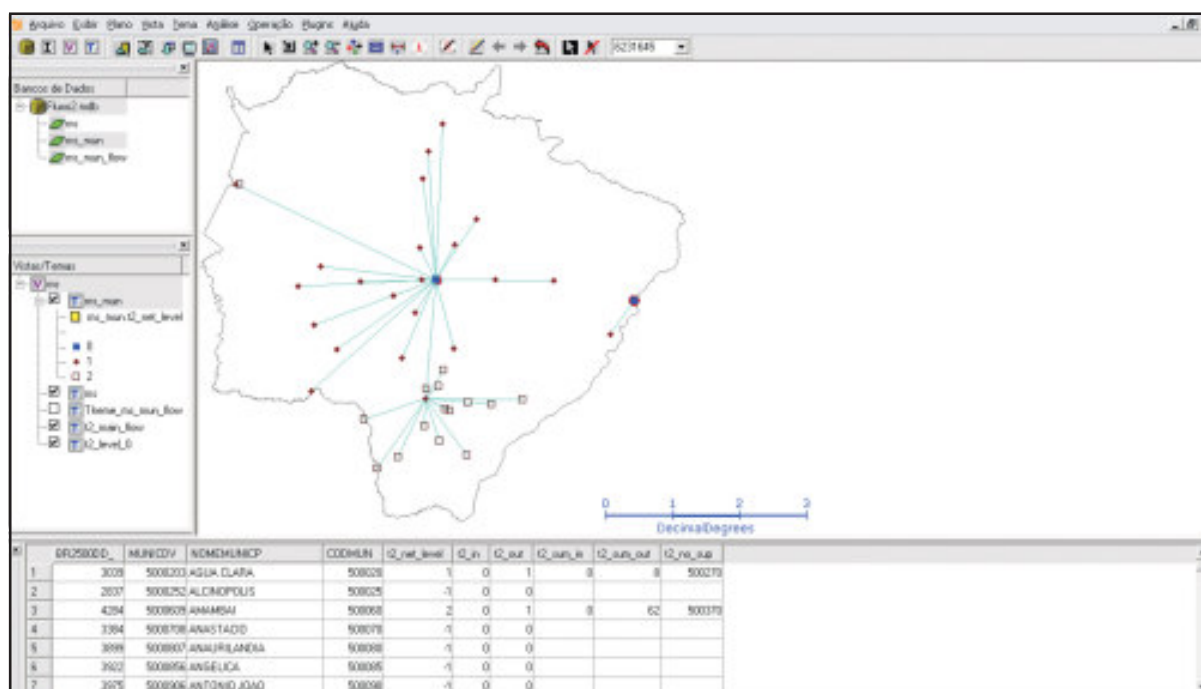
t2_net_level	nível hierárquico do município (0 é cabeça de rede, 1 imediatamente inferior, etc.)
t2_in	total de municípios que têm fluxos para o município de referência
t2_out	total de municípios para os quais o município de referência envia fluxos
t2_sum_in	total de fluxos com destino ao município de referência
t2_sum_out	total de fluxos com origem no município de referência
t2_no_sup	código do município de nível imediatamente superior ao qual está ligado o município de referência

O tema de fluxos (**fluxos**) conta com mais uma coluna – **t2_main_flow** – que distingue os fluxos dominantes (1) dos demais (-1).

Além disso, dois novos temas, **tot2_main_flow** e **tot2_level_0**, são criados a partir dos temas de fluxos e de municípios. O primeiro **tot2_main_flow** conserva apenas as ligações dominantes, e o segundo **tot2_level_0**, os municípios de nível 0, aqueles cujo maior fluxo se dirige para um município menor que ele mesmo.

Dois redes são identificadas, de tamanhos bem diversos: a de **Campo Grande**, abrangendo a maior parte do estado, e a de **Três Lagoas**, com apenas um município subordinado. Dos centros subordinados a Campo Grande, dois apresentam sub-rede própria: Dourados, que subordina 14 municípios ao sul do estado, e Corumbá, ao qual está vinculada Ladário. A figura 3.9, utilizando recursos de mapeamento temático do TerraView, exemplifica uma forma de examinar essas redes.

Figura 3.9 – Níveis hierárquicos e ligações dominantes.



E) Classificação dos fluxos

Uma vez identificado o arcabouço da rede, é possível **classificar os fluxos** segundo uma **tipologia** que vai além da simples identificação do fluxo dominante. A possibilidade de realizar essa classificação referida a diferentes níveis enriquece a visão da rede.

23. No Menu **Arquivo > Plugins > Flow**, selecione a opção **Classificação dos dados de Fluxo**;

24. No botão **Coluna de peso dos dados de fluxo**, selecione novamente a variável **Fluxo** para indicar a intensidade da ligação;

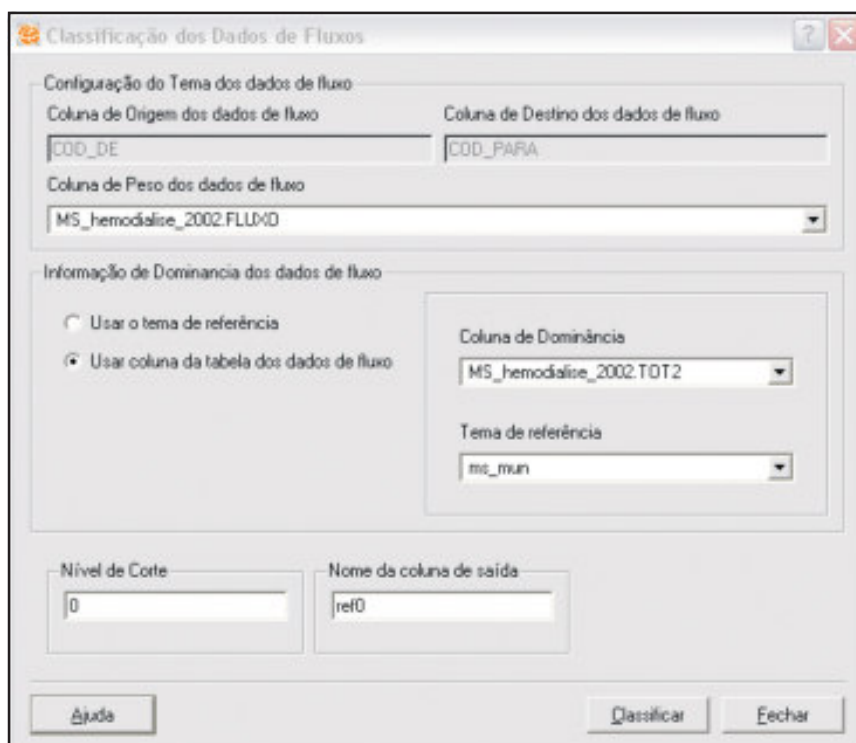
25. No quadro **Flow > Informação de dominância dos dados de fluxo**, selecione novamente a opção **Usar coluna da tabela dos dados de fluxo** e a variável **TOT2** para usar o **total de procedimentos autorizados no município de destino** com medida de tamanho dos municípios. Como observado anteriormente, caso seja selecionada a outra opção – **Usar o tema de referência** – deve-se indicar o tema e o nome da variável selecionada;

26. No quadro **Nível de corte**, indique o **nível para cortar a rede** de forma a obter um conjunto inferior e outro superior. Selecione inicialmente o **nível 0**, que não divide a rede;

27. No quadro **Nome da coluna de saída** indique um **prefixo** que identificará as informações geradas nesta etapa;

28. Clique em **Classificar** para executar a operação.

Figura 3.10 – Tela para classificação dos fluxos.



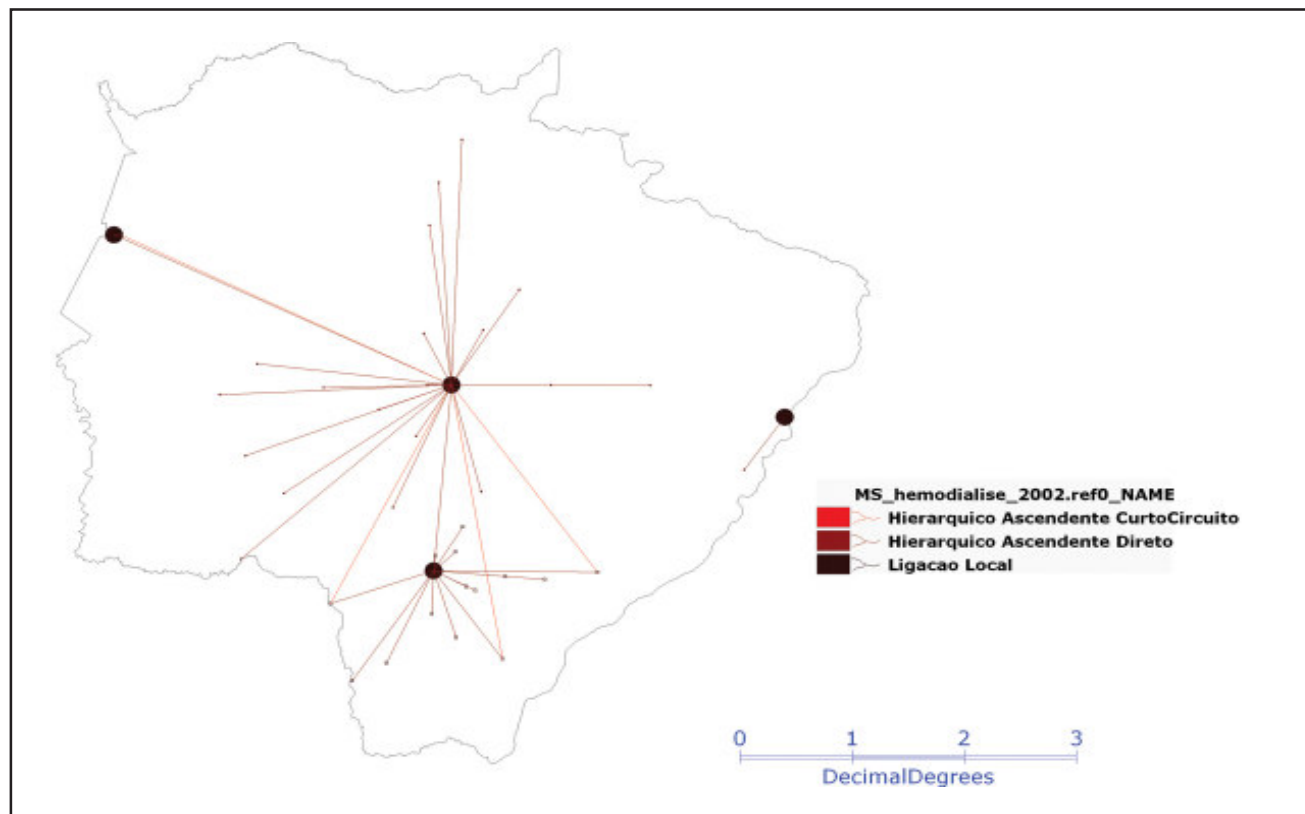
Como resultado dessa operação, os fluxos são classificados, e esta informação é acrescentada aos temas de fluxos, em 3 novas colunas, iniciadas com o prefixo selecionado no item 27, e identificadas a seguir:

ref0_COD	código numérico do tipo do fluxo
ref0_NOME	nome do tipo
ref0_RELATION	proporção do fluxo classificado no total de fluxos emitidos

Nos temas de municípios, acrescenta-se a coluna **ref0_Top**, que registra o código do município que constitui o **topo da rede**, ou do ramo, no nível interno da classificação, que, para o corte no nível 0 é o próprio nível 0.

A classificação dos fluxos destaca a influência de **Campo Grande** nas sub-redes de **Dourados** e **Corumbá**, com a presença de fluxos do tipo **Hierárquico-Ascendente em Curto Circuito**, além daqueles do tipo **Hierárquico-Ascendente Direto** e das ligações locais, e este padrão está representado na figura 3.11.

Figura 3.11 – Tipologia dos fluxos referida ao nível zero.



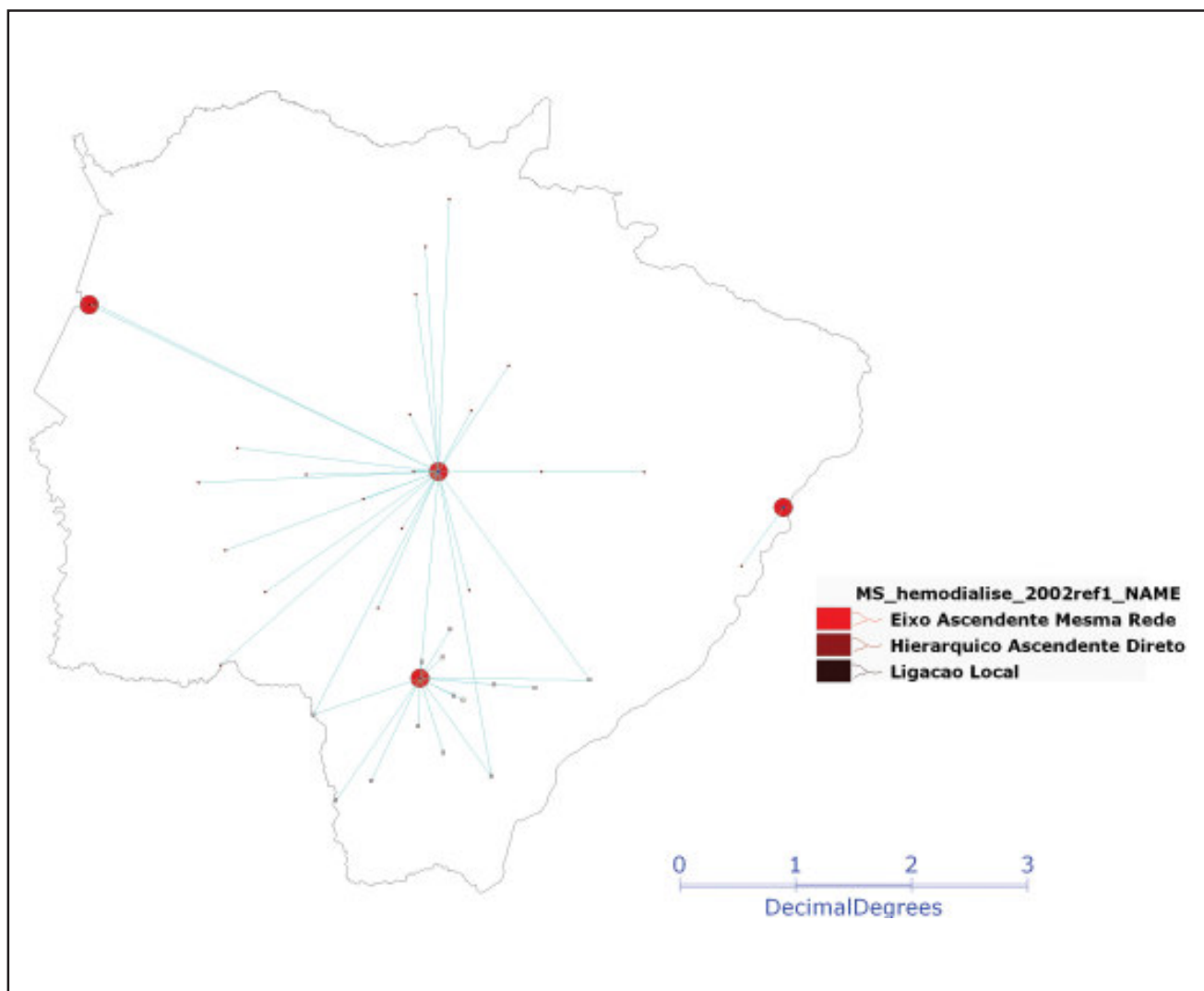
Repetindo a etapa de classificação, desta vez selecionando o **nível 1** como **nível de corte**, com o **prefixo ref1** para as novas colunas, obtém-se os resultados apresentados na figura 3.12. Como o nível 0 está agora acima do corte da classificação, os fluxos que se dirigem para os centros deste nível são classificados no tipo **Ascendente Mesma Rede**. Os fluxos do tipo **Hierárquico-Ascendente Direto** são agora os que se dirigem para **Dourados** e **Corumbá**, ou seja, aqueles dos níveis 2 para os níveis 1.

3.2 Questões

Considerando que exigência de deslocamentos freqüentes para o tratamento em alguns locais significa que a distância entre a residência e a clínica pode representar barreira importante ao tratamento, e dado o padrão de fluxos, o que pode ser dito das condições de acesso ao tratamento de hemodiálise no exemplo estudado?

Considerando que é necessário um número mínimo de pacientes para viabilizar o funcionamento de clínicas de hemodiálise, não é possível contemplar a implantação de clínicas em todos os municípios. Entretanto, áreas que combinam a presença de municípios que não registram pacientes em tratamento, e a de municípios cujos residentes são submetidos a extensos deslocamentos podem ser avaliadas em termos da conveniência de estabelecer novos pólos. Que áreas poderiam ser propostas com base nos resultados do exercício?

Figura 3.12 - Tipologia dos fluxos referida ao nível 1.



Referências Bibliográficas

- Atanaka-Santos M, D Czeresnia, Souza-Santos R, Oliveira R. Comportamento epidemiológico da malária em Mato Grosso, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2006; 39(2):187-192.
- Atanaka-Santos M, Souza-Santos R, Czeresnia D 2007. Spatial analysis for stratification of priority malaria control areas, Mato Grosso State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, e no 23(5): 1099-1111.
- Barcellos C. Constituição de um sistema de indicadores sócio-ambientais. In: Maria Cecília Minayo. (Org.). *Saúde e Ambiente Sustentável: Estreitando Nós*. 1ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Fiocruz; 2002, v. 1, p. 313-329.
- Beck LR, Lobitz BM, Wood BL. Remote sensing and human health: new sensors and new opportunities. *Emerging Infectious Diseases*, 2000, 6:217-227.
- Carvalho MS, Pina MF, Santos SM. Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e cartográfica Aplicados à Saúde. Brasília: Ed. OPAS-RIPSA; 2000.
- Correia VRM, Carvalho MS, Sabroza PC, Vasconcelos CH. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 2004; 20:891-904.
- Dorling D, Fairbairn D. *Mapping: Ways of Representing the World*. London:Longman, 1997.
- Hay SI, Tucker CJ, Rogers DJ, Packer MJ. Remotely sensed surrogates of meteorological data for the study of the distribution and abundance of arthropod vectors of disease. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 1996; 90:1-19.
- Hendrickx G, Nepala A, Rogers D, Batiaensen P, Slingenbergh J. Can remotely sensed meteorological data significantly contribute to reduce costs of tsetse surveys? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 1999, 94: 273-276.
- Kraak, M J, e Ormeling, F J, 1996, *Cartography, visualization of spatial data*: Addison-Wesley-Longman, Harrow, 222 p.
- Nystuen JD, Dacey MF. A graph theory interpretation of nodal regions. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 1961; 7: 29-42. Tradução: Nystuen, JD. & Dacey, MF. (1968). Uma Interpretação de Regiões Nodais segundo a Teoria dos Grafos. In: *Urbanização e Regionalização*, (org.) Speridião Faissol, Rio de Janeiro, IBGE.
- Oliveira EXG, Carvalho MS, Travassos C. Territórios do Sistema Único de Saúde - mapeamento das redes de atenção hospitalar. *Cadernos de Saúde Pública*, 2004; 20(2):386-402.
- Padro NA. *Distribuição Territorial da Dengue em Niterói*. Dissertação de mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 2005.
- Pagano M, Gauvreau K. *Princípios de Bioestatística*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- Rabino GA, Occelli S. Understanding spatial structure from network data: Theoretical considerations and applications. *CYBERGEO* 1997;(29). [Versão on line] [citado 2006 set 17]
- Tomazelli J, Czeresnia D, Barcellos C. Distribuição dos casos de AIDS em mulheres no Rio de Janeiro, de 1982 a 1997: uma análise espacial. *Cadernos de Saúde Pública*, 2003; 19(4):1049-1061.
- Werneck GL, Costa CHN, Walker AM, David JR, Wand M, Maguirre, JH. Multilevel modelling of the incidence of visceral leishmaniasis in Teresina, Brazil. *Epidemiology and Infection*, v. 135, p. 1-7, 2006.

Outros títulos da série: CAPACITAÇÃO E ATUALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO EM SAÚDE

VOLUME 1 – Abordagens Espaciais na Saúde Pública

Organizadores: Simone M. Santos e Christovam Barcellos

VOLUME 2 – Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública

Organizadores: Simone M. Santos e Reinaldo Souza-Santos

VOLUME 3 – Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública

Organizadores: Simone M. Santos e Wayner V. Souza

MAIS INFORMAÇÕES: Secretaria de Vigilância em Saúde

Ministério da Saúde

Esplanada dos Ministérios

edifício sede, Bloco E, 1º andar

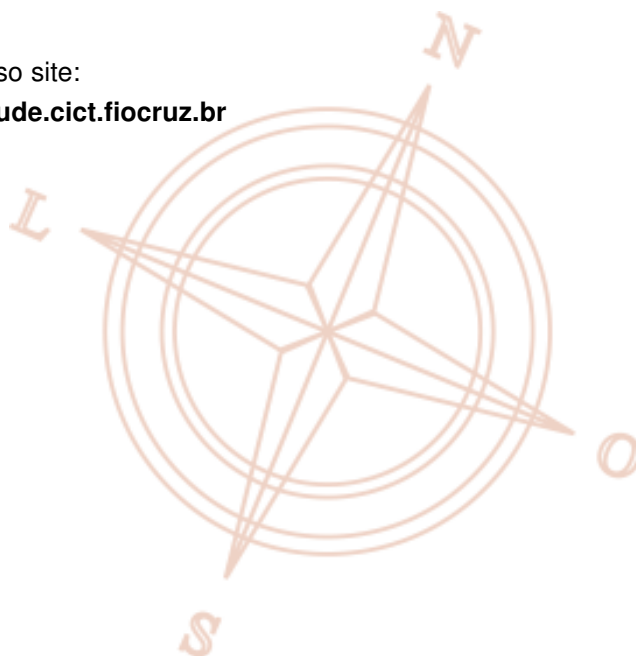
Brasília - DF CEP 70.058-900

e-mail: svs@saude.gov.br

Tel: (61) 3315.3777

Visite nosso site:

www.capacita.geosaude.cict.fiocruz.br





Esta obra foi produzida no Rio de Janeiro pelo Departamento de Programação Visual – ICICT – Fiocruz, em agosto de 2007. A composição empregou as tipologias Arial, Arial Narrow, Arial Black e Zapf Humanist 601. O papel utilizado para miolo é o Couchè fosco L2 - 95 g/m². E, para a capa, Supremo Alto Alvura 275 g/m².

Série: Capacitação e atualização em
geoprocessamento em saúde

Volume 2

Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na Saúde Pública

Este volume, organizado por Simone Santos e Reinaldo Souza-Santos, apresenta de forma didática e contextualizada os principais conceitos e técnicas para o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) pelos profissionais da saúde pública. Para cada capítulo um conjunto de exemplos práticos para a vigilância em saúde é trabalhado com o TerraView - um software de geoprocessamento público e livre. Resultado de uma colaboração longa e profícua entre o INPE e a FIOCRUZ, com o apoio da SVS/MS, este primeiro desafio de transformar conhecimento e tecnologias em produtos inovadores para o setor foi vencido. Que venham mais e novos desafios, para que o INPE possa contribuir cada vez mais com a melhoria das análises de situação de saúde no Brasil.

*Antônio Miguel Vieira Monteiro,
Coordenador do Programa Espaço e Sociedade
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*



Secretaria de
Vigilância em Saúde

Ministério
da Saúde



ISBN 978-85-334-1421-1



9 788533 414211