



Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Geoprocessamento

Volume Único

Hugo Portocarrero

Rodrigo Silva da Conceição

Vivian Castilho da Costa



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO SOCIAL**

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO**



Apoio:



FAPERJ
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

www.cederj.edu.br

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-presidente

Marilvia Dansa de Alencar

Coordenação do Curso de Geografia

UERJ – Glaucio José Marafon

Material Didático

Elaboração de Conteúdo

Hugo Portocarrero
Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa

Direção de Design Instrucional

Cristine Costa Barreto

Coordenação de Design Instrucional

Bruno José Peixoto
Flávia Busnardo da Cunha
Paulo Vasques de Miranda

Supervisão de Design Instrucional

Renata Vettoretti

Design Instrucional

Daniel Cavalcanti Figueiredo
Gabriel Ramos Gomes da Costa
Karin Gonçalves
Renata Vettoretti

Biblioteca

Raquel Cristina da Silva Tiellet
Simone da Cruz Correa de Souza
Vera Vani Alves de Pinho

Diretoria de Material Impresso

Marianna Bernstein

Revisão Linguística

Beatriz Fontes
Licia Matos
Maria Elisa da Silveira
Mariana Caser

Ilustração

Vinicius Mitchell

Capa

Vinicius Mitchell

Programação Visual

Cristina Portella
Maria Fernanda de Novaes

Produção Gráfica

Fábio Rapello Alencar
Ulisses Schnaider

Copyright © 2018, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e/ou gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

P853g

Portocarrero, Hugo.

Geoprocessamento. Volume único. / Hugo Portocarrero ,
Rodrigo Silva da Conceição, Vivian Castilho da Costa. – Rio de
Janeiro : Fundação Cecierj, 2018.

372 p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 978-85-458-0101-6

1. Geoprocessamento. 2. Geotecnologias. 3. Sensoriamento
remoto. I. Conceição, Rodrigo Silva da. II. Costa, Vivian Castilho
da. Título.

CDD: 900

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador

Luiz Fernando de Souza Pezão

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Social

Gabriell Carvalho Neves Franco dos Santos

Instituições Consorciadas

CEFET/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Diretor-geral: Carlos Henrique Figueiredo Alves

FAETEC - Fundação de Apoio à Escola Técnica

Presidente: Alexandre Sérgio Alves Vieira

IFF - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Reitor: Jefferson Manhães de Azevedo

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Reitor: Luis César Passoni

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Reitor: Ruy Garcia Marques

UFF - Universidade Federal Fluminense

Reitor: Sidney Luiz de Matos Mello

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Reitor: Roberto Leher

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Reitora: Ricardo Luiz Louro Berbara

UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Reitor: Luiz Pedro San Gil Jutuca

Sumário

Aula 1 • A Evolução das geotecnologias e o surgimento do geoprocessamento.....	7
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 2 • Sensoriamento remoto: o que é, para que serve e como surgiu?	29
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 3 • Sensores orbitais e suas aplicações	55
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 4 • As imagens e a interpretação do espaço terrestre.....	91
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 5 • O uso do GPS (<i>global positioning system</i>) e suas aplicações nos estudos geográficos	123
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 6 • Sistemas GNSS e seus segmentos (histórico e tipologias)	149
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 7 • Elementos de geoprocessamento	169
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 8 • Conceitos básicos de Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	187
<i>Hugo Portocarrero</i>	
<i>Rodrigo Silva da Conceição</i>	
<i>Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 9 • Armazenamento de dados no Sistema de Informação Geográfica (SIG)	207
<i>Hugo Portocarrero</i>	
<i>Rodrigo Silva da Conceição</i>	
<i>Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 10 • Formatos de representação e estruturas de dados espaciais	229
<i>Hugo Portocarrero</i>	
Aula 11 • Aquisição e entrada de dados	255
<i>Hugo Portocarrero</i>	
<i>Rodrigo Silva da Conceição</i>	
<i>Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 12 • Conhecendo o ambiente SIG	273
<i>Hugo Portocarrero</i>	
<i>Rodrigo Silva da Conceição</i>	
<i>Vivian Castilho da Costa</i>	

Aula 13 • Consultas espaciais e classificação temática dos dados em SIG295

Hugo Portocarrero

Rodrigo Silva da Conceição

Vivian Castilho da Costa

Aula 14 • Análises básicas em SIG315

Hugo Portocarrero

Rodrigo Silva da Conceição

Vivian Castilho da Costa

Aula 15 • Outras análises de dados espaciais339

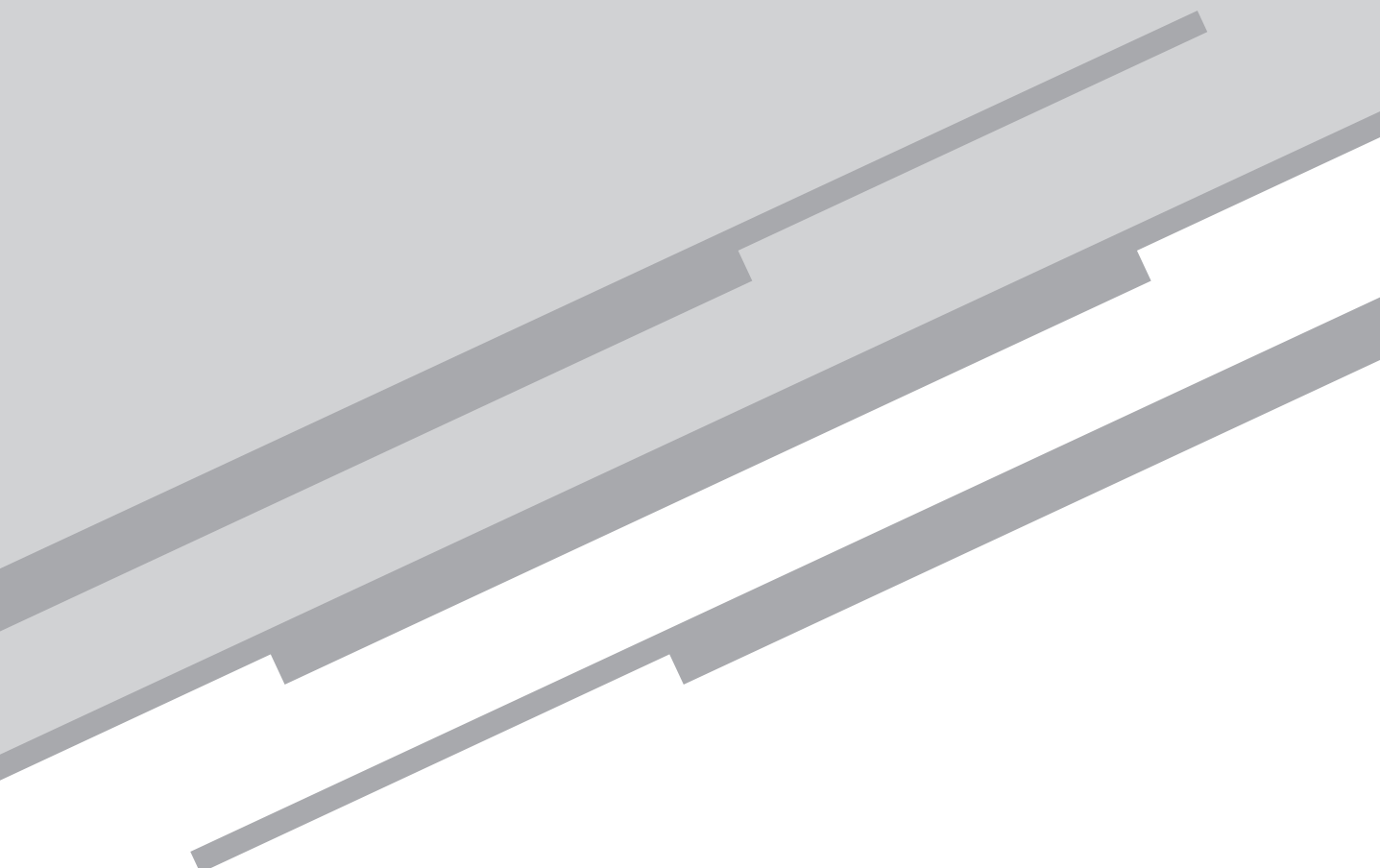
Rodrigo Silva da Conceição

Vivian Castilho da Costa

Hugo Portocarrero

Aula 1

A Evolução das Geotecnologias e o Surgimento do Geoprocessamento



Meta

Apresentar o conceito de geotecnologia e sua evolução, compreendendo o avanço das tecnologias e o surgimento do geoprocessamento.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. analisar a evolução das novas tecnologias de representação do espaço;
2. aplicar os conceitos de geotecnologias e geoprocessamento.

Introdução

A cartografia impressa (mapas, cartas e plantas) é uma forma de representar o mundo de maneira estática, limitando as interações do usuário com a realidade.

Com a evolução da informática e das novas tecnologias nas últimas décadas, a informação, seja ela de qualquer natureza, passou a ser cada vez mais veiculada de maneira interativa e eficaz, ou seja, as novas tecnologias permitem uma maior facilidade quanto ao acesso e à manipulação da informação, inclusive a geográfica.

A utilização de mapas interativos, com elementos multimídia, faz com que os fenômenos e as características do mundo real sejam mais bem percebidos em sua totalidade. Nesse contexto, o geoprocessamento provê um ambiente geral de uso do mapa, e o usuário passa a controlar interativamente como será esse mapa e o que será representado.

Nesta aula, serão discutidos aspectos da cartografia digital e multimídia, além da interatividade, visualização científica e suas implicações em face dos processos e métodos da comunicação cartográfica. Abordaremos também o surgimento dos conceitos de geotecnologias e geoprocessamento, que integram distintas formas de representação da informação geográfica.

Avanços da cartografia analógica e digital

No mapa convencional utilizava-se o papel como meio de suporte mais comum. Dentro desse ambiente limitado, a representação do mundo real ficava restrita pela possibilidade de transportar essa realidade para o mapa impresso e estático.



Micah Burke

Figura 1.1: Mapa impresso e estático.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1282512>

A cartografia digital surgiu com o advento dos computadores na década de 1960 substituindo progressivamente as técnicas da cartografia analógica por técnicas digitais. Na verdade, técnicas de produção cartográfica digital têm suas origens na cartografia analógica.

A cartografia digital pode ser entendida como um processo em que a construção de um mapa tem suas etapas executadas por processadores digitais, reduzindo a necessidade de intervenção humana.

A intervenção humana sobre as representações cartográficas há algum tempo estava associada ao desenho manual do mapa, ou seja, à representação dos traços realizada diretamente pelo homem, com o auxílio das técnicas cartográficas. Atualmente, essa intervenção é de forma mais indireta, por meio da programação, da modelagem e do comando dos sistemas que realizam o mapeamento digital.

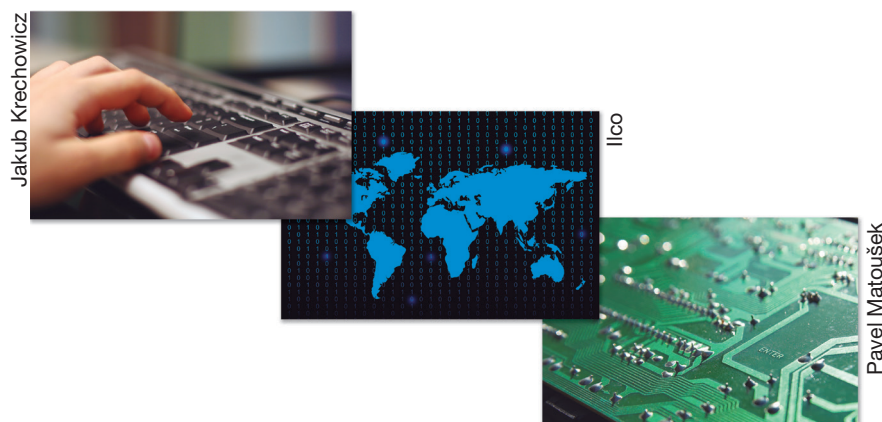


Figura 1.2: As ferramentas computacionais auxiliaram na informatização da linguagem cartográfica.

Fontes: <http://www.sxc.hu/photo/1260787> (teclado); <http://www.sxc.hu/photo/1198414> (mapa); <http://www.sxc.hu/photo/1218115> (placa)

Com os avanços da tecnologia ocorridos nas últimas décadas, o processo para mapear a superfície terrestre se tornou mais sofisticado, minimizando o tempo necessário para realizar o mapeamento, reduzindo os custos e incrementando a sua precisão. Atualmente, todo o processo de mapeamento pode ser realizado de forma mais precisa e prática através de processadores que executam milhões de cálculos por segundo.

Os computadores oferecem aos cartógrafos as mesmas vantagens que um editor de texto oferece aos escritores, por exemplo. Por meio da informática, podemos atualizar um mapa convencional em papel, transformando-o em um mapa em formato digital.

Mas o que é digitalização?

A digitalização é o processo de conversão de pontos e linhas de um mapa convencional em um formato compatível para o uso em computador. No processo de digitalização de um mapa devem ser consideradas: a identificação das características cartográficas do mapa (escalas, sistema de projeção e sistema geodésico); anotações de informações complementares no mapa a ser digitalizado, como o código de entidades gráficas; compilação de outras informações e atualização do documento (SILVA, 2008).

A digitalização não é propriamente um processo de obtenção de bases cartográficas, e sim de conversão de dados analógicos em dados digitais. Portanto, pressupõe-se a existência de bases cartográficas convencionais (mapas impressos) que serão convertidas para meios digitais por dois métodos: a digitalização vetorial ou a digitalização *raster*.

A digitalização vetorial consiste em transportar os dados representados em um mapa (pontos, linhas e polígonos) para um computador, mediante a utilização de mesas digitalizadoras e de programas computacionais capazes de efetuar essa operação.

As mesas digitalizadoras são periféricos eletrônicos e podem ser de diferentes tipos e modelos. São compostas por uma superfície plana, sensível eletronicamente, onde se coloca o mapa ou o gráfico a ser digitalizado, e um mouse, que envia as coordenadas de um ponto na superfície da mesa, para o computador, ou seja, o seu funcionamento se baseia no registro das posições ocupadas pelo cursor em relação à área da mesa (CEUB; ICPD, 2002).



Figura 1.3: Mesa digitalizadora.

Fonte: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_BGD3/ch01s02.html

Pixels

São unidades retangulares homogêneas de um arquivo digital em formato de figura ou imagem.

A digitalização automática, ou *raster*, é a transformação do mapa analógico em **pixels** por meio do emprego do *scanner* (de mesa, de tambor ou de rolo). Após a digitalização, a imagem *raster* sofre um processo de edição; é como se fosse uma limpeza para melhorar a apresentação ou mesmo para prepará-la para a vetorização.



SrinivasanMuruges

Figura 1.4: Scanner de mesa, utilizado para digitalizar pequenos mapas e/ou partes de mapas.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/432532>



Weloo

Figura 1.5: Scanner de rolo, utilizado para digitalizar mapas e cartas inteiras em rolos.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/537018>

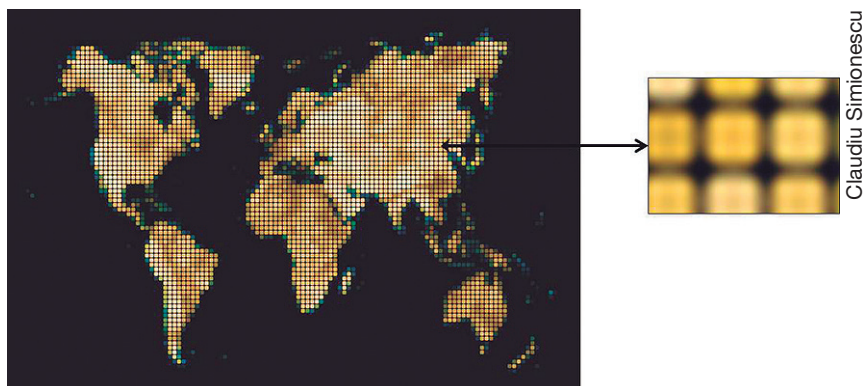


Figura 1.6: Representação dos pixels de uma imagem.

Fonte: Adaptado de <http://www.sxc.hu/photo/1052008>

O processo de conversão *raster*/vetor pode ser gradativo e vai depender do tipo de documento cartográfico a ser vetorizado, da sua origem e de seu estado de conservação.

Vetorização

A vetorização permite a definição dos atributos das entidades, evitando perdas de representação gráfica. A vetorização automática a partir de uma imagem utiliza técnicas de processamento digital de imagens para rastrear pixels de uma imagem raster num processo muito rápido.

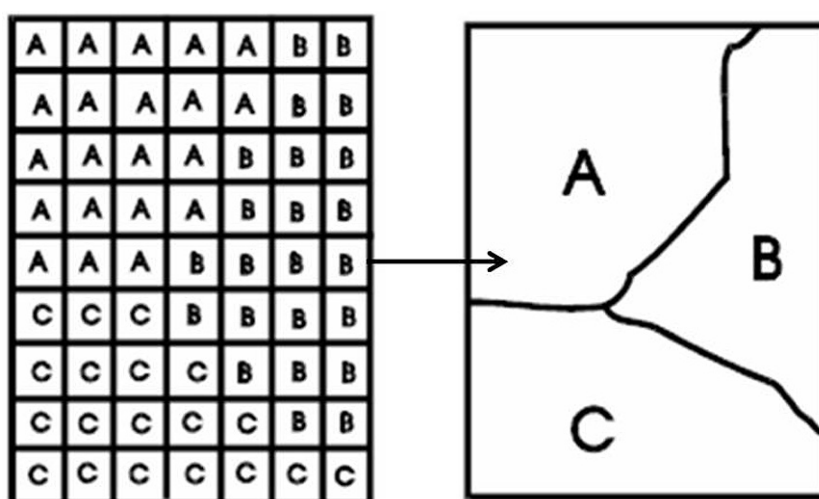


Figura 1.7: Representação da conversão de *raster* para vetor.

Fonte: Adaptado de <http://www.geoluislopes.com/2012/04/linguagem-cartografica-e-os-tipos-de.html>



A estrutura de dados vetorial está relacionada aos elementos na forma de pontos, linhas ou polígonos (áreas). A *raster* está relacionada aos *pixels* de uma imagem.

A boa qualidade da edição vetorial acontece quando os mapas são separados por classes de informação, como altimetria, hidrografia, vegetação, rodovias etc. Isto porque os softwares de vetorização digital não são suficientemente inteligentes para garantir bons resultados para a vetorização conjunta de linhas, símbolos e textos.

O Sistema CAD

Um dos sistemas mais conhecidos de cartografia digital é o CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado pelo Computador). Este sistema se caracteriza por armazenar dados espaciais, como entidades gráficas. Rocha (2004) destaca que, apesar de terem sido elaborados para facilitar a criação de projetos de engenharia e arquitetura, os sistemas CAD são frequentemente utilizados em cartografia digital.

Os sistemas CAD geralmente acessam suas informações de modo sequencial, forçando a fragmentação das informações geográficas em diversos arquivos. Assim, os sistemas CAD lidam com os mapas independentemente de continuidade de uma folha para outra. Pode-se, por exemplo, colocar uma folha referente a uma carta digital ao lado de outra, mas não existe preocupação do sistema de integrar os objetos na divisa como um único objeto.

Os sistemas CAD apresentam diversas características importantes para o mapeamento digital, vinculadas aos sofisticados recursos de representação gráfica, edição, exibição em tela e impressão. Em razão de sua funcionalidade, são bastante usados para digitalizar cartas topográficas.



As folhas de cartas topográficas impressas cobrindo determinada área seguem uma sequência identificada por meio de uma nomenclatura (letras e números). Os arquivos gráficos digitais utilizados em sistemas de cartografia digital também seguem essa sequência respeitando a localização por meio de um sistema de coordenadas.

Algumas variações em complementaridade aos sistemas CAD foram desenvolvidas. Podem ser citados os denominados sistemas CAM e AM/FM, descritos a seguir:

- Os sistemas CAM (*Computer Aided Mapping* ou Mapeamento Auxiliado pelo Computador) são utilizados para produção de mapas. Os dados em um sistema CAM são organizados em camadas. Essas camadas são utilizadas para a organização temática das entidades gráficas dos mapas ou para a classificação dos tipos de elementos gráficos (linhas, textos etc.) dos mapas. Como as relações entre as entidades gráficas dos mapas se dão apenas através de camadas e de um referenciamento a um sistema de coordenadas geográficas comum a todas as entidades, os sistemas CAM não são adequados para a análise dos dados de um mapa.
- Os sistemas AM/FM (*Automated Mapping/Facility Management* ou Mapeamento Automatizado/Gerenciamento de Equipamentos) são baseados na tecnologia CAD e são usualmente empregados no gerenciamento de sistemas de dados de serviços públicos. Uma característica importante dos sistemas AM/FM é a associação de atributos alfanuméricos às entidades gráficas. Esses atributos descrevem as características dos componentes dos sistemas de serviços públicos, tais como capacidade, dimensão, material etc. Devido à estrutura de rede e à associação de atributos alfanuméricos às entidades gráficas, os sistemas AM/FM são capazes de modelar e analisar operações de rede (FITZ, 2008).
- O processo evolutivo da cartografia digital saltou para um patamar superior, na medida em que foram desenvolvidos os sistemas de

Dados georreferenciados

São aqueles que possuem, como um de seus atributos, a sua localização geográfica a partir de um sistema de coordenadas. Em uma visão geral, podemos dizer que um SIG tem os seguintes componentes: interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). Esses componentes se relacionam de forma hierárquica.

gerenciamento de banco de dados, tornando possível a ligação da base cartográfica digital ao banco de dados descritivos, surgindo assim os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs).

- Os SIGs permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados com referência e localização espacial (coordenadas geográficas). Assim, os SIGs podem ser vistos como um tipo bastante particular de sistema de suporte à tomada de decisão, oferecendo mecanismos para a manipulação e análise de **dados georreferenciados** diante de uma necessidade, para planejamento, controle e gestão do território.



O que faz um SIG?

Todos os SIGs têm componentes de cartografia digital, mas nem todos os sistemas de cartografia digital têm componentes de um SIG, já que os SIGs envolvem muito mais que a elaboração de mapas digitais. Na verdade, um SIG é assim classificado considerando-se a sua capacidade de realizar análises a partir de dados espaciais (SOARES FILHO, 2000).

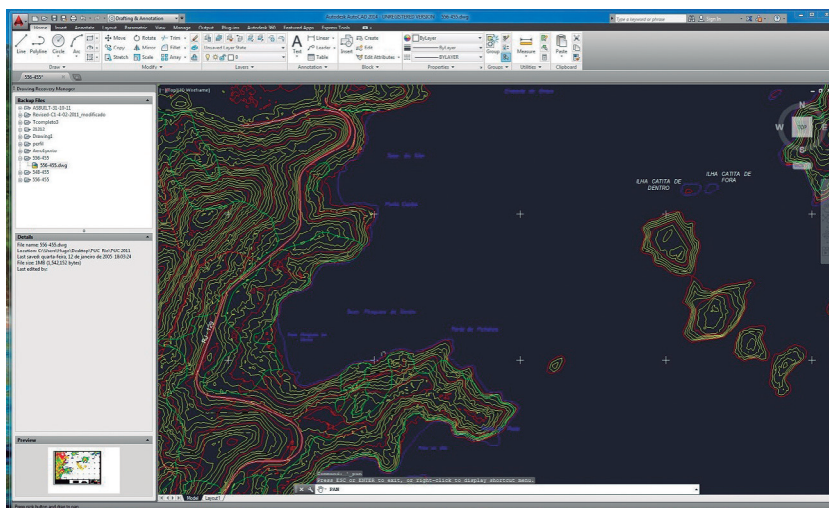


Figura 1.8: Tela de um sistema tipo CAD (Autodesk AutoCAD 2014) em que estão carregadas linhas indicando curvas de nível, mostrando mapa planialtimétrico de um trecho da rodovia Rio-Santos. O sistema permite vetorização e edição de dados cartográficos.

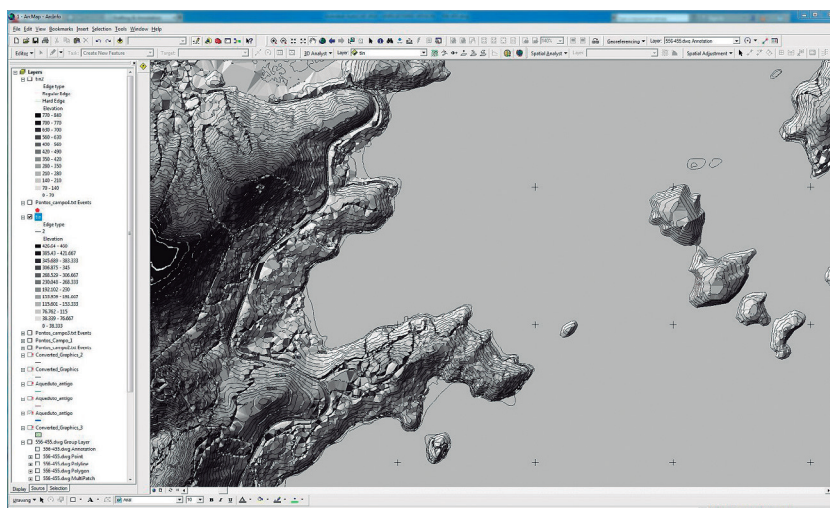


Figura 1.9: Tela de um sistema no SIGArcgis9 (ArcMap 9.3), em que estão carregadas informações sobre o relevo (representadas por classes de cores indicando a declividade, além das curvas de nível). Nesse sistema, podem ser analisadas as informações geográficas, digitalizadas cartograficamente e editadas em outro SIG ou em um sistema CAD.

AS GEOTECNOLOGIAS E O GEOPROCESSAMENTO

Geociências

Ou ciências da Terra, abrangem o conjunto das ciências que estudam o planeta Terra, que se configura como um sistema complexo formado pela superfície da crosta terrestre emersa, hidrosfera, atmosfera e biosfera. Dentre essas ciências, podemos destacar a geografia, a geologia e a oceanografia.

Geoprocessamento

O termo “geo-grafia” (do latim *geographia*) significa terra e grafia, ou seja, a representação da Terra. O sufixo “processamento”, de geoprocessamento, vem de processo (do latim *processus*), com significação de “progresso”. A partir de tal análise etimológica podemos dizer que geoprocessamento “significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra” (MOURA, 2003, p. 8).

Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico vem propiciando uma série de avanços, não somente na cartografia, mas nas ciências de uma maneira geral. No caso das **geociências**, não é diferente. As chamadas geotecnologias promoveram um salto qualitativo no que concerne à geração e análise de informações espaciais para os mais diversos fins (ROCHA, 2004).

As geotecnologias englobam diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais. Podemos vincular a utilização das geotecnologias a um processo denominado **geoprocessamento**, muito difundido em análises da ciência geográfica. Em linhas gerais, entendemos geoprocessamento como o processamento informatizado de dados georreferenciados, integrando conhecimentos da cartografia, da informática e da geografia.

Muitas inovações na aplicação de tecnologias da informação para as geociências começaram no final dos anos 50, 60 e início dos anos 70 do século XX. Foram desenvolvidos métodos sofisticados de modelagem matemática e estatística e disponibilizados os primeiros sensores remotos.

De acordo com CÂMARA e DAVIS (2000), os primeiros sistemas de informação geográfica surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Segundo os autores esses sistemas eram muito complexos, não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro.

Assim, pesquisadores também começaram a antever o desenvolvimento desses sistemas. O primeiro *software* comercialmente disponível para SIG ficou acessível aos usuários no final da década de 1970, e estimulou muitas experiências, como o desenvolvimento dos primeiros microcomputadores no início da década de 1980.

Até então, apenas grandes organizações utilizavam SIGs em sistemas de grande porte. A maioria das aplicações estava voltada ao mapeamento

digital, com funções analíticas. Nos anos 1980, com a popularização e o barateamento das estações de trabalho, computadores pessoais e bancos de dados, o uso de SIG foi difundido com a incorporação de muitas funções de análise espacial. No início da década de 1990, os pontos fortes e fracos de muitas tecnologias de informação eram até então aparentes; os pesquisadores começaram a trabalhar juntos com a finalidade de acelerar o desenvolvimento das aplicações mais promissoras.

Se o progresso tecnológico facilitou o desenvolvimento de SIGs, também permitiu o aperfeiçoamento dos mecanismos de aquisição de dados georreferenciados. Com isto, aumentou a complexidade de coleta, armazenamento, manipulação e visualização dos dados, em função do seu volume, variedade e heterogeneidade (CÂMARA, 1996).

A introdução do geoprocessamento no Brasil tem início a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo professor e pesquisador Jorge Xavier da Silva (da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ), no início dos anos 1980. A vinda ao Brasil, em 1982, do doutor Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (*Canadian Geographical Information System*), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia.

Dentre os primeiros polos e centros de pesquisa, e que ainda oferecem estudos e pesquisas na área de SIG no Brasil, podemos citar dois grandes disseminadores e seus marcos:

- LAGEOP/UFRJ (Laboratório de Geoprocessamento/Universidade Federal do Rio de Janeiro): Em 1983, o professor-doutor Jorge Xavier da Silva, coordenador do então Grupo de Pesquisas em Geoprocessamento – GPG, implantou no Departamento de Geografia da UFRJ o Sistema de Análise GeoAmbiental – SAGA/UFRJ, empreendimento nacionalmente pioneiro. Acesse em www.lageop.ufrj.br.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais): Em 1984 o INPE estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens – DPI). De 1984 a 1990, a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas) para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o Spring (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes Unix e MS/Windows. Acesse em www.dpi.inpe.br.

Os SIGs podem ser considerados uma das técnicas de geoprocessamento (uma das geotecnologias) mais amplas, uma vez que podem

englobar todas as demais; mas nem todo geoprocessamento pode ser considerado como um SIG (PINA; SANTOS, 2000).

Para o processamento da informação geográfica, podem ser utilizadas outras tecnologias, ou geotecnologias, como a fotogrametria, o sensoriamento remoto, o GPS integrado aos SIGs, por exemplo.

A fotogrametria é usada comumente para obtenção de dados brutos de fotografias aéreas, necessários para a criação de mapas básicos com um grau muito alto de exatidão e precisão. A fotogrametria digital é uma consequência direta dos progressos da eletrônica e da informática, que utiliza imagens que são armazenadas em forma numérica, isto é, são armazenadas em computador como elementos de figura (*pixels*).

A fotogrametria digital difere da fotogrametria analítica porque engloba tanto a aquisição de dados como a sua análise. Além disso, é totalmente baseada em algoritmos matemáticos que controlam todo o processo, desde o levantamento aerofotográfico (realizado por aviões) até a sua edição gráfica (SILVA, 2008).



Caso tenha interesse em saber mais sobre fotogrametria digital, acesse o *site* da Estação Fotogramétrica Digital Educacional Livre da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, por meio do seguinte endereço: www.efoto.eng.uerj.br. Veja no YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=5iLDvMFUoLM>) uma animação de um projeto gerado pela equipe desse grupo, utilizando uma fotografia aérea do campus da UERJ no Maracanã, Rio de Janeiro.

O sensoriamento remoto

Podemos chamar de sensoriamento remoto o conjunto de técnicas que permitem observar e obter informações sobre a superfície terrestre, por meio de sensores instalados em satélites artificiais, aeronaves e até mesmo balões. Na década de 1970, surgiram os primeiros satélites usados com esse fim, como o Landsat 1, lançado em 1972 pela agência americana Nasa (*National Aeronautics and Space Administration*).

As imagens de satélite, produtos de sensoriamento remoto, facilitam o processo de controle e monitoramento dos aspectos e fenômenos naturais e humanos sobre o espaço, ou seja, quando comparadas imagens de períodos distintos, por exemplo, são identificadas alterações na superfície. Essas alterações, bem como os aspectos identificados nas imagens, podem ser transformadas em informação gráfica.

Nesse sentido, podemos dizer que as imagens de satélite atendem aos anseios atuais de mapeamento do espaço, pois permitem acompanhar a dinâmica que se verifica atualmente, auxiliando, assim, no planejamento de atividades.

Sistema de Posicionamento Global – GPS

Outra geotecnologia bastante difundida atualmente é o Sistema de Posicionamento Global – GPS. Este é um sistema de posicionamento geográfico que nos dá as coordenadas de um lugar na Terra, desde que se tenha um receptor de sinais. A infraestrutura tecnológica associada ao sistema GPS é constituída por três subsistemas:

- a) Satélites – são ao todo 24, distribuídos em seisórbitas terrestres, com passagem a cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio.
- b) Terrestre – constituído por várias estações nas quais são observadas as trajetórias dos vários satélites.
- c) Receptor – constituído por um aparelho que recebe a transmissão de rádio dos satélites orbitais, com uma unidade de processamento capaz de decodificar, em tempo real, a informação enviada por cada satélite e calcular a posição terrestre.

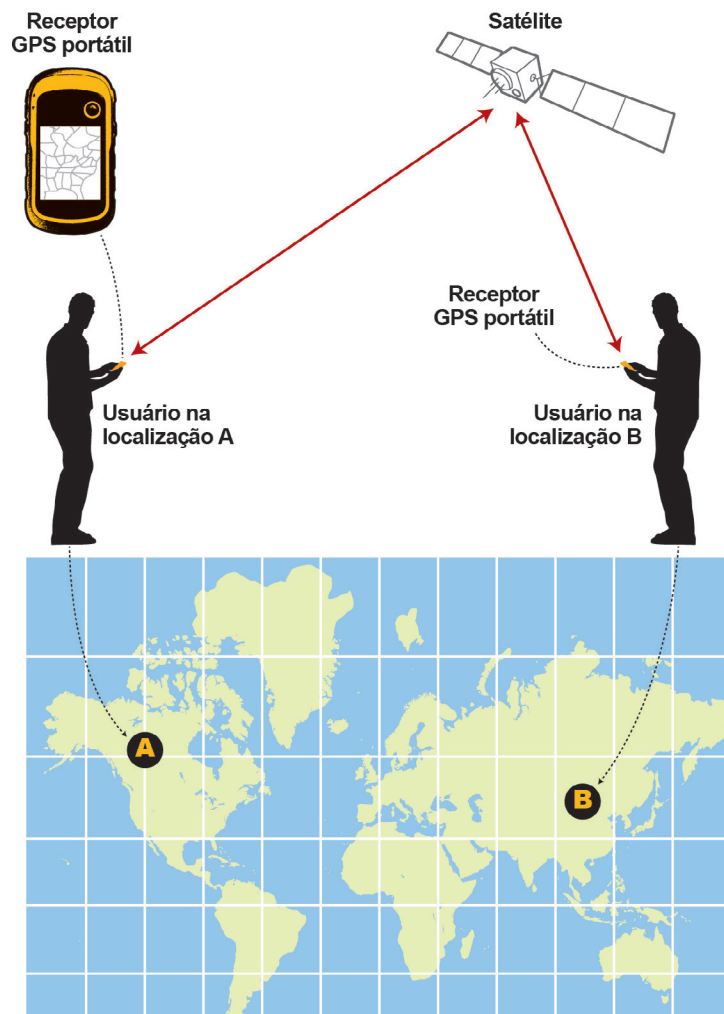


Figura 1.10: Recebimento de dados de posicionamento global enviados por satélite para aparelhos de GPS portáteis de usuários em diferentes partes do globo.



Figura 1.11: Aparelho de GPS.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/66860>

A evolução da utilização do GPS na coleta de dados para fins de mapeamento está sendo muito rápida no Brasil, inclusive com sistemas sendo criados para coleta de dados diretamente vinculados aos SIGs, incluindo equipamentos em *palmtops* e celulares, entre outros.

Veremos mais sobre cada geotecnologia (SIGs, sensoriamento remoto, GPS) em nossas próximas aulas, de maneira mais aprofundada. Em muitas de nossas aulas e atividades, também veremos tais conceitos integrados e de forma transversal.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

No início desta aula, vimos que cada vez mais a cartografia tem se desenvolvido no meio digital e que, mais recentemente, com o desenvolvimento do geoprocessamento e dos SIGs, novas ferramentas podem ser utilizadas. A partir disto, responda: qual a diferença entre os sistemas utilizados em cartografia digital (CAD, CAM, AM/FM) e SIGs?

Resposta comentada

Como você deve ter percebido ao longo da evolução das tecnologias de manipulação e tratamento digital da informação espacial, os sistemas originários do tipo CAD são utilizados basicamente para desenhos vetoriais (de elementos cartográficos) de caráter técnico e a **edição gráfica** destes. Já os SIGs vão além. Eles podem integrar vários dados geográficos e realizar análises a partir destes, por meio, inclusive, de um banco de dados vinculado aos elementos gráficos (base de dados).

Vimos que, a partir de meados do século XX, foram desenvolvidos fundamentos de informática voltados para a cartografia. Dessa forma, o avanço qualitativo da cartografia só se tornou viável com a criação da geomática, área da cartografia que corresponde à informática aplicada à confecção de mapas.

A cartografia informatizada, em alguns casos, evoluiu para um sistema de informação geográfica (SIG) e para o chamado geoprocessamento, contendo seus próprios bancos de dados. Tal fato aumentou seu poder de análise, principalmente com o auxílio dos satélites, desenvolvendo assim outra área de conhecimento da superfície terrestre, a do sensoriamento remoto. E essas novas tecnologias também servem às mais diversas áreas das chamadas ciências da Terra e a outros campos do conhecimento. Adentramos, então, em novas concepções, as de geotecnologias e geoprocessamento.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Com base nos conceitos trabalhados nesta aula, preencha a cruzada proposta:

Verticais

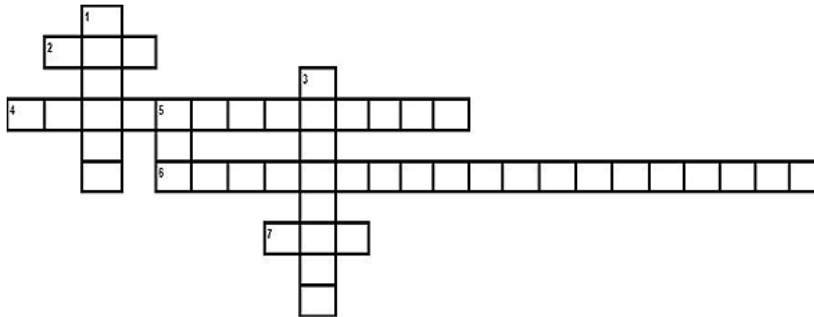
1. Tipo de digitalização no qual se transforma o mapa analógico em *pixels* por meio de *scanner*.
3. Tipo de digitalização no qual pontos, linhas e áreas de um mapa analógico são transportados para o meio digital através de programas computacionais ou mesas digitalizadoras.
5. Sistema de posicionamento geográfico que nos dá as coordenadas de um lugar na Terra.

Horizontais

2. Sistema utilizado basicamente para desenhos vetoriais de caráter técnico e a edição gráfica destes.
4. Geotecnologia utilizada para obtenção de dados brutos a partir de fotografias aéreas.
6. Conjunto de técnicas que permitem observar e obter informações sobre a superfície terrestre, através de satélites.

7. Sistema no qual podem ser analisadas as informações geográficas anteriormente digitalizadas e editadas.

Cruzada



Resposta comentada

Como você deve ter notado, alguns conceitos relacionados ageoprocessamento, cartografia digital, processo de digitalização e diferentes geotecnologias compõem esta cruzada. São eles:

Verticais

1. *Raster*
3. Vetorial
5. GPS

Horizontais

2. CAD
4. Fotogrametria
6. Sensoriamento Remoto
7. SIG

As respostas 1 e 3 estão relacionadas aos tipos de digitalização. A 2 relaciona-se a um sistema de cartografia digital. E as que se referem às lacunas 4, 5, 6 e 7 são tipos de geotecnologias amplamente difundidas atualmente.

Conclusão

O desenvolvimento do geoprocessamento não seria possível se o campo do conhecimento da informática não se desenvolvesse também de forma acelerada nesse mesmo período. As possibilidades de obtenção de dados sobre os mais diversos aspectos da superfície terrestre aumentaram de tal forma que se tornou impossível dar um tratamento adequado aos dados coletados e transferi-los para uma representação cartográfica, utilizando apenas recursos não informatizados.

Resumo

A cartografia digital surgiu com o advento dos computadores e pode ser entendida como um processo em que a construção de um mapa tem suas etapas executadas por processadores digitais. Para a conversão de um mapa analógico para o formato digital adota-se o processo de digitalização, que pode ser vetorial ou *raster*. A digitalização vetorial utiliza equipamentos como a mesa digitalizadora para o desenho gráfico digital de pontos, linhas e polígonos da representação cartográfica. A *raster* utiliza o *scanner* para a digitalização e captura da imagem (conjunto de *pixels*), para posterior vetorização, com a utilização de programas computacionais de cartografia digital. Os sistemas mais conhecidos de cartografia digital são os do tipo CAD, CAM e AM/FM, voltados principalmente para a construção e edição gráfica. O avanço das tecnologias se aprofundou na cartografia (surgindo a geomática) e abrangeu também as geociências, ou ciências da Terra, promovendo o surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica – SIGs e de outras geotecnologias, tais como o sensoriamento remoto, a fotogrametria digital e o GPS, para coleta, manipulação, tratamento e análise de informações da superfície terrestre, de maneira informatizada e precisa, consolidando desta forma o chamado geoprocessamento.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, falaremos mais sobre uma das geotecnologias citadas nesta aula: o sensoriamento remoto. Veremos seu surgimento, seus conceitos e suas aplicações. Continue conosco!

Referências

CÂMARA, G.; DAVIS, C. *Introdução à ciência da geoinformação*. Ministério da Ciência e Tecnologia MCT/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2000.

CÂMARA, G. *Desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica no Brasil: desafios e oportunidade*. Palestra proferida na Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/present/segeo.html>. Acesso em: 18 jun. 2010

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003.

PINA, M.F. de; SANTOS, S. M. *Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde*. Brasília: OPAS, 2000.

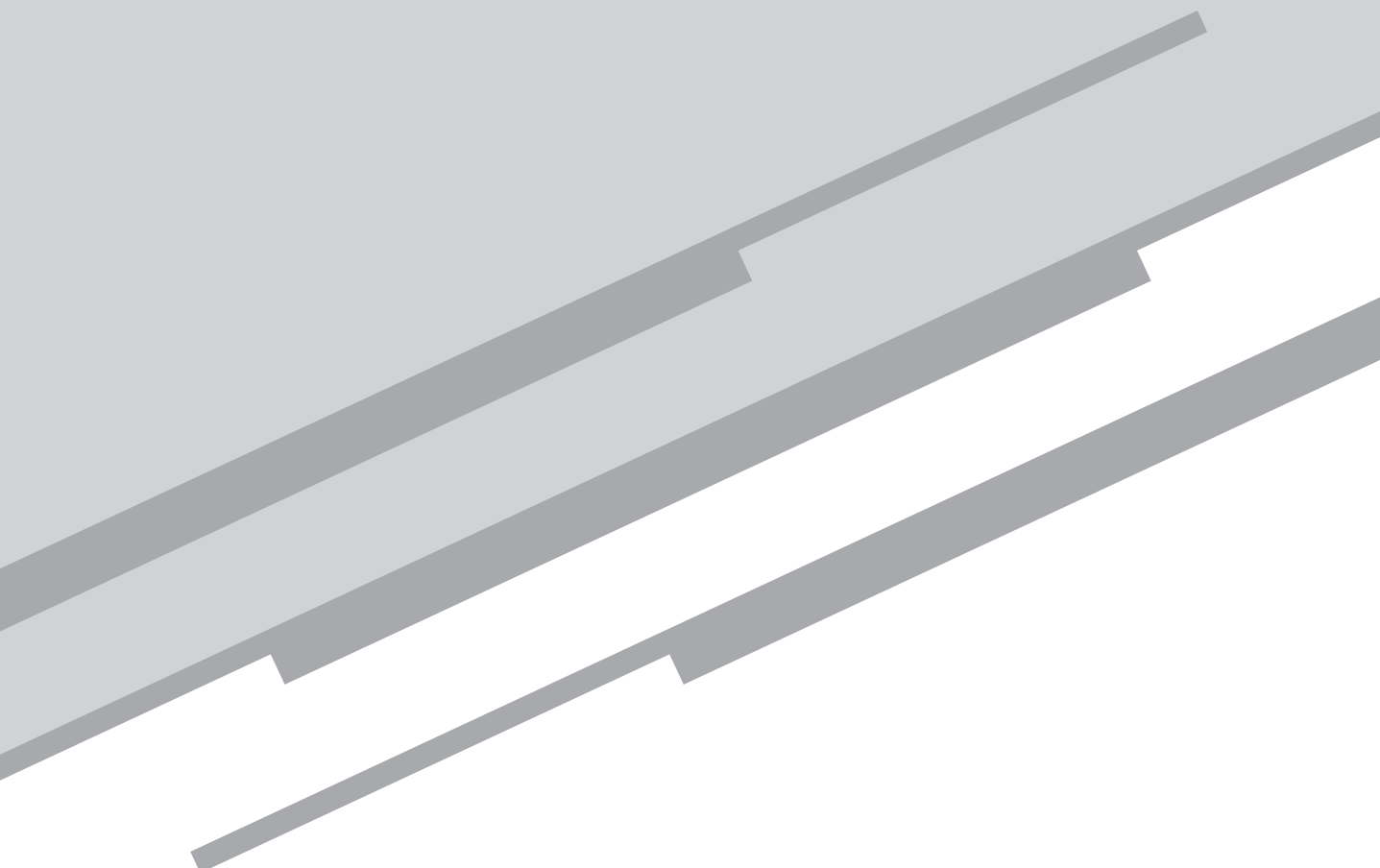
ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2004.

SILVA;R. P. *Arquivo XML de Projeto fotogramétrico e sua auditoria no ambiente E-FOTO*. Monografia. Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação, UERJ. Rio de Janeiro, 2008.

SOARES FILHO, B. S. *Interpretação de imagens da Terra*. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Centro de Sensoriamento Remoto. UFMG, 2000.

Aula 2

Sensoriamento remoto: o que é,
para que serve e como surgiu?



Metas

Apresentar conceitos do sensoriamento remoto, os segmentos que o compõem e como ele começou (história).

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir sensoriamento remoto;
2. analisar a evolução do sensoriamento remoto introdutoriamente a partir da aerofotogrametria e suas técnicas.

Introdução

Atualmente, cada vez mais os satélites vêm desempenhando um papel importante em nosso dia a dia. Os benefícios da utilização destes são notórios em vários campos, como a veiculação das notícias do que ocorre no mundo, o uso da internet, das ligações telefônicas, das imagens utilizadas para realizar a previsão climatológica e monitorar os impactos ambientais, tais como as queimadas, os desmatamentos, o crescimento da urbanização, o planejamento da agricultura, do tipo e da qualidade da colheita, dentre outros exemplos.

Mas não somente os sensores orbitais se destacam em importância quanto ao conhecimento da superfície terrestre, mas também os aerotransportados (por aviões). Podemos dizer que a evolução do sensoriamento remoto tem sua origem na fotografia aérea, envolvendo um conjunto de técnicas e procedimentos na sua obtenção e em seu tratamento.

No entanto, o avanço tecnológico vem sendo fundamental para que o uso dos satélites se desenvolva cada vez mais nos últimos anos. Principalmente por meio dos sensores a bordo de plataformas orbitais que se destacam no aprimoramento de imagens detalhadas da Terra, de outros planetas e até de outras galáxias. No caso das imagens terrestres, estas possibilitam análises espaciais mais apuradas que beneficiam diversas áreas do conhecimento, inclusive o turismo, que vem utilizando cada vez mais a alta tecnologia em prol do planejamento detalhado das atividades turísticas urbanas e rurais.

Portanto, nesta aula, atentaremos para o surgimento do sensoriamento remoto a partir da evolução do uso das primeiras fotografias aéreas e do surgimento da aerofotogrametria. Mas, antes, trataremos de definir e apresentar o sensoriamento remoto e seus sistemas orbitais e suborbitais.

O que é sensoriamento remoto?

O sensoriamento remoto (SR) pode ser definido como o processo de captura de informação sobre um objeto, sem ter contato direto com ele. Para que isso seja possível, são usados sensores remotos que podem ser terrestres, transportados a bordo de um satélite (sensor orbital) ou a bordo de aviões (câmeras fotográficas).



Satélite é um objeto que gira em torno de outro objeto, sendo classificado como satélite natural e satélite artificial. Como exemplo de satélite natural, podemos citar a Lua, pois gira em torno da Terra. Já o satélite artificial é um equipamento ou engenho construído pelo homem e, dependendo da finalidade, se desloca em órbita da Terra ou de outro astro. A órbita é o caminho ou a trajetória que o satélite percorre. O satélite artificial permanece em órbita porque a aceleração da gravidade da Terra e a velocidade em que ele se desloca no espaço (dependendo da altitude de sua órbita) possibilitam isso. É colocado em órbita por intermédio de um foguete.

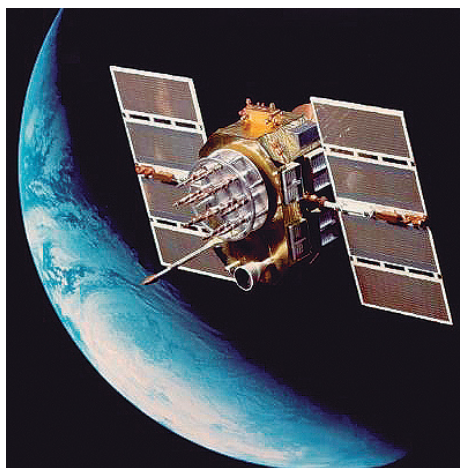


Figura 2.1: Satélite artificial NAVSTAR-2.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>
Ficheiro:Navstar-2.jpg - Lockheed-Martin

O objetivo principal do sensoriamento remoto é possibilitar o estudo do ambiente terrestre por intermédio dos registros das imagens captadas pelos sensores. As imagens são processadas e analisadas por sistemas computacionais que permitem a interpretação dos diferentes objetos terrestres. Essa análise é feita a partir da comparação entre as intensidades de radiação eletromagnética absorvidas/refletidas pelas substâncias presentes nesses objetos da superfície terrestre.

O sensoriamento remoto, portanto, é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre por intermédio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pelos objetos terrestres. Os sensores orbitais e terrestres captam remotamente (a certa distância), ou seja, sem contato físico, as informações que podem ser registradas. Quanto menor for a distância a que o sensor estiver da superfície terrestre, maior será a interferência da atmosfera, impedindo que a energia do sol consiga refletir a luz e emití-la de volta ao sensor, fazendo com que este não consiga captá-la de forma adequada.



Quem opera as atividades espaciais no Brasil?

No Brasil, as atividades do setor espacial, que envolvem a construção e a operação de veículos espaciais, satélites e foguetes, são coordenadas pela Agência Espacial Brasileira (AEB) – <http://www.aeb.gov.br/>. A AEB tem a atribuição de formular e de realizar o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). Um dos objetivos desse programa é o de que o Brasil atinja a autosuficiência na construção de satélites e de foguetes, e também no lançamento deles. O projeto, o desenvolvimento e a construção de foguetes são de responsabilidade do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), que faz parte do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), do Comando da Aeronáutica. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o responsável pelo desenvolvimento, controle e pela utilização dos satélites brasileiros.



Figura 2.2: Sede da Agência Espacial Brasileira em Brasília.

Fonte: <http://www.aeb.gov.br/agencia-espacial-brasileira-completa-21-anos/>.

O termo sensoriamento remoto apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960 e significava simplesmente a aquisição de informações sem contato físico com os objetos. Desde então, esse termo tem abrigado tecnologia e conhecimentos extremamente complexos, derivados de diferentes campos que vão desde a física até a botânica, da engenharia eletrônica até a cartografia.

O campo de sensoriamento remoto representa a convergência de conhecimento derivado de duas grandes linhas de pesquisa. A origem do sensoriamento remoto está cientificamente ligada ao surgimento e desenvolvimento da fotografia aérea, ou seja, a fotografia captada por meio de aeronaves, e da pesquisa espacial (NOVO; PANZONI, 2001).

Os sensores podem, portanto, ser classificados, de acordo com o tipo de produto que geram, em:

- **IMAGEADORES** – como o próprio nome diz, fornecem como resultado uma imagem da superfície ou a variação espacial da resposta espectral (**espectro eletromagnético**) da superfície imageada. Os sensores imageadores podem ser classificados, em função do processo de formação da imagem, em:

→ **Sistemas fotográficos** – são câmeras fotográficas, focalizando a energia proveniente do alvo sobre o detector, que no caso é um filme.

→ **Sistemas de imageamento eletro-ópticos** – os dados são registrados sob a forma de sinal elétrico, o que possibilita transmissões à distância. Os componentes ópticos do sistema focalizam a energia proveniente da cena sobre um detector, que produz então um sinal elétrico. O detector tem a função de gerar um sinal elétrico, que será transformado em valores numéricos e armazenado em formato digital.

Espectro eletromagnético

Representa o intervalo completo da radiação eletromagnética, que contém desde as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, a luz visível, os raios ultravioleta, os raios X, até a radiação gama.

A luz visível é constituída por ondas eletromagnéticas, parecidas com as outras ondas, no entanto, com diferença na frequência e no comprimento de onda. De acordo com a frequência e o comprimento de onda das ondas eletromagnéticas pode-se definir um espectro com várias zonas (podendo haver alguma sobreposição entre elas).

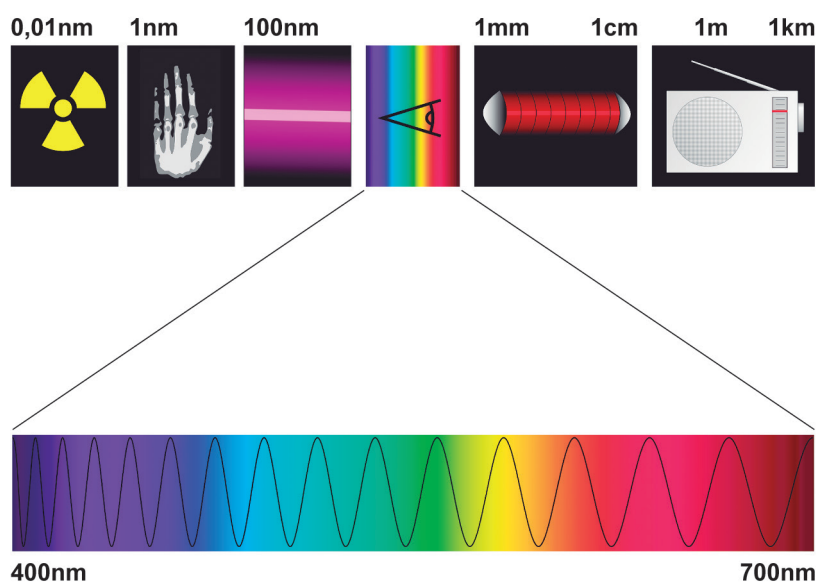


Figura 2.3: Espectro eletromagnético.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Spectre.svg> - Tatoute and Phrood

- **NÃO IMAGEADORES** – não fornecem uma imagem da superfície observada (exemplo: radiômetros – saída em dígitos ou gráficos). Os sensores terrestres ou não imageadores têm o exemplo do uso de aparelhos acoplados a plataformas manuais, em tripés ou em torres como os **espectrorradiômetros**.

Portanto, o sensoriamento remoto pode ser dividido em três níveis: suborbital, orbital e terrestre.

Os representantes mais conhecidos do nível suborbital são as também chamadas fotografias aéreas, utilizadas principalmente para produzir mapas. Neste nível são operadas também algumas câmeras de vídeo e **radares**.

No nível orbital estão os balões meteorológicos e os satélites. Os primeiros são utilizados nos estudos do clima e da atmosfera terrestre, assim como em previsões do tempo. Já os satélites também podem produzir imagens para uso meteorológico, mas também são úteis nas áreas de mapeamento e de estudo de recursos naturais.

Sob o ponto de vista terrestre são feitas as pesquisas básicas sobre como os objetos absorvem, refletem e emitem radiação. Os resultados destas pesquisas geram informações sobre como os objetos podem ser identificados pelos sensores orbitais.

Espectrorradiômetros

São aparelhos utilizados na avaliação das quantidades de energia radiante proveniente de fontes naturais e artificiais, bem como daquelas resultantes de sua interação com alvos de interesse, como, por exemplo, o estudo do comportamento espectral do solo, o que poderá contribuir para pesquisas sobre técnicas avançadas na melhoria da fertilização dos solos para determinado tipo de agricultura (crescimento acelerado dos vegetais, melhor aporte de nutrientes ou aplicação de herbicidas mais resistentes a pragas etc.).

Radares

Plural do termo “radar”, que vem do inglês *radio detection and ranging* (detecção e telemetria pelo rádio), são dispositivos que permitem detectar objetos a longas distâncias (reflexão por meio das ondas eletromagnéticas refletidas na frequência de micro-ondas) e determinar a sua localização.

Desta forma, é possível identificar áreas de queimadas em uma imagem gerada de um satélite, diferenciar florestas de cidades e de plantações agrícolas, e até identificar áreas de vegetação que estejam doentes ou com falta de água.

Os sensores orbitais podem ainda ser divididos em sistemas passivos e ativos. Os sistemas passivos são os que dependem da energia da luz solar para captar a imagem dos objetos terrestres. Os sistemas ativos são os que possuem energia própria, não dependendo da luz solar, um exemplo disso seria o radar.

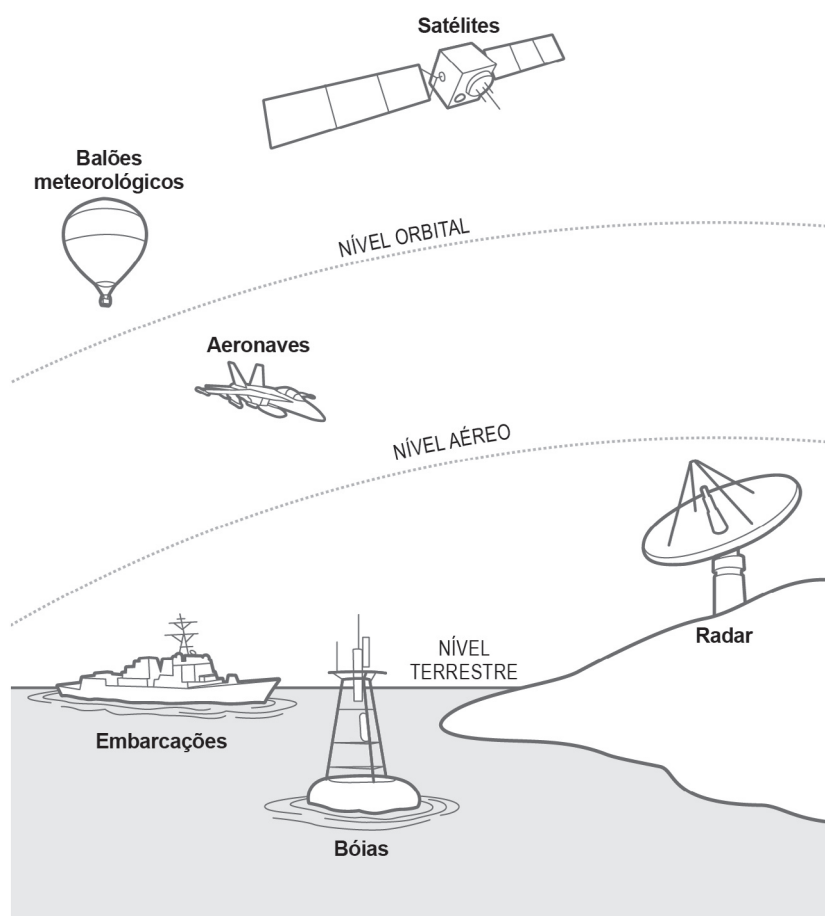


Figura 2.4: Equipamentos disponíveis para a coleta de dados em sensoriamento remoto.

No decorrer desta e das próximas aulas, vamos entender melhor dois tipos de sensores: os sistemas fotográficos suborbitais e os imageadores orbitais.

Como surgiu o sensoriamento remoto?

A origem do sensoriamento remoto está vinculada ao surgimento da fotografia aérea. Neste sentido, a história do sensoriamento remoto pode ser dividida em dois períodos: de 1860 a 1960 e de 1960 até os dias de hoje:

a) De 1860 a 1960: período baseado no uso de fotografias aéreas especialmente utilizadas para fins bélicos (1862 – Guerra Civil Americana, 1909 – Primeira Guerra Mundial, 1938 – II Guerra Mundial, 1950 – Guerra Fria). Nesse período, foi desenvolvido o filme infravermelho para a detecção de camuflagem. Em 1956, foram iniciadas as primeiras aplicações sistemáticas de fotografias aéreas como fonte de informação para o mapeamento de formações vegetais nos Estados Unidos da América. No Brasil datam de 1958 as primeiras fotografias aéreas na escala de 1:25.000 da bacia terciária do vale do rio Paraíba (programa de aproveitamento de recursos hídricos).

b) Após 1960: período do desenvolvimento das imagens orbitais que favorecem, além da espionagem do primeiro período, questões meteorológicas e de recursos terrestres. No Brasil, as primeiras imagens foram recebidas em 1973 e hoje é desenvolvido um programa próprio de satélites em parceria com a China (CBERS).

As fotografias aéreas foram os primeiros produtos de sensoriamento remoto a serem utilizados pelos cientistas. **Louis Jacques Mandé Daguerre** e **Joseph Nicéphore Niépce** foram pioneiros ao utilizarem a fotografia para os primeiros levantamentos topográficos de que se tem notícia na história.

Louis Jacques Mandé Daguerre

Foi um pintor, cenógrafo, químico e inventor francês, tendo sido o primeiro a conseguir uma imagem fixa pela ação direta da luz (1835), inventando o daguerreótipo, um processo fotográfico feito sem uma imagem negativa. Deu prosseguimento aos experimentos fotográficos de Joseph Nicéphore Niépce, após a sua morte em 1833.

Joseph Nicéphore Niépce

Foi um inventor francês responsável por uma das primeiras fotografias. Começou seus experimentos fotográficos em 1793, mas as imagens desapareciam rapidamente, só conseguindo o primeiro exemplo de uma imagem permanente em 1826. Ele chamava o processo de heliografia e demorava oito horas para gravar uma imagem.



Figura 2.5: Foto de 1826, obtida do quintal de Niépce pelo processo denominado heliografia (gravura com a luz solar). Considerada como “a primeira fotografia permanente do mundo”.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:View_from_the_Window_at_Le_Gras,_Joseph_Nic%C3%A9phore_Ni%C3%A9pce.jpg - Joseph Nicéphore Niépce

Em 1849, o Coronel Aimé Laussedat (1819-1907), um oficial do Corpo de Engenheiros do exército francês, utilizou um sistema fotográfico desenvolvido por Daguerre, embarcado em um balão para obter fotos cuja finalidade era o mapeamento topográfico. Ele foi o primeiro a utilizar fotografias para auxiliar a confecção de mapas, por este motivo, ele é considerado como o pai da *fotogrametria*.



Um pouco mais sobre a fotogrametria

A fotogrametria é definida como a ciência aplicada que estuda a técnica e a arte de extrair de fotografias métricas a forma, as dimensões, a posição e as medidas dos objetos nelas contidos. Embora apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência, como na cartografia, astronomia, meteorologia e tantos outros, tem sua maior aplicação no mapeamento topográfico. Em 1859, o imperador Napoleão III ordenou a obtenção de fotografias, a partir de balões, da cidade de Bièvre,

para o reconhecimento a ser empregado na preparação para a Batalha de Solferino. Outro caso parecido ocorreu durante a Guerra de Secessão americana (1853), em que fotografias também foram tomadas a partir de balões.

Nesta mesma época (1858), o Corpo de Engenharia da França veio a utilizar balões para tomar fotografias que iriam servir ao mapeamento topográfico de extensas áreas do território francês para mapeamento topográfico.

O surgimento do avião, simultaneamente ao desenvolvimento das câmeras fotográficas, filmes etc., trouxe um grande impulso às aplicações das fotografias para o levantamento de recursos naturais, visto que permitiu a obtenção de dados sob condições controladas e com a cobertura de áreas relativamente amplas (NOVO; PANZONI, 2001).

Mesmo após o voo do 14-bis por Santos Dumont, em 1906, a plataforma aérea não utilizou de imediato o avião, pois exigia vários aperfeiçoamentos e adaptações até ser uma técnica utilizada para o que chamamos de aerofotografia ou fotografia aérea. As primeiras fotografias aéreas a partir de aviões foram tomadas em 1909 pelos irmãos Wright sobre o território italiano.

O uso de câmeras com uma vista aérea rigorosamente calibrada para obter fotografias sem distorções, em aeronaves devidamente preparadas e homologadas para receber este sistema, precisou de vários anos para ser criado. A longa espera foi principalmente para montar o eixo óptico da câmera próximo da vertical em uma aeronave que tivesse um preparo para o mapeamento correto da cobertura aerofotográfica.

O primeiro registro de fotografia aérea, para uso em mapeamento, obtida por um avião, foi feito no ano de 1913 pelo capitão Tardivo, oficial britânico que apresentou um trabalho descrevendo o processo em uma reunião da Sociedade Internacional de Fotogrametria.

Durante a I Guerra Mundial, a fotogrametria foi importante para a tomada de fotografias de pontos cada vez mais altos com o uso de balões. No entanto, foi nesta guerra que começou o uso do avião como recurso bélico, dando também um maior impulso à aerofotogrametria. Principalmente porque as fotografias aéreas eram obtidas de áreas cada vez mais amplas, tornando os trabalhos menos onerosos.

As fotografias aéreas coloridas se tornaram disponíveis a partir de 1930. Nessa mesma época, já haviam iniciado os estudos para a produção de filmes sensíveis à radiação infravermelha.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

O sensoriamento remoto é um importante campo de pesquisa para as geociências e demais atividades que envolvam a utilização de geotecnologias e o conhecimento sobre a superfície terrestre. Com base nesta afirmação e no que vimos neste início de aula, responda o que é sensoriamento remoto e qual a sua particularidade enquanto tecnologia.

Resposta comentada

O termo “sensoriamento remoto” nos deixa claro que estamos lidando com uma tecnologia voltada à obtenção de informações da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pelos objetos terrestres por intermédio de sensores a distância (remotamente). Esta é a particularidade do sensoriamento remoto, ou seja, a obtenção dos dados de maneira remota. Você pode ter observado que se trata de uma tecnologia que envolve o conhecimento aplicado de diversas áreas (setor aeroespacial, engenharia cartográfica, física, ciências da Terra etc.), portanto, trata-se de uma área das geotecnologias caracterizada por seu caráter multi e interdisciplinar.

Os processos e técnicas da aerofotogrametria

Com o advento da aviação foram desenvolvidas câmeras especiais para a fotografia aérea, substituindo quase que inteiramente a fotogrametria terrestre, a qual ficou restrita apenas a algumas regiões. Quando são utilizadas fotografias aéreas, chamamos aerofotogrametria (**Figura 2.6**).



Figura 2.6: Fotografia aérea da cidade de Paris (França).

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Louvre_Paris_from_top.jpg - MatthiasKabel.
Licença - GNU

A estereoscopia é uma simulação de duas imagens da cena que são projetadas nos olhos humanos em pontos de observação ligeiramente diferentes, o que faz com que o cérebro funda as duas imagens, e, nesse processo, obtenha informações quanto a profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos, gerando uma sensação de visão em terceira dimensão (3D).

A percepção de uma imagem estereoscópica pode ser obtida naturalmente por intermédio da disparidade na retina humana quando se olha para objetos reais do cotidiano. Hoje em dia, o mesmo processo pode ser realizado pelo computador, que simula essa disparidade. Também pode ser utilizado o estereoscópio, instrumento no qual são utilizados espelhos, lentes e prismas.

Uma aeronave equipada com câmaras fotográficas métricas percorre o território fotografando-o verticalmente, seguindo alguns preceitos técnicos como:

- deve ser realizada uma superposição longitudinal, ou entre fotos consecutivas, que não seja inferior a 50%, assegurando a visão tridimensional da área, ou seja, normalmente essa superposição é de 60%;
- é estabelecida uma superposição lateral, ou entre faixas, de 30% para garantir o recobrimento total da região e a estereoscopia;
- para o caso das ortofotocartas, o recobrimento longitudinal deve ser de 80%.



Figura 2.7: Estereoscópio e fotografias aéreas.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estereoscópio> - Domínio público

Este recobrimento ao longo da linha de voo permite a aquisição dos chamados pares estereoscópicos, os quais são usados para que o terreno possa ser visualizado em três dimensões. De modo que toda a área imageada seja recoberta em sucessivas linhas de voo.

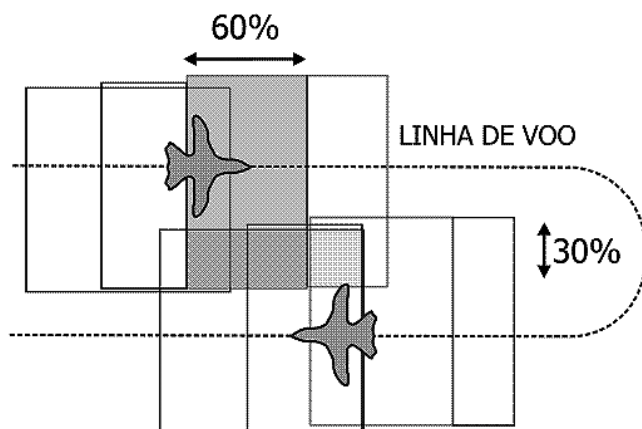


Figura 2.8: Sobrevoos especializados visando o levantamento aerofotogramétrico.

Com os recursos disponíveis como plantas e mapas da região em que será executado o levantamento, são especificados os diversos elementos necessários para o planejamento de uma cobertura aerofotogramétrica.

A fotogrametria se desenvolveu com a evolução dos equipamentos e materiais fotográficos envolvidos nos processos, se classificando em: fotogrametria analógica, fotogrametria analítica e fotogrametria digital.

A fotogrametria analógica evoluiu de 1900 a 1953. O desenvolvimento da estereoscopia só foi maior a partir do surgimento da fotogrametria, devido à sua capacidade de ajudar na interpretação das fotografias aéreas e, assim, na confecção de cartas topográficas, principalmente com a criação de um processo chamado “restituição”, no qual um operador é capaz de, a partir de duas fotografias aéreas, ver a imagem de um terreno em três dimensões, sendo assim possível desenhar no papel ou no computador o que se vê em fotografia aérea por intermédio de um aparelho restituidor.

Em 1907, na Alemanha, Ritter von Orel (1877-1941), membro do Instituto Geográfico de Viena, desenvolveu o primeiro aparelho restituidor de traçado contínuo, denominado estereoautógrafo Orel-Zeiss.

Outro grande nome para a fotogrametria foi o professor Reinhard Hurgershoff, que criou o primeiro restituidor analógico, em 1921, chamado de autocartógrafo de Hurgershoff.

Em 1921, foi criada a empresa Wild Heerbrugg, que se tornou líder mundial na fabricação de instrumentos para mapeamento em geral. Tão logo iniciou suas atividades, passou a desenvolver pesquisas para a

construção de câmeras aéreas. Otto von Gruber, em 1924, desenvolveu equações projetivas e suas diferenciais.

Outro cientista importante para a fotogrametria analítica foi Harry T. Kelsh que, em 1945, construiu o restituidor Kelsh, que permitia maior economia e praticidade nos processos fotogramétricos. A maior contribuição, porém, foi a utilização do processo anáglifo que, por meio da inserção de filtros de cores complementares entre os diapositivos e a fonte de luz, obtém a estereoscopia.

Após o surgimento do restituidor da Galus-Ferber, a técnica de obtenção de ortofoto não foi muito aperfeiçoada, contudo, em 1950, o fotogrametrista Russel Bean, do Geological Survey dos EUA, voltou a se interessar por esta, e seus estudos culminaram com a construção de um instrumento que foi por ele chamado de ortofotoscópio, cujo protótipo foi apresentado em 1953.



Ortofoto é uma representação fotográfica de uma região da superfície terrestre, no deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico. É obtida mediante um conjunto de imagens aéreas (tomadas desde um avião ou satélite) que tenham sido corrigidas digitalmente para representar uma projeção ortogonal sem efeitos de perspectiva. Com a ortofoto é possível realizar medições exatas do terreno, ao contrário de uma fotografia aérea simples, que sempre apresenta deformações causadas pela perspectiva (por causa da altitude ou da velocidade com que se move a câmera). Esse processo de correção digital da deformação chama-se ortorretificação.



Figura 2.9: Exemplo de uma ortofoto da cidade de Salamanca (Espanha).

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Salamanca2001.jpg>-Foto ©SIGPAC

As câmeras fotográficas aéreas também evoluíram para uma maior precisão com sistemas que registram o momento da tomada da fotografia e outras informações, tais como marcas fiduciais, altitude do voo, inclinação da câmara, número sequencial, hora da tomada e, em alguns modelos, a distância focal.

Com estes desenvolvimentos, outros engenheiros passaram a se interessar em ortofotos, e novos instrumentos foram sendo construídos, como os ortoprojetores analógicos SFOM 693, Kelsh K-320 Orthoscan, Zeiss Ortho-3 Projector, Wild PPO-8, Giga-zeiss GZ-1 Orthoprojector; os ortoprojetores analíticos Wild Avioplan OR-1, ZeissOrthocomp Z-2, AS11-C, Gestalt Photo-mapper GMP, entre outros (TAVARES; FAGUNDES, 1990).

A fotogrametria analítica surge de 1953 a 1990, com o aprimoramento dos métodos computacionais que possibilitaram a utilização de muitos dados, principalmente com os primeiros trabalhos com modelos numéricos do terreno, do laboratório do MIT (Massachusetts Institute of Technology – Instituto de Tecnologia de Massachusetts), e modelos estereoscópicos. Atualmente, uma das aplicações dos modelos numéricos é no processo de ortorretificação.

Em 1980, o restituidor analítico AC1 da Wild foi introduzido no mercado, enquanto isso, a Kern também se lançava ao “combate” com a linha DSR, iniciada no aparelho DSR1, o qual incorporava o conceito de distribuição de processamento.

A competição entre estas duas empresas resultou, pelo lado da Wild, no lançamento da série de instrumentos BC. Neste mesmo período, a Wild continuava o desenvolvimento de câmeras aéreas culminando com o aparecimento da RC30, em 1984. No fim da década de 1980, os restituidores analógicos (**Figura 2.10**) ainda eram os mais utilizados nas empresas de aerolevantamento. Em 1988, a empresa Wild-Leitz incorporou a Kern, formando, no ano de 1990, a Leica, fundamentando um novo rumo para o mercado fotogramétrico.

Podemos considerar que a fotogrametria digital nasceu a partir do momento em que a entrada de dados passou a ser digital. Isso foi possível devido ao avanço da computação, quer pela digitalização (*scanning*) dos fotogramas, quer pela aquisição direta por câmeras digitais, que gravam as informações radiométricas diretamente sob a forma de dígitos, quer pelo uso de softwares mais avançados para a restituição e ortorretificação das fotos.

Em meados da década de 1990, a fotogrametria digital fez surgir a restituição digital por meio da criação das estações de trabalho (*workstations*), que utilizam a “escanerização” dos diapositivos (diafilmes), ou seja, as fotos digitais. Uma tela especial é utilizada para polarizar as imagens, e, com um sistema ótico apropriado, cada olho recebe uma das imagens (pontos de vista diferentes), permitindo que o cérebro construa mentalmente uma imagem única tridimensional. São utilizados óculos especiais (anáglifos – veja mais sobre esse assunto a seguir) para poder ver três dimensões.



Para entender mais sobre fotogrametria digital, câmeras aéreas e suas aplicações, visite o site da empresa Esteio em <http://www.esteio.com.br> e procure ver também as vantagens e desvantagens do uso de fotografias aéreas em comparação às imagens de satélite.

Métodos de visualização estereoscópica

Existem algumas maneiras para visualizar fotografias aéreas com perspectiva tridimensional – ou mais comumente chamado de fotos em 3D. Os mais práticos e comuns para a visualização são os óculos anaglifs (de cores), de lentes e espelhos, e polarizados (visualizado na tela de um computador), podendo também ser empregado o exercício de práticas a olho nu pelo par de fotografias (**Figura 2.11**).

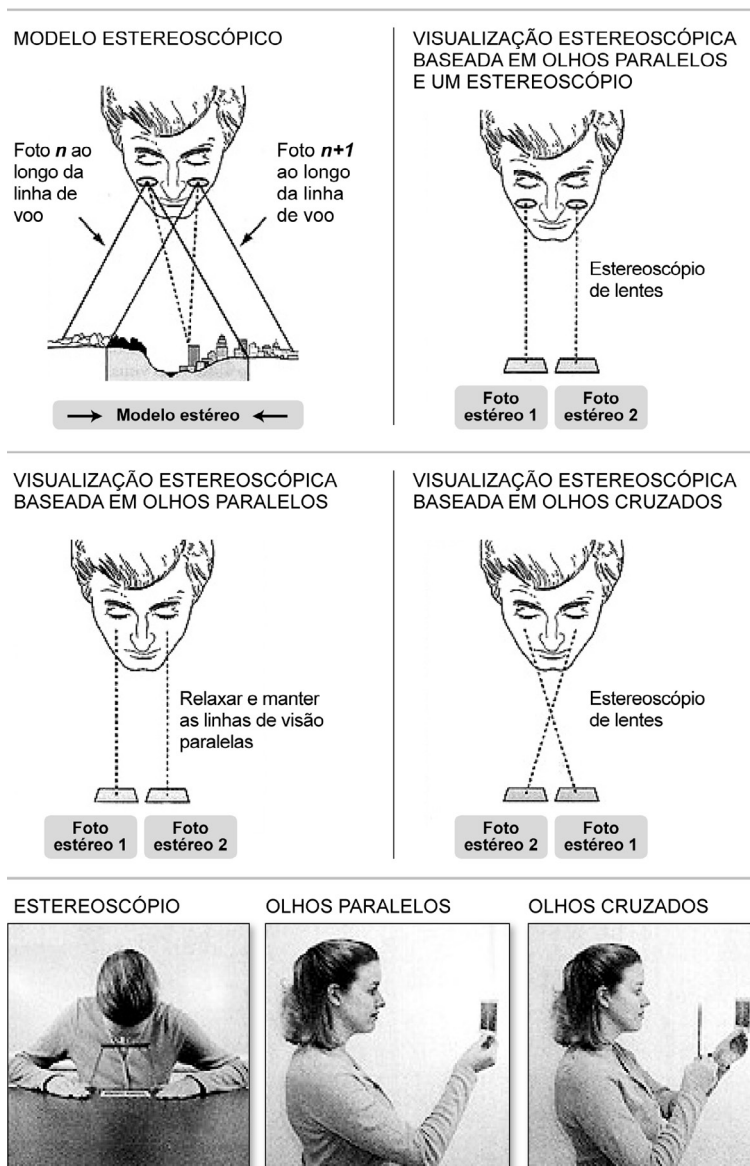


Figura 2.11: Métodos de visualização estereoscópica, segundo Jensen (2011, p. 167).

A técnica anaglífica utilizada para a produção e visualização de imagens em formato tridimensional. Surgiu em 1858, desenvolvida pelo francês D'Almeida, e consiste na superposição de duas cores complementares que resultam na composição de uma única imagem (OLIVEIRA, 1993) (**Figura 2.12**). A representação de uma mesma imagem com cores diferentes possibilita a formação de ângulos paraláticos que fazem uma representação do plano de voo na hora da tomada das fotografias aéreas (**Figuras 2.13 e 2.14**). As cores vermelha e verde ou azul são universalmente utilizadas para a confecção dos produtos finais, sendo estas encontradas nos óculos anáglifos. Assim, o córtex visual do cérebro humano funde as imagens sobrepostas na percepção de uma cena tridimensional.

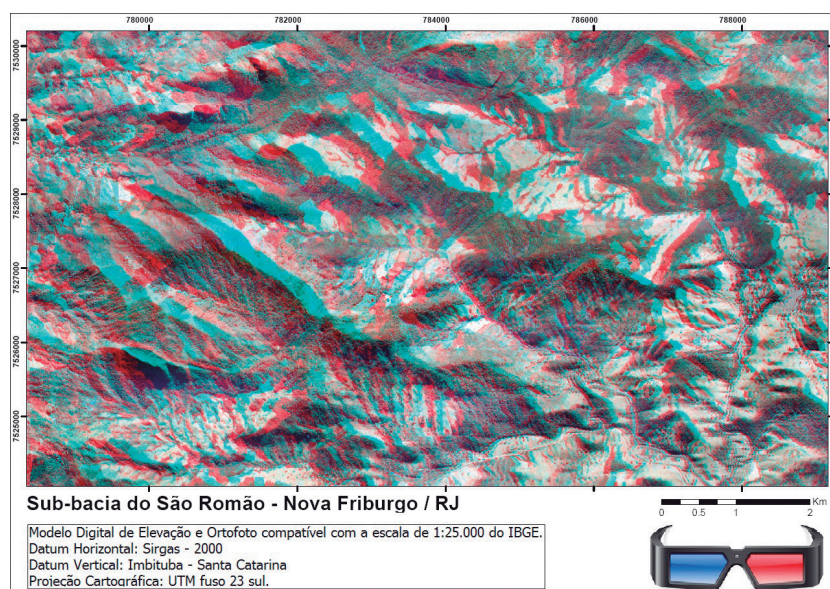


Figura 2.12: Elaboração de um mapa com perspectiva tridimensional, em anáglifo, da bacia hidrográfica do rio São Romão – Nova Friburgo/RJ.

Fonte: BRIZZI; SANTOS, 2012, p. 3.

Segundo Nunes & Brito (2007, p. 180), a paralaxe estereoscópica pode ser definida como “o deslocamento aparente da posição de um corpo ou objeto em relação a um ponto ou sistema de referência, causado pela mudança do ponto de observação”.

Jensen (2011) salienta a importância da paralaxe estereoscópica na extração de informações topográficas, como curvas de nível e forma das encostas (côncava, convexa, retilínea) através dos instrumentos estereoscópicos.

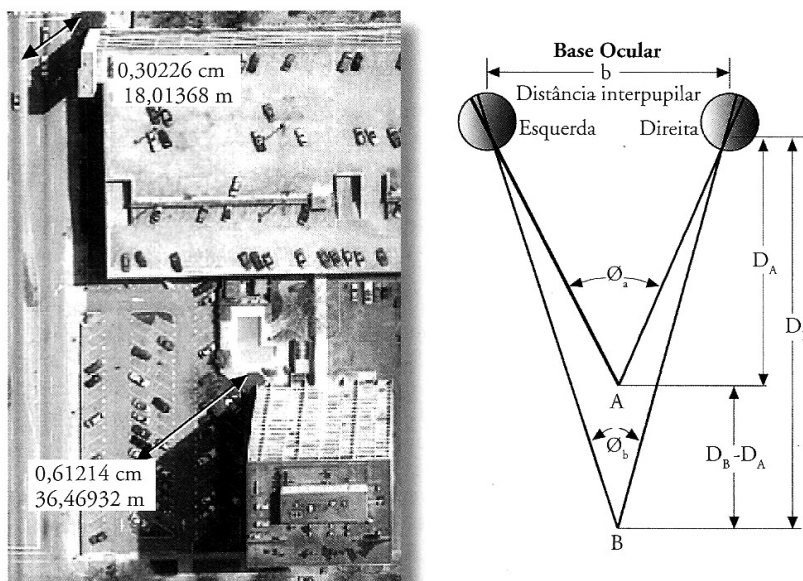


Figura 2.13: Formação de ângulos paraláticos, segundo Jensen (2011, p. 168).

De acordo com os autores citados anteriormente, observa-se, na **Figura 2.13**, a possibilidade de se fazer medições da altura dos objetos identificados através dos ângulos paraláticos, sendo um cálculo realizado entre a relação do comprimento da sombra do prédio e sua altura real. Em resumo, o ângulo formado pela distância D_A , na **Figura 2.13**, faz a leitura do topo do prédio, sendo o ângulo formado pela distância D_B , da base do prédio. Assim, a junção dos dois ângulos, simultaneamente, permite ao observador a formação de uma imagem com perspectiva tridimensional.

A diferença entre os óculos anáglifos e os estereoscópios de lentes e espelhos está na forma de representação dos pares estereoscópicos. Assim, se quisermos elaborar um mapa com perspectiva tridimensional, tendo uma resolução de imagem que permita a sua impressão num formato A0, teremos de optar em simular o voo aéreo através das cores. Ou seja, o mapa *plotado* sairá com uma imagem “borrada” de duas cores (vermelho e azul), sendo necessário o uso dos óculos nas mesmas cores para a “junção” da imagem. Para tanto, sua manipulação se dará dentro de *softwares* específicos como, por exemplo, o ERDAS; ou, podemos apenas visualizar a impressão das fotografias aéreas originais num estereoscópio de lentes ou espelhos, mantendo as linhas de visão paralelas, este ultimo possibilitando o aumento da visualização para o analista.

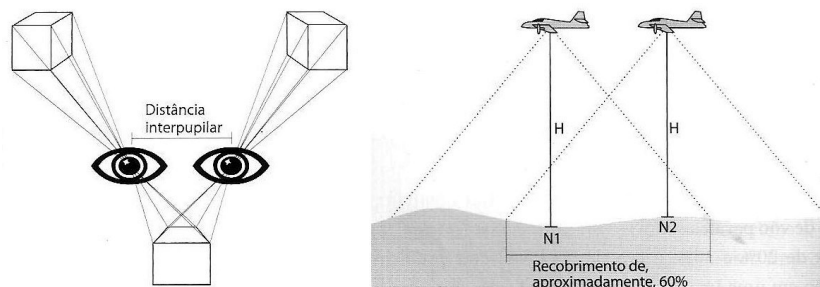


Figura 2.14: Analogia do plano de voo aerofotogramétrico com a visualização binocular humana, interpretando o espaço objeto, segundo Fitz, 2008.

Na mesma lógica da **Figura 2.14**, podemos obter estereoscopia através dos óculos polarizadores. No entanto, só foi possível o incremento desse tipo de visualização com o avanço da fotogrametria, que perpassou três momentos marcantes, sendo (1) fotogrametria analógica; (2) fotogrametria analítica e (3) fotogrametria digital. Somente na fotogrametria digital foi possível restituir as imagens com óculos polarizadores, principalmente pelo avanço tecnológico dos computadores (NUNES; BRITO, 2007).

Para a visualização 3D, através dos óculos polarizados (na tela do computador), o par de imagens anexado ao *software* precisa alternar numa média de aproximadamente 120 vezes por segundo, a uma frequência de 60 Hz. Menor do que essa frequência os olhos humanos não conseguem fundir o par de imagens numa só, o que torna desagradável e dificulta a sobreposição das imagens (estereoscopia 3D). Para que o analista não perceba essa alternância, é necessário a utilização dos óculos polarizadores, aos quais é emitido um sinal do computador (através de um aparelho instalado acima do monitor) para um receptor instalado nos óculos. Assim, com os óculos, o analista não consegue observar a alternância das imagens, mas, sem eles, ele não consegue fazer a fusão de imagens, causando irritabilidade aos olhos.

Essa comunicação do computador com os óculos é importante para quem está iniciando na área ou vai fazer um estudo em específico. Entretanto, é importante compreendermos que, para que o *software* faça a alternância das imagens, é preciso, ou escanear as fotografias aéreas (se forem tomadas por câmeras analógicas), ou descarregá-las diretamente no computador (caso sejam tomadas por câmeras digitais – ambas aerotransportadas). Após esse processo, o *software* fará sobreposição das imagens de acordo com a sequência do plano de voo preestabelecido,

fazendo novamente o papel dos ângulos de visada dos aviões na tomada das fotos, só que nesta etapa o próprio *software* já as sobrepõe.



Autor: Raphael Brizzi.

Figura 2.15: Restituidor usando óculos polarizadores para edição de modelo digital de terreno (MDT) no IBGE – Parada de Lucas/RJ.



A *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) é uma missão da Nasa realizada em 2000, para obter dados de elevação (modelo digital do terreno) para a maioria das regiões de nosso planeta Terra. Os dados estão disponíveis gratuitamente para *download* no *site* da NASA: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>, e podem ser visualizadas em muitos *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Sabendo que a aerofotogrametria envolve técnicas e a execução de processos para fins de mapeamento a partir de sensores suborbitais, responda: Como a aerofotogrametria se vincula ao sensoriamento remoto histórica e conceitualmente?

Resposta comentada

O sensoriamento remoto abarca a captura de informação sobre objetos (aspectos da superfície) sem um contato direto a partir de sensores remotos. A aerofotogrametria, como apresentado no enunciado da questão, envolve técnicas de cobertura aerofotográfica, objetivando o mapeamento dos aspectos relevantes na superfície terrestre. Conceitualmente, a aerofotogrametria se vincula ao sensoriamento remoto a partir da utilização de sensores suborbitais, capturando as informações a certa distância. Historicamente, a aerofotogrametria, por intermédio dos avanços em fotogrametria e em aerotransportes, é responsável pelos primeiros resultados em sensoriamento remoto.

Conclusão

Os cientistas, pesquisadores e gestores embasados em sistemas digitais e em ferramentas tecnológicas computacionais e de ponta, vêm, cada vez mais, reduzindo o tempo na análise e na tomada de decisão, em relação ao conhecimento acerca da realidade espacial.

A apropriação do sensoriamento remoto é uma opção das chamadas geotecnologias. A partir da captura de informações da superfície por meio dos sensores orbitais e aerotransportados, são obtidos poderosos produtos de análise que melhor embasam a tomada de decisão.

A evolução do sensoriamento remoto está, em muito, ligada ao desenvolvimento do setor aeroespacial. É importante se pensar na evolução de instrumentos fotográficos, cartográficos e dos transportes aéreos como indutores mais antigos do desenvolvimento do sensoriamento remoto. O setor aerofotográfico configura ainda uma área em vigor, paralelamente ao mais recém-surgido e, em avanço, setor espacial.

Este campo é vasto e complexo, devido à existência de diferentes sistemas e tipos de sensores (orbitais, suborbitais e terrestres), envolvendo as mais variadas técnicas. Sendo assim, a análise evolutiva e a caracterização abrangedora do sensoriamento remoto não se esgotam aqui.

Atividade final

Atende aos objetivos 1 e 2

Podemos afirmar que muitos campos e atividades de pesquisa se desenvolveram a partir do surgimento e avanço das tecnologias, assim como muitas tecnologias só se desenvolveram a partir do avanço de outras tecnologias e pesquisas de base. Como podemos inserir o sensoriamento remoto nesta perspectiva? Faça uma breve análise a partir de sua conceituação.

Resposta comentada

Podemos realizar tal análise compreendendo a necessidade crescente do monitoramento da superfície terrestre (inclusive de áreas de difícil acesso ou controle, como, por exemplo, a Amazônia brasileira, que vem sendo monitorada por radares, satélites e fotografias aéreas), aplicado a diversos setores e, paralelamente, ao desenvolvimento de novas tecnologias remotas, como os aviões equipados por avançadas câmeras fotográficas digitais e os satélites em órbita da Terra, como você pode ter exemplificado, fruto de pesquisas no setor aeroespacial.

Resumo

Sensoriamento remoto (SR) refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles, possibilitando um estudo preciso sobre a superfície terrestre. A captura de fotografias e imagens se dá por meio dos sensores suborbitais e orbitais, respectivamente, mas também existem os sensores terrestres, como os espectrorradiômetros. O sensoriamento remoto surgiu a partir das primeiras fotografias aéreas, registradas por sistemas fotográficos em balões, e posteriormente por câmeras instaladas em aviões. O processo de mapeamento topográfico a partir de fotografias pode ser entendido como fotogrametria (analógica, analítica e digital), que, com o advento dos transportes aéreos, culmina em uma nova denominação: a aerofotogrametria. Diversas técnicas são empregadas em aerofotogrametria, como, por exemplo, a estereoscopia (para visualização de dimensões na imagem aérea). Nos últimos anos, além da fotogrametria aérea, notadamente a utilização de satélites em órbita vem alterando substancialmente as técnicas da cartografia e da interpretação sobre a superfície terrestre.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, iremos saber mais sobre os sistemas orbitais, as câmeras digitais dos satélites e também sobre os tipos de satélites no mundo e no Brasil.

Referências

- BRIZZI, R. & SANTOS, P. Aplicabilidade de mapeamentos com perspectiva tridimensional em anáglifo para fins educacionais e tomadas de decisões públicas. *VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, 2012. 5p.
- FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.143p.
- FLORENZANO, T. *Os satélites e suas aplicações*. Série Espacializando. São José dos Campos:SindCT,2008.
- JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Trad. José Carlos Neves Epiphanyo (coord.) [et al]. São José dos Campos: Parêntese, 2011. p.151-193.

NOVO; E. M. L. M.; PONZONI, F. J. *Introdução ao sensoriamento remoto*. São José dos Campos. Apostila do Curso Introdução ao Sensoriamento Remoto, 2001.

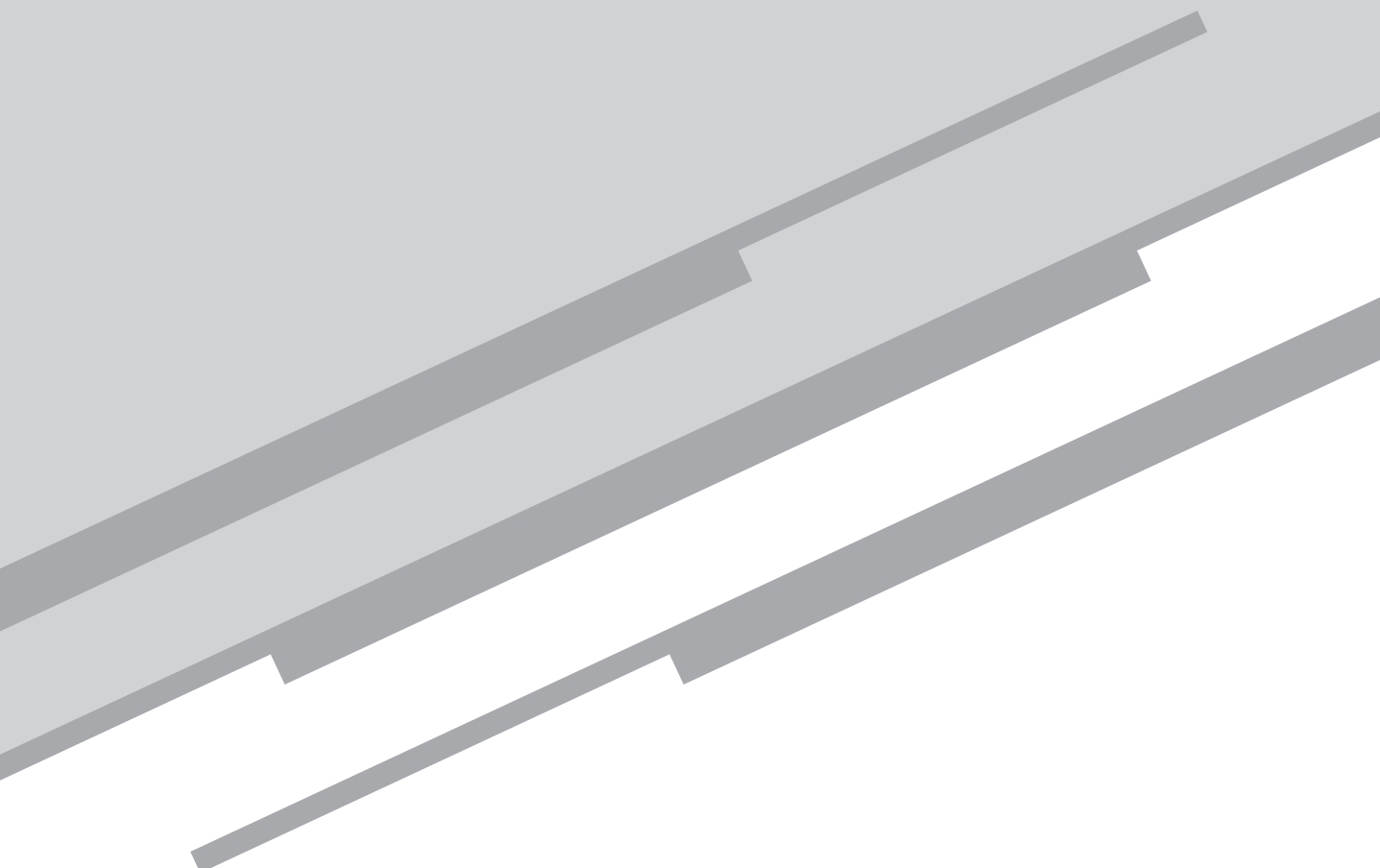
OLIVEIRA, C. *Dicionário cartográfico*. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 646 p.

ROCHA, J. A. M. R. 2003. *GPS: uma abordagem prática*. 4. ed. Recife: Bagaço, 2003.

TAVARES, P. E. M.; FAGUNDES, P. M. *Fotogrametria*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1990.

Aula 3

Sensores orbitais e suas aplicações



Hugo Portocarrero

Meta

Apresentar os conceitos que definem o sensoriamento remoto (SR) e os segmentos que o compõem, bem como a sua história.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. compreender o que é sensoriamento remoto orbital e identificar suas principais características;
2. apontar e caracterizar os principais sistemas sensores orbitais aplicados a estudos ambientais.
3. ter autonomia para adquirir imagens de satélites nos órgãos que as liberam gratuitamente.

Pré-requisito

Para compreender melhor o conteúdo da aula atual, você deve saber sobre a história do sensoriamento remoto (SR), tal como visto na Aula 2.

Introdução

“Satélites vão para o céu
Coisas como essa me deixam maluco
Eu assisti a isso por um tempinho
Eu amo assistir a coisas na TV”
(Lou Reed, Satellite of Love [tradução livre])

É chamado de satélite todo objeto que gira em torno de outro corpo. Pode ser classificado de duas formas: satélite natural e satélite artificial.

Nas ciências astronômicas, um bom exemplo de satélite natural é a Lua, pois a mesma gira em torno da Terra. Por sua vez, o satélite artificial pode ser definido como um equipamento ou dispositivo projetado pelo homem, que, dependendo da sua função ou do seu objetivo, irá deslocar-se na órbita do planeta Terra ou de outro astro.



Figura 3.1: Satélite artificial é um dispositivo projetado pelo homem e desloca-se na órbita do planeta Terra ou de outro astro.

Fonte: <http://www.clancobra.com.br/2016/03/satelite-brasileiro-de-banda-larga-sera-lancado-este-ano>

Podemos definir a órbita como o caminho percorrido pelo satélite. Satélites artificiais permanecem em órbita graças à aceleração da gravidade do planeta e à velocidade com que se deslocam no espaço, a qual depende da altitude da sua órbita.

Atualmente, cada vez mais os satélites vêm desempenhando um papel importante em nosso dia a dia. Os benefícios da utilização destes são notórios em vários campos como, por exemplo, para realização da previsão climatológica e monitoração dos impactos ambientais, tais como as queimadas, os desmatamentos, o crescimento da urbanização, o planejamento da agricultura, do tipo e da qualidade da colheita, dentre outros exemplos.

Mas não somente os sensores orbitais se destacam em importância quanto ao conhecimento da superfície terrestre, mas também os transportados por aviões. Podemos dizer que a evolução do sensoriamento remoto tem sua origem na fotografia aérea, envolvendo um conjunto de técnicas e procedimentos na sua obtenção e em seu tratamento, principalmente atrelados à **aerofotogrametria**.

Aerofotogrametria

É a cobertura aérea realizada com câmera fotográfica, para fins de mapeamento. Tal técnica busca determinar a forma, as dimensões e a posição dos objetos contidos numa fotografia, através de medidas efetuadas sobre esta.

No entanto, o avanço tecnológico vem sendo fundamental para que o uso dos satélites se desenvolva cada vez mais nos últimos anos. Principalmente por meio dos sensores a bordo de plataformas orbitais que se destacam no aprimoramento de imagens detalhadas da Terra, de outros planetas e até de outras galáxias. No caso das imagens terrestres, estas possibilitam análises espaciais mais apuradas que beneficiam diversas áreas do conhecimento, inclusive da geografia, que vem se utilizando cada vez mais da alta tecnologia em prol do planejamento detalhado das atividades, principalmente antrópicas, no meio urbano e rural.

Portanto, nesta aula, atentaremos para o surgimento do sensoriamento remoto a partir da evolução do uso das primeiras fotografias aéreas e do surgimento da aerofotogrametria. Mas, antes, trataremos de definir e apresentar o sensoriamento remoto e seus sistemas orbitais e suborbitais.



Para ouvir a música Satellite of Love, de Lou Reed, acesse o seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=MO5reyuzXis>

Sensoriamento remoto orbital: o que é e como funciona?

Os satélites podem ser considerados sensores passivos, ou seja, dependem de uma fonte de energia externa para obter a resposta espectral de cada alvo na superfície terrestre. A luz proveniente do sol é ideal. Ela é captada pelos sensores depois de haver interagido com a superfície e a atmosfera terrestres, trazendo como resultado a energia refletida para o sistema sensor (**Figura 3.2**).

Tipos de sensores orbitais

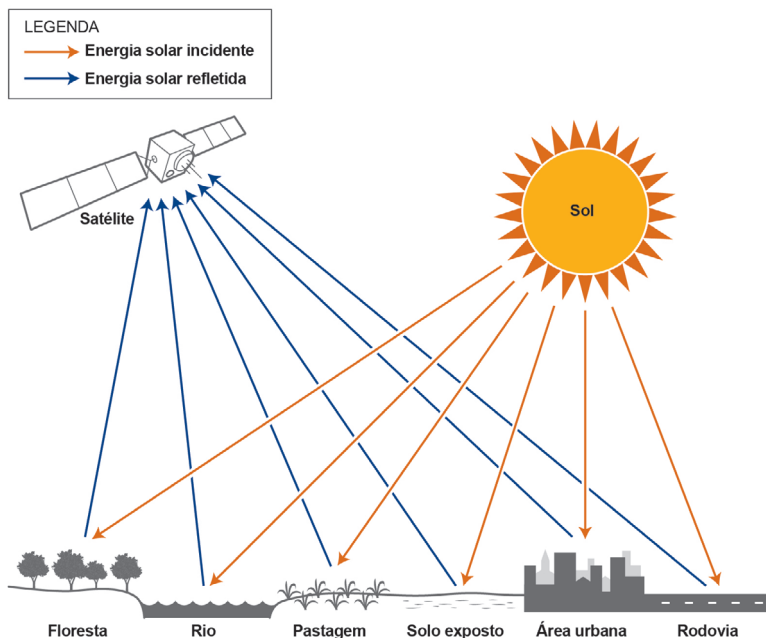


Figura 3.2: Satélite de sensoriamento remoto passivo dependendo da luz solar, que permite a ele captar o reflexo luminoso dos diferentes objetos da superfície terrestre.

O projeto de construção de um satélite necessita, além do próprio satélite, de um foguete lançador e uma estação de monitoramento, que tem a função de supervisionar o funcionamento do satélite controlando seu deslocamento na órbita predefinida e a recepção dos dados enviados por ele. Um satélite, como ilustrado, na **Figura 3.3**, é constituído de três partes:

1. a plataforma, que contém todos os equipamentos necessários para o bom funcionamento do satélite;
2. o painel solar, responsável pelo armazenamento e suprimento de sua energia;
3. os equipamentos (antenas, sensores, transmissores) necessários para o cumprimento da sua missão.
4. As formas mais comuns de satélite (plataforma) são em cubo e em cilindro. O tamanho varia de um a cinco metros de comprimento e o peso, de 500 quilos a três toneladas.

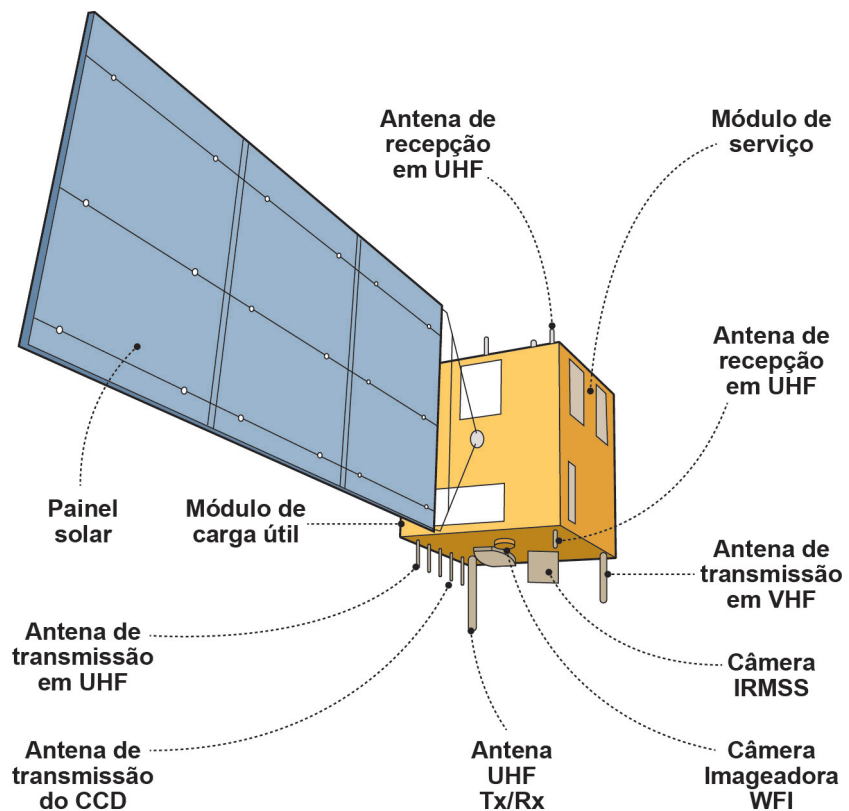


Figura 3.3: O satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), desenvolvido pela parceria entre Brasil e China, com destaque para os seus principais componentes (CBERS/INPE).

O INPE revolucionou com o lançamento dos satélites CBERS 3-4, utilizando no módulo carga útil para quatro câmeras (Câmera Pancromática e Multiespectral – PAN, Câmera Multiespectral Regular – MUX, Imageador Multiespectral e Termal – IRS, e Câmera de Campo Largo – WFI) com desempenhos geométricos e radiométricos melhorados.

As informações sobre as principais diferenças entre os satélites CBERS lançados podem ser entendidas pela **Tabela 3.1**.

Tabela 3.1: Diferenças entre os satélites da primeira geração do Programa CBERS (CBERS-1, 2 e 2B) e os da segunda (CBERS-3 e 4).

Característica	CBERS 1, 2 e 2B	CBERS 3 e 4
Massa total	1450 kg	2080 kg
Potência gerada	1100 W	2300 W
Taxa de dados	100 Mbit/s	300 Mbit/s
Vida útil projetado	2 anos	3 anos
Participação brasileira	30 %	50 %

Fonte: http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/descricao_cbbers3e4.php

Podemos destacar ainda que o sistema sensor possui vários componentes, dentre eles vale ressaltar: coletor, detector, processador, até se gerar o produto final (imagem), conforme pode ser observado, a seguir, no **Figura 3.4**.

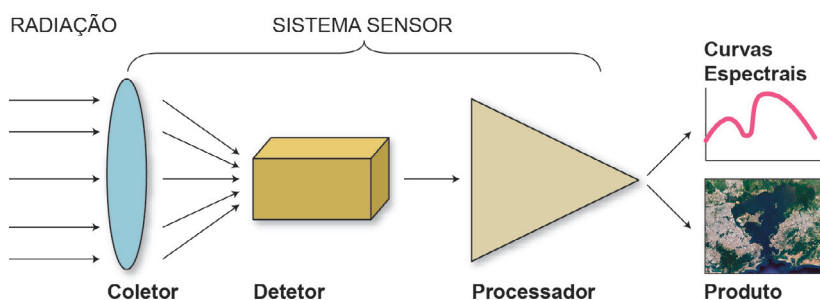


Figura 3.4: Componentes de um sistema sensor.

Adaptado de: SANTOS, Alexandre Rosa dos. Gramática aplicada à gestão de recursos hídricos. Apresentação de Power Point (p.6) disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/335240/>

Assim, para fins de sensoriamento remoto, deve-se considerar a radiação eletromagnética (REM) como uma forma de energia. Nesse sentido, segundo Novo (1992), o sensoriamento remoto pode ser definido como uma medida de troca de energia que resulta da interação entre a energia contida na radiação eletromagnética de determinado comprimento de onda e a contida nos átomos e moléculas do objeto de estudo.

Deste modo, a radiação eletromagnética interage com os alvos da superfície terrestre. Esta radiação pode ser absorvida, refletida, transmiti-

da e emitida por eles de acordo com as propriedades dos alvos. Resumidamente, pode-se afirmar que a interação da radiação eletromagnética com os alvos na superfície da Terra e com o próprio solo depende das características do alvo e do meio ambiente que os cercam. Por exemplo, a quantidade de energia refletida por uma planta é função de características intrínsecas desta, mas que pode ser alterada se a planta for submetida a um estresse qualquer, tais como: desequilíbrio nutricional, déficit hídrico, ataque de pragas e doenças, efeitos climáticos adversos, etc. Aliado a isso, tem-se as condições do meio ambiente, responsáveis pelo direcionamento e pelo fluxo da energia, durante o percurso da radiação do alvo, até o local onde esta é quantificada.

A **Figura 3.4** ilustra duas curvas de reflectância, obtidas de dosséis da cultura do trigo submetido ao déficit hídrico. Uma curva espectral é proveniente do cultivar IAC-24, e a outra, do cultivar IAC-287. Observe que, embora sendo os dois cultivares pertencentes à espécie *Triticum aestivum* L., o cultivar IAC-24 é mais resistente ao déficit hídrico do que o IAC-287, pois apresenta menor reflectância na região do vermelho (maior absorção da radiação solar) e maior reflectância no infravermelho próximo.

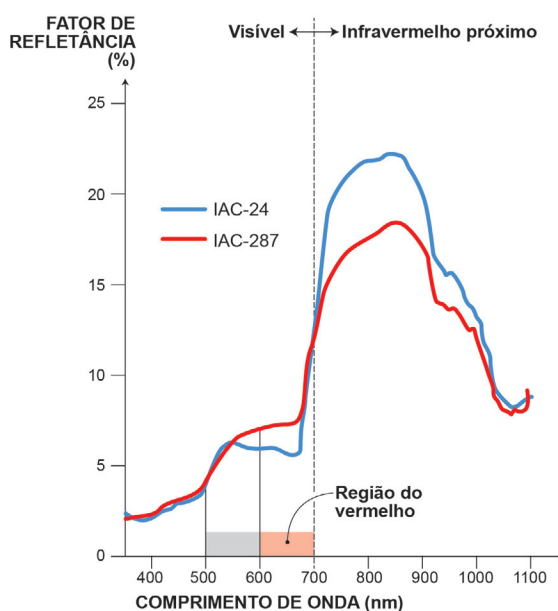


Figura 3.5: Curvas de reflectância espectral do trigo para mostrar a influência do déficit hídrico sobre a absorção de energia solar na região do vermelho e no infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

Embora sendo a mesma cultura, podemos observar, pelas características das curvas, que as plantas sob efeito de déficit hídrico apresentam uma maior quantidade de energia refletida em toda região do visível e do infravermelho próximo. Na região do visível, nota-se que o maior afastamento das duas curvas ocorreu na região do vermelho (600 a 700 nm). Isto, de certa forma, demonstra que, através das medidas do fator de reflectância da cultura do trigo, é possível identificar um fenômeno ambiental que está ocorrendo na área cultivada, que, neste caso, é o déficit hídrico.

Vale salientar que o espectro eletromagnético, segundo Meneses; Almeida (2012), pode ser definido como as faixas de comprimento de ondas, isto é, constituem-se nas regiões espectrais da radiação eletromagnética (REM) conhecidas pelo homem. Este espectro estende-se dos comprimentos de onda dos raios cósmicos aos comprimentos de corrente alternada emitidos pelas redes de alta tensão (**Figura 3.5**). Assim, a faixa de comprimento de onda da radiação eletromagnética é praticamente ilimitada. Há estrelas que emitem REM com máximo de irradiância em comprimentos de onda dos raios-X e outras, como o Sol, que emitem seu máximo de radiação eletromagnética no visível. A humanidade já construiu fontes artificiais de REM que geram ondas com comprimentos de 10-15 a 108 metros.

Desse modo, um dos intervalos ou das faixas de comprimentos de onda que é mais familiar ao ser humano é a faixa de luz visível da radiação solar, por ser aquela que o olho humano é capaz de detectar. O intervalo espectral da luz visível foi decomposto pela primeira vez em 1766 por Isaac Newton, atravessando a luz branca por um prisma de vidro (dispersão) e emergindo do lado oposto do prisma em raios de luz coloridos (**Figura 3.6**). Cada raio colorido tem o seu comprimento de onda específico. A inclinação de cada raio, ao emergir da outra face do prisma, é devido à relação entre o comprimento da onda e o índice de refração do prisma (vidro). Essa experiência se repete toda vez que no céu temos a formação de um arco-íris, provocado pela dispersão da luz pelas gotas de água, num dia chuvoso (MENESES; ALMEIDA, 2012).

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

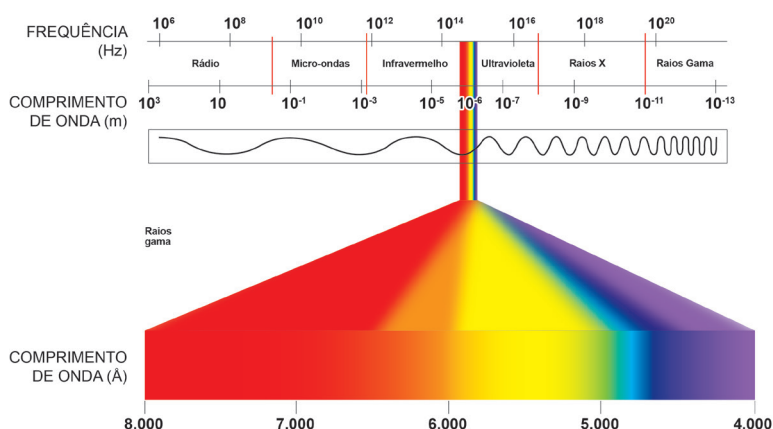


Figura 3.6: Espectro eletromagnético apresentando sua frequência (Hz) e comprimentos de onda (Å / m).

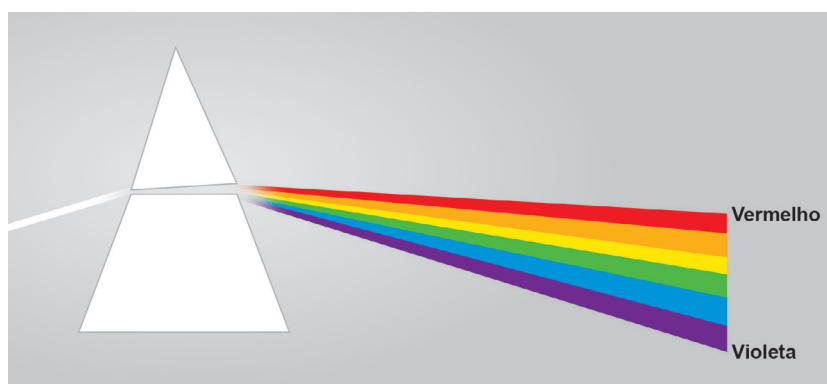


Figura 3.7: Dispersão da luz branca em seis cores espectrais ao atravessar o prisma de vidro.

No presente estágio de desenvolvimento tecnológico é possível medir, com razoável precisão e a distância, as propriedades espectrais dos alvos e fenômenos da superfície terrestre. Essas medidas são obtidas através de dispositivos denominados sistemas sensores.

Caracterização dos sistemas sensores

Segundo Moreira (2001), sensores são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada região ou faixa do espectro eletromagnético. Assim, geram-se informações que podem ser transformadas num produto passível de interpretação que pode

ser na forma de imagem ou na forma gráfica ou até mesmo em formato tabular (dados alfanuméricos), conforme é demonstrado na **Figura 3.7**.

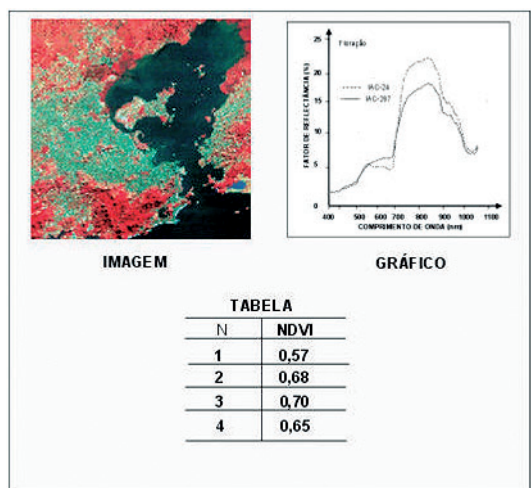


Figura 3.8: Produtos gerados a partir de dados coletados pelos sistemas sensores.

Um sistema sensor é constituído basicamente por um coletor, que pode ser um conjunto de lente, espelho ou antena, e um sistema de registro (detector) que pode ser um filme ou ligas metálicas e um processador, conforme ilustrado na **Figura 3.8**.

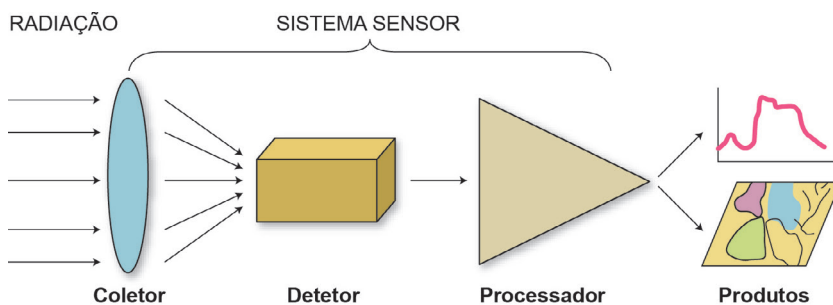


Figura 3.9: Esquema para mostrar as partes componentes de um sistema sensor.

As quantidades relacionadas com a energia radiante que podem ser medidas com os sensores não fotográficos são denominadas grandezas radiométricas. Para melhor entender os sistemas sensores e as quantidades da energia radiante que podem ser medidas por eles, é preciso introduzir, a partir de agora, alguns conceitos sobre *grandezas radiométricas*. De acordo com Steffen (1996), no Sistema Internacional de Unidades as principais grandezas radiométricas são:

Energia radiante (Q) – é a grandeza radiométrica fundamental que indica a quantidade de energia associada a um fluxo de radiação e sua unidade é o Joule (J).

Fluxo radiante (f) – É a quantidade de energia radiante que flui por uma posição do espaço na unidade de tempo (taxa de transferência).

Irradiância (E) – Quando o fluxo radiante irradia (ilumina) uma área da superfície terrestre (amostra de superfície), a razão entre o fluxo e a área da amostra é a sua irradiância.

Intensidade radiante (I) – é a densidade espacial do fluxo que tem origem numa fonte puntiforme.

Radiância (L) – Se as dimensões de uma amostra de superfície podem ser consideradas desprezíveis, com relação à distância em que são observadas, o “brilho” dessa amostra, em cada direção.

Exitância (M) – enquanto a irradiância expressa a quantidade do fluxo que irradia a amostra de superfície, exitância expressa a quantidade de fluxo que sai da amostra de superfície que é definido pela razão entre o fluxo que deixa a amostra (reflexão ou emissão) e a área da amostra

Quanto à sua classificação, os sistemas sensores podem ser classificados quanto: *a categoria, o tipo de produto e fonte de radiação*, conforme apresentado na **Figura 3.10**:

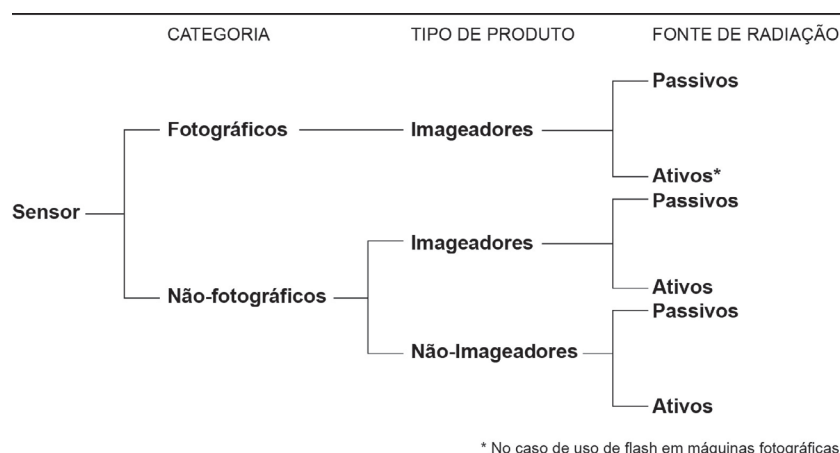


Figura 3.10: Classificação dos sistemas sensores quanto a categoria, tipo de produto e fonte de radiação.

Sistemas Sensores Fotográficos

Segundo Moreira (2001), sensores fotográficos são todos os dispositivos que, através de um sistema óptico (conjunto de lentes), registram a energia refletida pelos alvos da superfície da Terra em uma película fotossensível, que são os filmes fotográficos (detectores).

Sistemas sensores não fotográficos

Já os sensores não fotográficos são dispositivos utilizados para medir a intensidade da radiação eletromagnética, proveniente dos alvos de uma superfície da Terra, em determinadas faixas espectrais do espectro eletromagnético. Segundo Moreira (2001), os sensores não fotográficos são classificados em dois grupos: radiômetros e radiômetros imageadores.

Radiômetros

São sistemas passivos que medem a intensidade da energia radiante (radiância), proveniente de todos os pontos de uma superfície, dentro do campo de visada (FOV), em determinadas regiões espectrais do espectro eletromagnético. Os radiômetros podem ser classificados como não imageadores e imageadores: os radiômetros não imageadores medem a radiância do alvo e apresentam os resultados em forma de gráfico ou tabela. São mais utilizados, geralmente, na região espectral do infravermelho termal (8 a 14 μm) e micro-ondas (0,3 a 30 cm). A diferença básica nestes dois tipos de radiômetros se refere ao produto final: os radiômetros que operam no infravermelho termal medem a temperatura de brilho, já os radiômetros que operam na região de micro-ondas medem a radiação emitida pelos corpos da superfície terrestre.

Já os radiômetros imageadores se remetem a equipamentos cujos resultados finais ocorrem em forma de imagens de uma área (cena) no terreno. Nestes equipamentos, ocorre o deslocamento do elemento de resolução do terreno (ERT) que, posteriormente, irá gerar uma linha de varredura. Sob a designação de imageadores (*scanners*), há uma grande variedade de sistemas sensores não fotográficos que registram a radiação eletromagnética em diferentes faixas do espectro eletromagnético, mais precisamente, desde o ultravioleta até o infravermelho distante (aproximadamente de 0,2 μm até 14 μm).

Assim, de acordo com Moreira (2001), as características dos sistemas sensores não fotográficos imageadores podem ser divididas em função de quatro domínios de resolução, descritas a seguir:

Resolução espectral: refere-se ao poder de resolução que o sensor tem para discriminar diferentes alvos sobre a superfície terrestre. Em outras palavras, refere-se à melhor ou à pior caracterização dos alvos em função da largura da banda espectral em que o sensor opera. Por exemplo, suponha que um sensor *A* opere em uma única faixa espectral de 300 a 700 nm, e um sensor *B* também opere em uma única faixa espectral de 600 a 650 nm. Nesta situação, o sensor *A* apresenta menor resolução espectral do que o sensor *B*, uma vez que a largura de faixa (banda espectral) de cada um deles corresponde a 400 e 50 nm, respectivamente. Quanto menor for a largura de faixa em que opera um determinado sensor, melhor é sua resolução espectral. Por outro lado, afirma Moreira (2001), que se um sistema sensor possui detectores operando em mais de uma faixa espectral, do espectro eletromagnético, o sistema é denominado multiespectral, porque registra a radiação eletromagnética proveniente dos alvos, em várias faixas espectrais, como exemplo, os sistemas sensores a bordo dos satélites Landsat.

Resolução espacial: refere-se ao campo de visada instantânea ou IFOV (do inglês, *Instantaneous Field of View* – Campo de Visada Instantânea). No solo, a resolução espacial pode ser definida como sendo a menor área do terreno que um sistema sensor é capaz de individualizar (a uma dada altitude e instante de tempo) de outras áreas contidas no IFOV (MOREIRA, 2001, p. 8). O valor radiométrico do pixel (do inglês, *picture element*) é a média dos valores das radiâncias de todos os sinais dos diferentes objetos que ocorre dentro da área no terreno, que depende da resolução de cada sensor (do seu IFOV). Assim, na **Figura 3.11**, é apresentado um esquema de uma área no terreno, com diferentes tipos de ocupações do solo, correspondente a um pixel, e, na **Figura 3.12**, são apresentadas imagens de diferentes sistemas sensores com diferentes resoluções espaciais.

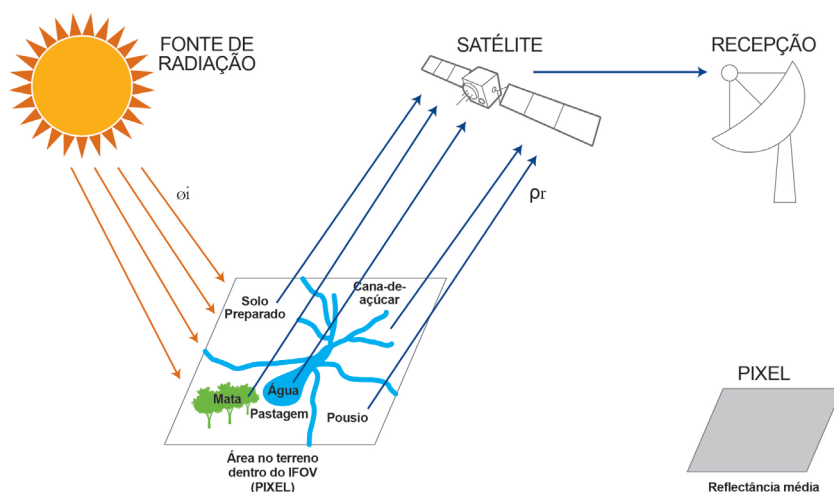


Figura 3.11: Esquema para mostrar o elemento de resolução espacial de um sistema sensor e seu IFOV (o que é captado pelo sensor pela reflectância dos alvos é transformado em valor de pixel).

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

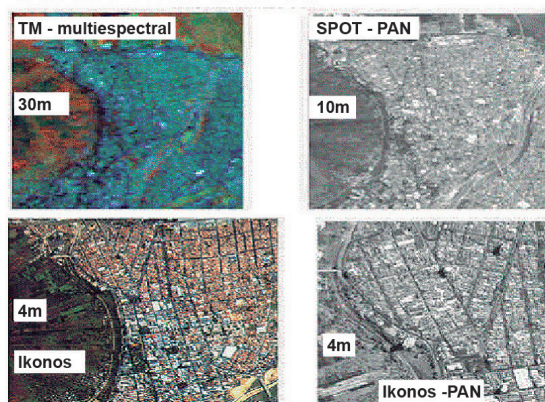


Figura 3.12: Imagens do Landsat/TM, do SPOT/PAN, do IKONOS com resolução espaciais de 30, 10, 4 e 1 m, para uma escala de 1:25 000.

Fonte: Câmara et al. (1996).

Resolução temporal ou geométrica: No caso de sistemas sensores orbitais, a resolução temporal está relacionada ao intervalo de tempo que o satélite leva para recobrir a área de interesse. Para isso, depende da largura da faixa imageada no solo, que por sua vez está ligada à altitude do satélite, e da velocidade com que o satélite orbita a Terra. Por exemplo, o sensor TM do Landsat-5 tem uma resolução temporal de 16 dias, isto é, a cada 16 dias o Landsat-5 passa sobre o mesmo ponto geográfico da Terra. Assim, nós dizemos que a resolução temporal

do sensor TM é de 16 dias. Já os sistemas sensores a bordo do satélite NOAA têm uma resolução temporal de nove dias, no entanto, como a largura de faixa é muito grande, é possível obter dados diários sobre um mesmo ponto. A resolução temporal é muito importante porque permite fazer um acompanhamento dinâmico dos alvos sobre a superfície da Terra. Também é essencial para satélites meteorológicos que devem cobrir o planeta inteiro, por exemplo, para contribuições referentes a previsões de tempo.

Resolução radiométrica: De acordo com Moreira (2001), a radiação eletromagnética, refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície terrestre, possui valor de intensidade que difere um alvo de outro. Por exemplo, para certos comprimentos de onda, uma vegetação reflete e/ou emite muito menos energia do que uma área de afloramento rochoso ou até mesmo uma duna de uma praia. Entretanto, certos alvos, apesar de serem diferentes, refletem ou emitem a radiação eletromagnética com valores de intensidade muito próximos entre si, tornando-se quase idênticos espectralmente. Assim, a resolução radiométrica de um sensor refere-se à capacidade do sensor em discriminar, numa área imageada, alvos com pequenas diferenças da radiação refletida e/ou emitida.

Como a radiação que incide no detector será transformada em sinal elétrico, pode-se afirmar que a resolução radiométrica é a capacidade do sensor de discriminar sinais elétricos com pequenas diferenciações de intensidade. Desse modo, atribuem-se tons de cinza, que variam de cinza-escuro, para o valor de intensidade igual ou próximo de zero, e cinza-claro, para o maior valor de máxima intensidade. Entre estes dois extremos, associam-se tons de cinza que variam do escuro ao claro, sendo, geralmente, denominados por cinza-claro, cinza-médio, cinza-escuro. Isso irá variar de acordo com a capacidade que o sensor tem de discriminar os tons de cinza da referida imagem de satélite.

A quantidade de níveis de cinza que um dado produto de satélite pode apresentar depende do sistema de gravação do sensor. Por exemplo, se os sinais elétricos são gravados em dois bits, a resolução radiométrica será de quatro níveis digitais ou níveis de cinza. Isso quer dizer que, se numa dada área imageada por este sensor, tivermos 50 alvos com reflectâncias diferentes, essas reflectâncias serão representadas por apenas quatro níveis de cinza. Logo, percebe-se que muitos desses alvos serão agrupados numa única classe, ou seja, haverá um agrupamento de alvos cujos valores das reflectâncias serão próximos entre si, devido à pequena variação de nível de cinza. Para calcular a resolução radiométrica

trica emprega-se a expressão 2^n , sendo “n” o número de bits utilizados na gravação.

Atualmente, trabalha-se, em sensoriamento remoto, com imagens de dois a 16 bits, sendo as mais comuns utilizadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), as de resolução radiométrica de 8 e de 11 bits (Figura 3.13).

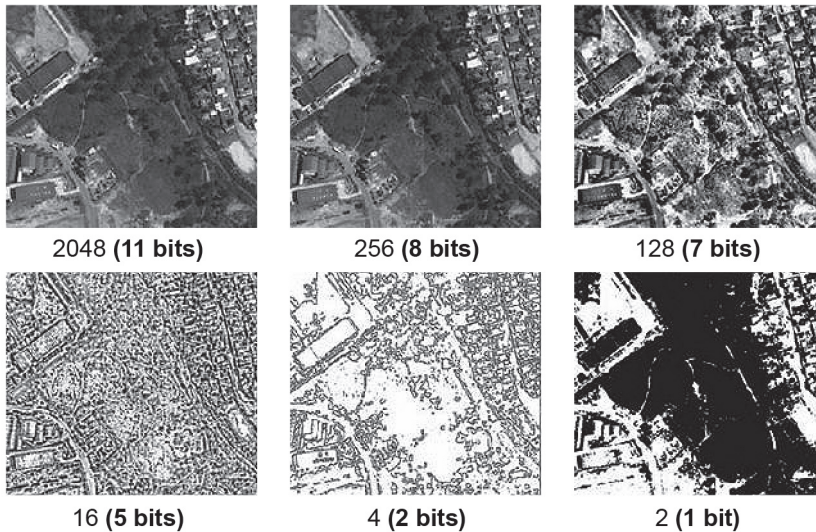


Figura 3.13: Diferença de resolução radiométrica, em uma mesma área urbana.

Fonte: <http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/resol.html#5>

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

O exemplo a seguir ilustra bem o que foi exposto até agora. Imagine dois sensores (A e B). O sensor A grava os sinais elétricos em dois bits e o sensor B, em oito bits. Levando em consideração essas informações, pede-se para definir qual dos sensores possui a maior resolução radiométrica.

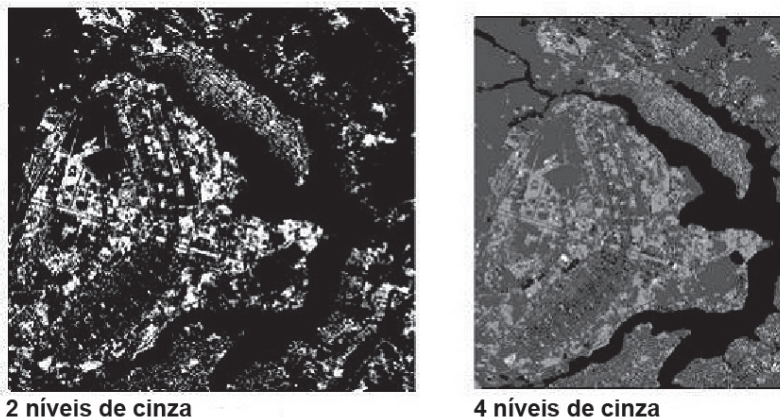


Figura 3.14: Imagens de Brasília em diferentes níveis de cinza.

Fonte: Meneses e Almeida (2012, p. 30).

Resposta comentada

Como vimos anteriormente, a resolução radiométrica é calculada de acordo com a expressão 2^n . Assim, o sensor A tem uma resolução radiométrica de dois níveis digitais, o equivalente a $2^2 = 4$ níveis de cinza, enquanto que a resolução radiométrica do sensor B será de 256 níveis de cinza, pois $2^8 = 256$. Isto quer dizer que o sensor A é capaz de separar em 4 níveis os valores de intensidade da radiação refletida e/ou emitida. Já o sensor B consegue individualizar 256 níveis de cinza. Logo, a resolução radiométrica do sensor B é melhor do que a do sensor A.

Tipos de sensores orbitais

Quanto à fonte de radiação, os sistemas sensores são denominados *passivos*, quando medem a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos proveniente de uma fonte externa (**Figura 3.15**) – o sol, por exemplo –, e *ativos* quando possuem suas próprias fontes suas próprias fontes de radiação.

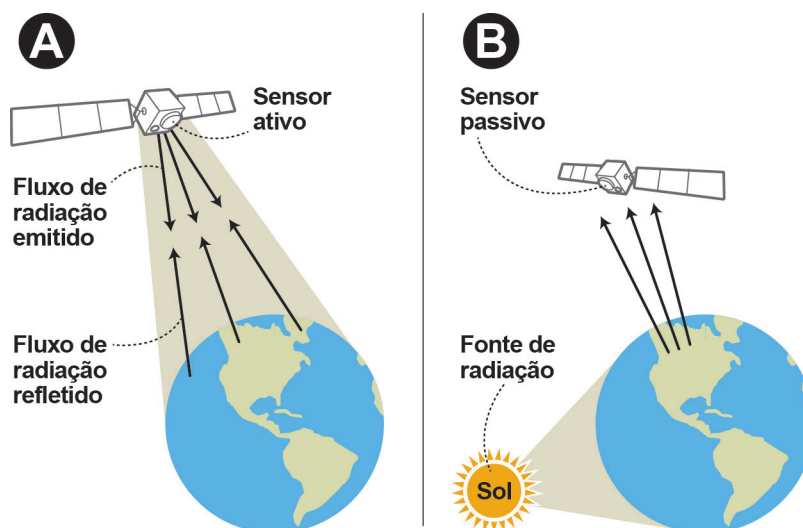


Figura 3.15: Esquema para ilustrar um sensor passivo (A) e um sensor ativo (B).

No caso dos sensores ativos, eles emitem um fluxo de radiação em determinada faixa espectral que interage com os alvos na superfície da Terra, e a parte que é refletida é, então, captada pelo sensor. Como exemplos de sensores ativos, têm-se os sistemas de radares (**Figura 3.16**), lasers e câmeras fotográficas quando utilizam, como fonte de radiação, o *flash*.

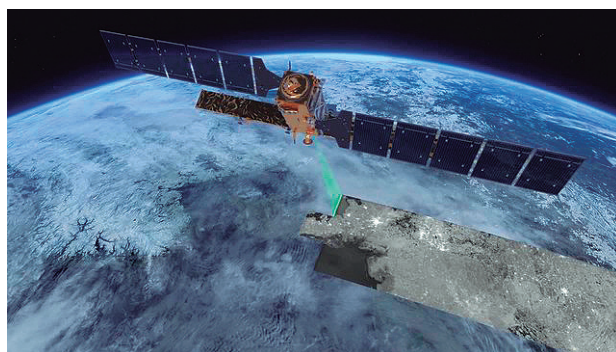


Figura 3.16: Sensor orbital ativo (RADAR) escaneando a Terra.

Fonte: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/videos/2014/03/opernicus/sar_scanning_esa_animations_2013/14345469-1-eng_GB/SAR_scanning_ESA_animations_2013_video_production_full.jpg

Cronologia do sensoriamento remoto orbital

Segundo Florenzano (2008), o desenvolvimento de satélites artificiais teve início na década de 1950 com o lançamento do Sputnik-1, no dia 4 de outubro de 1957, pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Em fevereiro de 1958, os Estados Unidos lançaram seu primeiro satélite: o Explorer-1. Após o sucesso dessas experiências, o homem colocou satélites artificiais em órbita de quatro outros astros do sistema solar: em 1959, o Luna I, em torno do Sol; em 1966, o Luna X, em torno da Lua; em 1971, o Marine IX, em torno de Marte; e, em 1975, o Venua IX, em torno de Vênus. Na década de 1960, os satélites começaram a influenciar de maneira efetiva o nosso cotidiano com o lançamento, em 1962, do satélite Telstar e, em 1965, do Intelsat-1. Iniciava-se, assim, a rede mundial de comunicação por satélite, a qual possibilitava o envio de imagens de televisão ao vivo.

Jensen (2009) afirma que, ainda na década de 1960, foram obtidas as primeiras fotografias a partir dos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apolo. Os resultados dessas missões reforçaram o desenvolvimento de programas de satélites (não tripulados) meteorológicos e de recursos terrestres. Assim, no dia 1º de abril de 1960, foi lançado, pelos Estados Unidos, o primeiro satélite meteorológico, o Tiros-1 (Television and Infrared Observation Satellite). Daí em diante, foi possível receber imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra, observar fenômenos meteorológicos e fazer as previsões do tempo com maior exatidão e de modo sistemático. Somente em 23 de julho de 1972 foi lançado o primeiro satélite de recursos terrestres (observação da Terra), o ERTS-1 (Earth Land Resources), mais tarde denominado Landsat-1. O Brasil recebe imagens dos satélites da série Landsat desde 1973. As imagens obtidas dos satélites Landsat 1, 2, 3, 5 e 7 estão disponíveis gratuitamente na internet no endereço: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

A partir do Landsat-5, portanto, com o quinto satélite da série, em 1984, se tornaram disponíveis os dados do sensor Thematic Mapper (TM), com uma resolução espacial de 30x30 m, em seis bandas, e 120x120 m, na banda termal. A órbita dos satélites Landsat 4 e 5 é semelhante à dos três primeiros satélites, com uma altitude de 705 km em relação à superfície terrestre no Equador. Esta órbita mais baixa foi necessária para determinar uma resolução de 30 metros no terreno para o sensor TM. Estes satélites realizam uma órbita completa em torno da Terra a cada 98 minutos e 20 segundos, e sua resolução temporal é de 16

dias. A área recoberta pelos sensores a bordo do Landsat é de 184x184 km, ou aproximadamente 34.000 km².

Ainda segundo Jensen (2009), as características das bandas espectrais do sensor Thematic Mapper do Landsat 4 e 5, são:

Banda 1: 0,45 – 0,52 μm (azul). Maior penetração em corpos d'água, suporte na identificação do uso da terra, do solo e da vegetação.

Banda 2: 0,52 – 0,60 μm (verde). Essa banda cobre a região entre as bandas de absorção pela clorofila no azul e no vermelho e responde à reflectância da vegetação sadia no verde.

Banda 3: 0,63 – 0,69 μm (vermelho). Essa é a banda vermelha de absorção por clorofila da vegetação verde sadia e é útil para discriminação da vegetação. É também útil para delinear os limites de classes de solos e tipos de rochas. Essa banda pode exibir mais contraste do que as banda 1 e 2, devido ao efeito reduzido da atenuação atmosférica. O limite superior de 0,69 micra é importante porque compreende o início de uma região espectral de 0,68 a 0,75 micra, em que a reflectância muda abruptamente (borda vermelha ou *red edge*), o que pode reduzir a precisão das investigações da vegetação.

Banda 4: 0,76 – 0,90 μm (infravermelho próximo). Pelas razões discutidas anteriormente, o limite inferior dessa banda foi posicionado acima de 0,75 micra (término da borda vermelha). Esta banda é muito sensível à quantidade de biomassa da vegetação e/ou área foliar presente. É útil para identificar culturas e para realçar contrastes entre solo/cultura e terra/água.

Banda 5: 1,55 – 1,75 μm (infravermelho médio – shortwave infrared, SWIR, ou infravermelho próximo de ondas curta). Essa banda é sensível à turgidez ou quantidade de água nas plantas. Essa informação é útil em estudos de estresse de culturas e em investigações de vigor das plantas. Essa é uma das poucas bandas que podem ser usadas para discriminar entre nuvens, neve e gelo.

Banda 6: 10,4 – 12,5 μm (infravermelho termal). Essa banda mede a quantidade de energia radiante infravermelha emitida das superfícies. A temperatura aparente é uma função da emissividade e da temperatura verdadeira (cinética) da superfície. É útil para localizar atividade geotermal, mapeamento de inércia termal para investigações geológicas, classificação e análise de estresse de vegetação, e para estudos de umidade de solos. Esta banda frequentemente capta informação única sobre diferenças em aspecto topográfico em áreas montanhosas.

Banda 7: 2,08 – 2,35 μm (infravermelho médio – SWIR, ou infravermelho próximo de ondas curtas). Essa é uma importante banda para discriminação de formações geológicas de rochas. Ela tem sido efetiva para identificar zonas de alteração hidrotermal em rochas.

O Landsat-6, lançado em 1993, foi perdido no mar. Carregava a bordo o Enhanced Thematic Mapper (ETM), que operava com sete canais, sendo um canal pancromático, três canais no visível, três nos canais infravermelho próximo e médio, e um no infravermelho termal. Estes canais apresentavam resoluções de 15x15 m, 30 metros e 120 metros, respectivamente (NOVO, 1992).

Por ultimo, foi lançado em 15 de abril de 1999, nos EUA (Califórnia), o Landsat-7. Segundo a Nasa, o Landsat-7 foi projetado para atingir os seguintes objetivos:

- manter a continuidade dos dados, fornecendo dados que são consistentes com dados Landsat prévios em termos de geometria, resolução espacial, calibração, características de cobertura e características espectrais;
- gerar e periodicamente atualizar um arquivo global de imagens substancialmente livres de cobertura de nuvens e com boas condições de iluminação;
- continuar a tornar os dados do tipo Landsat disponíveis para os Estados Unidos e para usuários internacionais a custos satisfatórios e expandir o uso desses dados para pesquisas de mudanças globais e propósitos comerciais.

O Landsat-7 orbitava a 705 km acima da Terra, coletando dados numa faixa no terreno de largura de 185 km, não podendo coletar informações fora do **nadir**. Possui um intervalo de revisita (atualização no imageamento) de 16 dias. Na **Figura 3.17**, pode-se melhor visualizar as características do sensor. Assim, o Landsat se transformou no programa de sensoriamento remoto de mais longa duração já existente, com o sétimo satélite da série lançado em 1999.

Nadir

Em Geografia, é o ponto inferior da esfera celeste, segundo a perspectiva de um observador na superfície do planeta. É a projeção do alinhamento vertical que está sob os pés do observador, como se “um furo” varasse o outro lado do planeta (Adaptado de NADIR. In: WIKIPEDIA, 2015).

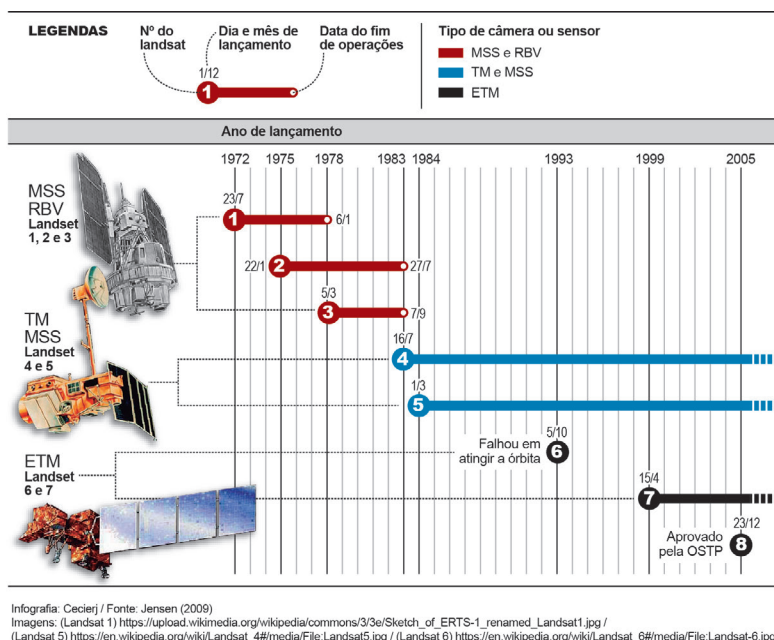


Figura 3.17: Dados de lançamento e fim das operações do Landsat.

Cabe destacar que, em 2013, quando o programa Landsat completou 40 anos, foi lançada a 8ª versão do Landsat. Esta versão também apresenta como objetivo principal o mapeamento de recursos naturais e a observação de ambientes terrestres. Nesse sentido, se diferencia dos demais por possuir nove bandas espectrais.

De acordo com Florenzano (2008), atualmente, um dos principais e mais ambiciosos programas de coleta de dados sobre a Terra é o Earth Science Enterprise, desenvolvido pela Nasa. Esse programa é composto de três módulos: 1) uma série de satélites de observação do planeta; 2) um avançado sistema de banco de dados e; 3) uma equipe de cientistas que estudará os dados coletados.

Assim, os temas estudados por este programa espacial referem-se a nuvens, ao ciclo da água e a energia; oceanos; química da atmosfera; uso da terra; processo da água e ecossistema; cobertura de gelo glacial e polar e a parte sólida do globo terrestre.

O primeiro satélite desse programa, batizado de Terra, foi lançado em dezembro de 1999. Do final da década de 1990 em diante, tivemos o lançamento, de outros satélites como, por exemplo, os satélites norte-americanos Ikonos e QuickBird e do francês Spot-5. Esses satélites levam a bordo sensores de alta resolução espacial, próximos de 1 metro.

A disponibilidade desse tipo de dados amplia a possibilidade de aplicações, principalmente em estudos como os urbanos, que requerem imagens de alta resolução espacial. Ainda segundo Florenzano (2008), com relação aos satélites equipados com sensores do tipo radar, podemos destacar os satélites Radarsat 1 e 2 (canadenses), o ERS 1 e o 2 (europeus), substituídos pelo Envisat, e o Jers-1 (japonês). Esse último foi recentemente substituído pelo Alos (satélite japonês), que leva a bordo um sofisticado sensor de radar, o Palsar.

Moreira (2001) afirma que, atualmente, existem entre 4.000 e 5.000 satélites orbitando a Terra. Na verdade, acredita-se na existência de aproximadamente 70.000 objetos, entre satélites e sucatas, girando em torno da Terra e não se sabe, ainda, quais são os possíveis impactos desses objetos para o nosso planeta.

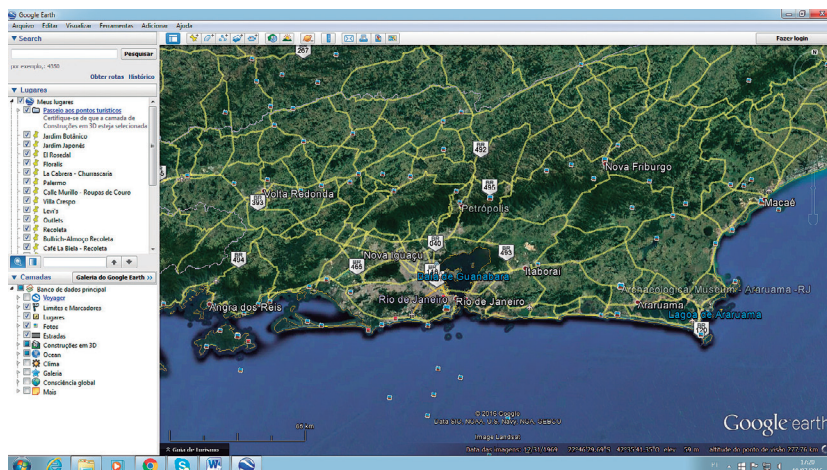
Em suma, podemos ressaltar que o lançamento dos sensores MSS e TM tiveram objetivos diferenciados no imageamento terrestre, sendo o primeiro destinado como base para inventários de vegetação e estudos geológicos e, o segundo para a classificação dos objetos, discernindo, por exemplo, nuvens, neve e gelo; discriminando dos tipos de vegetação; efetuando medidas de umidade de plantas e solos; mensurando a penetração na água (possibilitando a visualização de leques aluviais assoreados e detalhamento da região costeira) e realizando a identificação de alteração hidrotermal em certos tipos de rochas.

Hoje em dia, essas tecnologias estão se popularizando por intermédio de *softwares* de visualização de satélites pela internet. O mais conhecido e mais usado é o Google Earth, que vem utilizando imagens de satélite da Digital Globe.

===== **Atividade 2** =====

Atende ao objetivo 2

A partir da imagem a seguir, extraída do Google Earth, destaque se esta é referente a um sensor ativo ou passivo. Além disso, relacione a resolução espacial das imagens do Google Earth e suas possíveis aplicações.



Resposta comentada

Os sensores são classificados em passivos e ativos, de acordo com a fonte emissora de energia. São passivos quando dependem de uma fonte de radiação externa ou natural, como o sol, por exemplo. E são classificados como ativos quando não dependem de fonte de energia externa, isto é, são sensores que possuem sua própria fonte de radiação de energia.

A imagem do Google Earth se caracteriza como de um sensor passivo. Vale ressaltar que o Google Earth é um mosaico de imagens com diferentes tipos de resolução espacial. Sendo assim, podem ocorrer diversas aplicações, tais como o planejamento urbano, o mapeamento temático de unidades de conservação e o monitoramento de impactos ambientais, como desmatamento e queimadas, por exemplo.

Principais sistemas sensores orbitais: tipos e características

As principais plataformas espaciais se classificam também em função do tipo de órbita que realizam: *satélites geoestacionários* ou *satélites de órbita polar*.

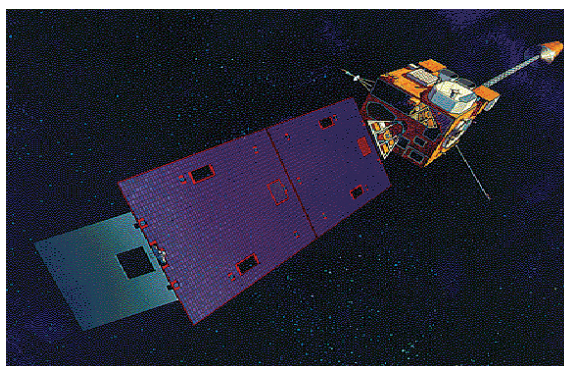


Figura 3.18: Exemplo de satélites com órbita geoestacionária – GOES – 8.

Fonte: http://rammb.cira.colostate.edu/training/tutorials/goes_8/default.asp

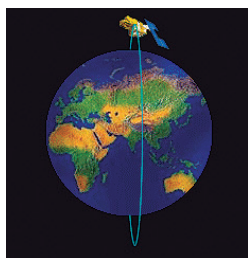


Figura 3.19: Órbita polar.

Fonte: <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/medios/polar.gif>

As características técnicas das imagens (resoluções) de sensoria-mento remoto que podem existir são quatro variáveis, que permitem diferenciar os produtos ou imagens geradas pelos diferentes sensores remotos a bordo de satélites: resolução espacial; espectral; temporal; ra- diométrica.

De modo geral, podemos dizer que, quanto menor o objeto possível de ser visto, maior é a resolução espacial.

Resolução espacial, dizemos que é a forma de representar a porção do terreno projetada sobre o detector a cada instante que é imageado, a

partir do seu IFOV (Instantaneous Field of View). O IFOV, ou campo instantâneo de visada, é determinado pelas propriedades geométricas do sistema sensor e define a área do terreno imageada que é “vista” pelo instrumento sensor a uma dada altitude e a um dado momento.

Nesta aula, você viu que os satélites Landsat 5 e 7 possuem sensores que têm resolução espacial de 30 m. Atualmente, há sensores pancromáticos de alguns satélites que conseguem imagens com resolução espacial de até 0,5 m, a exemplo do World-View 2 ou GeoEye, satélite lançado pela empresa DigitalGlobe, e que são utilizados pelo Google Earth.



Figuras 3.20: Exemplos de imagens obtidas por sensores com resoluções espaciais diferentes (diferentes IFOVs). Imagens do Landsat-7 (1999) e do GeoEye (2002) da cidade do Rio de Janeiro (uma parte da baía de Guanabara e da zona portuária), com resoluções espaciais de 30 m e 1 m, para escalas de 1:25.000 a 1:10.000, respectivamente.

Fontes: http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br/rj/hm0/rj23_14.htm e <http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/ikonos.htm>

A resolução espectral é uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor, ou seja, é definida pelo número de *bandas espectrais* de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda (CROSTA, 1993; NOVO, 1992; SPRING, 2006).

A imagem de satélite colorida Landsat-5 do município do Rio de Janeiro disposta a seguir (**Figura 3.20**), por exemplo, possui a combinação de três bandas (1 – verde, 2 – azul e 3 – vermelho).



Figura 3.21: Combinação das bandas verde, azul e vermelho do Landsat-5/TM.

Fonte: Imagem gerada pelo INPE/DGI – Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível no site sobre Cadernos Didáticos Educa SeRe do INPE em: <http://www.ltid.inpe.br/selper/image/portugues/landsat23.html>

O Landsat é um sensor remoto que obtém imagens nas regiões do visível do espectro eletromagnético (B – azul, G – verde e R – vermelho), gerando, portanto, imagens que mais se aproximam das cores reais. Esta combinação de bandas é boa para realçar informações sobre regiões de água rasa, turbidez, correntes e sedimentos em suspensão.

Vimos no início desta aula que o Landsat-7 foi lançado em 1999 e o sensor a bordo do Landsat-7 é o Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), tendo a seguinte configuração:

- uma banda pancromática, com resolução espacial de 15 m;
- um canal no infravermelho termal, com resolução de 60 m e com alto e baixo ganho;
- calibração radiométrica a bordo para todas as bandas;
- demais bandas do TM, com a mesma resolução espacial (30x30 m).

Portanto, a resolução espacial do Landsat-7 varia de acordo com as suas bandas espectrais (possui sete bandas).

Aplicações do sensoriamento remoto orbital

As imagens obtidas por meio de sensoriamento remoto em nível orbital são usadas em uma variedade de aplicações desde as variações nos recursos relacionados ao solo e à água até às características de

desenvolvimento e construção de novas áreas urbanas. Tanto organizações comerciais como governamentais usam as imagens para visualizar, mapear, medir, monitorar e gerenciar o território brasileiro. As aplicações variam desde segurança nacional e levantamentos de dados relacionados a calamidades públicas até planejamento urbano e monitoramento agrícola. A seguir, apresentamos algumas aplicações em mais detalhes.

Cartografia

As imagens podem ser usadas para gerar um conjunto diversificado de produtos relacionados a mapeamento, em projetos que variam desde a avaliação do uso e cobertura do solo, mapeamento cadastral até o planejamento regional e urbano, a tributação e arrecadação de impostos e o monitoramento do crescimento demográfico. Os produtos obtidos através das imagens de sensoriamento remoto podem ser usados para elaboração de mapas topográficos e de outros tipos, em diversas escalas.

Agricultura, gestão florestal e meio ambiente

As imagens de sensoriamento remoto podem ser usadas no setor agrícola, para tornar mais eficaz e econômico o gerenciamento e a produção de safras. Por meio das imagens, o agricultor pode identificar e localizar problemas relacionados a insetos, doenças ou irrigação inadequada em determinadas áreas de campos ou florestas. As imagens são excelentes para levantamento, avaliação e monitoramento ambiental. As imagens podem ser utilizadas para estabelecer uma linha de referência ambiental que pode ser usada, subsequentemente, para monitorar mudanças ao longo do tempo. Esses recursos são especialmente relevantes no caso do Brasil, pois podem ser empregados para medir desmatamento, derramamentos de óleo fluviais ou marítimos, poluição e crescimento demográfico.

Planejamento e gestão do uso do solo

Os produtos resultantes das imagens são instrumentos excelentes para o planejamento urbano. Entre outras aplicações, os produtos são usados para produzir linhas de referência cartográficas de cidades cujos mapas são limitados, desatualizados, ou simplesmente deficientes em termos de dados geográficos. Esses mapas são muito úteis para a arre-

cação de Impostos Prediais e Territoriais Urbanos (IPTU), por exemplo, bem como para empreendimentos imobiliários e de obras públicas no setor de planejamento urbano. Novas técnicas de seleção de local, planejamento de desenvolvimento e práticas de geomarketing, através do uso de imagens de satélite de alta resolução, estão evoluindo rapidamente. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), por exemplo, utiliza esses produtos para delinear lotes familiares e zonas agrícolas e, ao mesmo tempo, identifica as necessidades de construção de estradas e fornecimento de serviços públicos, efetuando análises de impacto ambiental das atividades propostas.

Planejamento e desenvolvimento de infraestrutura

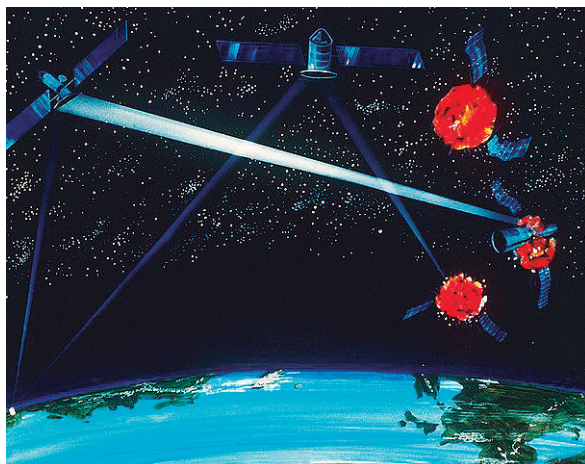
Os produtos de imagem de sensoriamento remoto servem como ferramentas de planejamento para vários setores intensivos em infraestrutura, como, por exemplo, os setores de telecomunicação, de água e esgotos, petróleo, mineração, transportes, as concessionárias de energia e os demais serviços públicos. As imagens de alta precisão fornecem informações extremamente importantes para empresas de telecomunicação e de serviços públicos locais ou regionais que pretendem expandir seu mercado. As imagens constituem a base para o gerenciamento da construção e operação de instalações remotas e distribuídas, como refinarias, redes de oleodutos e centros de distribuição. Em todos esses casos, as imagens fornecem os dados necessários para se estudar e avaliar o impacto ambiental de projetos de infraestrutura, desde a fase inicial de planejamento até as fases de implantação e uso.

Defesa e inteligência

As informações obtidas por meio da interpretação, exploração e análise de imagens tornaram-se um elemento significativo no processo de tomada de decisão relacionado a atividades militares e de inteligência. As imagens de satélite e seus produtos possuem várias aplicações, entre as quais: classificação de instalações, indicação e alerta, análise de terreno, mapeamento e cartografia.



Guerra nas estrelas



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Iniciativa_Estrat%C3%A9gica_de_Defesa#/media/File:Ground-Space_based_hybrid_laser_weapon_concept_art.jpg

Nos anos 80, em plena tensão da Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética, o então presidente americano Ronald Reagan anunciou um plano de defesa contra mísseis e ataques nucleares contra seu país.

O plano consistia em um elaborado sistema de radares, mísseis antibalísticos e uma rede de satélites artificiais. A coisa toda ganhava ares de filme de ficção científica justamente na parte dos satélites. Uma das ideias era usar um sistema de raio laser e satélites com espelhos para interceptar e explodir um míssil em sua trajetória aérea.

Esse projeto – que ganhou o apelido de “guerra nas estrelas”, em alusão ao filme homônimo de ficção científica espacial – acabou nunca saindo do papel por vários motivos, incluindo algumas impossibilidades técnicas.

Conclusão

O avanço das tecnologias permitiu o desenvolvimento de equipamentos e a evolução do sensoriamento remoto, principalmente em relação aos sensores orbitais. Tal evolução acompanhou a diversificação, ainda vertiginosa, de aplicações do sensoriamento remoto em diversas áreas. Os tipos e características dos sensores orbitais permitem diferentes combinações na geração de produtos, auxiliando a sociedade, subsidiando-a nas mais diferentes tomadas de decisão.

Atividade final

Atende ao objetivo 3

O Google Earth é um *software* que utiliza imagens de satélite armazenadas na internet para mostrar como é o nosso planeta, visto do espaço de forma tridimensional. Você pode baixá-lo gratuitamente acessando o site <http://earth.google.com> e instalando-o em seu computador pessoal. Faça um teste baixando o Google Earth e tente localizar sua residência. Verifique, então, qual a aplicabilidade viável para o mapeamento temático e quais são os sensores de imagens de satélite utilizados pelo Google Earth.

Resposta comentada

Por meio das coordenadas latitude e longitude, o Google Earth é capaz de encontrar exatamente o ponto do planeta que se procura. As ferramentas disponíveis no Google Earth possibilitam não só localizar por latitude e longitude, mas também por endereçamento, qualquer local no planeta.

O Google Earth possui imagens de satélite para serem visualizadas, da DigitalGlobe, da Spot Image e do GeoEye. O Google Earth, inclusive, pode ser utilizado para planejar viagens e passeios a qualquer destino

turístico, realizar o mapeamento urbano com imagens de alta resolução espacial, além de poder ser utilizado para calcular o tempo e a rota em rodovias, bem como para a localização de informações acerca da infraestrutura urbana de uma cidade, tais como sua rede de hotéis, seus restaurantes, shoppings, hospitais, suas áreas industriais, comerciais, residenciais, seus postos de gasolina, entre outros.

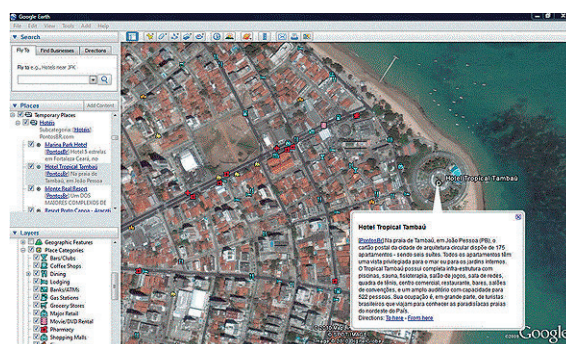


Figura 3.22: Imagem de satélite de uma parte da cidade do Rio de Janeiro (Estádio do Maracanã), com as informações no Google Earth desse ponto turístico e palco da Copa do Mundo e Jogos de Futebol das Olimpíadas Rio/2016. Basta apontar com o mouse que a localização de cada um dos itens da infraestrutura e dos serviços locais aparece, além de outras informações.

Fonte: Google Earth Pro, 20/05/2015. Acesso em 26/08/2016.

Resumo

Os sensores remotos se constituem como instrumentos vitais para a aplicação do sensoriamento remoto. Sendo assim, podem ser classificados de diversas formas diferentes. Quando de acordo com a fonte de energia, podem ser passivos (não possuem fonte própria de radiação, medindo radiação solar refletida ou radiação emitida pelos alvos) ou ativos (possuem sua própria fonte de radiação eletromagnética, trabalhando em faixas restritas do espectro). Além disso, os sistemas sensores orbitais exploram as características de uma plataforma embarcada em um tipo de órbita (satélites geoestacionários ou em órbita polar). Desse modo, os tipos de imagens e suas variáveis (relacionadas à resolução) também definem e caracterizam os sensores. O termo resolução em sensoriamento remoto se desdobra em diferentes parâmetros: resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. A resolução espacial refere-se à habilidade do sistema sensor em distinguir e medir os alvos.

Em relação à resolução espectral, os satélites têm a propriedade de gerar imagens a partir da reflexão ou absorção do espectro eletromagnético sobre o terreno (para sensores óticos). A resolução radiométrica se refere aos níveis de cinza que as bandas apresentam. Por fim, a resolução temporal está associada à capacidade que cada satélite apresenta de recobrir a mesma região em períodos distintos.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos mais sobre as imagens de satélite e como interpretá-las. Até lá!

Referências

APONTADOR Busca Local Ltda., 2014. Site com mapas interativos que permite ao usuário encontrar os melhores lugares, serviços e facilidades *on-line* na sua cidade. Disponível em: <http://www.apontador.com.br>. Acesso em: 09 ago. 2016.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: a Management Perspective*. Ottawa, Canadá: WDL Publications, 1995.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 1998.

BURROUGH, P. A.; McDonnell, R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Inglaterra: University Press, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed. e org.). *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos, SP: DPI/INPE, 2000-2015. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 09 ago. 2016.

_____; MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996.

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, V. C. da. *Cartografia e geoprocessamento*. Vol. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011. 264 p.

CHIPMAN, R. *International Cooperation in the Acquisition and Dissemination of Satellite Remote Sensing Data*. Roma, Itália: RSC Series (FAO), 1990.

CROSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993, 170 p.

FLORENZANO, T. G. *Os satélites e suas aplicações*. São José dos Campos, SP: Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de Ciências e Tecnologia do Vale do Paraíba – SindCT, 2008.

FRANCISCO, C. N. et al. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói, RJ: Departamento de Análise Ambiental – Instituto de Geociências – UFF. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>. Acesso em: 09 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Glossário cartográfico*. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm. Acesso em: 24/08/2016.

JENSEN, J. R. *Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective*. Pearson Education India, 2009.

MENESES, P. R.; SANO, E. E.; ASSAD, E. D. *Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites de sensoriamento remoto*. Brasília, DF: EdUnB, 1991.

_____; ALMEIDA, T. *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília, DF: EdUnB, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e-4f69d8>. Acesso em: 10 set. 2016.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. 205 p. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LER5831/Angulo/sensores.pdf>. Acesso em: 06 set. 2016.

NADIR. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Nadir&oldid=42704540>. Acesso em: 06 set. 2016.

NOVO, E. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2002.

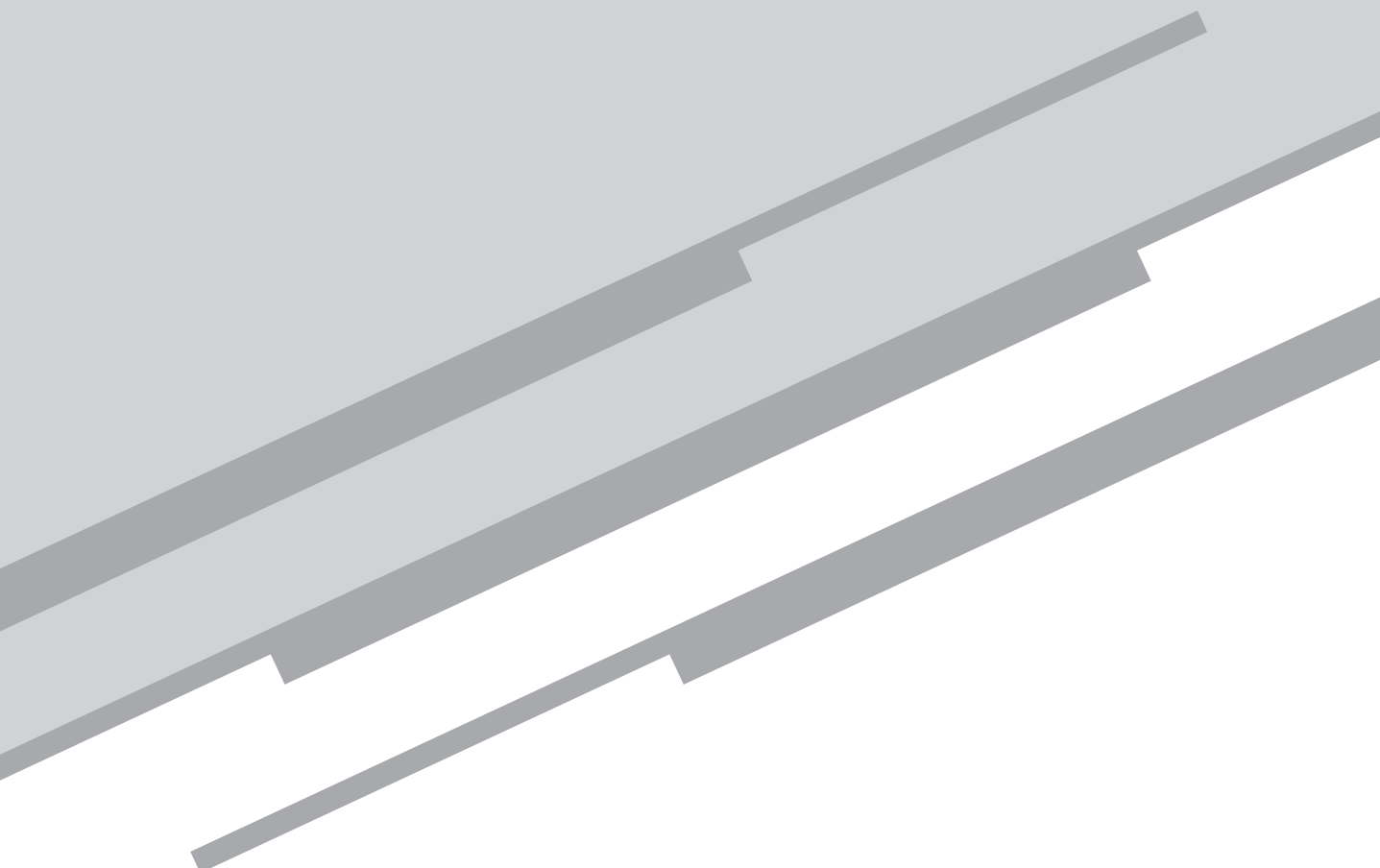
SILVA, I. F. T. (coord.). *Noções básicas de cartografia*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Departamento de Cartografia – DE-CAR. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm. Acesso: 25/08/2016.

SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES GEORRE-FERENCIADAS – SPRING. *Tutorial de geoprocessamento*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>. Acesso em 06 set. 2016.

STEFFEN, C. A. *Técnicas radiométricas com o Spectron SE-590*. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 8, p. 9-14, 1996.

Aula 4

As imagens e a interpretação
do espaço terrestre



Hugo Portocarrero

Meta

Apresentar as principais formas de utilização das imagens de sensores aerotransportados e de satélites orbitais para a interpretação dos alvos terrestres no mapeamento (espaço-objeto) e processamento digital de imagens, principalmente aqueles voltados ao estudo da paisagem.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

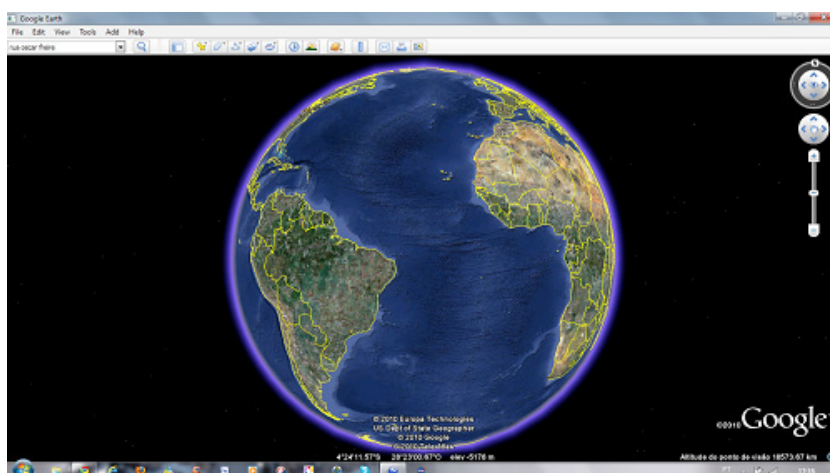
1. interpretar fotos aéreas e imagens de satélite;
2. identificar técnicas de processamento digital (utilizando *softwares* de SIG) para realce (refino) e melhor interpretação das imagens de satélite de sensores orbitais e sua aplicação no estudo de bacias hidrográficas.

Introdução

Nesta aula, iremos aprender a lidar com imagens de satélites, como interpretá-las e executar atividades por meio destas. A partir da utilização do aplicativo gratuito do Google (*Google Earth*), por exemplo, podemos identificar diversas aplicações para estas imagens. Desse modo, podemos analisar campos de produção de petróleo na bacia de Santos, identificar pontos de exploração de recursos minerais no Quadrilátero Ferrífero, identificar sítios arqueológicos na Arábia Saudita etc.



Google Earth



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:GE.png#/media/File:GE.png>

Caso você tenha ficado interessado no uso desta ferramenta, indicamos um artigo do site Twisted Sifter, que lista 50 achados ao redor do mundo utilizando o *Google Earth*. Vale a pena conhecer e buscar os lugares mostrados no link: <http://twistedfinder.com/2014/02/50-amazing-finds-on-google-earth/>

Mas como manipular tais imagens? Como podemos extrair dados e informações a partir delas? Estas são questões primordiais em relação à utilização destes produtos em quaisquer aplicações.

Nos tópicos a seguir aprenderemos, então, como interpretar as imagens terrestres e como processá-las digitalmente. No decorrer desta aula, entenderemos a importância do sensoriamento remoto e das fotografias aéreas na extração de informações precisas e atuais da superfície terrestre.

Como interpretar fotografias aéreas e imagens de satélite

Por muito tempo, o uso de fotografias aéreas nos estudos se dava de forma trabalhosa. Os processos não eram tão simples e necessitava-se de tempo e calma para a interpretação das imagens. Com o avanço da tecnologia, o modo de fazer fotogrametria avançou, passando de um período analógico para o digital. Assim, com o advento dos novos levantamentos, as câmaras digitais já passam a vir com o suporte de um GPS acoplado, o que possibilita um produto final georreferenciado. Mas, e as fotos aéreas antigas, o que fazer com elas? Qual é sua importância?

Vale salientar que o processo para a obtenção das referidas imagens consistia em:

1. obter as fotos do voo;
2. escanear as imagens na melhor resolução possível (a depender do scanner);
3. executar a orientação interior (transformar os sistemas das coordenadas digitais –pixel (coluna, linha), para o sistema das marcas fiduciais em mm (x , y) –,ou seja, corrigir geometricamente a imagem;
4. executar a orientação exterior (conhecer e calcular as coordenadas do espaço objeto (x, y, z) concomitantemente aos ângulos de deriva/ altitude do avião (ϕ , Ω , k));
5. aerotriangulação (pegar poucos pontos da foto aérea (x, y, z) e estender para qualquer ponto do par estereoscópio, sem que haja gastos onerosos com trabalhos de campo – esta técnica permite, por exemplo, a criação de modelos digitais de elevação e ortofotos).

Pegando o item 5, os modelos digitais de elevação (MDE) e as ortofotos são fundamentais para diversos estudos ambientais. Como exemplo, podemos fazer cálculo de áreas, perímetro, densidade de drenagem, mapas de uso-cobertura, mapas pedológicos, geomorfológicos e geológicos. Nas imagens de satélites, também podemos fazer isso, e até com mais praticidade, em função das bandas espectrais que são inerentes a elas. A diferença é que, como a fotogrametria surgiu primeiro, diversos levantamentos aéreos em escalas de detalhe e semidetallhe foram realizados, gerando um banco de dados nacional, não unificado, em diversas instituições públicas, como IBGE, IPP, Exército (5ª Divisão de Levantamento) e empresas particulares, como Base – Aerofoto, Esteio, Engefoto e etc.

A importância destas fotos está pautada num registro de informações passadas, que possibilita mostrar, quando se tem imagens atuais da mesma área, a evolução da sua paisagem (no que tange ao avanço ou à redução da vegetação, de centros urbanos, da construção de rodovias, de processos geomorfológicos etc.). Assim, tornam-se um produto de extrema importância para gestores de estados e municípios. Quando adquiridas, além de passar pelos procedimentos de correção geométrica da foto (como visto anteriormente), há a necessidade de interpretá-las com parâmetros já bem estabelecidos na literatura, tais como:

- localização, tonalidade e cor;
- tamanho, forma e textura;
- padrão, sombra, altura, profundidade, volume, declividade e aspecto;
- sítio, situação e associação.

No entanto, para a interpretação das imagens de satélites, são mais utilizadas as características de ordem secundária e algumas de ordem terciária – ambas pertencentes a um arranjo espacial de tom e cor (**Figura 4.1**).

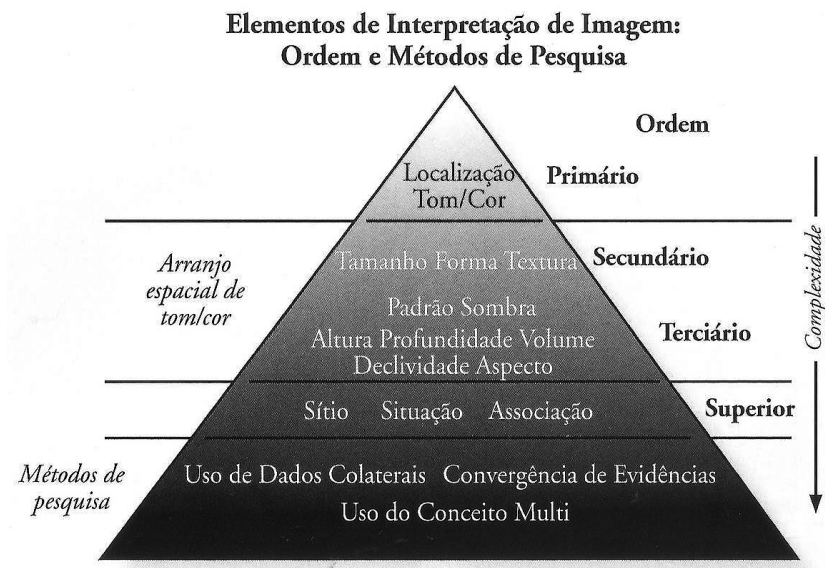


Figura 4.1: Estrutura de interpretação de imagens.

Fonte: JENSEN, 2011, p. 64.

Logo, como pode ser visto na **Figura 4.1**, quanto maior for a ordem, maior será o grau de complexidade para a interpretação de uma fotografia aérea ou uma imagem de satélite, o que exigirá, em proporção, maior experiência do fotointérprete.

A **Figura 4.2** demonstra uma análise das mudanças na vegetação na área circulada em vermelho:

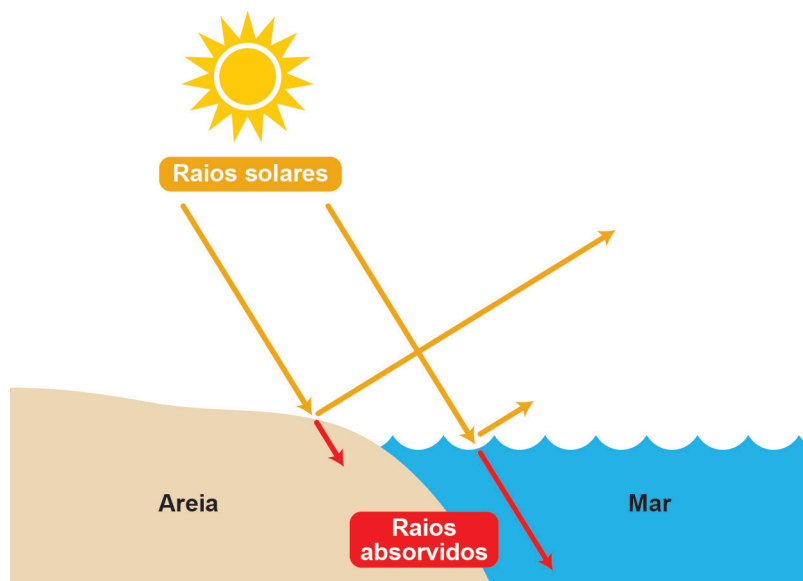


Figura 4.2 A: Fotografia aérea da região de Paraty-RJ (Praia do Sono), pan-cromática (preto e branco), não corrigida planimetricamente, do ano de 1956.

Figura 4.2 B: Ortofoto do ano de 2005 da região de Paraty-RJ (Praia do Sono). O objetivo é analisar a mudança da paisagem num determinado intervalo de tempo, com base, principalmente, na cor e forma, na textura, altura e declividade.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Repare que, por esta área, atualmente, pertencer a uma Reserva Ecológica (Juatinga), ela encontra-se menos degradada em 2005 do que em 1956. Tal fato pode ser constatado, principalmente, pelo **albedo** inerente à foto de 1956, não sendo possível tal evento numa imagem colorida com o mesmo objeto.



Albedo é a quantidade de luz refletida pela superfície imageada. A areia reflete a luz com mais intensidade que a água, aparecendo em branco na fotografia.

Observe, na **Figura 4.3**, três tipos de interpretação da imagem: albedo ou *reflectância*, tonalidade e sombra.

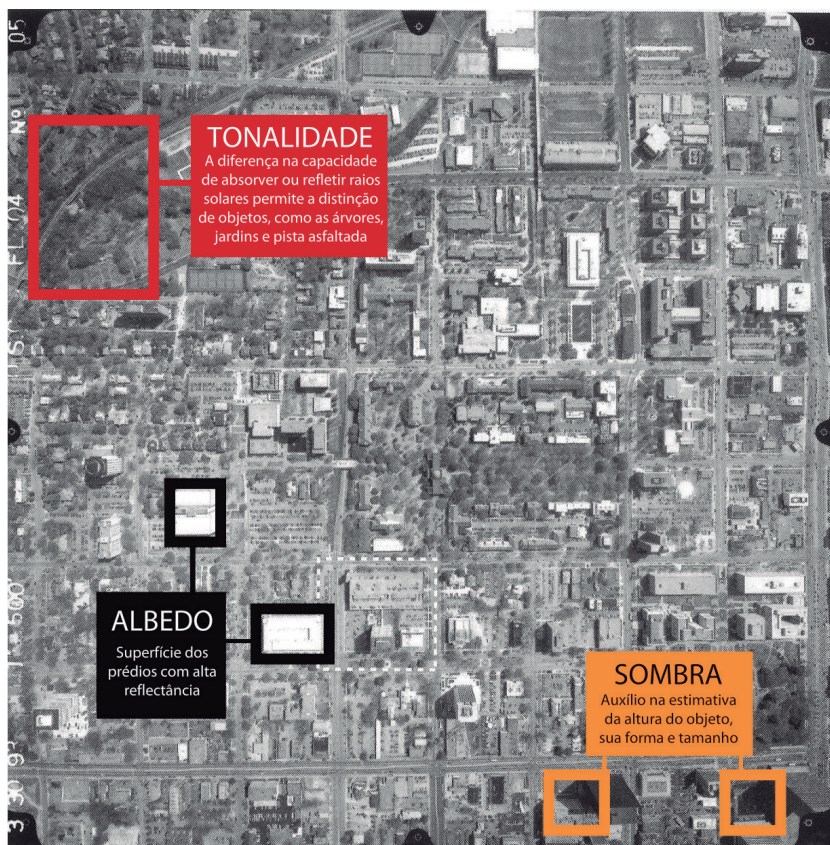


Figura 4.3: Fotografia aérea pancromática, de 1993, mostrando o campus da universidade da Carolina do Sul – EUA.

Fonte: Adaptado de Jensen, 2011. P. 67.

As imagens digitais de alvos da superfície terrestre registradas por sensores orbitais, tais como: Landsat, Spot, entre outros, após serem transmitidas para estações terrestres, são transformadas em dois tipos de produtos: analógico e digital.

Os produtos analógicos são, via de regra, tratados pelo processo de interpretação visual, também denominado fotointerpretação. Já os produtos digitais são, na maior parte das aplicações, tratados por métodos específicos de análise de dados. São trabalhados com técnicas computacionais com o intuito de melhorar ou ressaltar alguns aspectos da imagem. O objetivo final é obter um produto analógico que melhor contraste certas feições da imagem. Os produtos resultantes melhorados podem, então, ser impressos para que possam ser feitas as interpretações visuais.

A interpretação visual de fotografias aéreas (ou fotointerpretação) e das imagens de satélite é feita com base em certas características. No

caso de dados orbitais, as características são *padrão*, *tonalidade*, *cor*, *textura* e *sombra*. Há outros fatores a serem considerados, como a época de obtenção das imagens de satélite (temporal), assim como o tipo de produto (colorido ou preto e branco), a escolha das bandas espectrais e a escala de trabalho. Você irá entender como cada um deles funciona a seguir.

Padrão

A interpretação por padrão pode ajudar na identificação de objetos, uma vez que ele se refere ao arranjo espacial ou à organização desses objetos em uma superfície. Muito utilizado tanto em fotografias aéreas quanto em imagens de satélite, pode ser exemplificada em:

- fotografias aéreas e imagens de alta resolução – podemos associar um padrão de linhas sucessivas a culturas plantadas em fileiras;
- padrões espaciais das unidades habitacionais e do arruamento de uma cidade podem ser indicadores do nível socioeconômico de seus habitantes: áreas residenciais de luxo – unidades habitacionais grandes e de baixa densidade e muita área verde; áreas ocupadas com favelas são caracterizadas pelo tamanho mínimo das unidades habitacionais, sem espaçamento nem organização espacial, estando também ausente a estrutura viária.

Na Figura 4.4, estão representados, através de diferentes padrões fotográficos, vários tipos de ocupação, como, por exemplo, uma área residencial de classe média alta, outra com casas populares, uma favela, uma área de formas geométricas, definidas com ocupação de áreas comerciais (indústrias e/ou prédios comerciais), uma área de autódromo (Nelson Piquet), além de uma área com água (lagoa).

Áreas ocupadas por clubes também se caracterizam por um padrão específico, formado por edificações, quadras e piscinas em meio a uma grande área coberta por gramíneas, vegetação arbórea e afloramentos rochosos (áreas montanhosas).

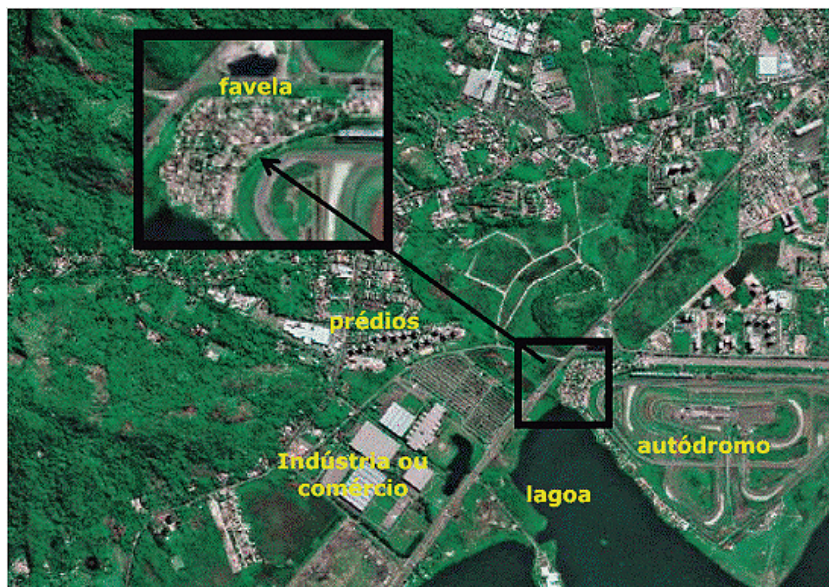


Figura 4.4: Imagem Spot-5 (Pan) de um setor do bairro da Barra da Tijuca, município do Rio de Janeiro – 25/03/2004.

Fonte: Grupo de Estudos Ambientais/Laboratório de Geoprocessamento/Universidade do Estado do Rio de Janeiro (GEA/Lagepro/Uerj), 2004.

Tonalidade

A tonalidade cinza é um elemento utilizado para interpretar fotografias ou imagens em preto e branco. Quanto mais luz ou energia um objeto refletir, mais a representação tenderá ao branco. Quanto menos energia refletir (absorver mais energia), mais a representação tenderá ao preto; portanto, segundo Moreira (2006), a tonalidade é um parâmetro quantitativo, porque indica a presença de alvos com reflectâncias diferentes.

Devemos chamar a atenção para alguns casos específicos, pois há situações onde dois alvos distintos apresentam tonalidades (tons de cinza) semelhantes, como é o caso da **Figura 4.5**, uma imagem de satélite Landsat-7 com o recorte espacial do município do Rio de Janeiro.



Figura 4.5: Imagem de satélite do município do Rio de Janeiro, obtida no canal 3 pelo ETM-LANDSAT-7, 1998.

Fonte: GEA/Lagepro/Uerj, 2004.

Nela, podemos observar diversos tipos de categorias temáticas, dentre as quais podemos destacar a água limpa e a mata verde e densa, pois estas áreas absorvem muita energia neste canal e, portanto, são representadas com tonalidades escuras.

Há momentos em que um mesmo tipo de vegetação pode apresentar tons de cinza diferentes. Isso acontece principalmente em áreas de pastagem com gramíneas e em áreas com cultivo com tons de cinza semelhantes. Ambas possuem uma vegetação de menor tamanho, e a reflectância torna-se diferenciada das áreas com vegetação densa.

Por estas razões, não se deve apenas usar a tonalidade como único critério de separação de dois temas tão semelhantes a serem observados nas fotografias aéreas ou nas imagens de satélite.

Por fim, podemos observar que a área urbana que reflete muita energia neste canal é representada com tonalidades claras de cinza.

Cor

A cor é outro elemento muito usado na interpretação de fotografias e imagens. Em uma imagem colorida, a cor do objeto vai depender de uma série de características importantes:

- quantidade de energia que ele refletir (no canal correspondente à imagem);
- mistura entre as cores (processo aditivo);

- cor que for associada às imagens originais em preto e branco.

A cor é muito empregada no lugar da tonalidade, porque olhos humanos estão mais habituados a enxergar objetos coloridos do que objetos em tons de cinza. O olho humano distingue 100 vezes mais cores do que tonalidades de cinza.

Como exemplo da interpretação dos objetos pelas cores, podemos observar, na **Figura 4.6**, que a vegetação é representada pela cor vermelha, porque esta cor foi associada ao canal 4, no qual a vegetação reflete muito mais energia do que nos demais canais utilizados nesta composição colorida.



Vale salientar que, em sensoriamento remoto e interpretação de imagens, é comum a associação entre as bandas da imagem e o espectro eletromagnético. Assim, no exemplo da Figura 4.6, houve a associação entre o canal 4 do satélite Landsat com o infravermelho próximo, região do espectro eletromagnético mais favorável à demonstração de informações referentes à vegetação.



Figura 4.6: Imagem colorida de Brasília, gerada a partir das imagens TM Landsat 5, dos canais 4, 5 e 3, com as cores vermelha, verde e azul, respectivamente.

Fonte: GEA/Lagepro/Uerj, 2004.

Textura

Mais um elemento das imagens a ser interpretado é a textura, que se refere ao aspecto liso e uniforme ou rugoso com que os objetos aparecem distribuídos em uma imagem de satélite. A textura é um elemento importante na identificação de unidades de relevo, como por exemplo: áreas na imagem cuja textura é lisa são áreas com relevo plano; áreas na imagem com aspecto de textura rugosa são áreas de relevo acidentado; portanto, a textura é muito importante para interpretação de imagens, voltadas ao mapeamento geomorfológico ou geológico de uma área.

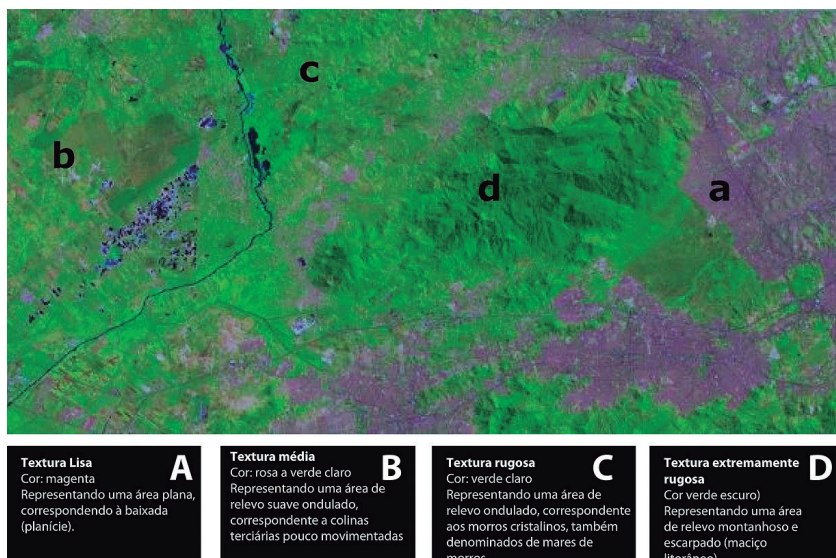


Figura 4.7: Imagem de satélite do município do Rio de Janeiro, com composição colorida (RGB), obtida pelo sensor ETM-Landsat-7, 1998.

Fonte: GEA/Lagepro/Uerj, 2004.

Vale ressaltar que a textura é um elemento muito utilizado para a interpretação da cobertura vegetal. Uma área de mata que é mais heterogênea, por exemplo, possui uma textura mais rugosa do que uma área de reflorestamento, que é mais homogênea ou uniforme, no entanto esta é mais rugosa em relação a uma área de cultivo.

Sombra

A sombra é outro importante elemento em imagens bidimensionais. É a partir da sombra que pode ser estimada a altura de objetos (árvores, edifícios, relevo etc.), além de outros elementos, como a forma e o tamanho. Devemos ressaltar que a sombra representada em uma imagem, assim como pode ajudar na identificação de alguns objetos, como: pontes, chaminés, postes, árvores e feições de relevo, também pode ocultar a visualização dos objetos por ela encobertos. Este elemento é bastante utilizado para interpretar fotografias aéreas, serve também para tirar medidas de altura de prédios, encostas, árvores ou qualquer outro elemento que permita criar sombra expressivamente compatível com a escala de análise.



Figura 4.8: Imagem Spot-5 (Pan) de um setor do bairro da Barra da Tijuca, município do Rio de Janeiro – 25/03/2004.

Fonte: GEA/Lagepro/Uerj, 2004.

A área sombreada, na **Figura 4.8**, indica local mais elevado e com terreno rochoso (blocos de rochas) e pode impedir a identificação dos tipos de cobertura ou uso do solo, presentes nesses locais, que se encontram representados em preto, inviabilizando uma identificação visual.

Tamanho

O tamanho é mais um dos elementos importantes na identificação de objetos. O tamanho dos objetos é uma função da escala da fotografia ou imagem. Em função do tamanho, pode-se distinguir:

- uma residência de uma indústria;
- uma área industrial de uma residencial;
- grandes avenidas de ruas de tráfego local;
- uma agricultura de subsistência de uma agricultura comercial.



Figura 4.9: Imagem Ikonos de estádio em Colorado, Estados Unidos – 18/08/2008.

Fonte: GeoEye, 2015.

Forma

A forma é um elemento de interpretação tão importante, que alguns objetos, feições ou superfícies são identificados apenas com base nesse elemento. No entanto, não dá pra interpretar um objeto apenas pela forma, as composições das bandas do satélite podem desmascarar as formas e nos dar outro resultado. Na **Figura 4.10**, podemos observar a distribuição da biomassa, numa agricultura na Arábia Saudita, em diversas bandas e composições:

- estradas e rios – forma linear e curvilínea;
- construções, como casas e prédios de apartamentos – formas regulares e bem definidas (quadrados e retângulos);
- Áreas de cultivo – forma geométrica, mais comumente retangular ou em faixas, mas pode apresentar forma circular (áreas de culturas irrigadas por sistemas de pivô central).

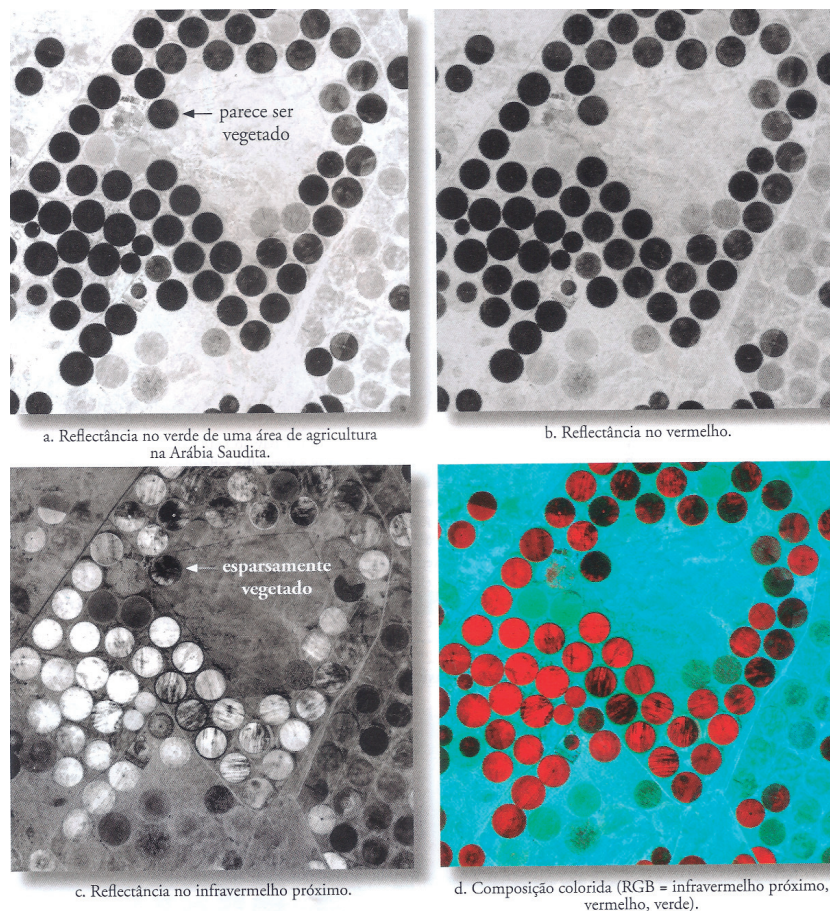


Figura 4.10: Comportamento da vegetação em função da utilização da banda do sensor. Nota-se que, nas imagens C e D, alguns pontos são mais escuros do que os outros, o que possivelmente nos informa uma irrigação recente, tendo em vista que os corpos d'água têm a capacidade de absorver mais energia do que de refleti-la. Já na imagem C, os cultivos que refletem mais podem nos caracterizar a retirada da colheita anterior, deixando o solo exposto. Fonte: JENSEN, 2011, p. 78.

A forma também é um elemento de interpretação muito utilizado em climatologia e meteorologia. Pode identificar a forma circular e em espiral de furacões, redemoinhos gigantes, formados por ventos que giram em torno de um centro, e até o “olho” do furacão, chamado vórtice e que pode medir cerca de 500 km de diâmetro (FLORENZANO, 2008, p.65).

Segundo Florenzano (2008, p. 67): “Formas irregulares, de um modo geral, são indicadoras de objetos naturais (matas, lagos, feições de relevo, pântanos, geleiras etc. [Figura 4.11], enquanto que formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem (indústrias, aeroportos, áreas de reflorestamento, áreas agrícolas etc. [Figura 4.12])”.



Figura 4.11: Imagem de satélite Landsat 5, de 25 de julho de 2012, mostrando degelo na Groenlândia.

Fonte: <http://www.dw.de/sat%C3%A9lites-registram-degelo-incomum-na-superf%C3%ADcie-da-groenl%C3%A2ndia/a-16124225>.



Figura 4.12: Extrato, em plena resolução Landsat 7 ETM+, de cena de abril de 2014, fusão PAN+5-4-3, 15 m de resolução espacial, mostrando área de Caiobá-e-Guaratuba, litoral do estado do Paraná.

Fonte: <http://www.engesat.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Landsat-7-Caiob%C3%A1-e-Guaratuba-PR-Litoral-do-PR-.Fus%C3%A3o-PAN+5-4-3-cores-naturaisReamostrada-a-15-m.jpg>.

Atividade1

Atende ao objetivo 1

Observe a imagem de satélite do estádio do Maracanã a seguir e, a partir de seus conhecimentos de fotointérprete, analise os seus elementos

visuais (padrão, tonalidade, cor, forma, tamanho, textura e sombra). Preencha a tabela indicando onde é possível observar os elementos visuais da imagem e que análises são possíveis a partir da utilização destes elementos.

Elementos Visuais	Onde é possível observar na imagem?	Que análises são possíveis a partir da utilização deste elemento?
Padrão		
Tonalidade		
Cor		
Forma		
Tamanho		
Textura		
Sombra		



Figura 4.13: Imagem de satélite Ikonos.

Fonte: http://www.uff.br/geoden/index_arquivos/modulo2_carto_basica_geodef.htm

Resposta comentada

A imagem permite interpretar visualmente elementos como as áreas de sombra, tais como a parte interna e externa, proporcionadas pelo anel superior do Maracanã, e também as sombras de prédios na parte inferior da imagem. Observa-se a forma circular (a diferença de tamanho também) do estádio Mario Filho, se comparado ao complexo do Maracanãzinho. Na parte superior da imagem, também existe a forma e o tamanho dos trilhos do trem e do metrô, além das ruas e grandes avenidas do entorno do estádio. A textura rugosa dos prédios residenciais, comerciais, do complexo esportivo do Maracanã, contrastando com as

áreas lisas dos estacionamento, das pistas de atletismo e das ruas e avenidas, é outro elemento visual perceptível. Por fim, as tonalidades cinza claro, médio e escuro são elementos da imagem de cor cinza que predominam, para destacar áreas com edificações diferenciadas das áreas residenciais, onde os tetos cimentados também contrastam com a parte superior do complexo poliesportivo, das áreas de natação, pistas de corrida e dos estádios do Maracanã e do Maracanãzinho.

Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens, ou PDI, é uma subdisciplina associada ao processamento de dados, que é frequentemente associado à informática. Porém, é a engenharia elétrica a responsável por ter criado uma tradição nesta área e é, ainda hoje, responsável por grande parte dos desenvolvimentos do sensoriamento remoto.

O caráter multidisciplinar do PDI dificultou uma única definição do termo, contudo alguns autores conseguem defini-la, como sendo: “A disciplina que envolve o desenvolvimento e o uso de equipamentos, técnicas e algoritmos de processamento de imagens digitais, a fim de melhorar ou modificar o aspecto visual das imagens ou de interpretar seu conteúdo através de máquinas” (MAILLARD, 2001, p. 1).

O PDI concentra-se no processamento de imagens no formato digital (foto, sinal de televisão ou de vídeo, no caso do sensoriamento remoto, de uma imagem de satélite ou fotografia aérea). Vale salientar que as imagens digitais são representadas por uma função em duas dimensões, tanto para imagens monocromáticas (uma única cor) como para imagens coloridas ou multiespectrais. Por convenção, esta função é representada pela função $f(x,y)$, onde o eixo y é invertido, como mostra a **Figura 4.14**. A imagem digital é geralmente representada através de uma matriz bidimensional (ou com mais dimensões para imagens coloridas ou multiespectrais) de valores numéricos.

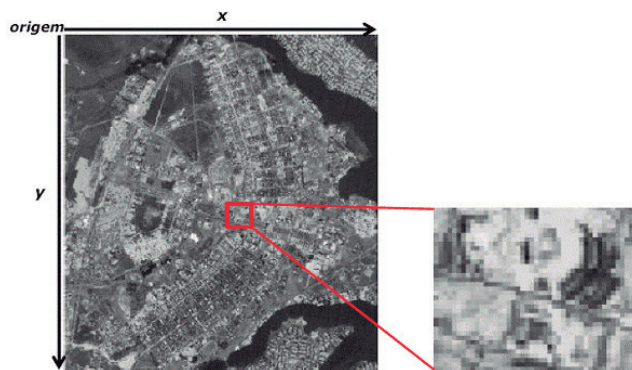


Figura 4.14: Imagem de satélite monocromática (Landsat 5 TM – banda 3) de Brasília, demonstrado a matriz bidimensional (x,y) e o recorte de uma parte da imagem (pixels representando um trecho da matriz em tons de cinza).

Fonte: Spring, 2006.

Nos últimos 25 anos, o processamento digital de imagem veio a se tornar uma das técnicas mais desenvolvidas no sensoriamento remoto orbital. E tem se desenvolvido para possibilitar a análise de dados multidimensionais, mais especificamente, de imagens digitais.

Portanto, o PDI deve ser entendido como a manipulação de uma imagem por computador de maneira que a entrada do processo seja a imagem, e a saída deve ser constituída por sua classificação ou descrição. Então, o objetivo do uso do PDI é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais da imagem. Para o analista que irá avaliar a imagem, esta melhora pode fornecer outros subsídios para a sua interpretação, incluindo a geração de produtos que possam ser, posteriormente, submetidos a outros processamentos, como, por exemplo, a criação de mapas temáticos em que podem ser melhor visualizadas as formas de relevo, a drenagem ou as áreas florestadas.

Com o avanço das tecnologias, o PDI tem atraído grande interesse nas duas últimas décadas, principalmente por permitir uma gama de aplicações, devido ao desenvolvimento de novos algoritmos para lidar com sinais de imagens bidimensionais nas mais diversas áreas, tais como:

- análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites;
- transmissão digital de sinais de televisão ou similares;
- análise de imagens biomédicas, incluindo a contagem automática de células e o exame de cromossomos;

- obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada;
- aplicações em automação industrial, envolvendo o uso de sensores visuais em robôs, por exemplo.

A obtenção das informações espectrais, registradas pelos sistemas sensores nas diferentes partes do espectro eletromagnético, visando à identificação e à discriminação dos alvos terrestres de interesse, depende, principalmente, da qualidade da representação dos dados contidos nas imagens. As técnicas de processamento digital de imagens (PDI), além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitam a integração de vários tipos de dados, devidamente registrados.

O processamento digital de imagens pode ser dividido em três etapas independentes: *pré-processamento*, *realce* e *classificação*.

O *pré-processamento* refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. Utiliza algumas etapas com destaque para a fase de segmentação, que pode ser realizada usando uma das bandas do sensor (como, por exemplo, infravermelho), cujo resultado deverá ser a limpeza e a filtragem. A imagem será, então, transformada, o que propiciará o seu reconhecimento ou a sua interpretação, com intuito de se produzir um mapa (resultado) final. Constitui-se em um processo de análise de pixels de forma isolada. Esta abordagem apresenta a limitação da análise pontual baseada unicamente em atributos espectrais. Para superar estas limitações, propõe-se o uso de segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, na qual são extraídos os objetos relevantes para a aplicação desejada.

É na fase do pré-processamento onde são empregadas técnicas que visam melhorar a qualidade dos dados. As mais utilizadas são a remoção de ruídos, o realce, a correção radiométrica (restauração), a correção geométrica através do registro da imagem e a redução da dimensionalidade (MOREIRA, 2001).

A eliminação de ruído corresponde à fase em que a imagem digital com falta de informações poderá ser corrigida. A falta de informação é a falta da energia refletida em uma área do terreno, provocada por uma falha momentânea do sistema de registro da energia no instante do imageamento da área pelo sensor orbital. A técnica comumente empregada é a de remoção de ruído, que consiste em substituir o valor zero da

radiância do pixel no local do ruído pela média da radiância dos pixels das linhas superior ou inferior.

No processo de geração de imagens, alguns ruídos são inseridos não intencionalmente pelo satélite (sensor orbital). Geralmente, os pixels com ruídos aparecem como pontos, com níveis de cinza bem diferentes de sua vizinhança (escuras – pretos ou saturados – brancos). Estes pontos podem aparecer distribuídos aleatoriamente ou de forma sistemática (listras verticais e horizontais).

O *realce* de imagem ocorre quando os dados de satélites, uma vez processados, possuem contraste espectral de baixa qualidade visual. Assim, deve ser realizado um conjunto de procedimentos, aplicados para melhorar essa qualidade visual. Neste caso, o tipo de realce mais empregado é a ampliação do contraste de feições na cena, ou seja, os níveis de cinza mais baixos são arrastados para próximos de zero – tonalidade mais escura – e os mais altos, para próximos de 255 – cinza-claro.

A manipulação do contraste consiste em uma transferência radiométrica em cada pixel, com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. A operação ponto a ponto é realizada independente da vizinhança do pixel, ou seja, sem a influência do valor do pixel ao lado, mas sim pelo seu próprio valor de nível de cinza (Spring, 2006).

Para entender o realce do tipo “ponto a ponto”, é preciso conhecer alguns conceitos básicos sobre a representação do histograma de uma imagem e sobre as funções de transformação de níveis de cinza.

O histograma “é uma das formas mais comuns de se representar a distribuição dos níveis de cinza (NC) de uma imagem e é o mais utilizado em Processamento Digital de Imagem - PDI”. (MAILLARD, 2001, p. 6). Ele fornece a informação de quantos pixels possuem um determinado objeto em uma imagem. Uma imagem de 8 bits é definida entre 0 (preto) e 255 (branco), e isto é mostrado nos NC de uma imagem pelo histograma. Outra característica é que o histograma não apresenta nenhuma informação espacial da imagem, e sim uma função de probabilidade de encontrar NC, referentes a um objeto qualquer da imagem.

Normalmente, temos no eixo X a distribuição dos NC e no eixo Y a frequência em que ocorrem, conforme ilustra a **Figura 4.15**.

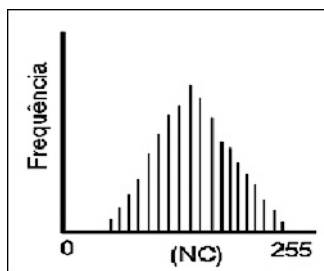


Figura 4.15: Exemplo de histograma.

Fonte: Spring, 2006.

Um histograma pode então descrever a distribuição estatística dos NC em termos do número de amostras – pixels – com cada nível e esta distribuição pode também ser dada em termos da percentagem do número total de pixels na imagem. Os histogramas podem ser unidimensionais (como na figura anterior), isto é, para apenas uma imagem (banda), ou multidimensionais, quando representam a distribuição de duas ou mais bandas, sendo o de duas dimensões o mais simples.

A forma do histograma fornece informações importantes, como a intensidade média e espalhamento nos eixos x (tons de cinza) e y (frequência ou número de pixels) de uma imagem. Os valores de NC são a medida de contraste da imagem. Quanto maior o espalhamento ao longo do eixo dos NC, maior o contraste da imagem. A **Figura 4.16** ilustra esta distribuição dos NC.

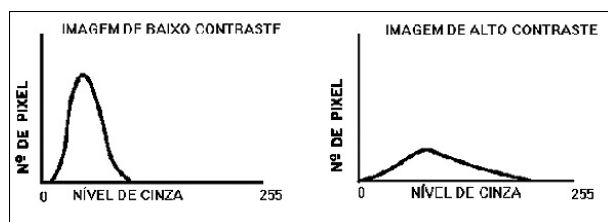


Figura 4.16: Exemplo de histogramas com contraste baixo e alto.

Fonte: Spring, 2006.

Para aumentar o contraste de uma imagem, expande-se o intervalo de níveis de cinza da imagem original, utilizando uma função que consiste em mapear as variações dentro do intervalo original de tons de cinza para outro intervalo desejado. Este mapeamento é uma operação pontual que utiliza uma função matemática, denominada transformação radiométrica, que considera apenas os NC originais de cada pixel, para calcular o novo valor na imagem de saída.

As técnicas de realce mais comuns em PDI são realce de *contraste*, *filtragem*, *operação aritmética*, *transformação IHS* e *componentes principais*. Todas essas técnicas podem ser realizadas com a utilização de *softwares* computacionais, a exemplo do que pode ser realizado no sistema Spring (Figura 4.17), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

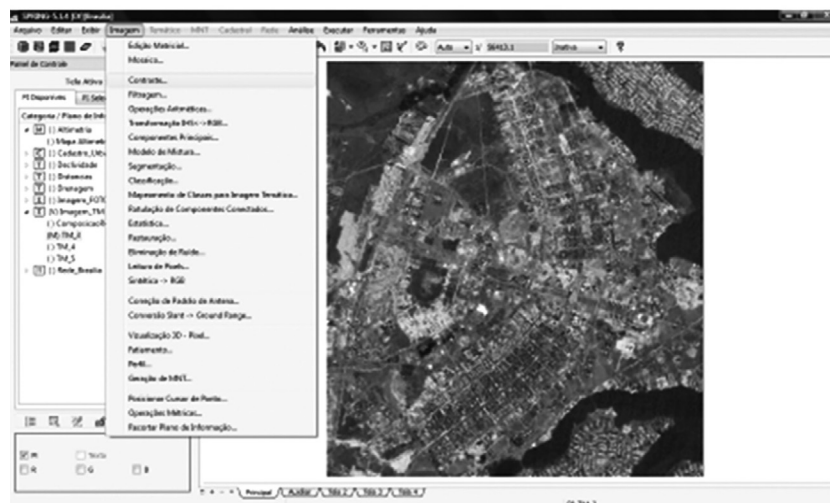


Figura 4.17: Menu de “Imagem” e “Contraste...” do Spring 5.1. Imagem de satélite (Landsat 5 TM, banda 3 - monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/Divisão de Processamento de Imagens – DPI).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Se o aumento do contraste for uma transformação linear na imagem –que é a forma mais simples das opções –, o aumento linear do contraste nas barras mostrará que forma um histograma de saída com elas mais espaçadas igualmente, uma vez que a função de transferência é uma reta. No entanto, o histograma terá um valor médio e um espalhamento diferentes.

Já a correção radiométrica (restauração) é uma técnica de pré-processamento cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais.

Pode-se dizer que a imagem digital é uma cópia borrada da cena, pois os detalhes vistos nela são suavizados devido às limitações do sensor. Portanto, restaurar a imagem é reduzir este efeito de borrão e obter uma imagem realçada. A correção é realizada por um filtro linear. O filtro é específico para cada tipo de sensor e banda espectral.

As técnicas de filtragem são transformações da imagem, pixel a pixel, que não dependem apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos, na imagem original.

Os filtros servem para suavizar ou realçar detalhes da imagem, ou ainda, minimizar efeitos de ruído. O sistema provê algumas máscaras predefinidas, para a aplicação de cada tipo de filtro.

Este tipo de processamento é recomendado para ser realizado sobre a imagem original sem qualquer outro tipo de processamento, tais como realce e filtragem, que alterem as características radiométricas da imagem. Você deve observar também que não é possível processar uma imagem reamostrada, já que as características radiométrica e espacial da imagem foram alteradas.

O efeito visual de um filtro passa-baixa é o de suavização da imagem e de redução do número de níveis de cinza da cena. As altas frequências que correspondem às transições abruptas são atenuadas. A suavização tende a minimizar ruídos e apresenta o efeito de borramento da imagem.

Algumas janelas que efetuam uma filtragem passa-baixa, em uma vizinhança de dimensão, como 3x3, 5x5 ou 7x7, são conhecidas por filtros de média, pois obtêm a média entre pontos vizinhos.

O realce nas imagens corresponde a outro efeito de filtragem e representa a utilização de máscaras apropriadas ao realce de características de imagens, obtidas por sensores específicos, disponível somente para imagens TM/Landsat. Este efeito foi definido para compensar distorções radiométricas desse sensor (**Figura 4.18**). O pixel que terá seu valor digital substituído pela aplicação da máscara corresponde à posição sombreada.



Figura 4.18: As figuras mostram duas cenas do satélite Landsat 5 (usando a banda 5), sendo a da esquerda a imagem original, realçada linearmente, e a da direita correspondente à mesma imagem, porém, resultante da aplicação do filtro realce de Imagem TM citado anteriormente.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A transformação (correção) geométrica através do registro da imagem é a operação do pré-processamento a qual relaciona coordenadas de imagem (linha e coluna) com coordenadas de um sistema de referência já estipulado. No Spring, este sistema de referência é, em última instância, o sistema de coordenadas planas de uma projeção cartográfica. Como qualquer projeção cartográfica, guarda um vínculo bem definido com um sistema de coordenadas geográficas, podemos dizer então que o registro estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas.

Outros termos comuns para a designação do procedimento de registro são geocodificação e georreferenciamento. É importante, contudo, fazer uma distinção mais objetiva entre registro e correção geométrica, visto que estes termos são comumente utilizados de forma equivocada. O processo de correção geométrica de imagens elimina as distorções geométricas sistemáticas, introduzidas na etapa de aquisição das imagens, enquanto o registro apenas usa transformações geométricas simples – usualmente transformações polinomiais – para estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas. Por isso, sugerimos que o registro seja sempre utilizado como uma técnica que busca refinar a qualidade geométrica de imagens com correção geométrica de sistema.

O registro é uma operação necessária para se fazer a integração de uma imagem, à base de dados existentes em um SIG. Há muitos anos, os projetos na área de sensoriamento remoto pressupõem que as imagens possam ser integradas aos dados, extraídos de mapas existentes, ou às

medições de certas grandezas, feitas diretamente no terreno. O registro também é importante para se combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área ou para se realizar estudos multitemporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas distintas.

A redução da dimensionalidade ocorre quando queremos diminuir a área de abrangência de uma cena imageada por determinado satélite. Se tivermos, por exemplo, um sensor TM do Landsat, cuja área imageada for de aproximadamente 35.000 km², podemos restringir a imagem para um pouco mais de 200 km² que seria a área de um município a ser estudado. Neste caso, aplicamos a redução da dimensionalidade para reduzir o tamanho do arquivo e, conseqüentemente, o tempo de processamento computacional necessário à sua interpretação.

Já as técnicas de *classificação* podem ser divididas em: classificação supervisionada (por pixel) e classificação não supervisionada (por regiões). No entanto, o usuário pode escolher por não utilizar os algoritmos de classificação, uma vez que pode optar por fazer uma interpretação direta sobre uma imagem realçada.

Por fim, a **Figura 4.19** descreve um organograma com as etapas descritas anteriormente desde o pré-processamento até o produto final.

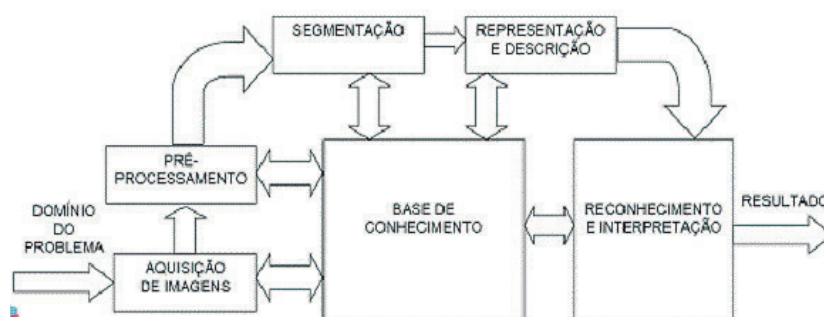


Figura 4.19: Etapas do pré-processamento até o resultado final (interpretação da imagem de satélite traduzida em mapa) em sensoriamento remoto.

Fonte: MAILLARD, 2001, p. 3.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

A partir da Figura 4.19 (fluxograma do processamento digital de imagens), descreva as principais etapas que constituem este processo.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines, typical of notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Resposta comentada

O fluxograma demonstra as etapas do processamento digital de imagens (PDI), processo este que vem sendo muito explorado para a realização de atividades de sensoriamento remoto. Cabe destacar que este processo se divide em algumas etapas já vistas nesta aula, com destaque para o pré-processamento, dividido em segmentação e representação/descrição das imagens, realce e classificação.

Além disso, vale destacar as etapas de elaboração de realce/contraste por meio do histograma, além das correções geométricas. Nesta etapa, é possível a distribuição dos pixels da imagem, permitindo uma melhor visualização da imagem.

Posteriormente, a última etapa (classificação) pode ser caracterizada pela classificação de imagens, em que a imagem será classificada e interpretada com o objetivo de ser analisada para que se chegue ao resultado final (produto interpretado) e para que este sirva de apoio para a tomada de decisões.

Conclusão

No sensoriamento remoto orbital, os dados de satélite ficam à disposição dos usuários, por meio de produtos de dois tipos: os analógicos e digitais, para extrair informações sobre alvos da superfície terrestre. Para um geógrafo, assim como para outros profissionais, o tratamento dos dados analógicos (fotográficos) e digitais (imagens de satélite) é fundamental para a análise dos alvos da superfície terrestre, seja fazendo uso da interpretação visual ou por meio de *softwares* computacionais que facilitam essa tarefa, permitindo o tratamento das imagens digitalmente.

Por este motivo, é importante que se conheça como utilizar os aplicativos dos *softwares*, assim como o tratamento das imagens digitais, utilizando o SIG (Sistema de Informação Geográfica), para se obter as informações desejadas e melhorar os resultados das imagens de satélites.

Resumo

As imagens digitais de alvos da superfície terrestre, registradas por sensores orbitais (tais como Landsat, Spot, entre outros) e por fotografias aéreas, após serem transmitidas para estações terrestres, são transformadas em dois tipos de produtos: analógico e digital. A interpretação visual de fotografias aéreas ou fotointerpretação é feita com base nas características, tais como: padrão, tonalidade, cor, textura, forma, tamanho e sombra. Assim, vimos que tanto a interpretação de imagens aéreas como as de satélites são fundamentais para a captura do espaço-objeto e sua inter-relação com imagens mais antigas para a compreensão das paisagens. Assim, nos últimos 25 anos, o processamento digital de imagem (PDI) veio a se tornar uma das técnicas mais desenvolvidas no sensoriamento remoto orbital, que tem se desenvolvido para possibilitar a análise de dados multidimensionais, mais especificamente, de imagens digitais.

Portanto, o PDI deve ser entendido como a manipulação de uma imagem por computador, de maneira que a entrada do processo seja a imagem e a saída deva ser constituída por sua classificação ou descrição, melhorando o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista que irá avaliar a imagem e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, incluindo a geração de produtos que possam ser, posteriormente, submetidos a outros processamentos. Pode ser dividido em três etapas independentes: pré-processamento, realce e classificação. É na fase do

pré-processamento que se empregam técnicas, visando melhorar a qualidade dos dados, sendo as mais utilizadas: a remoção de ruídos; o realce; a correção radiométrica (restauração); a transformação geométrica, por meio do registro da imagem, e a redução da dimensionalidade.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, você verá que existem sistemas de navegação global por satélites, dentre os quais merece destaque a presença do sistema norte-americano de Global Positioning System (GPS), ou Sistema de Posicionamento Global, em português. Tanto dados de sensoriamento remoto como dados de GPS servem de entrada para extração de informações de geoprocessamento. É isso que veremos nas próximas seções. Até lá!

Referências

APONTADOR Busca Local Ltda., 2014. Site com mapas interativos que permite ao usuário encontrar os melhores lugares, serviços e facilidades *on-line* na sua cidade. Disponível em: <http://www.apontador.com.br>. Acesso em: 09 ago. 2016.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: a Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1995.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Brasília: Embrapa, 1998.

BURROUGH, P. A.; McDonnell, R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: University Press, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed. e org.). *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos, SP: DPI/INPE, 2000-2015. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 09 ago. 2016.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos, SP: INPE, 1996.

CHIPMAN, R. *International cooperation in the acquisition and dissemination of satellite remote sensing data*. RSC Series (FAO), 1990.

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, V. C. da. *Cartografia e geoprocessamento*. Vol. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011. 264 p.

CROSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas, SP: IG/Unicamp, 1993, 170p.

FLORENZANO, T. G. *Os satélites e suas aplicações*. São José dos Campos – SP: Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de Ciências e Tecnologia do Vale do Paraíba– SindCT, 2008.

FRANCISCO, C. N. et al. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói, RJ: Departamento de Análise Ambiental – Instituto de Geociências – UFF. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>. Acesso em: 09 ago. 2016.

JENSEN, John R. *Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective*. Pearson Education India, 2011.

MAILLARD, P. *Introdução ao processamento digital de imagens*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. Disponível em <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/cursopdi.pdf>.

MENESES, P. R.; SANO, E. E.; ASSAD, E. D. *Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites de sensoriamento remoto*. Brasília: EdUnB, 1991.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. São José dos Campos – SP: INPE, 2001, 205 p.

NOVO, E. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. Edgard Blücher, 1992.

SPRING, INPE. “Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.” *Manual de ajuda* (2006).

STEFFEN, C. A. Técnicas radiométricas com o Spectron SE-590. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 8, p. 9-14, 1996.

Aula 5

O uso do GPS (*global positioning system*) e suas aplicações nos estudos geográficos

Meta

Apresentar o histórico de criação do GPS desde a utilização de sua tecnologia até suas formas de aplicação.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. descrever o conceito de satélites de GPS e o seu histórico de criação;
2. identificar o funcionamento do GPS;
3. avaliar a importância do GPS nas diversas áreas da Geografia.

Introdução

Atualmente, existem receptores de GPS instalados em carros, além de relógios, celulares, *palmtops* e PDA (*personal digital assistant*) estarem equipados com essa tecnologia. O GPS é muito utilizado para viagens por ser muito eficiente, mas, como toda tecnologia, não é totalmente livre de falhas. Veja a seguir uma notícia curiosa sobre o funcionamento do aparelho:

Falha em GPS leva idosa para a Croácia em vez de Bruxelas

■ Em 2013, Sabine Moreau, de 67 anos, saiu do vilarejo de Solre-sur-Sambre, na Bélgica, para encontrar uma amiga na capital, Bruxelas, em uma jornada de 61 quilômetros, com a ajuda de um GPS. Distraída, ela percebeu que o aparelho a estava mandando seguir um

caminho estranho, mas garantiu que não percebeu o que estava acontecendo até que chegou a Zagreb, capital da Croácia, a 1450 km de sua casa. Depois da longa viagem, ela dirigiu de volta à Bélgica ainda usando o GPS para se orientar.

Mas como será que o GPS funciona?

Além de facilitar a comunicação, os satélites colaboram com o estabelecimento de uma cartografia digital, captando imagens e criando mapas por meio de *softwares* e *hardwares* de processamento digital, e também conseguem captar e enviar a nossa localização através de coordenadas geográficas.

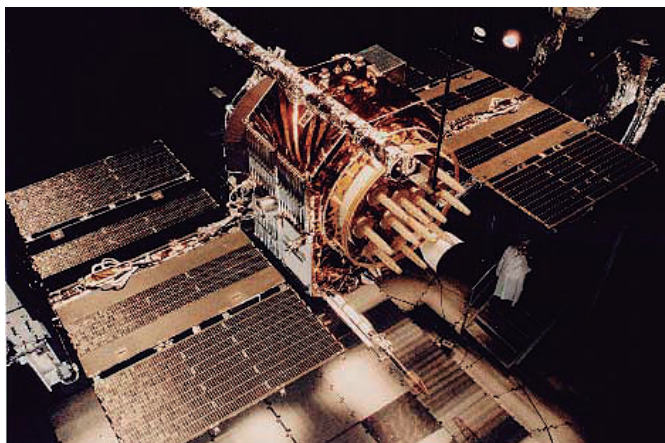
O Sistema de Posicionamento Global (GPS, do original em inglês *Global Positioning System*) “permite que qualquer pessoa, munida de um receptor, localize-se em todo o planeta” (DUQUE; MENDES, 2006, p. 16).

O GPS, conforme o nome diz, é um sistema que inclui um conjunto de satélites que transmitem informação eletrônica, fornecendo, via sinal de rádio, a um aparelho receptor móvel, a posição deste com referência às coordenadas terrestres.

Nesta aula, você aprenderá como esse sistema funciona em seus vários segmentos: espacial, de controle e de navegação. Verá também como ocorreu sua evolução ao longo do tempo, desde que foi criado, além das várias aplicações que possui, principalmente para a Geografia.

O GPS e seu histórico de criação

Em 1973, o Departamento de Defesa dos EUA (U.S. DoD) criou o Sistema Navstar/GPS (*Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System*) – **Figura 5.1**.



Autoria: United States Air Force

Figura 5.1: Mais de 50 satélites Navstar já foram lançados desde 1978.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Navstar.jpg?uselang=pt-br>

No entanto, apenas em 1995 o sistema foi declarado totalmente operacional e seu desenvolvimento custou dez bilhões de dólares. Assim, a constelação de satélites GPS consiste em um conjunto de 28 equipamentos, sendo 24 operacionais e quatro sobressalentes, para reposição no caso de haver problemas com algum dos satélites operacionais.

A órbita desses 24 satélites ocorre em seis planos, a partir do Equador em direção aos polos. Cada um deles circunda a Terra duas vezes por dia, a uma altitude de 20.200 quilômetros e a uma velocidade de 11.265 quilômetros por hora. Os satélites têm a bordo relógios atômicos (**Figura 5.2**) e constantemente difundem o tempo preciso e a localização dos objetos na superfície. Geralmente, os dados são enviados para os aparelhos receptores de GPS e as estações remotas existentes ao redor do planeta (que são os três segmentos do sistema), como você pode verificar a seguir.



Figura 5.2: Representação de um relógio atômico.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomicclock.jpg?uselang=pt-br>



Relógio atômico

É um medidor de tempo que funciona com base em uma propriedade do átomo. Como um pêndulo de relógio, o átomo pode ser estimulado externamente (neste caso, por ondas eletromagnéticas), para que sua energia oscile de forma regular. É considerado o relógio mais preciso já construído pelo homem e, mesmo assim, atrasa um segundo a cada 65 mil anos.

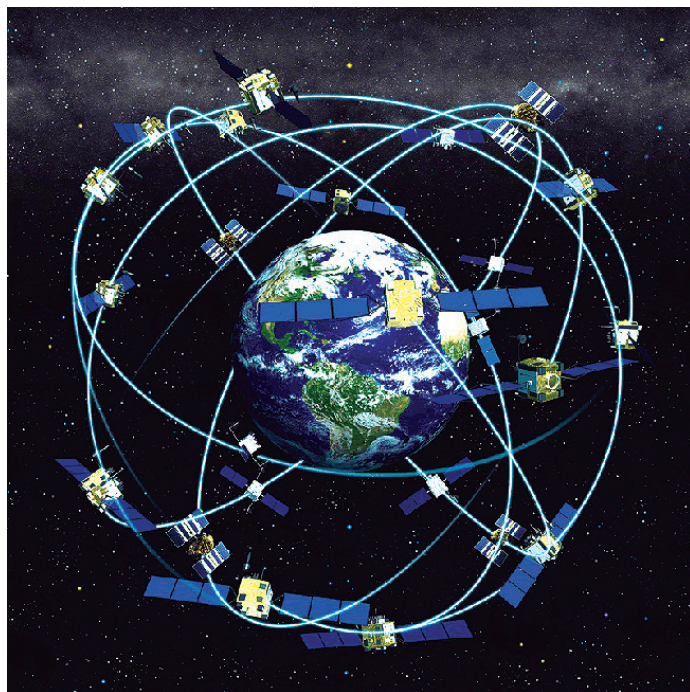
Segundo o IBGE (1999) o sistema GPS consiste em três segmentos: o espacial, o de controle e o de usuários.

Segmento espacial

É a constelação de 24 satélites que compõem o GPS. São seis planos orbitais com quatro satélites cada, em um período de revolução de 12 horas **siderais**. Com essa configuração, em qualquer ponto da superfície da Terra, há, no mínimo, quatro satélites acima da linha do horizonte, 24 horas por dia. Os satélites utilizam o *Datum World Geodetic System* (Sistema Mundial Geodésico de Datum), chamado WGS- 84.

Tempo sideral

É o tempo das estrelas, definido de forma que 24 horas siderais – um dia sideral – é o intervalo de tempo que a Terra leva para fazer uma rotação completa (360 graus) em relação às estrelas.



Autoria: National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce

Figura 5.3: Conjunto de satélites ao redor da Terra.

Fonte: http://celebrating200years.noaa.gov/transformations/gps/Figure_1.html

No segmento espacial, os satélites devem assegurar as seguintes funções:

- manter uma escala de tempo bastante precisa e, para isso, cada satélite possui um relógio atômico;
- emitir sinal de rádio que informa sobre a posição precisa do satélite e a hora em que é transmitido, pois o receptor GPS, ao receber esse sinal, determina o tempo exato que ele levou no percurso e o cálculo da distância percorrida (que é realizado multiplicando esse tempo pela velocidade da luz);
- emitir dois sinais, através dos códigos denominados **pseudoaleatórios**, sobre as duas frequências específicas do sistema.

Códigos pseudoaleatórios (pseudo-random code)

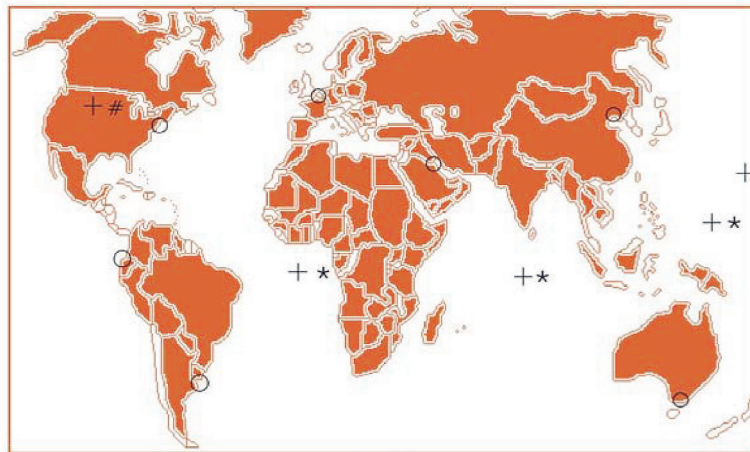
Identificam qual satélite está transmitindo um código de identificação. Os satélites possuem seu PRN (*pseudo-random number*) de 1 até 32; esse número é exibido no receptor GPS para indicar quais satélites estão sendo rastreados.

Segmento de controle

Consiste em estações de controle localizadas nos EUA e em algumas antenas de transmissão espalhadas pela Terra. As estações de controle monitoram todos os satélites GPS.

Outra função importante da estação de controle central é determinar as órbitas de cada satélite e prever a sua trajetória nas 24 horas posteriores. Essa informação é enviada para cada satélite, para depois ser transmitida por ele, informando o receptor do local onde é possível encontrar o veículo espacial.

Distribuição das estações de controle



*: Antenas terrestres O: Estações de monitoramento Nima
#: Estação de controle principal +: Estações de monitoramento AAF

Figura 5.4: Segmento de controle – estações terrestres para envio e transmissão de dados para os satélites e, destes, para o receptor de GPS.

Fonte: ALBUQUERQUE; SANTOS, 2003.

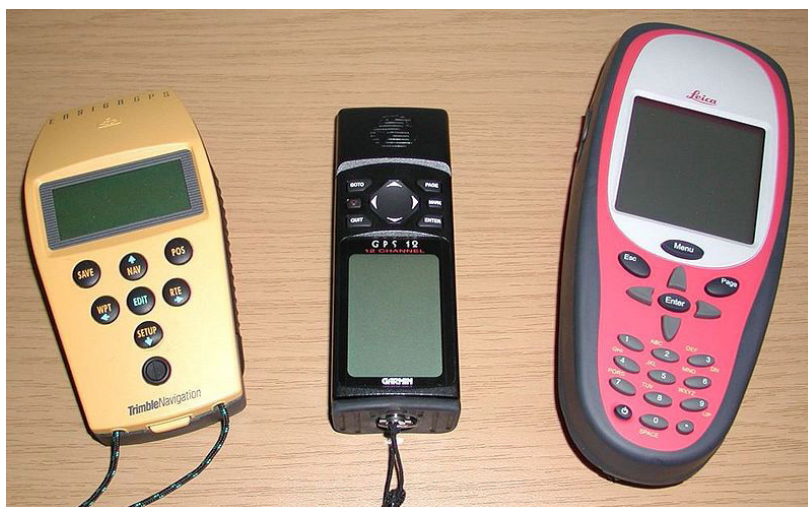
Segmento de usuários

Envolve os receptores (aparelhos de GPS) e antenas que recebem as informações dos satélites e calculam a sua posição precisa, além da velocidade.. Os receptores são capazes de registrar as medidas de pseudodistâncias com base nas duas frequências L1 e L2, transmitidas pelos satélites (segmento orbital); vale ressaltar que seus usuários são civis e militares.



Pseudodistância (pseudorange)

Ocorre entre o usuário (receptor) e, pelo menos, quatro satélites necessários à sincronização do relógio do receptor com os relógios dos satélites. Pelo ponto de vista puramente geométrico (distância tridimensional), bastariam apenas três satélites (equivalendo ao cálculo de três distâncias) para determinar a distância do usuário, mas a quarta observação é necessária para que haja a sincronização.



Autoria: Stefan Kühn

Figura 5.5: Alguns modelos de receptores: Trimble, Garmin e Leica.

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GPS_Receivers.jpg?uselang=pt-br

São necessários quatro satélites ou mais para que seja possível, em tempo real, determinar a posição geocêntrica do ponto a ser coletado pelo GPS.

Atualizando continuamente a posição, um receptor GPS também poderá informar precisamente a velocidade e a direção do deslocamento.

No manuseio do receptor GPS, é necessário levar em conta duas referências geodésicas:

- o elipsoide de representação da região (e, consequentemente, o *datum*);
- o sistema de coordenadas.
- No Brasil, podem-se utilizar três elipsoides distintos:
- O mundial, também conhecido como WGS84;
- O de Heyford, com o *datum* em Córrego Alegre;
- O SAD69, com o *datum* em Chuá.

Atualmente, vem sendo utilizado outro *datum*, denominado de Sirgas 2000.

O GPS utiliza como padrão a referência WGS84, um sistema mundial; isso significa que, ao ligarmos um GPS, ele atuará nessa referência. Contudo, o usuário poderá configurar o receptor para que as leituras sejam feitas nos elipsoides brasileiros (SAD69 – Chuá, Heyford – Córrego Alegre e Sirgas 2000), ou mesmo pode realizar conversões posteriores, com a utilização de *softwares* específicos, alguns deles de livre domínio e fácil obtenção.

Além da escolha do elipsoide de representação da superfície, o usuário ainda deve estar alerta para a escolha do sistema de coordenadas para a leitura das informações. As coordenadas mais usualmente empregadas no Brasil são:

- UTM (coordenadas planas cuja projeção é a Universal Transversa de Mercator);
- Latitude/longitude (coordenadas geográficas ou geodésicas).

O GPS pode ser configurado para apresentar leituras em qualquer um dos sistemas.

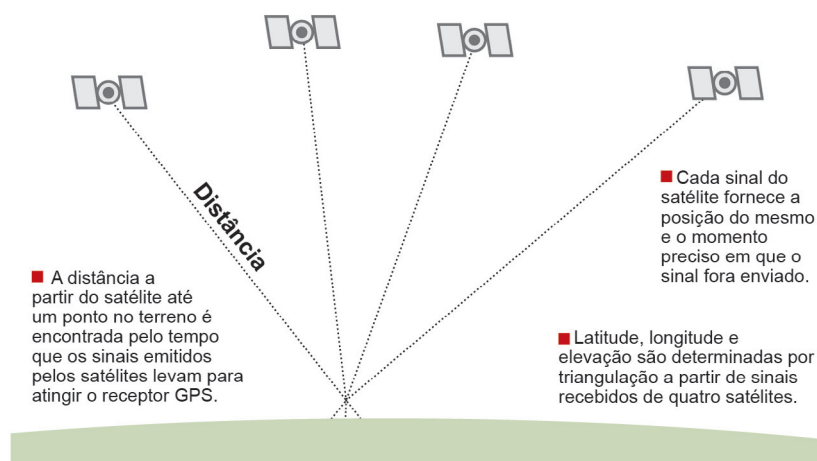


Figura 5.6: Os sinais de quatro satélites para o receptor de GPS determinam, por triangulação, a latitude, a longitude e a altitude de um ponto na Terra. A distância é encontrada pelo tempo que o sinal leva para chegar até o receptor.

Conhecer os três segmentos do GPS pode nos fornecer importantes subsídios para entendermos suas verdadeiras potencialidades e restrições. Nesse aspecto, vale salientar a utilização do aparelho com outras ferramentas do geoprocessamento, como na integração com os Sistemas de Informação Geográfica e na busca pela criação dos mapeamentos temáticos voltados ao estudo da Geografia.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Os satélites de GPS trabalham em equipe para detectar um ponto no nosso planeta. Como isso funciona? Como os segmentos orbital e receptor do GPS funcionam juntos para localizar um ponto na Terra?

Resposta comentada

Para entender o funcionamento de um satélite de GPS, você precisa entender de Geometria. Utilizamos um esquema tridimensional para saber o tempo gasto para calcular a distância de um ponto demarcado na Terra. O aparelho receptor calcula a sua distância para algum satélite que integra o sistema GPS. Então, o receptor (aparelho de GPS) precisa da distância em relação a, pelo menos, mais dois satélites. Com as três distâncias (três satélites), o aparelho “imagina” três esferas e elas se juntam em dois pontos (mapa bidimensional). Logo, quando este se junta a mais um satélite, tem-se o ponto tridimensional (latitude, longitude e altitude).

Precisão em mapeamentos temáticos com o uso do GPS

A precisão, que tanto é necessária para representar a realidade cartograficamente, se torna um problema quando exigida no formato digital. Isso ocorre ao considerarmos que o Sistema de Posicionamento Global (GPS) possui alguns erros inerentes ao processo de determinação da posição geográfica de um objeto terrestre e mesmo ao tipo de aparelho utilizado na medição.

Algumas restrições no uso do GPS precisam ser consideradas pois são fontes de erro que podem comprometer o mapeamento temático (construção de mapas de determinado tema ou de propósito específico). Uma dessas restrições está nos cálculos realizados pelo sistema para mensurar o tempo e a velocidade do sinal. Como o satélite emite sinais na frequência das ondas de rádio e sabendo-se que a velocidade da luz só é constante no vácuo, o sinal acaba sofrendo degradação quando passa a ter a interferência da ionosfera terrestre, que diminui sua velocidade e ocasiona erros de cálculo na localização dos pontos de coordenadas. No entanto, os aparelhos GPS tentam corrigir esse atraso. Atualmente, alguns *softwares* comerciais podem ser instalados nos aparelhos receptores, que passam a considerar modelos ionosféricos no processamento de dados.



Figura 5.7

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmosphere_layers-pt.svg?uselang=pt-br



Autoria: Jan Curtis

Figura 5.8: Aurora polar vista do Alasca.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aurora2.jpg?uselang=pt-br>

A *aurora polar* é um fenômeno óptico composto de um brilho observado nos céus noturnos nas regiões polares, em decorrência do impacto de partículas de vento solar com a alta atmosfera da Terra, canalizadas pelo campo magnético terrestre. Em latitudes do hemisfério norte é conhecida como aurora boreal (nome batizado por Galileu Galilei em 1619, em referência à deusa romana do amanhecer, Aurora, e Bóreas, deus grego, representante dos ventos nortes). Ocorre normalmente nas épocas de setembro a outubro e de março a abril. Em latitudes do hemisfério sul, é conhecida como aurora austral, nome batizado por James Cook, uma referência direta ao fato de estar ao Sul (AURORA POLAR, 2016).

A magnitude dos efeitos da refração ionosférica dá-se em função da hora do dia, da estação do ano, da latitude e do ciclo das explosões solares.

Outra região gasosa da atmosfera terrestre que causa a refração dos sinais, independentemente da frequência emitida, é a troposfera (**Figura 5.9**). O atraso da propagação pode alcançar um erro de 2 a 5%,

dependendo das condições de temperatura, umidade e pressão, que variam com a altitude do local.

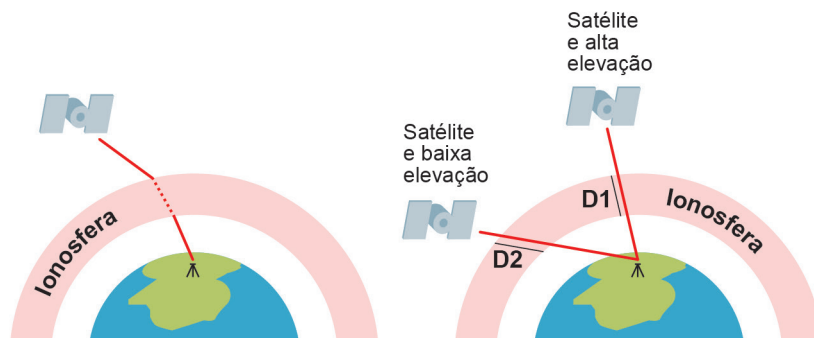


Figura 5.9: O sinal do GPS sofre atrasos ao atravessar a troposfera; tais atrasos podem se traduzir em erros de localização do ponto terrestre.

Fonte: Raffo (2009).

Podem também ocorrer erros nos relógios atômicos ou na órbita dos satélites, que são ajustados pelo Departamento de Defesa dos EUA e que podem desligar o sistema sob o interesse deles, como, por exemplo, em locais de conflito armado ou sob ameaça militar.

O erro do sistema GPS também pode ser provocado pelo ser humano. É a *Selective Availability* (SA), que consiste na degradação intencional imposta aos sinais de GPS, realizada através da manipulação dos dados das efemérides transmitidas e dos relógios dos satélites. A SA foi implantada pela primeira vez na Guerra do Golfo, em 1990, tendo sido desligada no mesmo ano. A degradação intencional do sinal faz com que as coordenadas não sejam calculadas no posicionamento absoluto. A SA foi removida do sinal do GPS em maio de 2000, por meio de um decreto dos EUA.

Outro fator de interferências e possibilidades de erro de precisão é a disposição geométrica dos satélites. Para além dos fatores já elencados, existem diversos outros que descrevem a propagação dos erros, conforme veremos a seguir.

DoP (*Dillution of precision*) é um fator determinante para a qualidade do resultado das medições do GPS, pois indica, em uma escala padronizada, se a geometria espacial dos satélites pode ser considerada boa. Quanto maior for o volume do corpo sólido gerado pelo desenho dos satélites em órbita, menor será a DoP. Ou seja, considera-se que a melhor disposição espacial é a que descreve um satélite no zênite e os

outros com ângulos horizontais igualmente espaçados, o que equivale dizer que a DoP é baixa (de maior precisão).

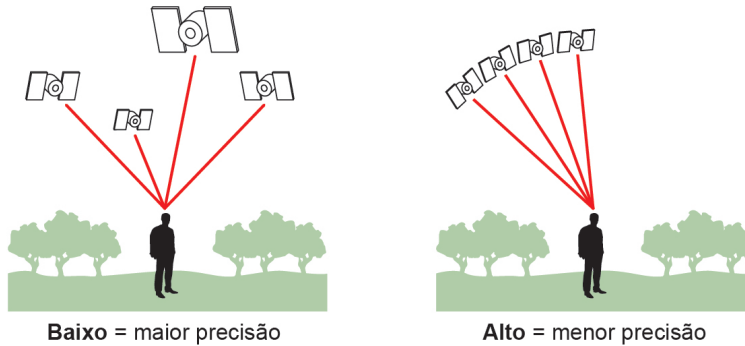


Figura 5.10: Coeficiente Dop – quanto maior for o volume do corpo sólido formado a partir do desenho dos satélites no céu e do recebimento do sinal pelo receptor, melhor a geometria será considerada.

Rocha (2000), Rocha (2003) e Silva (2005) dividem a DoP em vários componentes:

- HDoP, que é a influência da geometria na posição planimétrica (latitude/longitude);
- VDoP, que é o efeito da geometria dos satélites na definição das altitudes (h);
- PDoP, que é a influência da geometria dos satélites na posição tridimensional (latitude/longitude/altitude);
- TDoP, que é o efeito da geometria dos satélites na definição da posição e do tempo;
- GDoP, que é a influência para a definição da posição tridimensional e do tempo;
- RDoP, que é a medida relativa da DoP para uma base ou vetor.

Para minimizar o erro de leitura e, portanto, ter segurança nas medidas das coordenadas, em virtude das oscilações existentes nos receptores, recomenda-se que sejam observados quatro satélites. Para que se obtenha a posição de determinada latitude-longitude ou coordenada UTM, o receptor GPS precisa somente receber o sinal de três satélites, entretanto, para a posição de altitude, no mínimo, é necessário receber os sinais de quatro satélites.

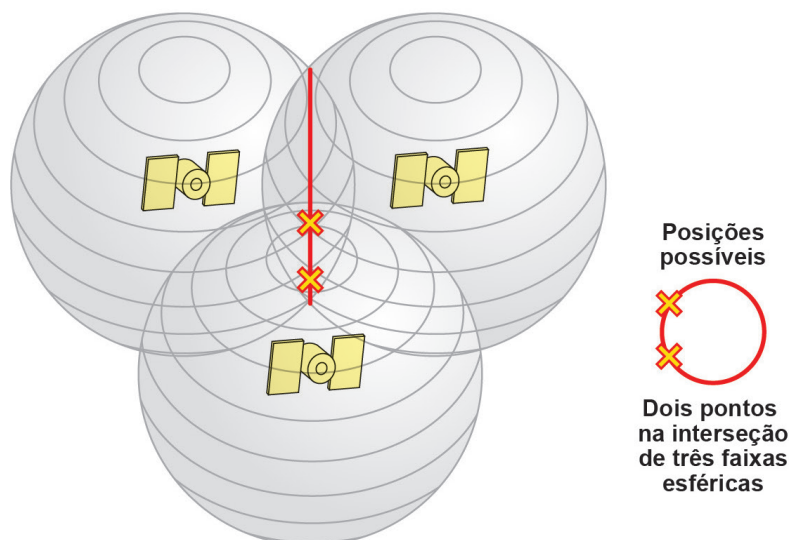
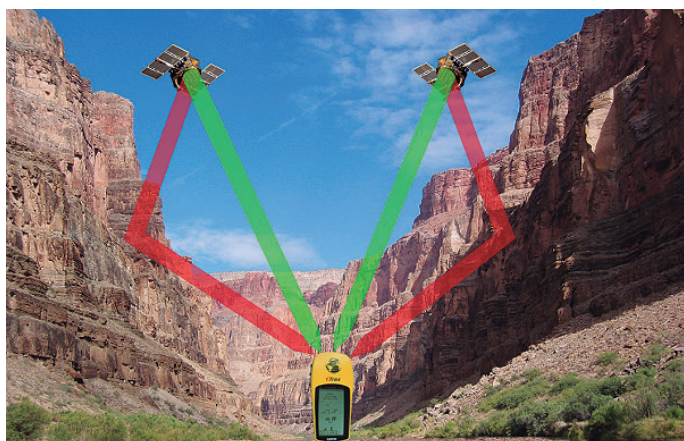


Figura 5.11: Se as distâncias, a partir de três satélites, são conhecidas, a posição do receptor deve ser um dos dois pontos na intersecção de três faixas esféricas, proporcionando uma posição bidimensional (horizontal). No entanto, quatro satélites são necessários para uma solução de três dimensões (horizontal e vertical).

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Outro fator importante para a qualidade do sinal é o *cut-off-angle*, um parâmetro de posicionamento dos satélites em relação ao horizonte que pode acarretar erros nas medições do GPS. O ângulo que indica esse posicionamento ocorre apenas quando os satélites estão localizados a menos de 15° acima do horizonte, fazendo com que o receptor não consiga captar o sinal.

Por fim, outra desvantagem dos receptores GPS é o multicaminha-mento (*multipath*) que eles proporcionam, ou seja, o erro gerado pela reflexão indesejada do sinal GPS em superfícies próximas a antenas re-ceptoras (de celulares, TV, torres de eletricidade); superfícies concreta-das, tais como edifícios, pontes e túneis; barreiras naturais como caver-nas, vegetação densa (copa de árvores); entre outras.



Autoria: Vaughan Weather (GPS),
NASA (satellite Navstar), Realbrvhr
(Canyon), Javiersanp (composição)

Figura 5.12: O multicaminhamento em áreas obstruídas pode provocar erros na captação dos sinais do código da portadora, o que acarreta falha na posição do ponto na Terra. Na imagem, a cor verde indica o trajeto direto das ondas e o vermelho, as ondas refletidas no cânion.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gps-multipath-effect.png?uselang=pt-br>

A precisão dos sinais pode ser bastante melhorada com a utilização de um segundo receptor, proporcionando aos usuários uma precisão métrica ou até milimétrica. Esta correção é chamada de DGPS (*Differential Global Positioning System* – GPS Diferencial). Os aparelhos DGPS são similares ao anteriormente descrito (GPS), diferindo por possuírem um *link* operando na frequência do rádio utilizado para receber as correções diferenciais provenientes de uma estação-base. Através dessas correções, que acontecem em tempo real, é possível eliminar o maior erro do GPS, que é a AS, obtendo precisões da ordem de um a três metros. A estação-base calcula e transmite o erro de cada satélite através de sinais de rádio. Esses dados são recebidos pelas estações remotas, que aplicam a correção para o cálculo imediato das posições; entretanto, é preciso pagar periodicamente a empresa que mantém as estações de correção, para que se tenha acesso a esses dados em tempo imediato.



Existem algumas instituições que mantêm antenas de GPS fixas em pontos de coordenadas conhecidas, capturando dados ao longo de todo o dia. O IBGE, por exemplo, mantém um conjunto de antenas em todo o território nacional. Os dados levantados nessas estações podem ser utilizados para correção diferencial pós-processada. Esses dados podem ser baixados pela *Internet*, pelo site do IBGE, em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/estadual.shtm>.

Para eliminar a necessidade de o usuário imobilizar um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso para as estações, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) estabeleceu estações com receptores de última geração. Vale lembrar que a RBMC é uma iniciativa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que gerencia o sistema.

A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada e permite ao interessado obter, com o GPS, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer do território nacional. Tal posicionamento chama-se *relativo estático*, já que as estações são fixas por antenas. Os arquivos da RBMC são informações compactadas em formato *.zip, contendo coordenadas geodésicas e a altura da antena, além de informações para cada dia do ano e a identificação de cada estação.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências - DGC
Coordenação de Geodésia - CGED

Autoria: IBGE

RBMC - SERVIÇO RBMC-IP

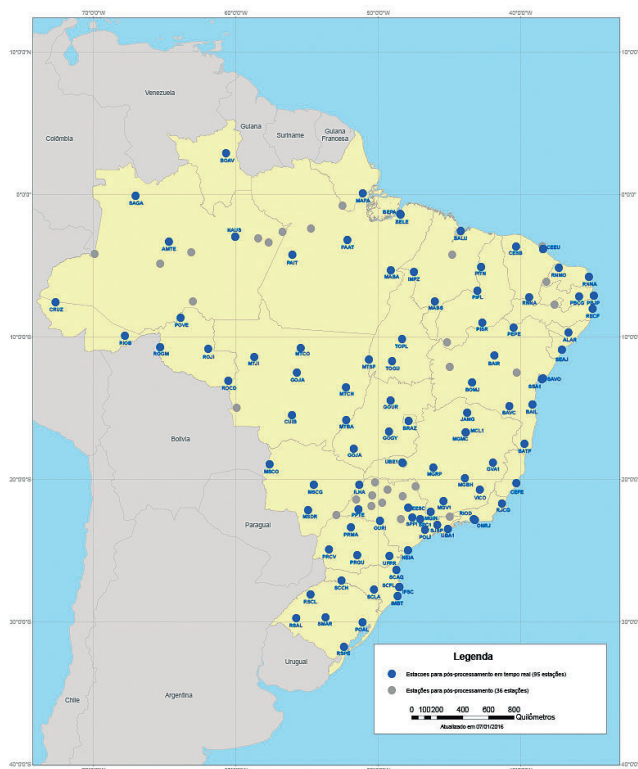


Figura 5.13: O posicionamento do GPS pode ser corrigido pelo sistema relativo estático (estação de RBMC). O IBGE lançou um serviço gratuito, chamado RBMC-IP, que permite que usuários de equipamentos de GPS, com acesso à Internet sem fio, obtenham coordenadas (latitude, longitude e altitude) em tempo real.

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/mapa_rbmc_ip.jpg

Algumas outras instituições (como universidades) também mantêm suas antenas fixas, capturando dados ao longo do dia. Em média, uma antena abrange uma área de até 300 ou 500 km. Algumas delas ainda disponibilizam esses dados de correção gratuitamente na *Internet*, como é o caso do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O DGPS é bastante útil na construção de mapeamentos digitais temáticos via SIG, pois as suas aplicações são variadas e abrangem por exemplo, a possibilidade de criação (apoio à digitalização) de mapas temáticos, tais como uso do solo, geologia e geomorfologia, além de cartas

SIG é o Sistema de Informação Geográfica, que será explicado nas próximas aulas.

especiais, como as de navegação costeira e aérea. Além disso, auxilia o mapeamento do fundo oceânico com a elaboração de mapas de hidrografia, levantamentos sísmicos e gravimétricos, mapas de mineralogia (provenientes do posicionamento de sensores submersos na prospecção mineral no mar – plataformas continentais costeiras). Também pode contribuir com o mapeamento de áreas de agricultura que exijam precisão, além de calibração de sistemas de retransmissão de dados.

Existem ainda os GPS cadastrais, os topográficos e os geodésicos. Os cadastrais possuem funções de SIG associadas ao GPS. O pós-processamento é executado nos próprios aparelhos ou através de *notebooks*, *palmtops* etc., através da utilização de um *software* específico. Esses equipamentos possuem grande capacidade de aquisição e armazenamento de dados alfanuméricos associados às feições espaciais levantadas.

A grande diferença do GPS cadastral para o GPS de navegação ou ainda para o DGPS é que, como dito, ele tem a capacidade de adquirir e armazenar os dados alfanuméricos associados às feições espaciais levantadas (pontos, linhas e polígonos), permitindo realizar mapeamentos cadastrais através de SIG próprios para cadastro urbano e rural. Muitas prefeituras estão adotando esse sistema, além do IBGE, para o censo demográfico de 2010.

Os equipamentos de GPS topográfico podem ser considerados iguais aos anteriores. Contudo, possuem evoluções tecnológicas próprias, como *softwares* de pós-processamento voltados ao uso de SIG, além de acessórios de fábrica, como tripés, antenas externas, mochilas para carregar o equipamento e bastões com níveis de calagem para medição da profundidade, quando são usados em áreas marítimas. Tais acessórios acarretam a melhora na precisão do sinal para medidas centimétricas e até milimétricas. Por isso, são considerados topográficos, pois permitem aquisição de dados para mapeamentos temáticos em escalas de 1:2.000, 1:1.000 ou maiores.

Os equipamentos geodésicos, por fim, são aparelhos de dupla frequência e, por isso, sofrem menos interferência da ionosfera. Assim, se configuram como equipamentos próprios para uma precisão diferencial de milímetros, com a metade do tempo que levaria um GPS topográfico. São indicados para trabalhos que exigem maior precisão cartográfica, conseguindo mapeamentos na escala de 1:1000 ou mais.

O uso do GPS aplicado aos estudos geográficos

Atualmente, o GPS possui diversas aplicações, dentre as quais merece relevância a aviação geral e comercial, além da navegação marítima. Qualquer pessoa que quiser saber a sua posição, se localizar no espaço geográfico ou até mesmo encontrar o seu caminho para determinado local pode se beneficiar com a utilização do sistema GPS. Hoje, esse sistema vem sendo muito difundido em automóveis com sistema de navegação de mapas, o que possibilita uma visão geral da área que se está percorrendo. No entanto, para trabalhos específicos desenvolvidos dentro da Geografia, é necessária a utilização de GPS ou de DGPS, equipamentos que possibilitam:

- **georreferenciamento** e plotagem dos pontos de campo no mapa (podendo auxiliar mapas temáticos);
- formação de perfis topográficos (coleta de pontos com intervalo conhecido num determinado perfil de encosta);
- se guiar em campo com uma carta temática (desde que o mapa e o GPS estejam sob o mesmo sistema de coordenadas, por exemplo, em latitude/longitude, ou em UTM).

Outra subárea da Geografia que utiliza GPS como ferramenta é o turismo. Ele tem se tornado cada vez mais popular entre ciclistas, balonistas, pescadores e nas atividades turísticas de um modo geral. O equipamento tem sido utilizado principalmente por segmentos do turismo de natureza, como, por exemplo, o ecoturismo, nas atividades de turismo desportivo, como o voo livre, ou por aventureiros que queiram apenas orientação durante as suas viagens.

Georreferenciamento

é a colocação de coordenadas geográficas ou planas.



Autoria: Paul Vlaar

Figura 5.14: Exemplo de GPS instalado no carro.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:KyotoTaxiRide.jpg?uselang=pt-br>

Um exemplo que vem sendo mais recorrente do uso do sistema GPS por turistas é a sua utilização para tentar driblar falhas na sinalização turística de grandes, médias e até pequenas cidades. Muitos turistas têm utilizado seus *palmtops*, celulares e receptores de automóveis para sair e chegar a destinos turísticos conhecidos, porém pouco sinalizados, nas estradas, avenidas e ruas das áreas urbanas. O uso dessa ferramenta faz com que nosso deslocamento seja mais preciso e rápido. Assim, é possível chegar a tempo de pegar um teatro aberto, comprar ingressos para passeios turísticos ou localizar restaurantes, hotéis e meios de transporte, graças à facilidade na localização desses atrativos, seja por meio de mapas virtuais ou do uso sistema GPS.

Conclusão

Os relógios atômicos que ficam no satélite de GPS custam mais de 100 mil dólares, o que impossibilita ter um em cada receptor de GPS. A exatidão deles possibilitaria ter maior certeza da localização dos pontos cartografados na Terra; no entanto, isso é possível a partir da sua sincronização com o quarto satélite, fazendo a triangulação para que a precisão da posição e o horário sejam visualizados no aparelho de GPS.

Até o ano 2000, o Departamento de Defesa Norte-americano introduziu erros no sinal do satélite para garantir que os aparelhos de GPS de uso civil operassem com precisão inferior a 90 metros.

Atualmente, outros satélites estão sendo desenvolvidos pela Europa (sistema Galileu), pela Rússia (Glonass) e pela China (Compass), para que, cada vez mais, os aparelhos de GPS tornem-se populares. O uso do GPS em automóveis, celulares, relógios e outros dispositivos torna-se cada vez mais comum em nosso dia a dia, associado a mapas e a programas que calculam rotas possíveis para se chegar a destinos pré-determinados, indicando, então, os movimentos que o usuário deverá realizar para chegar ao local desejado.

Desse modo, o GPS é extremamente útil para o planejamento de bases cartográficas e criação de mapas temáticos, contribuindo de forma bastante eficaz para as diversas aplicações geográficas.

Atividade final

Atende ao objetivo 2

Com base no exposto, descreva as principais aplicações do sistema GPS e suas contribuições no contexto geográfico.

Resposta comentada

Como vimos durante a aula, o GPS pode ser utilizado para diversas aplicações, dentre as quais merece destaque o mapeamento temático. Sendo assim, vale destacar a importância da navegação, do mapeamento de trilhas, do georreferenciamento de imóveis rurais e urbanos, dentre outros. Além disso, pode auxiliar no mapeamento de feições geomorfológicas e topográficas, além de facilitar a localização em campo, orientação geográfica e localização de qualquer ponto na superfície terrestre.

Resumo

O sistema GPS tem crescido de forma exponencial na atualidade. Dentro da perspectiva histórica, pode-se afirmar que ele foi inventado pelo Departamento de Defesa dos EUA. No entanto, ao longo do tempo, passou a se difundir pelo público civil, tendo destaque em diversas aplicações importantes, tais como o mapeamento temático, referente ao planejamento urbano e rural, o mapeamento de trilhas para o ecoturismo, a identificação de feições geológicas, geomorfológicas e topográficas, além da localização geográfica de um objeto na superfície terrestre. Vale destacar a presença de três segmentos do sistema GPS, a saber: o segmento espacial, o de controle e o de usuário. Além disso, cabe ressaltar a existência de problemas referentes à precisão do mapeamento, tais como as falhas de sinal do GPS e o multicaminhamento, por exemplo.

Informação sobre a próxima aula

Prezado cursista, na próxima aula aprofundaremos a abordagem teórica dos sistemas de navegação global por satélites (GNSS) e suas contribuições para a ciência geográfica.

Bons estudos e até lá!

Referências

ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C. dos. GPS para iniciantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 11., 2003, Belo Horizonte, Minicurso. São José Dos Campos: Inpe, 2003. p. 1-46. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/banon/2001/04.06.10.52.39/doc/mirrorget.cgi?metadataarepository=sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.09.16.46&languagebutton=pt-BR&choice=fullBibINPE>. Acesso em: 18 out. 2016.

AURORA POLAR. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Aurora_polar&oldid=46016351. Acesso em: 1 set. 2016.

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, V. C. da. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

DUQUE, R. C.; MENDES, C. L. *Planejamento turístico e a Cartografia*. São Paulo: Alínea e Átomo, 2006.

FALHA em GPS leva idosa para a Croácia em vez de Bruxelas. *BBC*, Brasília, 14 jan. 2013. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/01/130114_gps_errobelgicarg>. Acesso em: 26 ago. 2016.

IBGE. *Noções básicas de cartografia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm>. Acesso em: 2 set. 2016.

RAFFO, J. G. G. Posicionamento de objetos na superfície terrestre. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). *Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

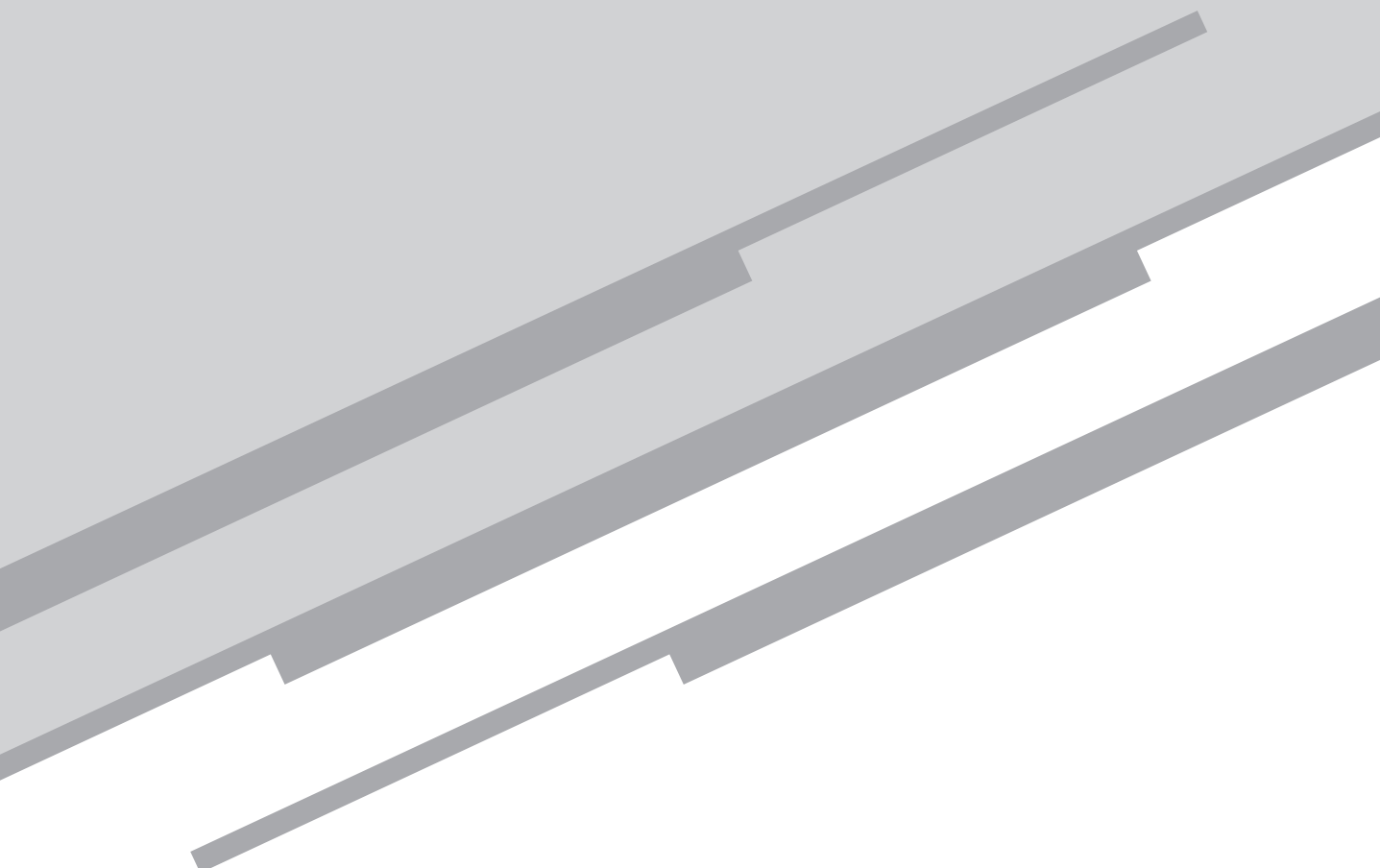
ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROCHA, J. A. M. R. *GPS: Uma abordagem prática*. 2003. 235p.

SILVA, A. B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 2005.

Aula 6

Sistemas GNSS e seus segmentos
(histórico e tipologias)



Meta

Apresentar a evolução do sistema GNSS e suas tipologias básicas e finalidades.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. caracterizar os principais tipos de sistemas GNSS e os seus segmentos;
2. verificar a aplicabilidade desses sistemas nos dias atuais e as perspectivas futuras, principalmente para a ciência geográfica.

Introdução

Talvez você não saiba, mas o GPS não foi o único sistema de navegação por satélite criado no mundo. Ele veio acompanhado de outros sistemas globais do mesmo tipo, que, além de ter em comum com o GPS a ideia de dominação sobre a cartografia terrestre, era utilizado para localizar alvos militares, por meio do conhecimento do espaço geográfico, assim como para as aplicações civis, a exemplo de seu uso em aeronaves tripuladas, como aviões e navios, ou para a localização de qualquer objeto no planeta Terra.



Figura 6.1: A criação dos sistemas de navegação está relacionada com os objetivos militares durante a Guerra Fria.

Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coldwar.png?uselang=pt-br>

Portanto, nesta aula, vamos focar no histórico da evolução de novas tecnologias, de equipamentos para posicionamento global por satélites e de distintos sistemas existentes na atualidade, bem como projetos futuros. Você perceberá que as aplicações desses instrumentos são vastas, principalmente para a Geografia.

Breve histórico da criação e dos tipos de GNSS

O termo *GNSS* foi concebido durante a 10ª Conferência da Navegação Aérea, em 1991, passando a ser o termo genérico para referir os sistemas de navegação por satélite.

Na aula anterior, foram abordadas as definições sobre o GPS, principalmente quanto à estrutura básica do sistema (os três segmentos e seu funcionamento). Mas será que podemos dizer que só existe um tipo de sistema, o inventado pelos norte-americanos?

Como você viu anteriormente, o fato de os EUA possuírem o monopólio do segmento espacial fez com que o resto dos países ficasse dependente de seu sistema de navegação global por satélites (GNSS). Assim como os norte-americanos, os russos também desenvolveram um GNSS próprio, denominado Glonass, que está ativo, porém ainda não apresenta cobertura suficiente para ser chamado de sistema global. Essa primeira geração de GNSS é denominada de GNSS 1, por serem os primeiros a terem sido desenvolvidos.

Ao longo do tempo, com o desenvolvimento da tecnologia espacial e da informática, foram surgindo outros GNSS, com destaque para o Galileo (europeu) e o Compass (chinês), além da atualização dos sistemas GPS e do Glonass. Essa geração é conhecida por GNSS 2, conforme ilustra a **Figura 6.2**.

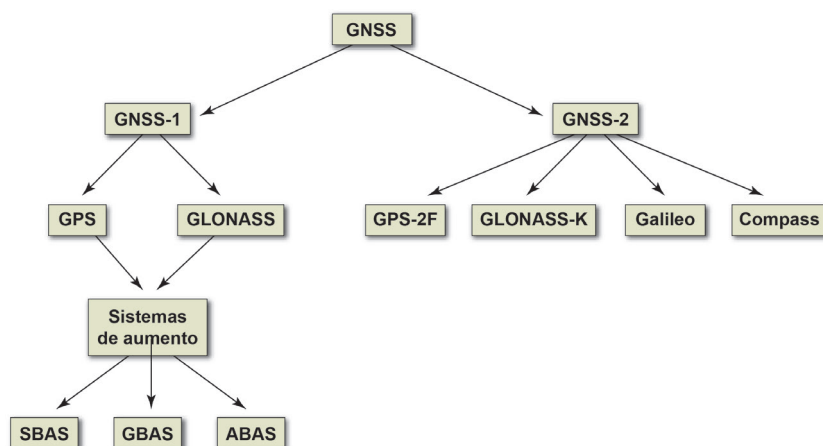


Figura 6.2: Representação atual para o GNSS.

Fonte: Adaptado de Álvarez (2008, p. 18). <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

Esse aumento do número de sistemas disponíveis no mundo se deve à importância que essa tecnologia começou a ter a partir do novo milênio, tanto no número de possíveis aplicações, como pelo mercado que vem gerando. Tal expansão de mercado se dá principalmente da Europa, que quer ter a opção de desenvolver um segmento espacial próprio, acabando, assim, com a dependência do sistema estadunidense. Na Aula

5, nos detemos mais na tecnologia do GPS, mas o que seria o Glonass e qual o seu histórico de criação e funcionamento?

Como vimos antes, parte da tecnologia do Navstar GPS surgiu e se desenvolveu por causa da Guerra Fria no século XX (sendo responsáveis por sua criação o Departamento de Defesa e Transporte dos EUA e a Nasa, no fim da década de 1960 e início da de 1970).

Entre os anos de 1968 e 1969, foi criado, pela ex-URSS, o Glonass (Global'naya Navigatsionnaya Sputiniovaya Sistema), desenvolvido em conjunto pelo Ministério de Defesa Russo e a Academia de Ciências e da Armada Soviética, sendo, atualmente mantido pelo governo russo (Russian Federation Space Force). No entanto, o desenvolvimento do Glonass só começou plenamente em 1976 (quando a constelação ainda tinha quatro satélites), com o objetivo de aumentar sua cobertura global até 1991. De 1982 em diante, foram lançados mais 12 satélites na constelação totalizando, então, 16 satélites.

No entanto, com o colapso da economia russa, somente oito satélites estavam efetivamente operativos na constelação entre 1996 e 2002, o que converteu o Glonass em um sistema quase que completamente inútil a nível mundial. Quando a Rússia começou a restaurá-lo, em 2003, passou a diversificar as parcerias para sua reestruturação e, em 2009, introduziu o governo indiano como sócio, acelerando o programa, com o objetivo de restaurar sua cobertura global. Atualmente, o sistema conta com 22 satélites.

Portanto, o Glonass apresenta muitas similaridades com seu concorrente, o GPS, pois possui três segmentos:

1. *segmento espacial*: constelação de satélites onde, originalmente, previam-se 24 satélites (planejada para terminar até 1995), sendo que atualmente é considerada possível uma operacionalidade com 22 satélites em três planos orbitais a 19.100 km de altura. Porém, desde 2008, há apenas 16 satélites em órbita, dos quais dez são operativos e seis estão apagados temporariamente (**Figura 6.3**);

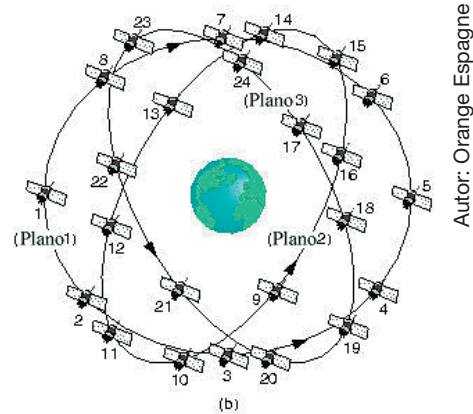


Figura 6.3: Exemplo dos três planos da constelação Glonass.

Fonte: <http://html.rincondelvago.com/000202830.png>

2. *segmento de controle*: estações de controle espalhadas por todo o território russo;
3. *segmento de usuários*.

Podemos ainda considerar um quarto segmento, que seria o complexo de lançamento espacial, onde se põem em órbita os satélites.

O Glonass tem como principal objetivo apresentar posicionamento 3D, com velocidade e tempo sob qualquer condição climática e em todo o globo. Para isso, tal sistema apresenta dois sinais de navegação: o sinal de precisão padrão denominado SP ou Standard Precision e o sinal de alta precisão, também chamado de HP ou High Precision.

Assim como no Navstar, no módulo SP do Glonass, o posicionamento e o serviço de tempo são fornecidos a todos os usuários civis de maneira contínua, porém com precisão. Esse sistema também transmite sinais em duas bandas (L1 e L2). Porém, diferentemente do GPS, em que todos os satélites apresentam as mesmas frequências, no Glonass cada satélite apresenta a sua própria frequência. As frequências Glonass são definidas a partir de uma frequência central dos canais, que são dadas por:

$$L1 = 1602 + 0,5625 * n \text{ (MHz);}$$

$$L2 = 1246 + 0,4375 * n \text{ (MHz),}$$

em que $n = 1, 2, 3, \dots, 24$ são os números dos canais de cada satélite.

No Glonass, assim como no GPS, existem dois códigos importantes.

O primeiro refere-se ao código C/A, disponível para todos os usuários civis com frequência de 0,511 MHz. Já o segundo se refere ao código P, somente para usuários autorizados e com frequência de 5,11 MHz. Vale ressaltar que ambos os códigos são modulados na portadora L1. Já a portadora L2 é modulada somente pelo código P. Esses códigos são os mesmos para todos os satélites Glonass (MONICO, 2013).

Além dos sistemas GNSS atuais e em atualização (GPS e Glonass), podemos citar um importante sistema em desenvolvimento: o Galileo. O programa Galileo é uma iniciativa conjunta da Comissão Europeia com a Agência Espacial Europeia, tendo também a participação de empresas de diferentes países da União Europeia, com distintas concessões para partes do projeto.

Segundo Vettorazzi (2009), o sistema Galileo, quando totalmente implementado, será compatível com o GPS e o Glonass, oferecendo duplas frequências como padrão, o que garantirá a disponibilidade do serviço, sobretudo nas circunstâncias mais extremas.



Figura 6.4: Símbolo do projeto Galileo, de GNSS da União Europeia.

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Galileo_logo.svg - ESA

A previsão é de que o sistema completo apresente 30 satélites (27 + três satélites sobressalentes operacionais), posicionados em três planos orbitais da Terra a 23.222 km de altitude.

Na visão de Vettorazzi (2009), além da questão da soberania, outras questões foram importantes para a criação do Galileo, entre elas:

- a junção de GPS e Glonass inclui o Galileo no sistema de navegação global (GNSS), que, devido a um maior número de satélites, possibi-

litará a determinação de posições mais precisas e exatas para a maioria dos lugares na Terra, inclusive onde hoje ainda existe obstrução do sinal;

- colocando seus satélites em órbitas mais inclinadas em relação ao plano equatorial do que o GPS, o Galileo conseguirá melhor cobertura em latitudes elevadas, como nos polos Norte e Sul do planeta, onde o sinal dos outros GNSS ainda não chega ou possui muita degradação;
- com o Galileo, a Europa entra na concorrência do mercado de exploração de navegação por satélite, o que é de grande importância para os usuários, pois essa concorrência fará com que o custo dos receptores e a qualidade dos sistemas melhorem e sejam cada vez mais precisos.

Segundo alguns pesquisadores, o sistema estava programado para entrar em completa operação no ano de 2013. Os primeiros sinais do projeto Galileo foram transmitidos em janeiro de 2006 pelo satélite Giove-A (em órbita desde dezembro de 2005).



Figura 6.5: Os satélites Giove-A (esquerda) e Giove-B (direita) do projeto Galileo.

Fontes: http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2007/03/GIOVE-A_in_orbit_artist_s_impression / http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2008/03/GIOVE-B_in_orbit



Raoul Kieffer

Figura 6.6: O segundo satélite experimental, Giove-B, foi lançado em abril de 2008 por um foguete (Soyuz), da base de Baikonur, no Cazaquistão.

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Giove_B_-_Launch_Day_\(052\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Giove_B_-_Launch_Day_(052).jpg)

É importante ressaltar que os dois satélites Giove têm como principais objetivos:

- testar a transmissão e integridade dos dados, nas faixas de frequências estipuladas para comunicação entre os segmentos espacial e do solo;
- assegurar o uso das frequências de rádio estipuladas pela União Internacional das Telecomunicações;
- avaliar o uso de novas tecnologias aplicadas ao sistema para reduzir riscos e auxiliar no sucesso da missão;
- verificar e testar a recepção dos dados;
- estudar as características da órbita de implantação dos satélites.

Embora com concepções diferentes, podemos dizer que os sistemas de posicionamento globais operantes no mercado possuem tecnologia semelhante, considerando os segmentos espacial, de controle e de usuário.

Com relação ao segmento de controle, quando o Galileo estiver em operação, serão implantados dois centros em solo, um na Alemanha e outro na Itália, para viabilizar o controle dos satélites e o gerenciamento do sistema de navegação. Segundo informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2010), também serão construídas 20 estações que atuarão no envio de dados aos centros de controle para avaliação da integridade das informações e sincronia dos satélites.

As potencialidades do sistema Galileo, em relação aos outros, estão representadas nos serviços que serão oferecidos aos usuários. Os dados

fornecidos serão enquadrados em cinco categorias:

1. Open Service (OS), que, como o próprio nome diz, será de acesso livre aos usuários. O sinal enviado aos receptores em solo será transmitido em duas bandas diferentes (1.164 a 1.214 MHz e 1.563 a 1.591 MHz). Em relação às outras categorias disponibilizadas pelo Galileo, esse serviço promete menor exatidão em sinal aberto, e será destinado para uso público e interesses gerais. Ele será compatível com os dados GPS de uso civil caso estes sejam captados em uma única banda, ou seja, caso sejam menores que 15 metros na horizontal e menores que 35 metros na vertical. Porém, se forem utilizadas as duas bandas disponíveis, a exatidão aumentará para menos de 4 metros na horizontal e menos de 8 metros na vertical.
2. Comercial Service (CS), maior performance em dados voltados ao serviço comercial e uso profissional, podendo ser acessados mediante contratação do serviço. Os sinais serão transmitidos em três canais, sendo dois disponíveis no Open Service e um terceiro sobressalente, que vai operar na faixa de 1.260 a 1.300 MHz e, com isso, diminuir os erros de posicionamento horizontal para apenas alguns centímetros.
3. Public Regulated Service (PRS), que vai oferecer máxima qualidade para uso restrito, voltado às autoridades responsáveis pela proteção de civis e segurança nacional.
4. Safety of Life Service (SoL), que oferecerá acurácia semelhante à do Open Service, porém será capaz de detectar automaticamente problemas de precisão e se voltará para o uso em transportes, principalmente na navegação aérea e marítima.
5. Search and Rescue Service (SAR), que será um sinal de apoio responsável pela emissão de alertas emergenciais, com o objetivo de auxiliar em operações de resgate, interligados ao sistema internacional Cospas-Sarsat (International Satellite System for Search and Rescue).

A idealização do projeto Galileo leva em consideração a interoperabilidade entre os sistemas disponíveis no mercado (GPS e Glonass). Para que isso ocorresse, os responsáveis pelo projeto criaram um programa denominado **Egnos** em 1993. Assim, diversos aprimoramentos nos serviços oferecidos pelos sistemas GNSS na Europa vêm sendo desenvolvidos. Esse sistema tem metodologia similar ao Waas para a geração, envio e aplicação da correção dos dados; ele trabalha para aumentar a acurácia e precisão dos dados enviados pelos sistemas em operação atuais. No entanto, sua área de abrangência inclui apenas os

Egnos (European Geostationary Navigation Overlay Service)

Sistema de melhoria da precisão (correção/augmentation). Também chamado de DGPS (GPS Diferencial), que consiste em um GPS mais acurado, com uma antena a mais, que serve para corrigir e dar maior precisão aos dados captados).

estados europeus, mas deverá ser estendida a outras regiões num futuro bem próximo.

Devem ainda ser considerados os sistemas denominados **MSAS** (japônês) e **Gagan** (indiano) para melhoria do sinal **GPS** e para geração, envio e aplicação de correção similares ao **Waas** e Egnos.

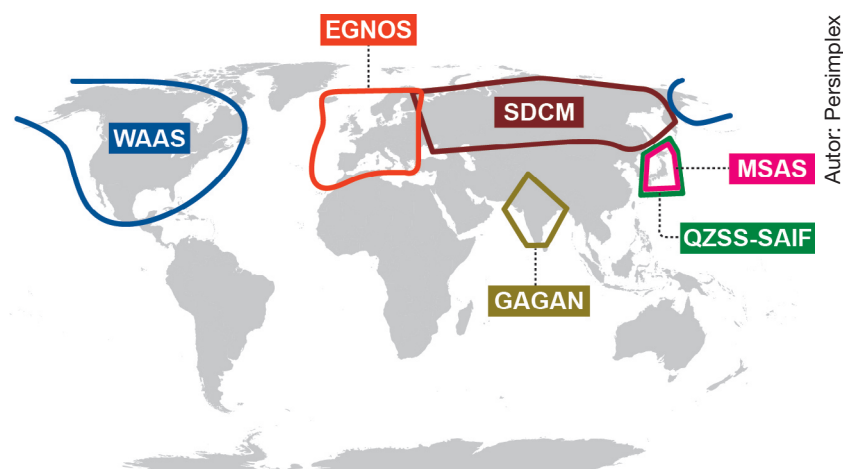


Figura 6.7: Sistemas de melhoria de precisão (DGPS) do hemisfério norte da Terra.

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBAS_Service_Areas.png?uselang=pt-br

MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System)

Sistema implantado na Ásia.

Gagan (GPS and Geo Augmented Navigation)

Sistema para promover a acurácia, planejado para ser implementado pelo governo da Índia.

Waas (Wide Area Augmentation System)

Sistema disponível apenas para os EUA, com acurácia de 7,60 m (vertical e horizontal).

No Brasil, é importante ressaltar a criação do Galileo Information Centre, gerenciado pelo Centro Regional de Educação em Ciência e Tecnologia Espacial para América Latina e o Caribe – Cretealc. A criação desse centro tem o objetivo de fomentar a cooperação da Europa e da América Latina no desenvolvimento do mercado para o Galileo e na identificação de potencialidades e novas aplicações do sistema em projetos comerciais, relacionados ao meio ambiente, agricultura e serviços em geral (GALILEO INFORMATION CENTRE, 2010).

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Sabemos que o sistema GPS é constituído por três segmentos: espacial, de controle e de usuário. De acordo com o conteúdo desta aula, você diria que, assim como no GPS, todos os outros sistemas de navegação

por satélite global (GNSS) possuem os mesmos três segmentos? Descreva, de maneira resumida, como esses segmentos ocorrem no sistema Glonass e Galileo.

Resposta comentada

Como informado na aula, os sistemas Glonass e Galileo também possuem os segmentos espacial, de controle e de usuário, assim como no sistema GPS. Porém, em sua resposta você deve ressaltar o fato de que esses segmentos possuem estruturas diferentes em cada sistema. Por exemplo, o número de satélites em operação é diferenciado entre os sistemas GPS e Glonass, e os centros de controle do segmento de controle são territorialmente distribuídos de maneira distinta. O sistema Galileo tende a se estruturar a partir desses segmentos (espacial, controle, usuário), também mantendo suas especificidades.

As aplicações do GNSS nos dias atuais e para a geografia

O advento do sistema de navegação e posicionamento GPS revolucionou as técnicas de posicionamento, levando o cidadão comum a utilizá-las de formas variadas. Muitas áreas já possuem o GPS inserido em suas atividades: dos grandes trabalhos científicos às atividades de lazer, principalmente atividades esportivas como **enduros**, excursões e caminhadas ecológicas, essa ferramenta está cada vez mais presente.



Enduro é uma modalidade esportiva que utiliza algum tipo de veículo (carro, jipe, motocicleta, bicicleta) em uma competição de longa duração, realizada em terreno fortemente acidentado. Já os ralis são uma forma de competição automobilística disputada em vias públicas ou privadas com veículos de produção modificados ou especiais como *pickups*, caminhões, motos e automóveis convencionais. Este esporte se distingue por não ser disputado em autódromos, mas em um formato ponto a ponto no qual os participantes e seus copilotos (conhecidos também como navegadores) dirigem entre pontos de controle determinados (estágios), partindo em intervalos regulares a partir de um ou mais pontos de partida. Ralis podem ser vencidos por percorrer o trecho no menor tempo possível (rali de velocidade), por percorrer o trecho dos estágios mais próximo possível de um tempo predeterminado (rali de regularidade) ou por completar o número de voltas antes. (RALI, 2016).



Figura 6.8

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ejemplo_de_moto_Enduro_2_tiempos.jpg - Mikeldi

Assim, a utilização de sistemas GNSS cresce a cada dia, tendo diversas aplicações, com destaque para: navegação aérea, marítima e terrestre, mapeamentos urbanos e rurais, agricultura de precisão, segurança contra furto de veículos, localização de incêndios, apoio na definição de trilhas, ralis, monitoramento de modelos geodésicos e geodinâmicos espaciais, climatologia espacial, sismologia, movimentos tectônicos etc. Os avanços tecnológicos permitem o surgimento de receptores cada vez menores e mais precisos. Por isso, não é exagero dizer que chegaremos ao dia em que nossos relógios de pulso, além da hora, nos apresentarão coordenadas através do GPS (BOLFE; VASCO, 2005).

Vamos ver alguns exemplos das aplicações mais usuais do GNSS nos dias atuais na geografia, e como proceder para utilizar o equipamento no segmento dos usuários civis em atividades turísticas, por exemplo.

Muitas vezes o turista, ao organizar uma viagem, recorre à internet para conseguir mapas. Os mapas roteáveis por GPS já são uma realidade no planejamento de uma viagem pelo turista moderno.

Mas o que é um mapa roteável? E como é criado?

Trata-se do mapa que é passível de navegação, principalmente por aparelhos GNSS. Geralmente, os mapas usados em navegadores GNSS são constituídos por linhas e polígonos. As linhas, em sua maioria, representam ruas, avenidas, estradas, linhas de metrô, trem etc. E os polígonos representam praças, parques, cemitérios, represas, entre outros elementos do espaço geográfico.

Muitas vezes, os mapas necessitam de um detalhamento maior, por meio de um levantamento mais preciso do que está sendo cartografado. Muitas etapas e procedimentos são necessários para que se chegue a um produto final, tais como pesquisas de campo, obtenção de dados cartográficos oficiais e levantamento topográfico. Um exemplo disso é a produção de mapas para navegadores veiculares, que exige consistência em captação de fontes e em processos de atualização, sendo, posteriormente, analisadas e separadas de acordo com características próprias (MARTINS, 2009).

Segundo Martins,

Após a compilação dos dados básicos, como nome de ruas, praças e rios, são agregados outros tipos de informações, caso de CEPs, numeração e sentido das vias, quantidade de faixas e placas. Esses dados são obtidos através de levantamento de campo

realizado por pesquisadores, que vão até o local e detalham as informações necessárias para que o mapa torne-se roteável, ou seja, passível de navegação. Essa é a única maneira de ter dados precisos e que estejam de acordo com a realidade.

Contudo, ainda há muitas dificuldades no uso dos mapas, os quais podem apresentar rotas específicas, principalmente porque as bases cartográficas ainda não estão presentes em número suficiente de dados das cidades nos navegadores. Dessa forma, uma das dificuldades das empresas fornecedoras de mapas é manter sua base de informações atualizada.

Devido à falta de fontes corretas de dados, o trabalho de campo é uma parte muito necessária no mapeamento dos espaços geográficos e nos levantamentos de informações sobre eles, já que as empresas estão se preparando para esse mercado em expansão, principalmente com a chegada de navegadores, PDAs e *smartphones* com GPS. Diante da evolução tecnológica, cada vez mais se torna necessária a existência de mapas não apenas para aplicações como cobranças de impostos ou verificação do censo, mas também para a difusão de outras aplicações, como é o caso do projeto Mapear, que contém detalhes de estradas e cidades de quatro países da América do Sul (Argentina, Uruguai, Chile e Peru). Com arquivos roteáveis, os mapas podem ser baixados no GPS (são compatíveis com os *softwares* internos dos equipamentos de GPS, a exemplo da marca Garmin, também denominado de Map Source).



Para saber mais detalhes sobre o projeto Mapear, acesse o *site* <http://www.proyectomapear.com.ar/>.

Para quem estiver procurando mapas especificamente da Argentina e Bolívia, existe o <http://www.gps.com.ar/>.

Um mapa roteável do Peru pode ser encontrado em <http://www.gps-peru.forums-free.com/>.

Entre os aparelhos receptores de GNSS e os *hardwares* (*desktops*, *palms* etc.), existem diversos *softwares* de comunicação que podem ser utilizados para a transferência de dados. Um dos projetos bem sucedidos no Brasil no fornecimento de base de mapas para os receptores foi o TrackSource. Trata-se de um projeto criado para distribuir gratuitamente mapas vetoriais do Brasil, para uso em aparelhos GPS da marca Garmin. Seu surgimento deu-se pela necessidade de fornecer mapas atualizados aos usuários, já que os fornecidos pela Garmin eram de baixa qualidade, não contendo detalhes internos das cidades, restringindo-se a apenas uma parte das rodovias federais e estaduais e apresentando, ainda, muitos problemas de precisão no traçado e posicionamento dos locais.

Existem vários *softwares* de interface entre GPS/GNSS e computadores *desktops* ou portáteis de fácil manipulação. Um deles é o GPS Track Maker, que é capaz de desenhar mapas detalhados através de sua comunicação com várias marcas de aparelhos (mais de 160 modelos), e ainda possui integração de dados com o Google Maps e o Google Earth, possibilitando utilizar suas imagens de satélite. Esse *software* existe nas versões gratuita e profissional (paga).



Site do projeto TrackSource: <http://www.tracksource.org.br/>.

No site <http://www.gpstm.com>, há ainda opção para *download* gratuito de mapas de todo o mundo, assim como trilhas, rotas, *waypoints* e imagens de fundo, que podem ser utilizadas para criar mapas e implementar-lhes outros, tendo grande utilidade para fins de planejamento turístico.

Conclusão

Atualmente, o sistema de navegação e posicionamento global mais difundido é o GPS, de origem americana. O Glonass, de origem russa, juntamente com o Galileo e o Compass (europeu e chinês, respectivamente) completam o grupo dos sistemas GNSS.

A modernização dos satélites, bem como o lançamento de outros, resultam no aumento das constelações dos sistemas e no poder de resposta à demanda crescente por serviços de localização geográfica. Cada vez mais, necessitaremos e nos tornaremos dependentes da precisão cartográfica sobre a superfície terrestre.

Devemos ainda atentar para o fato de que a interação e integração entre os sistemas e tecnologias de recepção poderão garantir maior confiabilidade e segurança para o usuário.

Atividade final

Atende ao objetivo 2

A facilidade com que a tecnologia espacial proporciona a obtenção de coordenadas na superfície terrestre ampliou em muito o número de usuários que passou a utilizar informações georreferenciadas; e deve aumentar ainda mais.. (MONICO, 2008, p. 26).

Com base nas afirmações do autor acima referido e no conteúdo apresentado nesta aula, disserte brevemente sobre a expansão dos sistemas GNSS.

Resposta comentada

Como você deve ter aprendido, muitos países e cooperações internacionais têm investido na expansão dos sistemas GNSS, objetivando o atendimento de interesses voltados ao domínio e à soberania tecnológicos. A tendência que se observa é a disponibilização de uma “rede” maior e

mais variada de GNSS, e, por conseguinte, serviços gratuitos para captação de sinais de localização e navegação. Assim sendo, muitas áreas relacionadas ao planejamento urbano, ao estudo do espaço geográfico, e ao planejamento e à gestão ambiental estão se beneficiando com a utilização de dados GNSS. No campo da geografia, vale ressaltar a utilização de dados GNSS para levantamento de dados topográficos, mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal, identificação de pontos de controle de qualidade ambiental, monitoramento de recursos hídricos, prevenção de desastres naturais, entre outros serviços.

Resumo

O sistema GNSS (Global Navigation Satellite System), em expansão, conta com a atualização do sistema GPS (americano) e do Glonass (russo), além da implementação em andamento dos sistemas Galileo (europeu) e Compass (chinês). Essa nova configuração se deve à busca da soberania tecnológica (e geopolítica) das nações desenvolvedoras, com o favorecimento de usuários distintos, comuns ou avançados. Os sistemas tendem a implantar segmentos muito próximos (espacial, de controle e de usuários), porém com especificidades quanto a sua configuração tecnológica e territorial. Muitas áreas que se utilizam de seu próprio posicionamento geográfico e da atividade da navegação como fonte de renda podem contar com uma precisão crescente do serviço, além de menor dependência de uma rede única de satélites. Para a geografia, vale ressaltar as atividades relacionadas ao planejamento urbano e ambiental, com destaque para o monitoramento de desastres naturais e o levantamento de dados cartográficos e topográficos.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, introduziremos o conceito de geoprocessamento e descreveremos suas diversas aplicações. Até breve!

Referências

ÁLVAREZ, D. A. G. *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)*. 2008. 124 p. Proyecto fin de carrera (Grado)–Escuela Politecnica Superior, Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, 2008. Disponível em: <<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

BOLFE, E, L. Aplicações de GPS: sistemas de posicionamento global. *Agronline*, Curitiba, abr. 2005. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=223>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Sistemas orbitais de monitoramento e gestão territorial. GALILEO. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/galileo.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2010.

GALILEO INFORMATION CENTRE. Galileo Information Centre. Disponível em:

<<http://www.galileoic.org/>>. Acesso em: 1 nov. 2010.

MARTINS, L.; BRANCO, A. Mapas: de onde vem e para onde vão? *Administradores.com*, João Pessoa, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/mapas-de-ondevem-e-para-onde-vaio/29523/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

MONICO, J. F. G. *GNSS: estado da arte*. Presidente Prudente: Gege – Grupo de Estudo em Geodésia Espacial/Unesp, 2008.

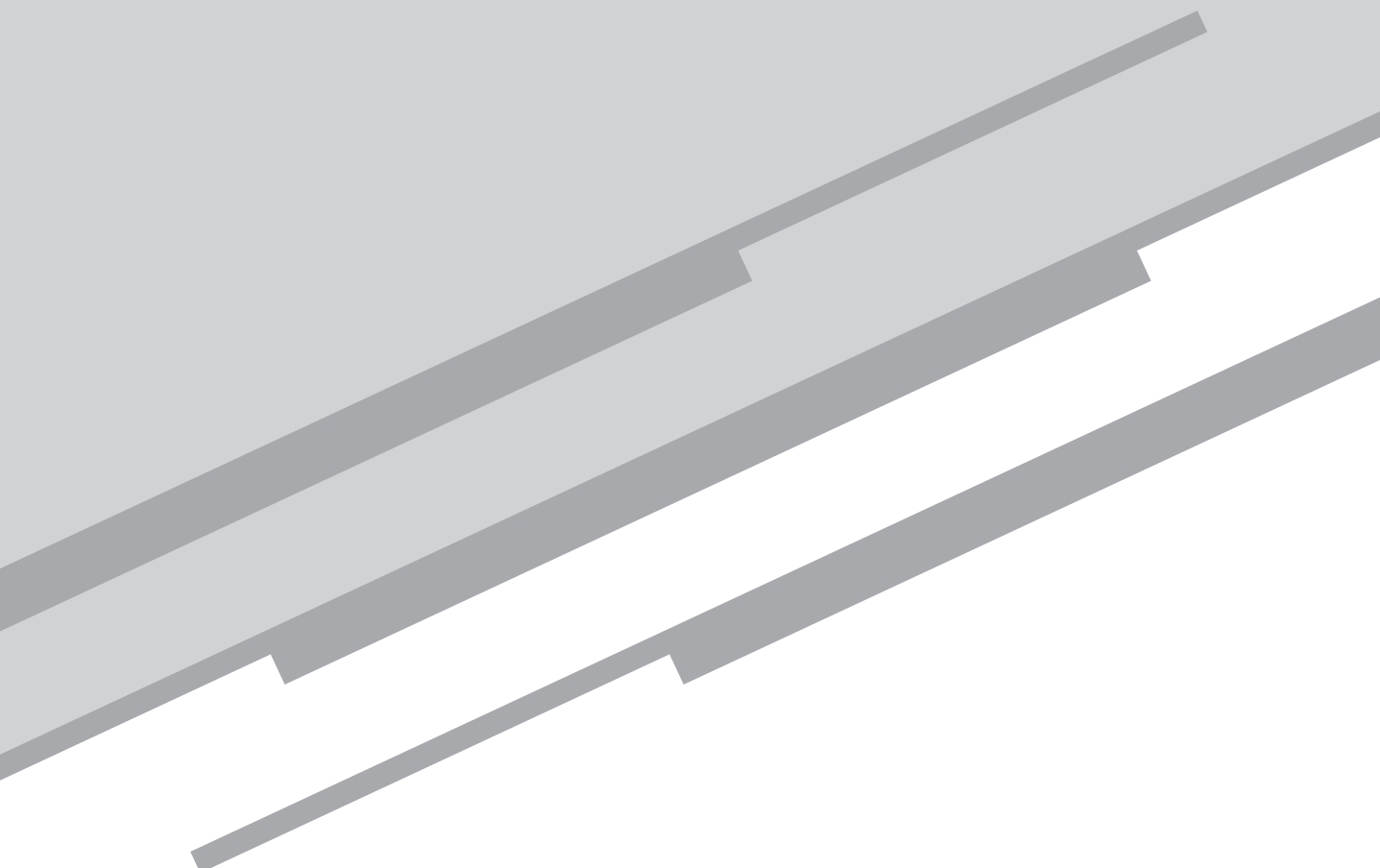
_____. *Do GPS e GLONASS ao GNSS*. 2013. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2013/06/05/do-gps-e-glonass-ao-gnss/>>. 2013. Acesso em 18 out. 2018.

RALI. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Rali>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

VETTORAZZI, C. *GNSS: princípios de funcionamento, métodos e aplicações*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2009.

Aula 7

Elementos de geoprocessamento



Hugo Portocarrero

Meta

Introduzir o conteúdo sobre geoprocessamento a partir de sua fundamentação teórica e de suas aplicações.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir o conceito de geoprocessamento;
2. avaliar a importância do geoprocessamento para a representação e análise do espaço geográfico.

Introdução

Processar a informação geográfica tem sido um desafio no âmbito das ciências e das atividades econômicas, didáticas e administrativas. Isso porque o espaço, objeto da geografia, é dinâmico. No entanto, o processamento da informação georreferenciada em meio digital surgiu como uma medida viável para o acompanhamento de todo esse dinamismo, ainda que com custos altos.

O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de técnicas envolvendo conhecimentos da informática e da cartografia, aplicada à Geografia. Muitos autores e pesquisadores o consideram estritamente uma técnica; outros o consideram uma ciência. O consenso é que trata-se de uma atividade instigante e repleta de possibilidades para o geógrafo.

Geoprocessamento engloba conhecimentos teóricos e práticos com aplicações distintas. Nesse sentido, é importante conhecer o tema mais profundamente para que não prevaleça uma visão limitada do geoprocessamento como uma simples ferramenta e para que tenhamos uma dimensão exata em relação ao processamento da informação geográfica.

O “geo” e o “processamento” são complementares?

O prefixo *geo-* nos remete ao globo, à Terra, ao espaço terrestre natural e construído, enfim, ao nosso meio. Já vimos insistentemente aqui em nosso curso termos como *geografia* e *geociências*. Se retirarmos o prefixo *geo-* dessas palavras, podemos complementá-las, objetivando manter o mesmo sentido, com outra palavra: Terra. Assim, *geografia*, dentro de um contexto, poderia ser substituída por *grafia* (marcas, descrição, representação...) da/sobre a Terra. Da mesma forma: *geociências* = ciências da Terra, incluindo Geografia, Geologia, Oceanografia etc.

O fato é que o prefixo *geo-*, em muitas palavras, está eminentemente ligado à própria geografia, enquanto descrição da Terra. É o caso do *geoprocessamento*, que indica o desenvolvimento de um processo, em constante evolução, para o apoio às análises relacionadas à *grafia* ou à representação da Terra.

Processamento, conforme podemos consultar nos dicionários, é o ato ou efeito de processar. Em outras palavras, estrategicamente mais

próximas ao que estamos aqui abordando, processamento indica sujeição a exame e análise, como, por exemplo, o processamento de dados. Podemos dizer que o termo “processamento” isoladamente se torna vago, dependendo do contexto.

Já o processamento de dados consiste em extrair informação de dados. Mais especificamente, no tratamento de dados por meio de máquinas, para obter resultados da informação que contêm. Nesse sentido, o geoprocessamento pode ser visto como o processamento de dados informatizado e georreferenciado (com referência espacial).

A resolução de problemas, em qualquer atividade humana – cotidiana, científica, didática etc. –, consiste em uma série de tarefas. Dentre elas, são fundamentais refletir sobre o que é e como fazer, e executar as operações. Nas atividades em que se emprega o computador, o ser humano define comandos e a máquina os executa.

Segundo Rocha (2000), a informática auxilia na automação de processos. Desde o seu advento, surgiram várias ferramentas que possibilitaram captura, armazenamento, processamento de dados geográficos e apresentação de informações espaciais. A ligação técnica e conceitual dessas ferramentas levou ao desenvolvimento do geoprocessamento.

Devemos entender que geoprocessamento não é uma ferramenta simples e específica. Mas um conjunto de ferramentas com um aporte teórico relacionado à apropriação destas frente à modelagem do mundo real. Essa modelagem em meio computacional exige um raciocínio sobre “o que se deseja?”, ou seja, “que tipo de informação se quer extrair?” e “com que finalidade?”. Essas perguntas sempre farão parte de uma problemática geográfica para o profissional geógrafo.

A definição do objetivo em qualquer pesquisa que envolva geoprocessamento é fundamental para a adoção das técnicas. É por meio de perguntas tais como “o que se quer?” ou “aonde se quer chegar?” que poderá se delinear “como se chegar até determinado fim?”.

O geoprocessamento, de maneira simples, pode ser visto como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico, com base em algum tipo de raciocínio. As atividades englobando o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos, mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs).

Os SIGs são destinados ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados). São utilizados desde a coleta

dos dados até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais etc. Os SIGs devem prever recursos para armazenagem, gerenciamento, manipulação e análise de dados geográficos (SPRING, 2010).

Jorge Xavier da Silva (2001) definiu geoprocessamento como sendo um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre dados geográficos, transformando-os em informação. Tais registros de ocorrências georreferenciadas formam bases de dados. A partir delas podem ser extraídas informações que geram acréscimo de conhecimento.

Rocha (2000) definiu geoprocessamento como uma tecnologia transdisciplinar. Por meio do processamento de dados geográficos, o geoprocessamento integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, metodologias e pessoas. Essa integração é necessária quando da coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas aos mapas digitais.

Para Câmara et al. (2001), uma nova ciência estaria surgindo, denominada Ciência da Geoinformação. Seu objetivo seria o estudo e a implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico.

Com base nas definições apresentadas, podemos, então, destacar elementos básicos para o geoprocessamento: dados geográficos, recursos humanos, equipamentos (de entrada, de armazenamento e processamento, e de saída), programas computacionais e métodos de trabalho. Esses elementos estão relacionados aos materiais e aos métodos, bem como à percepção do ser humano. Dada a gama de possibilidades de aplicações em geoprocessamento, tais elementos podem se combinar de diversas maneiras.

É importante compreendermos que, para se trabalhar com geoprocessamento, ou até mesmo utilizar a ferramenta (conforme o entendimento de alguns autores), às vezes, dependemos de diversos equipamentos e *softwares* que facilitam o processamento dos dados. É compreensível e normal, no meio acadêmico, por exemplo, a execução de trabalhos em diversas plataformas pelo fato de elas não agregarem inúmeras funções e/ou não permitirem a leitura das extensões dos arquivos vetoriais ou raster.

Podemos dividir os equipamentos em três categorias distintas:

- os equipamentos de entrada ou aquisição de dados (como o GPS ou DGPS, por exemplo);

- os equipamentos de armazenamento e processamento de dados (os microcomputadores); e
- os equipamentos de saída e intercâmbio de informações (impressoras e internet, por exemplo).

Os recursos humanos em geoprocessamento compreendem técnicos, analistas e usuários comuns, alocados, ou não, em um laboratório ou centro de pesquisa. Muitas universidades contam com um ou mais laboratórios de geoprocessamento em diferentes departamentos. Os centros de pesquisas podem ser encontrados em órgãos governamentais (secretarias, institutos, ministérios etc.) e também em ONGs.



O Laboratório de Geoprocessamento da UERJ (LAGEPRO) é vinculado ao Departamento de Geografia Física, atende a todos os alunos dos cursos de geoprocessamento na graduação e pós-graduação em Geografia, dispondo de suporte técnico-operacional, alicerçado por equipamentos e sistemas de informática, com rede intra e interinstitucional, e particularmente *softwares* proprietários e livres de Sistema de Informação Geográficas (SIG).

O endereço virtual do LAGEPRO é: <http://www.lagepro.uerj.br> e o blog: <https://lagepro.wordpress.com/>

Dentre os recursos humanos, podemos considerar que os técnicos possuem um conhecimento aprofundado em ferramentas do geoprocessamento, bem como os analistas, que se voltam para a análise de um tema específico frente à utilização dos recursos de geoprocessamento. Geralmente, os técnicos de geoprocessamento são profissionais de nível médio, com curso de capacitação em geoprocessamento e que desempenham atividades mais simples, tais como georreferenciamento, por exemplo. Já os analistas desempenham funções mais complexas, como ferramentas de análise espacial. Por fim, os analistas contribuem de forma teórica e prática, aplicando experimentos práticos por meio do conhecimento teórico abordado em geoprocessamento.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

De acordo com o tema abordado, defina geoprocessamento e suas possíveis importâncias nos estudos geográficos.

Resposta comentada

Pode-se dizer que o geoprocessamento consiste em um conjunto de técnicas e conhecimentos – tanto computacionais (que envolvem equipamentos e programas operados pelos recursos humanos) quanto espaciais –, convertido em métodos, para a extração de informação com base em dados geográficos. Sua aplicação se dá a partir da geração de produtos cartográficos (como mapas temáticos, por exemplo) que auxiliarão nas tomadas de decisões em diversas esferas do governo ou das empresas privadas.

Até aqui discutimos o conceito de geoprocessamento. Vimos que ele é desenvolvido a partir de elementos como os equipamentos e os recursos humanos. Há também os programas computacionais que auxiliam as etapas do geoprocessamento – como o tratamento dos dados e análise –, e ainda os métodos empregados, os quais veremos em nossas próximas aulas.

Dados geográficos e geoinformação

Os processos de análise espacial tratam dados geográficos, que possuem uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um mapa), e atributos descritivos (que podem ser representados em um banco de dados convencional a ser estudado nas próximas aulas).

Segundo o material de Estudo Dirigido em SIG (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2010), os dados geográficos podem ser classificados de acordo com o conjunto de técnicas e métodos empregados no seu levantamento, em três tipos: *planialtimétricos*, *ambientais* e *cadastrais*.

Dados planialtimétricos

Os dados planialtimétricos determinam a posição do objeto em relação à localização e à altitude. Para determinar a localização planialtimétrica e da altitude dos pontos, podem ser empregados métodos e procedimentos matemáticos que envolvem cálculos a partir de figuras geométricas.

Os métodos de levantamento desses tipos de dados podem ser divididos em quatro grupos: levantamentos topográficos, geodésicos, aerofotogramétricos e posicionamento por satélites.

Os levantamentos topográficos são aqueles que se baseiam na medição de distâncias e ângulos, por meio de equipamentos analógicos como o teodolito, por exemplo, e, mais recentemente, por estações totais. São utilizados em levantamentos com extensão de aproximadamente 30 km, nos quais a curvatura da Terra não precisa ser considerada.

Já os levantamentos geodésicos são semelhantes aos topográficos, no entanto são destinados a levantamentos de maiores extensões, nos quais a curvatura da Terra deve ser considerada.

Os levantamentos aerofotogramétricos utilizam fotografias aéreas para determinação da posição dos objetos. Para esse tipo de levantamento, é necessário ter pontos de controle com coordenadas conhecidas para a transformação dos pontos das fotos em valores das coordenadas.

Os levantamentos por posicionamento por satélites se baseiam na utilização de rastreadores geodésicos. A partir das ondas eletromagnéticas que recebem, emitidas de posições conhecidas, permitem que se determine a posição do objeto na superfície terrestre. São exemplos desse levantamento os realizados com o auxílio de sistema de posicionamento por satélites artificiais, como o GPS e o GLONASS, de acordo com o que vimos na Aula 6.

Dados ambientais

Os dados ambientais coletam dados qualitativos ou quantitativos de fenômenos, bem como a sua expressão espacial, a partir de uma variedade de métodos que podem ser divididos em dois grupos: os levantamentos contínuos e os pontuais.

Nos levantamentos contínuos, os dados são coletados de forma contínua no terreno, em geral remotamente, ou seja, sem contato físico direto com o objeto, como é o caso do sensoriamento remoto. Esse tipo de levantamento fornece ainda a expressão espacial e as categorias (classificações) relacionadas ao mapeamento (por exemplo, as categorias de *floresta densa* e *capim* de um mapa de vegetação). Para auxiliar na redução dos custos de trabalho de campo, também pode se utilizar o Google Earth.

Devido à possibilidade de coleta temporal contínua, é possível fazer o monitoramento espacial do fenômeno estudado, como, por exemplo, na realização do mapa de uso e cobertura do solo.

Os levantamentos pontuais são baseados na coleta dos dados em campo a partir de uma rede de pontos de amostragem que visam medir a magnitude do fenômeno. As estações de coleta de dados, como as estações hidrometeorológicas (que captam a transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera), podem ser inseridas nesse grupo. Ainda que nesses levantamentos, haja coleta de dados em campo, a possibilidade de que as informações sejam enviadas por telemetria reduz a quantidade de visitas a campo. Nos levantamentos pontuais, podem ser obtidas séries temporais contínuas que geram uma série histórica de dados e, assim, permitem a análise do comportamento do fenômeno estudado.

Os levantamentos remotos possibilitam a coleta de dados de áreas extensas e de difícil acesso enquanto os levantamentos de campo podem fornecer maior detalhamento e validação de dados obtidos remotamente em laboratório.

Dados cadastrais

Os dados cadastrais definem o número de ocorrências (contagem) e os atributos dessas ocorrências (características). Esses levantamentos podem ser feitos por amostragem, nos quais parte representativa da po-

pulação é levantada, ou por censo, em que todo o universo da população é levantado.

Os métodos de levantamento podem ser de dois tipos: por observação ou por entrevistas. Os levantamentos cadastrais, como o de regularização fundiária e o imobiliário, são exemplos dos métodos de observação. Já as pesquisas domiciliares demográficas e socioeconômicas, conhecidas como censos demográficos, são exemplos dos métodos baseados em entrevistas, em que os atributos são obtidos por meio da aplicação de questionários (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2010).

Dados geográficos não existem sozinhos no espaço. Tão importante quanto localizar é descobrir e representar as relações entre os diversos dados como um apoio à tomada de decisões. Segundo Silva (2003), a realidade espacial é contínua e sujeita a estruturas complexas de dependência espacial.

Assim, a informação é um dado direcionado a um propósito ou a uma finalidade particular. Dessa forma, as descrições dos fenômenos relacionados ao mundo real podem ser arquivadas ora como dados, ora como informações. A diferença fundamental entre dado e informação é que o primeiro consiste num conjunto de valores numéricos ou não a que corresponde à descrição de fatos do mundo real, já a informação é um conjunto de dados que possui um determinado significado para um uso ou uma aplicação em particular, ou seja, ela resulta de um componente adicional que foi agregado ao dado: a interpretação,.

Um dos fatores que distingue os dados geográficos (ou espaciais) dos demais é o fato de que eles estão relacionados, geralmente, a superfícies contínuas, como a superfície topográfica, por exemplo.

Nesse sentido, podemos dizer que o geoprocessamento se constitui em um conjunto de métodos e técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, que podemos chamar de geoinformação. Essa informação, então, provém da análise espacial realizada a partir de dados geográficos.

Na ilustração seguinte, serão descritas algumas análises espaciais que definem as principais características do geoprocessamento. Serão apresentados alguns exemplos relacionados à expressão espacial dos dados em geoprocessamento, tais como:

- condição: representa o fenômeno espacial, como ele ocorre, o que é;
- localização: demonstra onde estão localizados os fenômenos espaciais;

- tendência: busca ilustrar a situação/evolução de tal fenômeno;
- rota: descreve caminhos, trajetos do fenômeno a ser mostrado;
- padrão: representa formas e distribuição de fenômenos espaciais;
- modelo: ilustra modelagens de eventos espaciais.

Quadro 7.1: Exemplos de análise espacial.

Análise	Pergunta geral	Exemplo
<p>Condição</p> 	<p>"O que está..."</p> 	<p>"Qual a população contida no centro desta cidade?"</p>  <p>Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1242770</p>
<p>Localização</p> 	<p>"Onde está..."</p> 	<p>"Quais as áreas com declividade acima de 45%?"</p>  <p>Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1103460</p>
<p>Tendência</p> 	<p>"O que mudou..."</p> 	<p>"Esta área tinha cobertura vegetal nativa 2 anos atrás?"</p>  <p>Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/ficheiro:deforastation_rain_forest_rio_de_janeiro_brazil.jpg</p>

<p>Rota</p> 	<p>"Por onde ir... "</p> 	<p>"Qual o melhor caminho para o metrô?"</p>  <p>Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1075772</p>
<p>Padrões</p> 	<p>"Qual o padrão..."</p> 	<p>"Qual a distribuição de hotéis no Rio de Janeiro?"</p>  <p>Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1193754</p>
<p>Modelos</p> 	<p>"O que acontece se..."</p> 	<p>"Qual o impacto no clima se desmatar-mos a Amazônia?"</p>  <p>Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Amazon.A.2002182.1405.1km.jpg</p>

Fonte: Adaptado de Maguire, Goodchild, Rhind (1991 apud Spring, 2010).

A ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita, ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer (DRUCK et al., 2004).

Geoprocessamento: transdisciplinar?

O geoprocessamento atende, em uma larga proporção, às geociências. Porém, não somente! Outras áreas científicas, administrativas e do ensino, das mais variadas e distintas possíveis, utilizam-se desse conhecimento para realizar suas análises. Isso acontece quando há a necessidade de espacialização das informações em suas pesquisas.

Vimos em nossa primeira aula do curso que mais do que saber “onde estamos?” ou “onde se localiza tal ponto?”, necessitamos detalhar os diferentes aspectos e relações entre os pontos localizados. Temos a necessidade de (re)conhecer o território e de analisar espacialmente os aspectos naturais e humanos vinculados ao nosso objeto de estudo.

Por exemplo, nos diversos campos da biologia são estudados os seres vivos. Para atender a pesquisas específicas nessa ciência, pode ser mapeada a ocorrência de espécies e populações de flora e fauna, cruzada com outras informações espaciais de clima, relevo, nível de interferência humana etc. Já na área de saúde e medicina, é crescente a necessidade da visão espacial da incidência de doenças e epidemias, por exemplo, para o planejamento hospitalar e o controle de epidemias.

Percebemos que, nas áreas citadas, há uma integração entre determinados objetos de estudos com outros, em especial com o objeto da geografia: o espaço geográfico. A perspectiva de uma visão holística nas mais diversas áreas é necessária para a resolução de problemas complexos. Rocha (2000) explicita que o geoprocessamento surge como um importante elo entre diversas ciências, artes, filosofias e entidades.

O geoprocessamento envolve um conjunto de técnicas e conhecimentos capazes de atender a diferentes demandas em busca da análise integrada sobre o espaço geográfico. Dessa forma, é concebido a partir de distintas percepções sobre o mundo real. Assim sendo, o geoprocessamento é caracterizado por uma *transdisciplinaridade* quanto a sua concepção e sua aplicação.

===== **Atividade 2** =====

Atende ao objetivo 2

Com base no **Quadro 7.1**, (re)crie exemplos de diferentes tipos de análise espacial para uma região ou localidade qualquer de interesse, relacionada (direta ou indiretamente) à geografia, evidenciando um objetivo vinculado a representação e análise do espaço geográfico.

Resposta comentada

Os exemplos criados podem todos estar vinculados a diferentes temáticas, tais como: epidemias, mapeamento de trilhas e os impactos gerados, concentrações populacionais e a chegada de serviços. Digamos que se esteja elaborando um estudo sobre impactos ambientais no Parque Nacional da Tijuca (RJ), veja, a seguir, quais perguntas poderiam ser feitas e, entre parênteses, qual variável/aspecto a ser analisado:

Qual a quantidade de trilhas existentes no Parque? (Condição).

Qual o quantitativo de visitas mensal e anual? (Tendência).

Das trilhas mapeadas, quais se encontram em melhores condições? (Roteamento).

Qual a distância (em Km) para a subida ao pico da Tijuca e para o pico do Papagaio? (Padrões).

Quais os possíveis impactos gerados em uma trilha sem conservação? E com conservação? (Modelos).

Conclusão

O geoprocessamento consiste em uma tecnologia que pode ser utilizada por diversos públicos, com destaque para os geógrafos e profissionais de outras áreas das ciências da Terra. Além deles, o geoprocessamento também pode atender outros públicos, com diferentes perspectivas e objetivos. Assim, pode ser utilizado como ferramenta por uma gama de profissões, desde que o usuário tenha uma noção básica conceitual e esteja familiarizado, mesmo que superficialmente, com as técnicas envolvidas. No mais, o requisito principal é justamente aquele relacionado ao que o geoprocessamento se propõe, ou seja, objetivar a representação e análise do espaço geográfico a partir de qualquer tema em qualquer área do conhecimento.

Em um país com um vasto território, como o Brasil, o geoprocessamento apresenta enorme potencial. Lidamos com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os complexos problemas sociais, econômicos e ambientais nos meios urbano e rural. Nesse sentido, o geoprocessamento pode contribuir na geração de informações territoriais e ganho de conhecimento, auxiliando pesquisadores, educadores e administradores.

Atividade final

Atende aos objetivos 1 e 2

A partir do que foi estudado nesta aula, explique a importância do uso dos dados em geoprocessamento e sua caracterização enquanto tecnologia transdisciplinar.

Resposta comentada

A utilização de diversos tipos de dados faz do geoprocessamento uma tecnologia bastante importante no que se refere à manipulação de dados espaciais. Assim, dados de diversos tipos (planialtimétricos, ambientais

e cadastrais), por sua caracterização espacial, podem ser usados por qualquer disciplina do conhecimento desde que se tenha conhecimento prévio sobre o assunto a ser estudado.

Resumo

O geoprocessamento envolve conhecimentos teóricos e práticos, com aplicações nas mais variadas áreas, dentre as quais cabe destacar as atividades científicas, administrativas e didáticas. Muitos autores o veem como uma ciência que objetiva o estudo e a implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico. O processamento da informação geográfica, por meio de métodos e recursos computacionais e humanos, depende de outro importante elemento: o dado geográfico. A informação geográfica (ou geoinformação) provém da análise espacial realizada a partir de dados geográficos, que podem ser planialtimétricos, ambientais e/ou cadastrais.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, abordaremos os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que se configuram como uma das ferramentas mais difundidas do geoprocessamento. Até lá!

Referências

CÂMARA, G. et al. *Geoprocessamento: teoria e aplicações*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

_____. et al. *Introdução ao geoprocessamento*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

D'ALGE, J. C. L. *Cartografia para geoprocessamento: introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

DRUCK, S. et al. (ed.). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. W. *Geographic Information Systems: principles and applications*. 2 ed. Longman/Wiley, 1991.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia interdisciplinar*. [S.l.], [s.n.], 2000.

SILVA, A. D. B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 2003.

SILVA, J. X. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: Ed. do autor., 2001.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. *Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS – SPRING. *Manuais*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. *Sistemas de informação geográfica e geoprocessamento*. 2010. Disponível em: <www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>. Acesso em: 20 abr. 2015.

Aula 8

Conceitos básicos de Sistema de
Informação Geográfica (SIG)

*Vivian Castilho
Rodrigo Silva
Hugo Portocarrero*

Meta

Apresentar a definição e caracterização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs).

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir Sistema de Informação Geográfica – SIG e suas características;
2. analisar as principais aplicações em SIGs.
3. identificar os critérios básicos para a adoção de um SIG em uma pesquisa e/ou projeto, e as principais plataformas disponíveis.

Introdução

Cada vez mais nos reconhecemos como parte integrante de uma sociedade informatizada. No trabalho e em atividades de ensino ou científicas, podemos produzir informação em meio digital de maneira rápida e eficaz, desde que nos apropriemos do instrumental necessário e de um objetivo.

O desenvolvimento de sistemas de informação é crescente no mercado de tecnologias e nas instituições de pesquisa. Os chamados Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são ferramentas deste ambiente tecnológico, relacionadas ao geoprocessamento. Sua área de atuação, como já vimos anteriormente na Aula 7, envolve a coleta e o tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento de novos sistemas, aplicações e metodologias.

Os SIGs apresentam a possibilidade de armazenar simultaneamente dados cartográficos e alfanuméricos, os quais, a partir de funções dos sistemas relacionadas à consulta e ao processamento, nos auxiliam na produção de geoinformação.

A partir daqui, nosso curso irá adentrar o universo dos SIGs e suas implicações teóricas e práticas. Mas por que trabalhar com o conceito de uma ferramenta? Ao longo desta e das próximas aulas, esta questão poderá ser sanada naturalmente. De antemão, devemos entender que, para definirmos qual a ferramenta mais apropriada (em um conjunto de plataformas e funções disponíveis) diante de um objetivo e/ou necessidade, devemos (re)conhecer a sua estrutura básica, seus componentes e principais características, de um modo geral.

Algumas questões conceituais

Vimos em nossa última aula que o geoprocessamento conta com alguns itens básicos para sua (re)produção. São itens de diversas formas e naturezas, tais como os dados geográficos, os equipamentos, os programas computacionais, os recursos humanos, comumente chamados de *peopleware*, e os métodos de trabalho. Atualmente, todas as etapas do geoprocessamento, desde a entrada, o processamento e até a saída de informações, são auxiliadas por sistemas computacionais.

Os programas computacionais para geoprocessamento podem ter funções específicas ou mesmo integrar várias funções. Dentre as fun-

ções, há o tratamento de dados gráficos e a manipulação e extração de dados a partir das imagens de satélite (produtos de sensoriamento remoto conforme já vimos na aula 03). Há ainda programas que se comunicam com o GPS, para a transferência de dados do aparelho ao computador.

Porém, pode-se afirmar que um tipo de sistema é o mais representativo como ferramenta do geoprocessamento: o denominado Sistema de Informação Geográfica (SIG) e suas derivações conceituais. Isto se dá pelo fato de agregar, em sua estrutura básica, muitas das funções que atendem à extração da informação geográfica e às análises associadas.

Assim, estes sistemas são utilizados para aquisição, processamento e saída de informações geográficas, sendo também empregados para a integração dos mais diversos tipos de dados e para a geração automática de mapas temáticos, além de possuírem funções de bancos de dados e de processamento de imagens etc. (D'ALGE, 2001).

Esta tecnologia é mundialmente conhecida como Geographic(al) Information System – GIS. Em relação às terminologias, no Brasil, alguns autores divergem quanto à tradução da sigla GIS. Desse modo, este termo pode ser traduzido tanto como Sistema Geográfico de Informação (SGI) quanto como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Assim, para Rocha (2000, p. 23) o SIG é

um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

Já Joaquim Xavier da Silva (2001, p. 45) define SGI como um sistema capaz de operar sobre seus dados – que são apenas registros de ocorrência de fenômenos identificados –, reestruturando-os para ganhar conhecimento sobre posições, extensões e relacionamentos taxonômicos, espaciais e temporais contidos em suas bases de dados.

Sendo assim, como vimos em nossa última aula, a informação pode ser considerada como um conjunto de registros e dados interpretados e dotados de significado lógico. E, ainda assim, como podemos definir um sistema? Nesse caso, o sistema pode ser entendido como um conjunto integrado de elementos interdependentes, estruturado de tal forma que possam se relacionar para a execução de determinada função (LEITE, 2013; FITZ, 2008).

E como, então, podemos relacionar os termos “sistema” e “informação”? Ao vincularmos os dois termos, podemos definir um sistema usado para prover informação (incluindo o seu processamento) como um sistema de informação. Os sistemas de informação são utilizados para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados e informações a eles vinculados.

O conceito de Sistema de Informação Geográfica está vinculado à capacidade de extração da informação geográfica e de ganho de conhecimento, a partir da análise espacial. Assim, os SIGs são voltados, principalmente, para as análises sobre o espaço geográfico.

Alguns autores e pesquisadores tendem a generalizar os sistemas de informação geográfica e os descrevem como sistemas de informações georreferenciadas, no sentido de que o SIG propriamente dito não deixa de ser, e realmente é, um sistema que trabalha com a manipulação de informações georreferenciadas. Silva (2003) os entende como termos sinônimos relacionados a uma única sigla (ao SIG), sem que isso comprometa uma definição aplicada ao que entendemos como sistema de informação geográfica.

Desse modo, ainda para Silva (2003), os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada. Os dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem da álgebra de mapas cumulativa mais simples (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc.) até álgebras não cumulativas mais complexas (operações lógicas).

A evolução dos SIGs e as perspectivas atuais

Neste tópico iremos abordar o histórico do SIG até chegarmos aos dias atuais.

Neste âmbito, cabe destacar que os sistemas de informação geográfica surgiram ao longo dos anos 1960. Eles têm se tornado ferramentas valiosas nas mais diversas áreas de conhecimento. O primeiro SIG surgiu em 1964 no Canadá denominado Canada Geographic Information System, por iniciativa de **Dr. Roger Tomlinson**.

O Canada Geographic Information System foi desenvolvido na década de 1960 para dar assistência ao manejo do uso da terra e à pesquisa monitorada no Canadá. Neste período, o país estava começando a



Dr. Roger Tomlinson

Geógrafo inglês, nascido em 1933, pioneiro do moderno sistema de informação geográfica informatizada, considerado o “pai” do GIS.

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Roger_Tomlinson_-_Father_of_GIS.jpg - Esri

perceber problemas relacionados aos seus limites e à grande extensão territorial, em combinação com a disponibilidade de recursos naturais. O governo, então, decidiu lançar um programa nacional para auxiliar na gerência e no inventário de seus recursos.

Nas décadas de 1990 e nos anos 2000, teve início o desenvolvimento dos principais sistemas atualmente disponíveis. Desde então este desenvolvimento não parou, e todos os anos a indústria disponibiliza programas computacionais cada vez mais rápidos, robustos e completos.

Não obstante, se por um lado este tipo de dado está disponibilizado, por outro, frequentemente sua utilização é limitada pela ausência de integração, qualidade e apresentação. Dados coletados por um setor não são utilizados por outros, incorrendo em múltiplos, repetitivos e desconexos sistemas de informações. Essa incompatibilidade dificulta ações planejadas em conjunto entre setores. Além disso, diversos organismos são levados a coletar dados semelhantes em sistemas diferentes, limitando o acesso às informações (BARCELLOS; SANTOS, 1996).

No plano comercial do geoprocessamento, alguns dos problemas atuais se referem ao acesso aos dados, à responsabilidade de sua manutenção e até mesmo a sua confiabilidade. A informação passou a ser uma mercadoria. Ela pode, ao mesmo tempo, ser vendida para o usuário e conservada pelo vendedor, que não necessariamente é seu produtor (PAZINI & MONTANHA, 2005).

Duas linhas de desenvolvimento vêm sendo perseguidas pela academia e pela indústria de SIGs nos últimos tempos. A primeira delas é a de viabilização e disseminação do uso de recursos de geoprocessamento por intermédio da internet. A segunda é o investimento em padrões, buscando delinear uma arquitetura básica para SIGs **interoperáveis** (CÂMARA et al., 2001).

Interoperáveis

São sistemas capazes de se comunicar de forma transparente com outro sistema (semelhante ou não).

Principais características de um SIG

De uma maneira geral, podemos dizer que os SIGs se direcionam ao gerenciamento de um banco de dados geográficos, ao suporte para análise espacial de fenômenos, à geração de informações para a tomada de decisões e à produção cartográfica.

A essas capacidades estão relacionados os componentes de um SIG. Esses componentes se relacionam de forma organizada, planejada, hierárquica. No nível inicial ou que os especialistas dizem ser o mais pró-

ximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais tais como entrada, edição, análise, visualização e saída dos dados. No nível mais interiorizado ou no interior do sistema, aparece um sistema de gerenciamento de bancos de dados geográficos que oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CÂMARA et al., 2001).

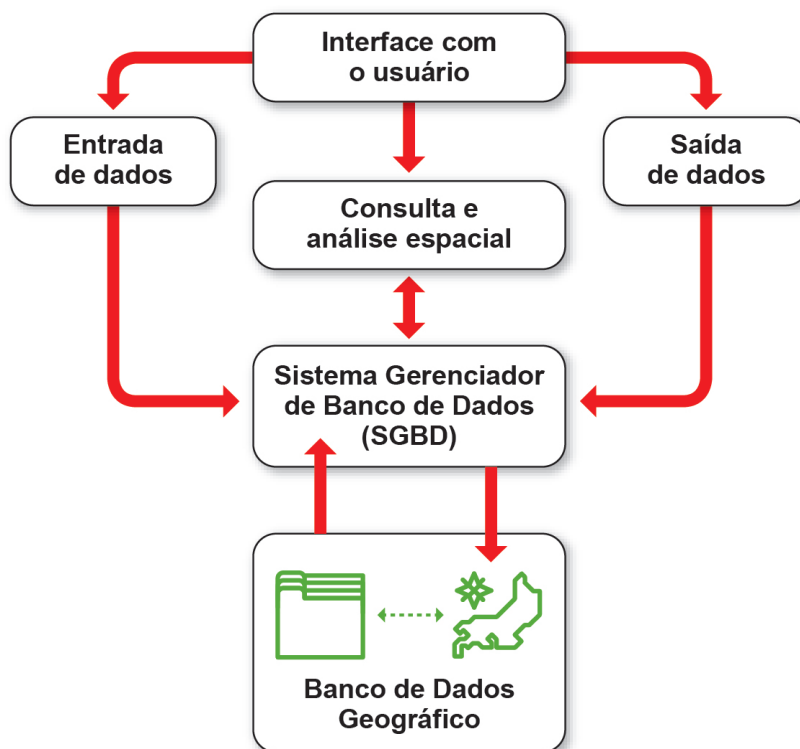


Figura 8.1: Características e estrutura geral de um SIG.

Fonte: CÂMARA et al., 2001, p. 3.

Cada sistema utilizado em geoprocessamento, em função de seus objetivos e necessidades, implementa esses componentes de forma distinta. No entanto, os subsistemas mostrados na **Figura 8.1** compõem a estrutura geral de um SIG.

A aquisição e a entrada de dados envolvem a digitação de dados e a digitalização de mapas ou a transferência eletrônica de bancos de dados preexistentes. A isto está relacionada a capacidade de um programa importar os formatos de dados disponíveis. Neste processo, ocorrerá a conferência, conversão, correção e edição, para remover erros existentes

nos dados originais ou mesmo para modificar os dados de forma que sejam integrados a um banco de dados específico (ROCHA, 2000).

Entre as operações relacionadas ao gerenciamento de banco de dados geográficos está a função de consulta (que abordaremos em nossa próxima aula). Os SIGs possuem capacidades tais como o armazenamento e a representação gráfica de informações de natureza espacial, associando-as a informações alfa- numéricas (atributos), a partir da consulta e do processamento de bases de dados geográficos.

Assim, o armazenamento está relacionado ao que chamamos de “banco de dados”, tema de nossa próxima aula. A representação de dados gráficos pode ser de estrutura vetorial (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de pixels ou comumente chamada de estrutura matricial). Este tema será abordado em aulas posteriores.

Já a análise espacial dos dados gera novas informações a partir da base de dados existente. As operações mais comuns são a pesquisa de dados e a busca de informações de acordo com algum critério de seleção (por exemplo, pela localização, proximidade, tamanho, valor), além da análise espacial que envolve modelagem e análise de padrões espaciais e de relacionamento de dados (ROCHA, 2000).

A produção cartográfica em SIG está relacionada à saída de dados e se constitui a partir de operações como:

- ▶ representação gráfica dos elementos geográficos (cor, espessura e tipo de linha, símbolos);
- ▶ inserção de elementos de um mapa (legenda, orientação geográfica, escala, grade de coordenadas, título, **toponímia**);

Estas operações envolvem o conhecimento da representação cartográfica de informações sobre o espaço, além da aplicação da escala de trabalho e generalização dos elementos cartográficos.

Toponímia

Estudo do nome descritivo de um lugar. A palavra é derivada do termo grego τόπος, que significa lugar, e óνομα, nome, literalmente, o “nome de um lugar”. Em cartografia diz respeito à inserção dos nomes dos objetos diretamente nos mapas (próximo à feição à qual está relacionada).

Atividade 1

Atende ao objetivo 1.

Leia atentamente a definição de SIG proposta por Pina & Santos (2000, p. 14), a seguir: “Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG – são

sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico”.

A partir desta afirmação, ressalte como a estrutura geral dos SIGs permite o ganho de conhecimento sobre o espaço geográfico.

Resposta comentada

Como você deve ter observado, os SIGs possuem características como aquisição, entrada, tratamento de dados geográficos incorporados a um banco de dados, que é gerenciado pelo próprio programa. Neste banco de dados podem ser incorporados e integrados vários tipos de dados (com referência espacial). A partir de funções de consultas e análises espaciais dos SIGs, podemos extrair informações necessárias a um projeto ou pesquisa que envolva a necessidade de conhecimento sobre o espaço geográfico.

Já sabemos o que é um SIG e quais as suas características gerais. Mas quais são as suas aplicações e o que devemos levar em consideração ao adotarmos um sistema em um projeto ou pesquisa em andamento? É o que veremos na segunda parte da aula que será apresentada a seguir.

Aplicações dos SIG

Para Aronoff (apud FRANCISCO, 2010), os SIGs são projetados para a entrada, o gerenciamento (armazenamento e consulta), a análise e a saída de dados geográficos. Neste sentido, o geoprocessamento e seus programas computacionais, especialmente os SIGs, devem ser utilizados em estudos nos quais a localização geográfica seja uma questão fundamental para a análise e o atendimento aos objetivos.

Com os SIGs é possível o cruzamento dos dados (considerando o banco de dados e a análise espacial), bem como a espacialização das informações. Nesse sentido, as aplicações permitidas se tornam inúmeras – das mais simples às mais complexas. Assim, com o auxílio de um SIG e do banco de dados, é possível gerar um mapa contendo uma base territorial e pontos representando hotéis de uma localidade qualquer. Também podemos, a partir destes pontos, criar áreas de proximidade (*buffer*) e cruzá-las com linhas representativas de vias do metrô e com pontos representativos das estações, por exemplo.

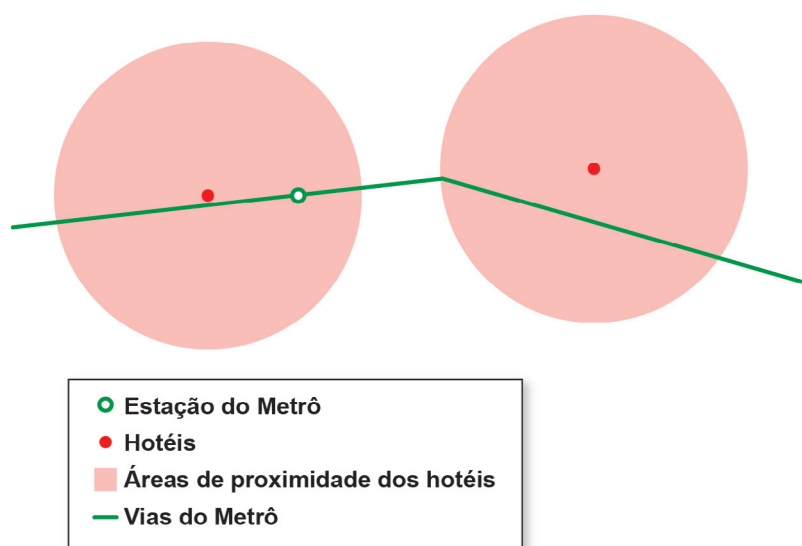


Figura 8.4: Áreas de proximidade em um raio de 150 metros a partir dos hotéis, cruzadas com a linha metroviária e as estações. Análise realizada em SIG a partir de representações em uma escala de 1:5.000.

Fonte: Conceição, 2010.



O que são e como criar áreas de proximidade?

Áreas de proximidade, ou *buffers*, são polígonos definidos a partir de uma relação de proximidade com um ponto, linha ou outra área. A abrangência da área de proximidade é definida em unidades de medida (metros, quilômetros, etc.). Podemos criar um *buffer* utilizando um SIG. Para isto, basta que este contemple esta função.

Os SIGs são muito utilizados por órgãos administrativos, seja para o planejamento ou para a gestão do território. Também orientam o desenvolvimento de atividades econômicas em um nível governamental e empresarial, além de serem incorporados a metodologias de pesquisas de diversas áreas científicas e acadêmicas, tais como geologia, geografia, biologia, meio ambiente, engenharias, turismo, e ao ensino.

Quadro 8.1: Finalidades, objetivos e exemplos de áreas de aplicação dos SIGs.

Finalidade	Objetivo	Área de aplicação
Projetos	Definição das características do projeto.	Projeto de loteamentos. Projeto de implantação de uma rede de abastecimento, etc.
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso.	Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação; elaboração de planos diretores municipais, planejamento ambiental.
Modelagem	Estudos de processo e comportamento.	Modelagem de processos hidrológicos.
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais.	Gerenciamento de serviços de utilidade pública; gerenciamento costeiro.
Banco de dados	Armazenamento e recuperação de dados.	Cadastro urbano e rural.
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais suscetíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenômeno.	Elaboração de mapas de risco; elaboração de mapas de potencial turístico; elaboração de materiais de fragilidade ambiental.
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo.	Monitoramento da cobertura florestal; monitoramento da expansão urbana.
Logístico	Identificação de pontos e rotas.	Definição da melhor rota; identificação de locais para implantação de atividades econômicas.

Fonte: Adaptado de Francisco, 2010.

Podemos afirmar que os SIGs desenvolvidos por centros de pesquisa e no meio acadêmico são mais utilizados para o ensino e a pesquisa científica. Já os programas desenvolvidos por empresas privadas, logica-

mente visando ao retorno comercial, são difundidos em todas as áreas.

Normalmente, para estes programas comerciais, seus desenvolvedores trabalham com o sistema de licenças:

- Comerciais (para uso privado);
- Acadêmicas (para pesquisa e para o ensino).

Muitos órgãos administrativos, ONGs e empresas utilizam sistemas abertos ou dependem da compra de tecnologia para criar seus próprios sistemas de informação, voltados especificamente para as suas necessidades. Tais sistemas tanto podem ser utilizados internamente (cadastro urbano e controle de registros de IPTU pelas prefeituras, por exemplo) como podem servir de disseminação de informações acessíveis à sociedade (como os SIGs-WEB, por exemplo).



Ranking da carga tributária municipal (IPTU)

Você sabia que a cidade de Niterói tem o 5º maior IPTU médio por habitante do país, sendo maior do que o da capital do estado? Veja a lista a seguir:

Guarujá (São Paulo) – R\$ 759,99

Praia Grande (São Paulo) – R\$ 696,48

Santos (São Paulo) – R\$ 570,17

São Paulo (São Paulo) – R \$441,91

Niterói (Rio de Janeiro) – R\$ 406,06

Campinas (São Paulo) – R\$ 323,01

São Bernardo do Campo (São Paulo) – R\$ 312,56

Belo Horizonte (Minas Gerais) – R\$ 290,60

Campo Grande (Mato Grosso do Sul) – R\$ 269,61

Rio de Janeiro (Rio de Janeiro) – R\$ 254,28

Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br/infograficos/2013/10/78512-ranking-da-carga-tributaria-municipal.shtml>

Em prefeituras que possuem núcleo de geoprocessamento, os SIGs podem auxiliar o governo em diversas funções sobre o território (controle, arrecadação, ações preventivas, ações corretivas etc.). Isso pode ser feito por meio de análises espaciais, geração de mapas e relatórios e gerenciamento de banco de dados. Sendo assim, os SIGs podem ser aplicados nas mais diversas secretarias, como as de Planejamento, Desenvolvimento Econômico, Saúde, Defesa Civil, Transporte, Coleta de Lixo, Equipamento Urbano, Educação, Habitação, Água e Esgoto, Criminalidade, Recursos Naturais e Meio Ambiente, Agropecuária, Extrativismo e até mesmo em projetos relacionados à mineração.

A adoção de um programa SIG

A decisão de implementar um SIG em um projeto deve ser baseada em uma análise de custo x benefício. Ao utilizar um SIG, os benefícios mais comumente apontados são, segundo Câmara et al. (2001):

- melhor armazenamento e atualização dos dados;
- recuperação de informações de forma mais eficiente;
- produção de informações mais precisas;
- rapidez na análise de alternativas.

Especificamente em relação à disponibilidade de sistemas, os SIGs funcionam segundo uma variedade de estruturas internas, como apresentado no tópico sobre as características gerais do sistema. De acordo com Câmara et al. (2000), do ponto de vista da aplicação, utilizar um SIG implica escolher as representações computacionais mais adequadas relacionadas à linguagem de seu domínio de aplicação. Do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço.

Para a adoção de um SIG em um projeto, devemos levar em consideração variáveis tais como: tempo de aprendizagem, facilidade de uso, compatibilidade, características dos equipamentos que serão utilizados para executar os programas, tempo na geração de informações geográficas, características do sistema, dentre outras.

Alguns exemplos de SIG

Os sistemas de informação geográfica estão classificados de acordo com suas funções e a apropriação por parte dos usuários de seus módulos e extensões para expansão do sistema (agregando funções de análise, por exemplo).

Quadro 8.2: Alguns exemplos de SIGs

Nome	Empresa ou instituição	Licença	Principais funções	Página na internet
ArcGIS e ArcINFO	Esri (distribuidora no Brasil: Imagem)	Comercial	Consultas ao banco de dados, extensões de análise espacial e estatísticas.	www.esri.com/software/arcgis www.esri.com/arcinfo www.img.com.br
MAPINFO	Pitney Bowes Business Insight	Comercial	CAD, análise de rede.	www.mapinfo.com.br
Autocad Map 3D	Autodesk	Comercial	CAD, análises espaciais básicas.	www.autodesk.com.br
Saga – Sistema de Análise Geo-ambiental	LAGEOP/UFRJ	Gratuito	Módulos espaciais para análise ambiental.	www.viconsaga.com.br/lageop/downloads.php
IDRISI	Clark University (Distribuidora no Brasil: Sulsoft)	Comercial	Processamento de imagens, análise e modelagem de superfícies.	www.idrisi.com.br
SPRING	INPE	Gratuito	CAD, processamento de imagens, análises espaciais, consulta ao banco de dados.	www.dpi.inpe.br/spring
Open Jump	Vivid Solutions	Livre	CAD, análises espaciais básicas.	www.openjump.org
QGIS	Open Source Geospatial Foundation	Livre	CAD, análises espaciais.	www.qgis.org
Terra View	INPE	Livre	Consulta ao banco de dados, análises espaciais básicas.	www.dpi.inpe.br/terraview
ER MAPPER	Erdas	Comercial	Processamento de imagens, análises espaciais básicas.	www.erdas.com
Geomedia	Intergraph (distribuidora no Brasil: Sisgraph)	Comercial	Análises espaciais, consulta ao banco de dados.	www.sisgraph.com.br

ENVI	ITT VIS (distribuidora no Brasil: Sulsoft)	Comercial	Processamento de imagens, análises espaciais básicas.	www.envi.com.br
GV SIG	IVER Tecnologias de Informática	Livre	Gerenciamento e análise de dados.	www.gvsig.gva.es

Fonte: FRANCISCO, 2010.

Atividade 2

Atende aos objetivos 2 e 3.

Dentre as aplicações do SIG contidas no **Quadro 8.1**, escolha um tema e aborde suas principais características, enfatizando suas propriedades, aplicações e seu desenvolvimento no que se refere ao atendimento de seu objetivo.

Resposta comentada

Dentre as diversas aplicações vistas nesta aula, podemos citar, por exemplo, a delimitação de zoneamentos e estabelecimentos de normas e diretrizes de uso. Sendo assim, seu objetivo principal refere-se à elaboração de planos de manejo de unidades de conservação com destaque para o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal da unidade de conservação, à elaboração de planos diretores municipais com destaque para a delimitação territorial e a divisão do município de acordo com suas especificidades e o planejamento ambiental.

Conclusão

Um sistema de informação geográfica viabiliza estudos e pesquisas a partir de dados geográficos em meio digital, com o auxílio de suas fun-

ções de gerenciamento do banco de dados, análises espaciais e produção cartográfica. É uma das ferramentas executoras (com o comando do ser humano) mais importantes para o geoprocessamento.

Atualmente, com a grande massa de dados e informações com a qual lidamos, é de suma importância um sistema que integre este grande volume e que, ao mesmo tempo, ofereça rapidez de execução e qualidade nos resultados. Claro que isto irá depender da confiabilidade dos dados e de sua correta manipulação e tratamento.

Para as áreas de conhecimento e pessoas envolvidas que se utilizam de informações espaciais, os SIGs podem facilitar a leitura e interpretação cartográfica, visto que muitas vezes são de difícil acesso os mapas impressos, e, mais ainda, a extração de informações precisas oriundas destes mapas.

===== **Atividade final** =====

Atende ao objetivo 2

Com base na definição de SIG, suas características, aplicações e de acordo com a visualização dos **Quadros 8.1 e 8.2**, descreva como os SIGs podem contribuir para o processo de análise espacial.

Resposta comentada

Já é de nosso conhecimento que as análises espaciais contribuem para pesquisas e projetos envolvendo a prática e o planejamento urbano, por exemplo. Um banco de dados geográfico pode possuir diversos tipos de dados, principalmente no que se refere à análise do espaço geográfico. Assim, há uma gama de possibilidades em termos de propostas e aplica-

ções em SIG, tanto em relação à consulta ao banco de dados geográfico como em relação às análises espaciais. Tomando por base o SIG QGIS versão 2.10, exemplificado na Atividade 2, é possível propor uma avaliação do potencial natural de uma região qualquer para uma atividade econômica tais como obras de engenharia, mineração, indústrias, agropecuária, dentre outras. Assim, é possível identificar áreas que estejam sofrendo alterações e, conseqüentemente, prever possíveis medidas que possam minimizar os impactos ambientais gerados por estas atividades.

Resumo

Sistema de informação geográfica (SIG) pode ser definido como um sistema em ambiente computacional visando a aquisição, o armazenamento, a manipulação, a análise e a apresentação de dados georreferenciados, para as mais distintas aplicações. Em um primeiro momento, sua evolução atrelou-se ao desenvolvimento tecnológico da informática, e, com o crescimento da área, houve um favorecimento ao surgimento de novas aplicações. Os SIGs, apesar de diversificados, possuem componentes comuns (interface, entrada e saída de dados, gerenciador de banco de dados e módulos de consulta e análise espacial) que se articulam e se apresentam de diferentes formas e em distintas estruturas. Suas aplicações, sempre voltadas às necessidades de análise sobre o espaço, estão inseridas desde o âmbito da pesquisa até o governamental e empresarial, e a sua adoção (escolha de um sistema específico) dependerá de diversos fatores, relacionados principalmente ao objetivo do projeto ou pesquisa, à apropriação e domínio do sistema pelo usuário e às características do sistema.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos de forma mais aprofundada os tópicos relacionados ao banco de dados geográfico em SIG. Até breve!

Referências

BARCELLOS, C.; SANTOS, S. (1996). Georreferenciamento de dados secundários sobre ambiente e saúde. In: 1ª SEMANA

ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO (SEGEO), 1996, Rio de Janeiro. *1ª Semana de Geoprocessamento (SEGEO)*. Rio de Janeiro: 1996.

CÂMARA, G. et al. *Geoprocessamento: teoria e aplicações*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

CÂMARA, G. et al. *Introdução ao geoprocessamento*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

D'ALGE, J. C. L. *Cartografia para geoprocessamento*. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: 2001.

DRUCK, S. et al. (ed.). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.

FRANCISCO, C. N. et al. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói, RJ: Departamento de Análise Ambiental – Instituto de Geociências – Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

LEITE, M. E. (Org). *Geotecnologias aplicadas aos estudos geográficos*. Montes Claros: Unimontes, 2013.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. W. *Geographic Information Systems: Principles and Applications*. 2ª ed. Essex: Longman, 1991.

PAZINI, D. L. G.; MONTANHA, E. P. *Geoprocessamento no ensino fundamental: utilizando SIG como ferramenta na disciplina de Geografia*. Presidente Prudente, 2005. Disponível em: <<http://osgeo-org.1560.x6.nabble.com/attachment/4161306/0/Artigo.PDF>>. Acesso em: 18 out. 2016.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia interdisciplinar*. Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000.

SANTOS, A. R. Apostila teórica de geoprocessamento. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/EC/ApostilaTeoricaEC/Apostila_Elementos-Cartografia.pdf>. Acesso em: 18 out. 2016.

_____; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. *Spring 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas*. Alegre, ES: Mundo da Geomática, 2010. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/spring5x.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

SILVA, A. D. B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 2003.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. *Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

Aula 9

Armazenamento de dados no sistema
de informação geográfica (SIG)

*Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa
Hugo Portocarrero*

Meta

Apresentar o banco de dados geográfico e suas concepções em SIG: o subsistema de gerenciamento.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir e diferenciar a base e o banco de dados geográfico;
2. caracterizar um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados em SIG.

Introdução

Você sabe o que é um banco de dados? Nesta aula, você vai aprender como obter informação de um banco de dados. Para gerarmos informação, precisamos de dados a serem organizados, processados e manipulados. Dependendo do tipo de informação que queremos conseguir, pode haver a necessidade de se compor um grande volume de dados, de uma ou mais fontes, que podem ser agrupados em um banco de dados.

Sabemos que, em geoprocessamento, os dados geográficos constituem um elemento imprescindível. Assim, o Sistema de Informação Geográfica – SIG, ferramenta do geoprocessamento, se tornaria inutilizável sem a disposição de um banco de dados geográfico.

É essencial que saibamos como um SIG se comporta em relação ao banco de dados geográfico, para que possamos utilizar suas funções da melhor forma possível em relação à extração da geoinformação nas mais distintas aplicações. Nesta aula, veremos com mais detalhes a estrutura do SIG, voltada para o gerenciamento do banco de dados.

O que é um banco de dados?

Em uma conceituação simples, um banco de dados é uma coleção de dados relacionados entre si que representa informações sobre um domínio específico, com o objetivo de atender a uma comunidade de usuários (KORTH; SILBERSCHATZ, 1994). Podemos tomar como exemplos as fichas do acervo de uma biblioteca ou uma lista telefônica, em que os nomes dos usuários estão relacionados entre si por meio de códigos ordenados.



Figura 9.1: Lista telefônica: um exemplo de banco de dados.

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Telefonbog_ubt-1.JPG?uselang=pt-br – Tomasz Sienicki

Em uma concepção mais aplicada, um banco de dados refere-se a um conjunto de registros dispostos em estrutura regular, ou seja, de forma ordenada, que possibilita o acesso a eles e sua reorganização, bem como a produção de informação a partir deles. Logo, ao conceito de banco de dados estão relacionados os de compartilhamento, organização e controle dos dados.

O compartilhamento dos dados evita sua redundância e inconsistência, além de facilitar o acesso e a geração de informação, a partir de grupos ou de vários usuários (HEUSER, 2004). Isso quer dizer que, quando os dados são compartilhados por várias pessoas, se houver um ruído de comunicação, ou seja, se uma palavra ou um número estiver errado, isso gerará uma reprodução de erros no banco de dados, o que afetará todos os seus usuários. A criação e a transferência dos dados têm de ser corretas a fim de que o acesso à informação seja para todos e de fácil utilização, sem criar informações repetidas (redundantes) ou inadequadas (inconsistentes).

Segundo Barcelar (2012), um banco de dados deve ser projetado e construído com dados para um propósito específico, devendo possuir um conjunto predefinido de usuários e aplicações. Um banco de dados pode:

- ser enxuto ou robusto, dependendo da massa de dados;
- ser simples ou complexo, dependendo da diversificação dos dados vinculados a um tema e suas classificações;

- ter constituição física ou ser estruturado em meio digital.

Na era da informação, com o avanço da informática e das tecnologias associadas, há, de acordo com Barcelar (2012), uma grande variedade de bancos de dados em meio digital, desde simples tabelas armazenadas em um arquivo único até um conjunto com milhões de registros, armazenados em discos rígidos, gerenciados por uma determinada aplicação.

Ainda segundo o mesmo autor, podemos dizer que os bancos de dados são utilizados em muitas aplicações, abrangendo praticamente todo o campo dos programas de computador. Como vantagens dos bancos de dados em meio digital, podemos destacar:

- a rapidez na manipulação e no acesso à informação;
- a compactação dos arquivos;
- a redução do espaço físico e do esforço humano em seu desenvolvimento e utilização.



Figura 9.2: Formas de armazenamento dos dados: a compactação dos dados físicos de uma biblioteca inteira pode caber em uma pequena memória, mesmo em meio digital.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/613681> - marcelo rubinstein; <http://www.freeimages.com/photo/470968> - Atif Gulzar.

O banco de dados geográfico

Com relação ao banco de dados geográfico, utilizado em geoprocessamento e SIG, há certa confusão entre a utilização dos termos *base* e *banco* de dados. Em nosso curso, podemos então esclarecer a questão, ao diferenciá-los:

- base de dados: aspecto físico;
- banco de dados: aspecto de consulta e gerenciamento.

Podemos dizer que o banco de dados geográfico é algo maior, mais complexo. A ele estão associados os dados geográficos de uma maneira organizada e gerenciável; porém, não devemos confundir o banco de dados em si com o programa que o gerenciará.

Nesse sentido, para desmitificarmos um banco de dados em SIG, entenderemos a base de dados e as representações que a compõem. Em suma, as bases de dados físicas são compostas por arquivos em que os dados geográficos são armazenados.

Vimos nas aulas anteriores que os elementos geográficos em um mapa representam e descrevem os eventos e os fenômenos do mundo real. Esses elementos podem ser armazenados em meio digital, na forma de bases de dados, através de duas componentes:

- gráfica (ou espacial);
- alfanumérica (ou não gráfica).

A representação gráfica descreve a localização espacial das feições e dos elementos espaciais, registrada em um sistema de coordenadas, a geometria dos mesmos, contendo informações sobre área, perímetro e forma, além da topologia.

A topologia dos dados vai além da mera descrição da localização e da geometria das feições cartográficas. Ela descreve como as feições lineares estão conectadas, como as áreas geográficas são limitadas e quais áreas são contíguas (de contato próximo ou vizinhas, adjacentes, conectadas, contidas umas nas outras, dentre outras).

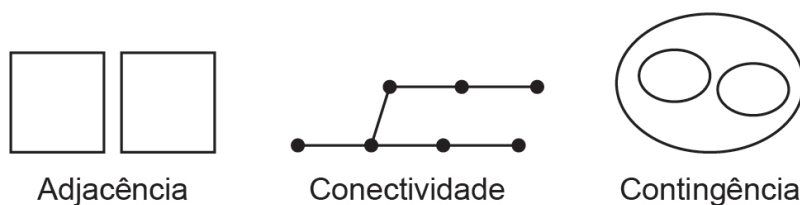


Figura 9.3: Tipos de topologias dos dados geométricos das feições cartográficas.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Contudo, a representação cartográfica é, muitas vezes, insuficiente, na medida em que não podemos extrair outras informações dela ao mesmo tempo. Por exemplo, ao visualizar uma representação gráfica, como a área de um município, não há como saber qual a população

ali residente ou quais as principais atividades econômicas desenvolvidas em seu interior.

Complementarmente à representação gráfica, a componente alfanumérica (caracteres e números) de uma base de dados descreve os atributos temáticos e temporais, representados, geralmente, em colunas, sob a forma de uma tabela estruturada (linhas e colunas). Na componente alfanumérica da base de dados, as linhas representam os registros e as colunas, os atributos, formando assim as tabelas. As colunas responsáveis pelo armazenamento propriamente dito das informações são chamadas de atributos, mas também podem ser definidas como campos.



Figura 9.4: A componente gráfica (topologia, em um mapa) de uma base de dados nem sempre fornece todas as informações desejadas. Assim, as interrogações contidas no mapa estão indagando se há ali mais informações, ou seja, se dentro do banco de dados há a delimitação dos bairros e/ou municípios.

Fonte: Conceição, 2010.

Em outras palavras, os campos podem ser entendidos como as variáveis de um tema ou elemento e os atributos, como o conteúdo de um campo. Recorrendo ao exemplo mencionado anteriormente, podemos entender o número de regiões como atributos do elemento *estado do Rio de Janeiro*. É importante que se compreenda que esses dados estão relacionados com a sua escala de trabalho. Veja o banco de dados do *shapefile estado do Rio de Janeiro*.

Shapefile

Extensão de um banco de dados elaborado no sistema de informação Geográfica ArcGIS. O *shapefile* possui a representação gráfica (ponto, linha ou polígono) e a representação alfanumérica.

FID
É apenas a ordenação dos registros.

Nome das regiões

Código das regiões

FID	Shape	ID	NM MESO	CD GEOCODU
0	Polygon M	6	SUL FLUMINENSE	33
1	Polygon M	13	NORTE FLUMINENSE	33
2	Polygon M	15	NOROESTE FLUMINENSE	33
3	Polygon M	17	METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	33
4	Polygon M	22	CENTRO FLUMINENSE	33
5	Polygon M	28	BAIXADAS	33

SHAPE
É cada região

Figura 9.5: Fragmento de tabela de uma base de dados com linhas (campos e registros) e colunas (atributos).

Dessa maneira, tomando por base distintas representações alfanuméricas, podemos exemplificar como atributos: o FID ou identificador de feições gráficas (que é apenas a ordenação dos registros), o *shape* (que é cada região), o nome das regiões e seus códigos. Vale salientar que, no campo *shape*, temos a mesma descrição (polígono), pois os municípios são representados em SIG de forma poligonal. Cabe, ainda, comentar que esse banco de dados foi extraído do *site* do IBGE e, por isso, possui algumas informações pertinentes à organização do referido banco de dados, o que justifica aparecerem informações como o código 33 e o nome das regiões ser identificado como “NM MESO”.

A componente alfanumérica de uma base de dados se relaciona com a componente gráfica através de identificadores comuns denominados geocódigos. O geocódigo faz a associação da parte gráfica do dado espacial com o dado tabular da base de dados. Assim, todas as linhas da base de dados são denominadas de tuplas e cada uma possui uma feição geométrica associada.

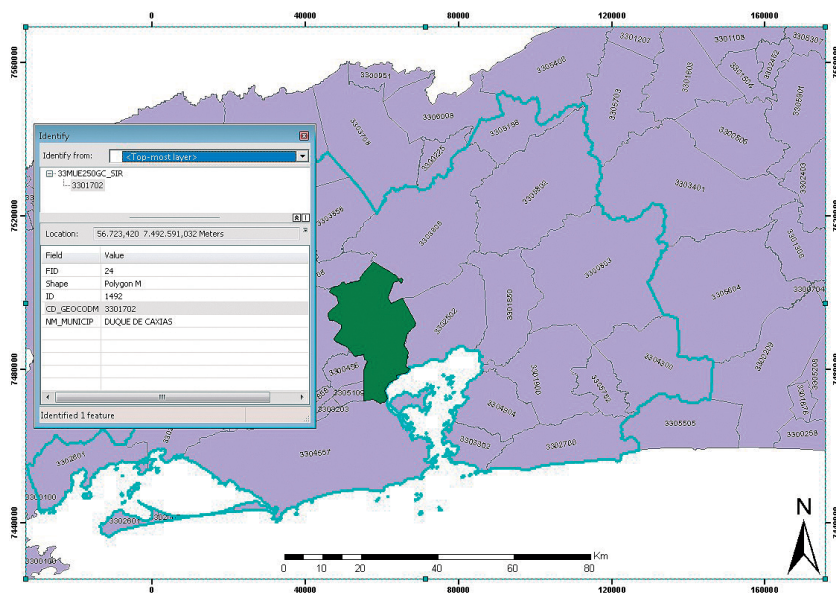


Figura 9.6: Tela do sistema de informações georreferenciadas ArcGIS 10, demonstrando o relacionamento entre as componentes gráfica e alfanumérica da base de dados de municípios, através de geocódigos.

Cabe ressaltar que a organização dos registros na tabela é feita de acordo com técnicas convencionais de organização e gerenciamento de banco de dados, assunto sobre o qual falaremos no próximo tópico.

Diferentes bases de dados agregadas a um projeto em SIG permitem o cruzamento de *planos de informação* (PI) diferenciados (uso do solo, densidade demográfica, hidrografia etc.). Um plano de informação ou camada de dados é composto por dados que têm características semelhantes e que estão contidos em um mesmo grupo de informações (classes de uso do solo, por exemplo).

De acordo com Rocha (2000), a disposição das bases de dados em camadas de dados não existe somente por razões de organização, mas pelo rápido acesso aos elementos necessários para a análise geográfica.

As entidades estão representadas nos planos de informação. Do ponto de vista do SIG, uma entidade é denominada geográfica quando possui atributos de localização (sobre a superfície terrestre) em um determinado período de tempo (CÂMARA et al., 2000).

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

1. Hoje em dia, absorvemos um grande volume de informações e, por muitas vezes, nos deparamos com grandes massas de dados. Com base nisso, defina *banco de dados*, ressaltando a sua importância para o desenvolvimento de aplicações.

2. Com relação ao banco de dados geográfico, associe as características a seguir às subcomponentes gráfica (G) e alfanumérica (A) de uma base de dados:

- () É expressa por meio de tabelas.
- () Também conhecida como espacial.
- () Nesta visualizamos a geometria das feições.
- () Congrega os atributos de um elemento.

Resposta comentada

1. Como você deve ter entendido, um banco de dados refere-se a um conjunto de dados integrados a um propósito específico. Nesse sentido, os bancos de dados facilitam a organização e a geração de informação. Assim, o acesso e a consulta a essas informações tornam-se, por meio deles, mais rápidos e viáveis por parte dos usuários.

2. A ordem da associação deve ser: A, G, G, A.

A subcomponente gráfica compreende o desenho geométrico das feições identificadas espacialmente. Já a subcomponente alfanumérica congrega os atributos (de um elemento) organizados em tabelas.

Vimos que as bases de dados são compostas por elementos gráficos e alfanuméricos e que eles, por sua vez, são ligados por geocódigos. Quando programas de gerenciamento que permitem executar rotinas de manutenção e controle são associados às bases de dados, o resultado são os bancos de dados. No próximo tópico, analisaremos o Sistema Gerenciador de Banco de Dados, importante subcomponente do SIG.

Sistema Gerenciador de Banco de Dados – SGBD

Para manter grandes repositórios compartilhados de dados (bancos de dados), são usados os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs). Mais especificamente, esses sistemas surgiram para atender à necessidade de armazenamento, inserção e recuperação de grandes volumes de dados em meio computacional, propiciando-lhes um ambiente seguro e adequado (BARCELAR, 2012).

Segundo Pazini & Montanha (2005), o gerenciamento dos dados envolve tanto a definição de estruturas para armazenamento como a provisão de mecanismos para manipulação. Tais sistemas devem proporcionar a segurança das informações armazenadas no banco de dados, mesmo em casos de queda de energia no sistema ou de tentativas de acesso desautorizadas. Se os dados forem compartilhados por diversos usuários, o sistema precisa impedir possíveis resultados irregulares.

Atualmente, os SGBD estão associados a diversos programas de computador, inclusive aos SIGs, integrando um importante subsistema. Justamente pela presença dos SGBDs, os SIGs possuem capacidade de consulta e processamento integrado do banco de dados geográfico.

Nos SIG, esse subsistema refere-se à maneira como os dados são estruturados e organizados, determinando tanto como eles devem ser manuseados no computador quanto como são percebidos pelos usuários do sistema. É importante frisar que os dados são relativos:

- ao posicionamento geográfico dos dados espaciais,
- à topologia (relacionamentos vetoriais entre as feições vetoriais, principalmente quando se referem a relações de vizinhança, congruência, entre outras).
- aos atributos dos elementos geográficos (BARCELLOS; SANTOS, 1996).

Podemos dizer que os sistemas de bancos de dados convencionais armazenam e gerenciam apenas dados alfanuméricos. Já os SIGs, ao acessarem o banco de dados geográfico por meio de seu SGBD, também lidam com dados espaciais e gráficos.

Nesse sentido, existem duas formas de integração de SIG e SGBD: a arquitetura dual e a arquitetura integrada. A diferença entre as duas arquiteturas está na forma de armazenamento dos dados espaciais:

- na arquitetura dual, esses dados ficam armazenados em um local externo à base de dados tabular (tabela de atributos com as linhas e colunas, conforme já visto anteriormente);
- na arquitetura integrada, o SGBD armazena todos os dados no banco de dados.

Vimos que uma base de dados é composta por dados contidos em muitos arquivos (vinculados à representação gráfica e alfanumérica dos elementos). Assim sendo, é necessário adotar algum tipo de modelo ou estrutura de armazenamento e organização, para que os dados sejam acessados facilmente em um ou mais arquivos (BARCELLOS; SANTOS, 1996).

Os modelos ou estruturas de armazenamento mais difundidos são: *hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos*.

Veremos cada um desses modelos mais detalhadamente a seguir:

1. **Modelo hierárquico:** nesse modelo, *os dados são estruturados em hierarquias ou árvores*. O registro da hierarquia que precede a outros é o registro-pai (raiz), já os outros são denominados registros-filhos. Assim, uma entidade tem apenas um pai, mas pode ter vários filhos.

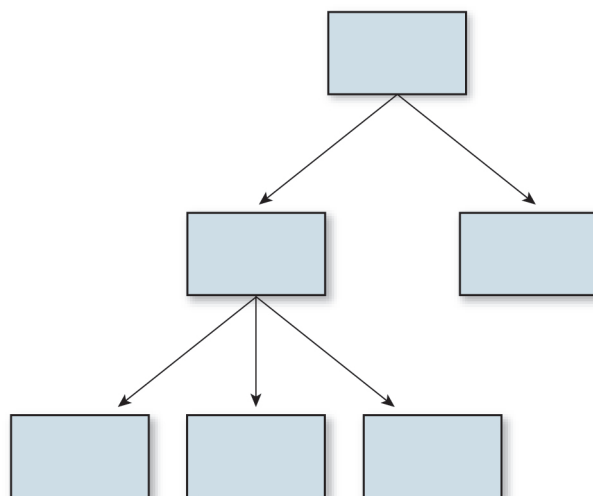


Figura 9.7: Exemplo de modelo de banco de dados hierárquico.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

De acordo com Barcellos e Santos (1996), embora os sistemas hierárquicos tenham a vantagem de ser de fácil compreensão e atualização, nesse modelo a busca é restrita aos caminhos para cima e para baixo, ou seja, as pesquisas são feitas através da estrutura em árvore.

Um diagrama de estrutura de árvore descreve o esquema de um banco de dados hierárquico. Por exemplo, um município tem os bairros como filhos. Os filhos dos bairros são as quadras dentro de cada bairro. Se o registro de um bairro for eliminado, todas as quadras também serão eliminadas automaticamente.

2. Modelo de rede: o modelo em rede surgiu como uma extensão do modelo hierárquico, eliminando o conceito de hierarquia e permitindo que um mesmo registro estivesse envolvido em várias associações. Dessa forma, ao contrário do modelo hierárquico, em que qualquer acesso aos dados passa pela raiz, o modelo em rede possibilita acesso a qualquer ligação da rede, sem passar pela raiz (TAKAI; ITALIANO; FERREIRA, 2005).

Nesse modelo, há maior rapidez na resposta às pesquisas, mas, em contrapartida, maior dificuldade na alteração da organização das relações entre entidades.

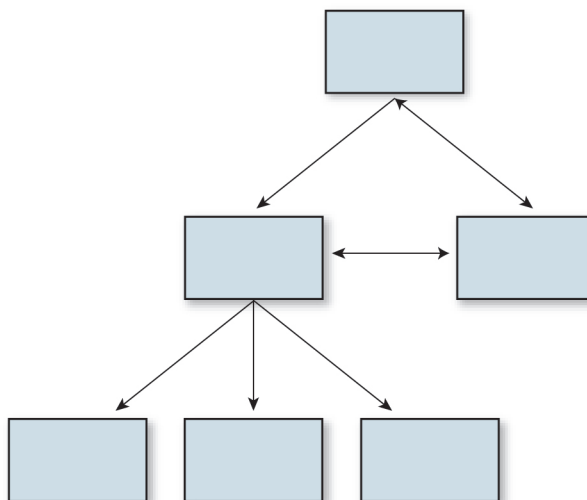


Figura 9.8: Exemplo de modelo de banco de dados em rede.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

3. Modelo relacional: a maioria dos SIGs utiliza o modelo relacional, baseado na estruturação dos dados em tabelas, em que cada linha ou registro corresponde a um elemento geográfico, representado graficamente na camada. Assim, nesse modelo, cada campo da tabela possui uma relação com a feição geométrica (ponto, linha ou polígono) desenhada. As colunas ou campos correspondem aos atributos dos elementos. Sequencialmente, uma linha em uma tabela representa um relacionamento entre um conjunto de valores.

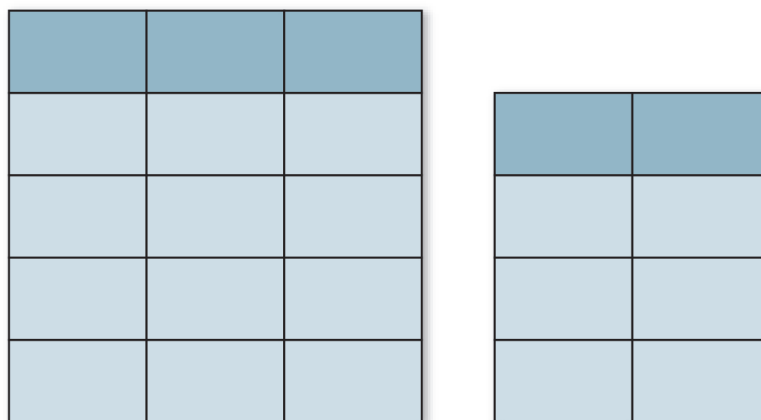


Figura 9.9: Exemplo de modelo de banco de dados relacional.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

As colunas de uma tabela são também chamadas de atributos, e o conjunto de valores que um atributo pode assumir chama-se domínio. As tabelas relacionam-se umas às outras através de chaves, que são o conjunto de um ou mais atributos que determinam a unicidade de cada registro. Em um banco de dados, as chaves são denominadas *código do produto* e *id sistema* (identificador).

Existem chaves primárias (identificam cada registro, dando-lhe unicidade) e chaves estrangeiras (formadas através de um relacionamento com a chave primária de outra tabela).

Rocha (2000) indica que, nesse modelo, os dados são ligados entre si de forma apenas lógica. Cada arquivo ou tabela (dado tabular), como são chamados os arquivos no modelo relacional, contém diversos campos (ou colunas) e, para se relacionar com outro arquivo, basta que esse novo arquivo tenha um desses campos (chave primária).

As regras de relacionamento fazem com que as tabelas se associem entre si. Essas regras consistem na associação de um ou de vários atributos de uma tabela com um ou vários atributos de outra tabela. Cada linha formada por uma lista ordenada de colunas representa um registro, ou seja, o registro é uma instância de uma tabela. Se usarmos como exemplo uma tabela de funcionários de uma empresa que se relaciona com uma tabela de cargos, o relacionamento proporcionará uma lista de cargos para a tabela de funcionários através do registro do nome destes e a função (ou cargo) que será associada a cada nome.

4. Modelo orientado a objetos: nesse caso, o objeto é uma estrutura de dados que contém, além de suas informações gráficas e alfanuméricas, informações sobre o seu relacionamento com outros objetos.

Para a modelagem da informação geográfica, que apresenta propriedades geométricas e topológicas, há duas abordagens distintas na organização dos dados no computador: a explícita e a implícita.

A representação explícita indica que o objeto escolhido é construído a partir de uma série de células em uma matriz (matricial ou *raster*), as quais são, de modo independente, endereçadas com o valor de um atributo.

A representação implícita (vetorial) faz uso de um conjunto de linhas definidas pelos pontos iniciais e finais (que definem vetores), e alguma forma de conectividade, sendo que linhas e áreas são conjuntos de coordenadas interconectadas que podem ser ligadas aos atributos (SANTOS, 2008).

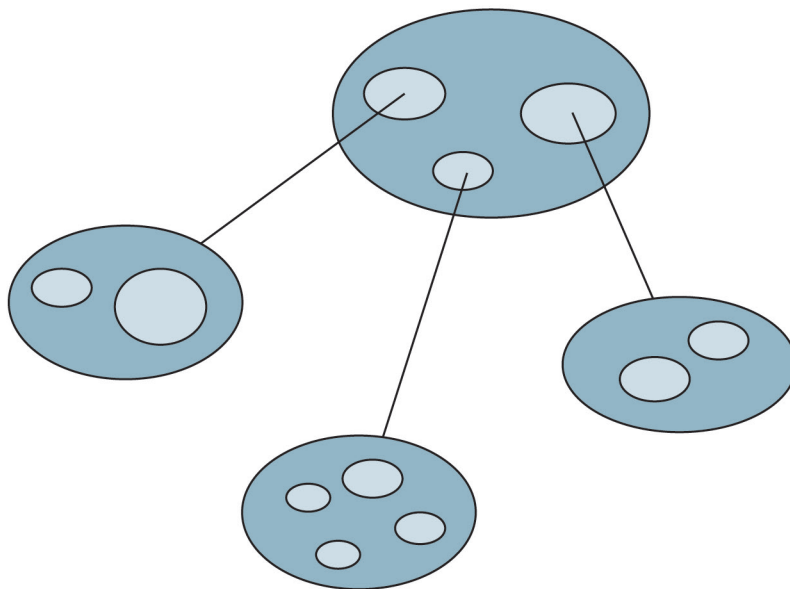


Figura 9.10: Exemplo de modelo de banco de dados orientado a objetos.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Nos SIG, com relação ao gerenciamento do banco de dados geográfico (definido como não convencional) por meio dos SGBDs, as estruturas de armazenamento mais adotadas são a relacional e a orientada a objetos. Com base nas características desses modelos, defina um SGBD, ressaltando a sua importância para o tratamento da informação geográfica nos SIG.

Resposta comentada

Um SGBD, como você deve ter entendido, é um subsistema que presta serviços com relação à organização, ao armazenamento e à recuperação dos dados contidos em uma coleção qualquer. No caso do banco de dados geográfico, um SGBD associado a um SIG estará responsável por rotinas, geralmente baseadas na articulação de um conjunto de dados com representação gráfica e não gráfica, na qual os modelos estruturais *relacional* e *orientado a objetos* são os mais adotados. A junção das representações gráfica e alfanumérica permite a integração da geometria e topologia dos elementos com seus atributos, essencial à análise espacial. A partir da consulta e análise espacial no SIG, viabilizada pelos relacionamentos possíveis nos dois modelos citados, podemos obter a informação geográfica pertinente a determinado estudo.

Conclusão

Os bancos de dados integram dados inter-relacionados, para fins de organização e consulta. Um banco de dados geográfico é entendido como não convencional, pois pode compartilhar dados dispostos em bases cartográficas de representação gráfica e alfanumérica.

Os SIGs utilizam arquiteturas que oferecem modelos de banco de dados adequados à representação da realidade e sobre os quais se gerenciam os dados geográficos. Essa modelagem permite organizar a informação geográfica em níveis, denominados planos de informação ou camadas. Ao gerenciamento estão vinculadas as funções de alimentação e consulta ao banco de dados, com vistas à geração de informação geográfica.

Aos usuários do SIG, mais do que entender a linguagem computacional que se refere ao subsistema denominado SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados), é válido apreender a sua função e importância para as análises frente a objetivos específicos.

Atividade Final

Atende aos objetivos 1 e 2

Observe o mapa a seguir

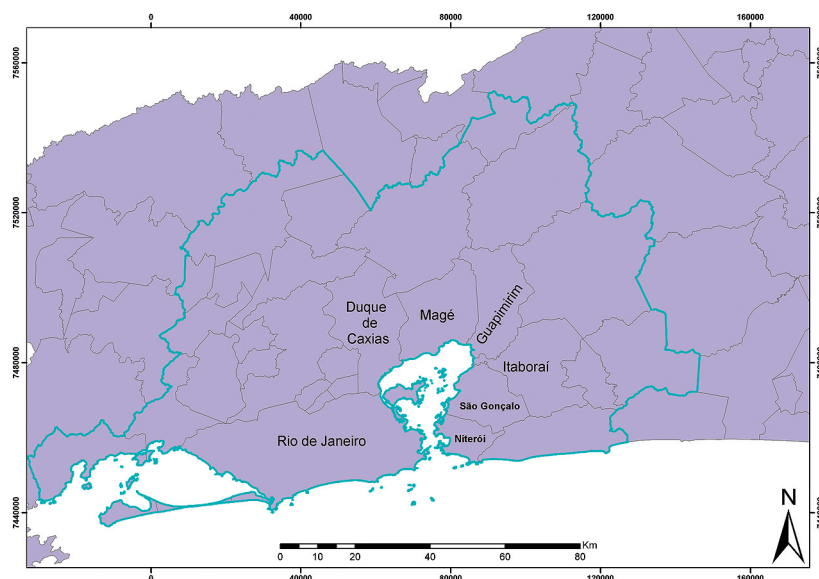


Figura 9.11: Municípios que margeiam a baía de Guanabara.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A partir dessa representação gráfica:

- Crie um tema de interesse voltado para os possíveis impactos ambientais que perpassam pelos municípios que tangenciam a baía de Guanabara.
- Elabore uma tabela associada ao mapa dos municípios da região, contendo o nome dos atributos que julgue serem necessários ao desenvolvimento do estudo em questão.
- Ao final, descreva a modelagem parcial do seu banco de dados geográfico, com vistas à inserção de outras bases de dados espaciais e alfanuméricos. Em sua dissertação, leve em consideração a organização em meio computacional (digital), citando o SGBD.

[illegible]

Resposta comentada

Você pode ter imaginado temas diversos aplicados à geografia, tais como a caracterização da infraestrutura de serviços ou os impactos de algumas atividades econômicas relacionadas ao meio ambiente, dentre outros. Vale lembrar que tais temas podem estar relacionados a um estudo com um propósito qualquer (acadêmico, empresarial, de planejamento, governamental etc.).

Para o desenvolvimento dos temas, seria necessária a incorporação de dados alfanuméricos relacionados ao mapa (componente gráfica), visando a geração de informação pertinente. Assim sendo, a tabela imaginada por você deve conter distintos atributos relacionados aos municípios. Caso o tema escolhido fosse, por exemplo, a caracterização de infraestrutura de serviços, poderiam ser criados atributos tais como: número de centros turísticos, número de delegacias, número de hospitais, entre outros.

Na tabela que você elaborar, cada linha corresponderá a uma feição contida no mapa (municípios) e cada coluna, a um atributo imaginado. Nesse caso, o nome dos municípios pode atuar como o código identificador entre os registros no mapa e em sua tabela.

Por fim, em sua descrição com relação à modelagem do banco de dados, você deve ter percebido que ele conta com apenas um plano de informação (o de municípios), em que há uma componente gráfica (o mapa) e uma alfanumérica (a tabela por você imaginada). Assim, dependendo

do tema escolhido para o estudo, você pode ter citado a necessidade de incorporação de outros planos de informação ao banco de dados, a partir dos quais podem ser associados atributos adequados e pertinentes à sua representação espacial.

Ainda na descrição, deve ser mencionado o fato de que a organização em meio computacional de um banco de dados geográfico (não convencional), como o imaginado na atividade, poderá estar de acordo com os modelos *relacional* e *orientado a objetos*, a depender do SGBD.



Resumo

Um banco de dados refere-se a um conjunto de dados inter-relacionados, dispostos de maneira que possam ser manipulados e (re)organizados. Em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o banco de dados geográfico, em meio digital, é composto por bases de dados gráficas (espaciais) e não gráficas (alfanuméricas), e está sob o controle de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). As bases gráficas e não gráficas estão ligadas por um código de indexação, denominado geocódigo, que permite a vinculação de atributos variados a um elemento que compõe o mapa. O SGBD constitui um importante subsistema do SIG, ao gerenciar os dados que serão manipulados por meio das funções de consulta e análise do SIG, frente a um objetivo específico. Os modelos ou estruturas de armazenamento dos bancos de dados mais conhecidos são o *hierárquico*, o *de rede*, o *relacional* e o *orientado a objetos*, sendo estes dois últimos os mais utilizados nos SIG.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, estudaremos os formatos e as estruturas espaciais. Até breve!

Referências

BARCELAR, R. R. Banco de dados: aplicação da Structure Query Language. 2012. Disponível em: <<http://www.ricardobarcelar.com.br/aulas/bd2/ebook-bd2.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2015.

- BARCELLOS, C.; SANTOS, S. Georreferenciamento de dados secundários sobre ambiente e saúde. In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Fórum Estadual de Geoprocessamento, 1996.
- CÂMARA, G. et al. Geoprocessamento: teoria e aplicações. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.
- CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C.. Cartografia e geoprocessamento. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.
- HEUSER, Carlos Alberto. Projeto de banco de dados. 5. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2004.
- Korth, H.; Silberschatz, A. Sistemas de banco de dados. Makron Books. São Paulo, 1994.
- MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. W. Geographic Information Systems: Principles and Applications. Oxford: Longman/Wiley, 1991.
- PAZINI, D. L. G.; MONTANHA, E. P. Geoprocessamento no ensino fundamental: utilizando SIG como ferramenta na disciplina de Geografia. Presidente Prudente, 2005. Disponível em: <<http://osgeo-org.1560.x6.nabble.com/attachment/4161306/0/Artigo.PDF>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia interdisciplinar. Juiz de Fora: Editora do autor, 2000.
- SANTOS, A. R. Apostila teórica de geoprocessamento. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- TAKAI, O. K.; ITALIANO, I. C.; FERREIRA, J. E. Introdução a banco de dados. São Paulo: DCC-IMEUSP, 2005. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~jef/apostila.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.

Aula 10

Formatos de representação e
estruturas de dados espaciais

Meta

Apresentar os formatos de representação dos dados, utilizados em SIG, compreendendo a caracterização dos modelos vetorial e matricial, bem como suas diferentes aplicações.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. identificar o modelo vetorial de representação e estruturas de dados;
2. identificar o modelo matricial (*raster*) de representação e estruturas de dados;
3. apontar diferenças entre o modelo vetorial e o modelo matricial (*raster*).

Introdução: representação do mundo real em meio digital

Olá, cursista, como vão os estudos? Vimos em nossa última aula que um banco de dados geográfico pode ser composto por dados espaciais e alfanuméricos, e que será gerenciado por um sistema (ou subsistema) com suporte à organização e recuperação dos dados. O banco de dados geográfico é visto como não convencional por, justamente, agregar-se à componente espacial, visto que os bancos de dados convencionais lidam somente com dados alfanuméricos. Nesse caso, os dados espaciais correspondem à representação cartográfica do mundo real, em meio digital. Para melhor entendimento sobre a componente espacial de um banco de dados, é necessária a resolução dos seguintes questionamentos: Como esses dados espaciais se apresentam? Qual o formato dos arquivos? Qual a sua estrutura em um banco de dados?

Nesta aula, você aprenderá como são representados os dados espaciais e identificará os principais formatos utilizados em geoprocessamento, levando em consideração suas principais diferenças.

Formato de representação dos dados

Os dados espaciais podem ser representados num SIG, a partir de duas formas distintas e com características próprias: o modelo vetorial e o modelo matricial (mais conhecido como *raster*).

O banco de dados espacial pode ser definido como uma base de dados que é, de algum modo, relacionada a locais existentes no planeta. Esses dados geralmente são conhecidos como atributos. Os atributos dos dados são geralmente definidos como *informações adicionais*, devendo, então, ser vinculados aos dados espaciais.

Os dados em um SIG podem ser separados em duas categorias: dados espacialmente referenciados, que são representados por formas vetoriais e *raster* (incluindo imagens), e tabela de atributos, que é representada num formato tabular. Por sua vez, o grupo dos dados com referência espacial pode ser classificado em dois tipos diferentes: dados vetoriais e dados *raster*. A maioria dos SIGs consegue trabalhar com ambos os formatos sem que haja algum tipo de perda de informação.

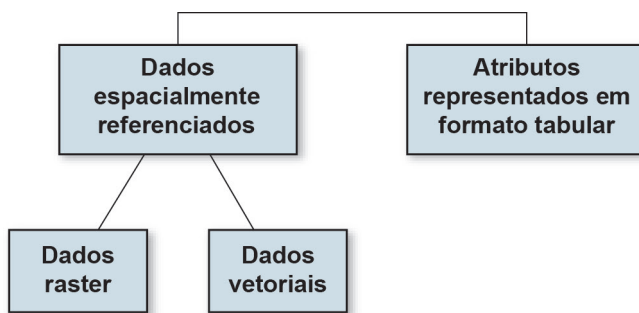


Figura 10.1: Tipos de dados em um SIG.

Raster e vetor são as duas estruturas de dados básicas para armazenar e manipular dados espaciais em um computador. Como exposto anteriormente, os principais SIGs de hoje são baseados principalmente em uma delas.

Os dados *raster* são constituídos na forma de *pixels* individuais, e cada local ou elemento tem um *pixel* associado cujo valor indica um atributo, como cor, elevação ou um número de identificação. As imagens *raster* são normalmente adquiridas por um leitor óptico, por uma câmera digital ou por outros dispositivos relacionados. A resolução espacial é determinada pela resolução do dispositivo de aquisição e pela qualidade da fonte de dados original.

Dados vetoriais estão relacionados a formas geométricas, isto é, pontos, linhas e polígonos que são geometricamente e matematicamente associados. Os pontos são armazenados usando as coordenadas; por exemplo, um ponto bidimensional é armazenado como (x, y) . As linhas são armazenadas como uma série de pares de pontos, em que cada par representa um segmento de linha reta; por exemplo, (x_1, y_1) e (x_2, y_2) , indicando uma linha a partir de (x_1, y_1) até (x_2, y_2) . Já os polígonos são representados por um conjunto finito de pontos em que o primeiro sempre coincidirá com o último, formando uma figura geométrica com uma área conhecida.

Em geral, a estrutura de dados vetorial produz um tamanho de arquivo menor do que um arquivo *raster*, pois uma imagem *raster* precisa de espaço para todos os *pixels*, enquanto apenas as coordenadas do ponto são armazenadas em uma representação vetorial. Além da questão de tamanho, os dados vetoriais são mais fáceis de manipular do que os dados *raster*, que exigem, em geral, maior conhecimento por parte de seu usuário. Isso faz com que o formato vetorial seja a escolha mais

evidente para a maioria dos pacotes de mapeamento em SIG e *software* CAD. Além disso, a topologia entre objetos vetoriais é muito mais fácil de representar ao utilizarmos o formato vetorial. Por outro lado, esse processo é quase impossível de se realizar com arquivos em formato *raster* (matricial).

CAD

Formato de arquivos de estrutura vetorial muito utilizado pelo software AutoCad. Tais formatos são muito utilizados para esboços de mapas e para plantas, servindo de dado de entrada para os SIGs.

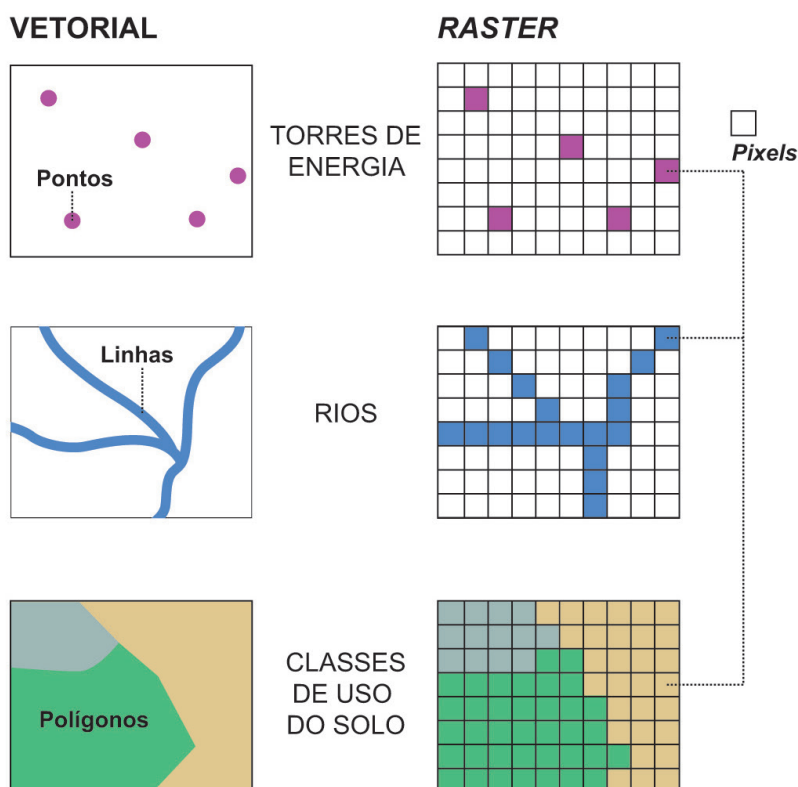


Figura 10.2: Comportamento dos arquivos vetoriais (ponto, linha e polígono) a partir de um arquivo *raster* e seus respectivos objetos, segundo Miranda (2010).

Mas o que determina a adoção de um modelo de dados espaciais? Com base nessa pergunta, podemos recorrer a Miranda para introduzir o raciocínio:

Existem estruturas de dados espaciais que, quando implementadas em meio digital, são boas para serem reproduzidas graficamente, mas ineficientes para propósitos de análise. Por outro lado, algumas estruturas são ótimas para a realização de análise espacial, mas ineficientes para serem reproduzidas graficamente (2010, p. 124).

Modelo vetorial

No modelo vetorial, a representação de um objeto consiste em uma tentativa de representá-lo tão exatamente quanto possível, buscando definir de maneira precisa todas as posições, comprimentos e dimensões das entidades geográficas (INPE, 2010).

Na estrutura vetorial, a localização e a feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por vértices, definidos por um par de coordenadas (2D). A depender de sua forma e escala cartográfica, os elementos podem ser expressos pelas feições geométricas: pontos, linhas (ou arcos) e polígonos (FRANCISCO, 2010).

Os pontos são entidades geográficas identificadas por um único par de coordenadas (x, y), ou seja, utilizando um único vértice. Usualmente, um ponto é um símbolo, relacionado a qualquer entidade geográfica cuja representação em sua dimensão (área) é impossível. Podemos tomar como exemplos os portos de um país, representados em escala pequena, ou os atrativos turísticos de uma cidade, em escala média, ou mesmo grande.

As linhas ou arcos constituem um conjunto de coordenadas (x, y) que descreve uma linha contígua no espaço, com no mínimo dois vértices conectados. São utilizadas para representar entidades que têm dimensão apenas em comprimento, ou como limites de polígonos. Esses vetores são comumente utilizados para a representação em meio digital de rios, trilhas ecoturísticas, estradas, ferrovias etc. Cabe mencionar que os arcos possuem **nós**.

Nó

União entre os vértices inicial e final dos arcos, além das feições pontuais. (FRANCISCO, 2010).

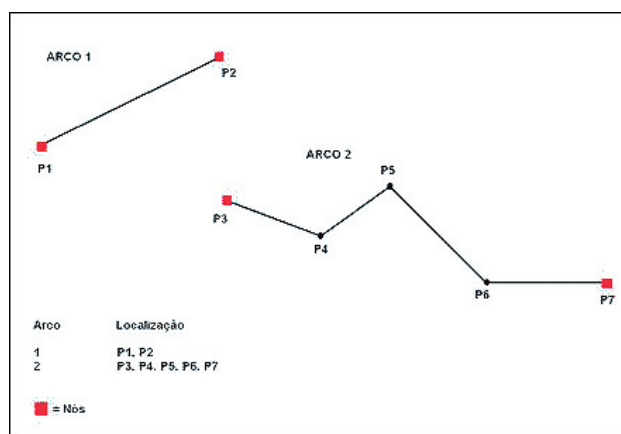


Figura 10.3: Exemplo de representação de arcos e nós, segundo CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Finalmente, os polígonos compreendem áreas limitadas por arcos. Cada polígono é construído a partir da lista de arcos que o define e eles são representados por, no mínimo, três vértices conectados. São exemplos de polígonos as áreas político-administrativas, as bacias hidrográficas, a área de uma floresta que compõe um mapeamento de uso do solo etc.

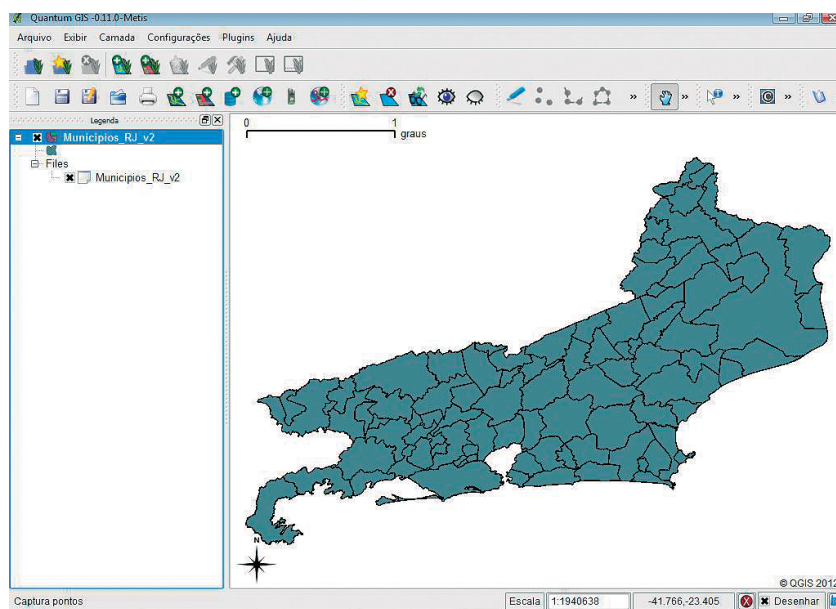


Figura 10.4: Exemplo de representação poligonal em que cada polígono representa um município do estado do Rio de Janeiro. Mapa elaborado pelo autor.

Segundo Francisco (2010), as feições geométricas, utilizadas para representação vetorial dos elementos, bem como a sua estrutura de armazenamento no banco de dados, estabelecem as relações topológicas entre os elementos geográficos, ou seja, relações existentes entre si e entre os outros elementos. Tais relações, necessárias ao processamento de análises espaciais no SIG, são o cerne para a estruturação de dados vetoriais.

Existem maneiras diferenciadas pelas quais os dados vetoriais podem ser colocados em uma estrutura de dados vetorial. Dois tipos de estrutura são notadamente mais conhecidos: as estruturas *spaghetti* e topológica.

Na estrutura *spaghetti*, o armazenamento é feito em um arquivo de dados, linha a linha, através de uma lista de pares de coordenadas x e y . Nesse caso, as linhas comuns a polígonos adjacentes são armazenadas

duas vezes (gerando dados redundantes), sendo um ponto representado por um par de coordenadas, uma linha por uma lista de coordenadas e um polígono por um circuito fechado de coordenadas x e y (LAGEOP/CEGEOP, 1999).

A estrutura topológica pode ser considerada um avanço em relação à estrutura *spaghetti*, pois armazena não só a componente posicional e os atributos dos dados, como também a componente topológica. Como já vimos, a topologia é responsável pela representação dos relacionamentos espaciais. Nesse sentido, essa estrutura é amplamente utilizada pelos SIGs.

Desse modo, a topologia permite o estabelecimento das seguintes relações espaciais entre os elementos, conforme descreve Francisco (2010):

- pertinência: os arcos definem os limites dos polígonos fechados, definindo uma área.

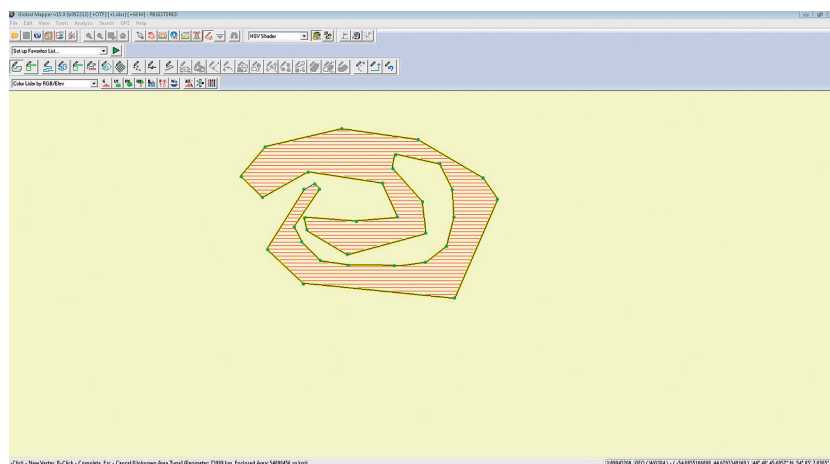


Figura 10.5: Tela do software Global Mapper, apresentando exemplo de pertinência.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

- conectividade: os arcos são conectados a outros, a partir de nós, permitindo a identificação de rotas e de redes, como estradas (malha viária) e rios (drenagem), como é o caso da Lagoa de Marapendi, destacada na figura a seguir. A conectividade pode permutar entre pontos, linhas e polígonos.

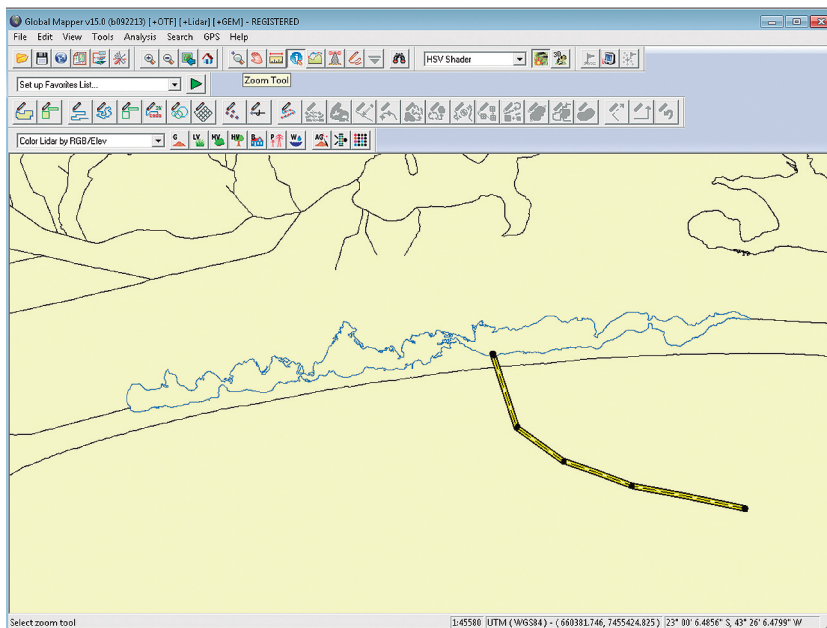


Figura 10.6: Tela do software Global Mapper, contendo um exemplo de conectividade.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

- contiguidade: os arcos comuns definem a adjacência entre polígonos. Assim, um arquivo vetorial em forma de polígono é formado por um seguimento de pontos (vértices) que caracterizam uma área. Nota-se, na figura a seguir, destacada em um círculo preto, a presença de um seguimento de pontos que compõe um polígono com diversos outros seguimentos de pontos.

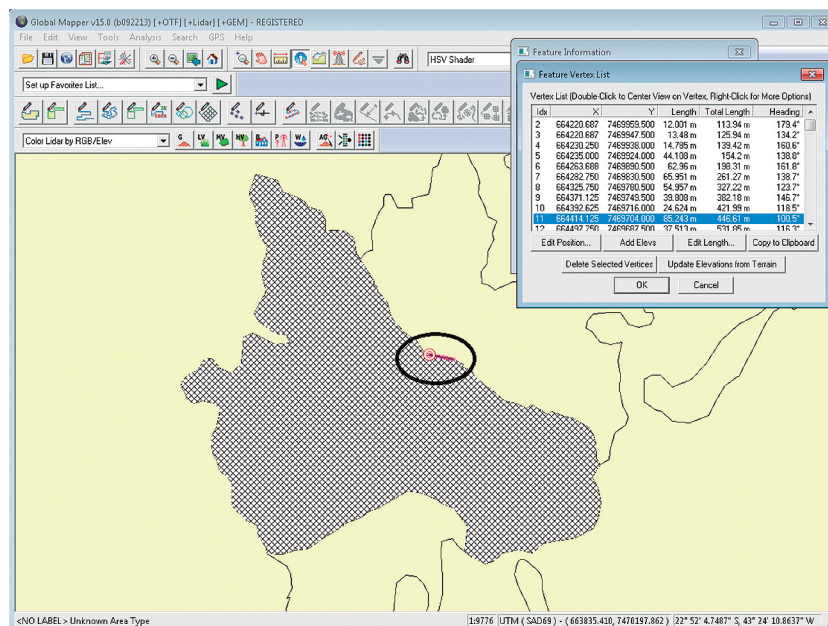


Figura 10.7: Tela do *software* Global Mapper, contendo um exemplo de descontinuidade representado por um seguimento de pontos fechando um polígono.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Na estrutura topológica, os relacionamentos espaciais entre os elementos geográficos, representados por nós, arcos e polígonos, estão armazenados em tabelas. Através delas, os relacionamentos implícitos entre as entidades gráficas no espaço aumentam o uso da informação para análise e manipulação (LAGEOP/CEGEOP, 1999; FRANCISCO, 2010).

Modelo matricial ou raster

No modelo matricial, ou *raster*, os objetos são reconhecidos sob a forma de imagem digital. Nele, temos o espaço regularmente subdividido em células (*pixels*), que são os elementos da matriz. O armazenamento de apenas um valor de atributo é associado a cada *pixel*, sendo válido para toda a sua área, independentemente de sua dimensão física.

Cada célula é referenciada por índices de linha e coluna, e contém um número, representando o tipo ou valor do atributo mapeado, sendo possível associar o par de coordenadas da matriz (linha e coluna) a um par de coordenadas espaciais (x, y).

O tipo de objeto representado e a área ocupada por cada célula são função da resolução espacial. A resolução espacial é representada pela

área da célula, sendo inversamente proporcional ao tamanho das células, ou seja, quanto maior o tamanho do *pixel*, menor será a resolução.

O posicionamento dos objetos geográficos ou as condições a eles associadas são representadas pela posição que ocupam na linha e coluna da matriz de células (ROCHA, 2000; INPE, 2010).

Na **Figura 10.8**, podemos visualizar uma base de dados no modelo *raster*, manipulada no SIG Global Mapper (versão 15.0). Trata-se do mapeamento de tipos de solos da cidade do Rio de Janeiro/RJ. No *zoom*, destacado na imagem, percebemos os *pixels* da base digital, estando associados, a cada *pixel*, o valor do atributo (nesse caso, classes de tipos de solo) e as coordenadas correspondentes. A resolução espacial do mapa apresentado na figura a seguir é de 50 metros.

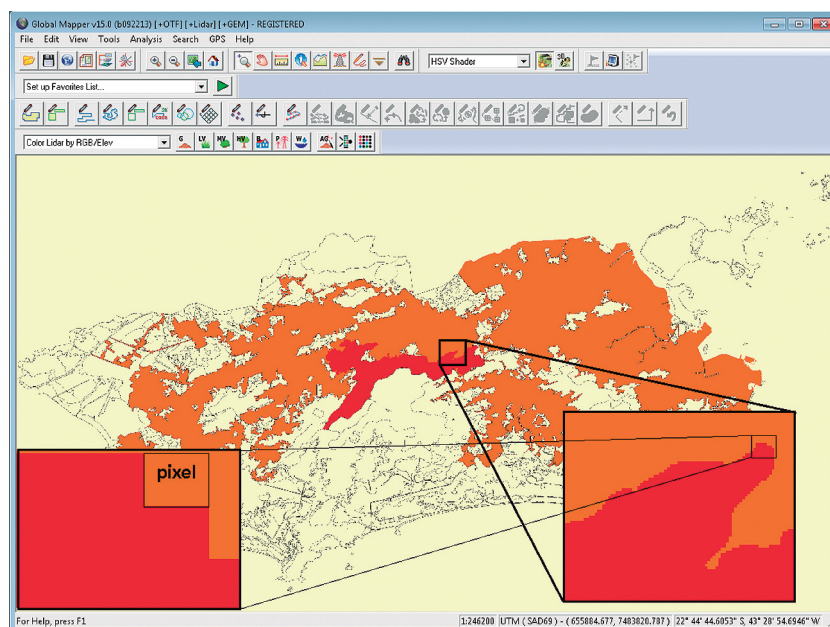


Figura 10.8: Arquivo no formato raster gerado de um arquivo vetorial. Observe-se o estouro gradual dos pixels conforme se aumenta o zoom.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Atividade 1

Atende aos objetivos 1 e 2

Já sabemos que os dados espaciais podem ser representados em um SIG sob duas formas: o modelo vetorial e o modelo *raster*. Cada qual possui

características próprias, que foram apresentadas ao longo da aula. Com base no que você aprendeu, associe as figuras abaixo ao modelo vetorial e ao modelo *raster*, justificando a sua escolha e caracterizando brevemente os modelos.

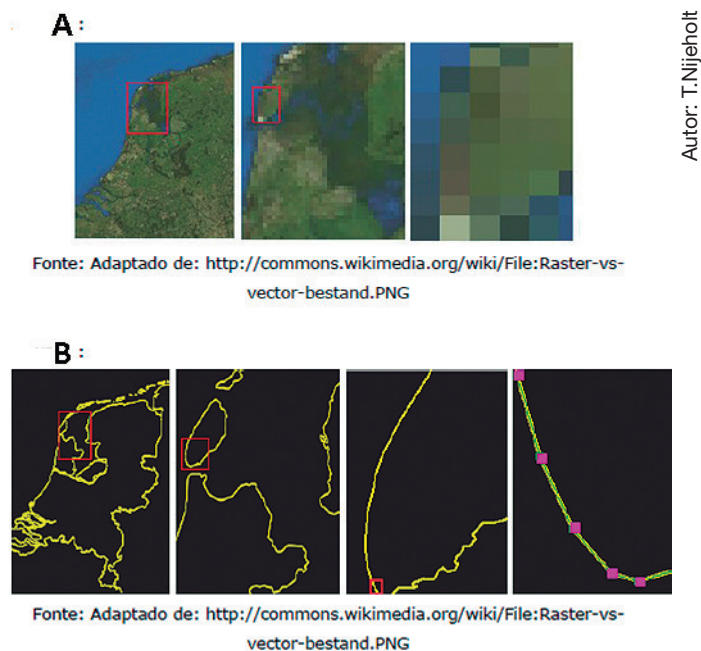


Figura 10.9: Tipos de modelos de representação espacial.

Resposta comentada

A **Figura 10.9a** corresponde ao modelo matricial (*raster*), pois, como você deve ter percebido, trata-se de uma imagem. Com o *zoom*, podemos perceber os *pixels* da imagem. Já a **Figura 10.9b** ilustra o modelo vetorial, que pode ser identificado pelos vértices do arco, no último

zoom da figura. Você pode ver que não há deformidade em sua representação, mesmo com uma grande aproximação.

A eficiência na execução das operações de manipulação e tratamento dos dados em um SIG depende do modelo geométrico (vetores ou *pixels*), utilizado para sua representação (FRANCISCO, 2010). Nesse sentido, é válido identificarmos as diferenças de aplicação de cada modelo, segundo suas características.

Modelo vetorial x modelo matricial

A adoção de um modelo de dados espaciais em SIG estará subjugada ao objetivo do usuário, ou seja, ela responderá à questão “De que tipo de dado eu preciso para realizar tal procedimento?”. Na realidade, a escolha de um SIG também estará vinculada, em partes, à mesma questão.

Caro cursista, há uma grande variedade de SIGs comerciais, gratuitos e livres. Alguns desses sistemas manipulam dados vetoriais e matriciais, além de possibilitarem a conversão entre esses mesmos dados. Outros sistemas são específicos com relação à disponibilização de funções relacionadas a um tipo de formato de dados.

Mas quais tipos de procedimentos, para o tratamento dos dados e geração da informação geográfica, são passíveis – ou mais bem executados – com base em cada modelo? Não há uma regra exclusiva e totalmente definida. Há, sim, indicações pautadas nas características de cada formato.

Podemos dizer que os arquivos vetoriais são mais adequados para a execução de consultas espaciais, com ênfase na eficácia do processamento de relacionamentos topológicos e na interação com a base alfanumérica.

O modelo vetorial é, com certeza, o mais indicado como formato de representação de dados cadastrais (lotes, limites de bairros etc.), redes (de abastecimento, malha viária etc.) e topografia (curvas de nível, por exemplo). Em suma, objetos com representatividade linear ou pontual são mais bem processados e analisados nesse modelo.

Com relação à base alfanumérica, a associação entre o atributo e a componente espacial é mais adequada ao vetorial, já que, nesse modelo, um elemento é identificado como único, enquanto no *raster* cada ele-

mento é definido por um conjunto de *pixels* que possuem um atributo comum (visualize novamente a **Figura 10.8**). Assim, operações de consulta aos atributos são mais bem executadas no modelo vetorial.

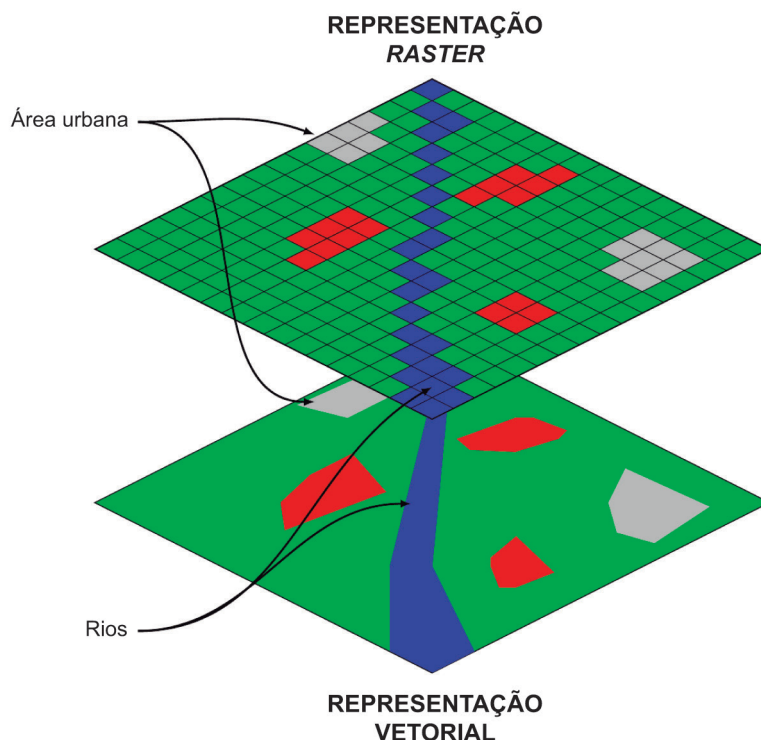


Figura 10.10: Comparação visual das representações raster e vetorial (RASTER..., 2015).

No modelo vetorial, os diferentes atributos de um objeto geográfico podem ser armazenados em um único plano de informação, por meio de campos em seu componente alfanumérico. No *raster*, um *pixel* recebe apenas um valor, fazendo com que seja gerado um plano de informação para cada tema.

A representação espacial por meio de *pixels* (imagem) permite que os fenômenos contínuos e a alta variabilidade espacial sejam adequadamente representados no modelo matricial. Já no modelo vetorial, para cada alteração do fenômeno, há necessidade de criação em um novo elemento. A variação de objetos torna difícil o processo de vetorização. Por isso o modelo matricial é utilizado nas imagens de sensoriamento remoto e no monitoramento contínuo da superfície terrestre.

Análises ambientais complexas, como a combinação ponderada de mapas para a geração de outro mapeamento (de zoneamento, riscos, potencialidades etc.), a constatação de alterações de áreas em mapeamentos de períodos distintos (monitoramento) e prospecção de áreas, entre outros exemplos, são comumente processadas a partir de dados matriciais. Em uma análise de área no modelo *raster*, a varredura é feita *pixel a pixel*.



Com base no exposto, podemos, então, definir as vantagens e desvantagens de cada modelo, segundo suas características:

MODELO VETORIAL









VANTAGENS	DESVANTAGENS
 Armazenamento mais compacto.	 Maior complexidade na manipulação e execução de arquivos (operações de superposição são complexas, não permite diretamente o processamento digital da imagem)
 Maior eficiência das relações topológicas.	 Estrutura de dados mais complexa do que a do modelo matricial.
 Adequado para informações associadas à distribuição de objetos no espaço.	 Representação ineficiente de uma alta variabilidade espacial.

Figura 10.11: Vantagens e desvantagens do modelo vetorial.

MODELO MATRICIAL









VANTAGENS	DESVANTAGENS
 Simplicidade em termos de implementação de rotinas de manipulação (análise por superposição, as quais envolvem recuperação e cruzamento de atributos armazenados em cédulas de arquivos distintos, mas de mesma localização).	 Dificuldades na representação dos relacionamentos topológicos.
 Adequado para informações, associadas à variabilidade espacial de um fenômeno.	 Cuidados especiais no armazenamento de arquivos, além de ocupar grande espaço em disco.
 Processamento digital é feito em raster.	 Saída gráfica é menos estética.

Figura 10.12: Vantagens e desvantagens do modelo matricial.

Atividade 2

Atende ao objetivo 3

Os modelos de dados vetoriais e *raster* possuem vantagens e desvantagens, quanto a sua utilização, com relação ao armazenamento e às possibilidades de atendimento a aplicações. Você saberia identificar corretamente essas características? Marque C (certo) ou E (errado) para as seguintes afirmações, justificando sua resposta.

- () O modelo vetorial é eficaz para atender à representação de uma alta variabilidade espacial.
- () A estrutura dos dados no modelo *raster* ocupa pouco espaço na memória.
- () Análises de rede são processadas com base no modelo vetorial.
- () O modelo *raster* facilita a associação de atributos a elementos gráficos.

Resposta comentada

(E) O modelo vetorial é eficaz para atender à representação de uma alta variabilidade espacial.

O modelo vetorial possui maior precisão geométrica dos objetos, porém isso se torna ineficaz quando se tem a necessidade de representar uma alta variabilidade de objetos no espaço, devido à dificuldade no processo de vetorização.

(E) A estrutura dos dados no modelo *raster* ocupa pouco espaço na memória.

Na realidade, ela tende a ocupar mais espaço, devido ao fato de a estrutura ser baseada em uma matriz de células, que possuem, cada qual, um valor atribuído (de atributo e coordenada).

(C) Análises de rede são processadas com base no modelo vetorial.

As análises de rede são processadas a partir de geometrias lineares, mais bem representadas no modelo vetorial.

(E) O modelo *raster* facilita a associação de atributos a elementos gráficos.

Na realidade, o modelo vetorial facilita essa associação. O *raster* associa o atributo apenas à classe do mapa.

**Conclusão**

Os modelos ou formatos de dados espaciais representam a realidade, em ambiente SIG, sob duas formas distintas: gráfica ou vetorial e imagem ou matricial (*raster*).

Para o melhor entendimento das funcionalidades de um SIG, é importante reconhecer as características de cada modelo, suas estruturas, vantagens e desvantagens. Cada modelo traz consigo um domínio diferenciado sobre a representação da superfície terrestre em meio digital e desdobramentos pautados na geração da geoinformação.

Os formatos devem ser adotados, cada um em sua especificidade, com base no objetivo do trabalho, na disponibilidade dos dados e de acordo com a intencionalidade do usuário, quanto à utilização das funções do SIG.

Atividade final

Atende ao objetivo 3

Nesta atividade, faremos uso do sistema QGIS 2.10, para manipular dados vetoriais e matriciais. Também utilizaremos o Google Earth.

Inicialmente, aprenderemos a baixar uma base de dados espacial vetorial na internet. Para tal, entre no *link* do estado do ambiente do Instituto Estadual do Ambiente (Inea): http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/

Nesse *link*, temos diversos dados sobre temas variados, tais como geologia, geomorfologia, tipos de solos (pedologia), base cartográfica, precipitação, entre outros.

Para esta atividade, baixe o arquivo Base Cartográfica e salve-o em um diretório do seu computador.

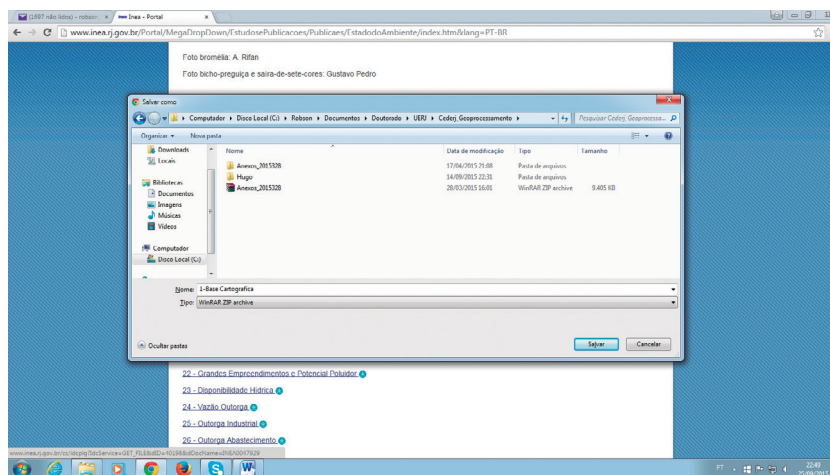


Figura 10.13: Baixando base de dados vetorial.

Note que o arquivo, ao ser baixado, vem no formato compactado winzip. Após baixar o arquivo, será necessário descompactá-lo, clicando com o botão direito do *mouse* sobre o arquivo e indo na opção “Extract Here”.

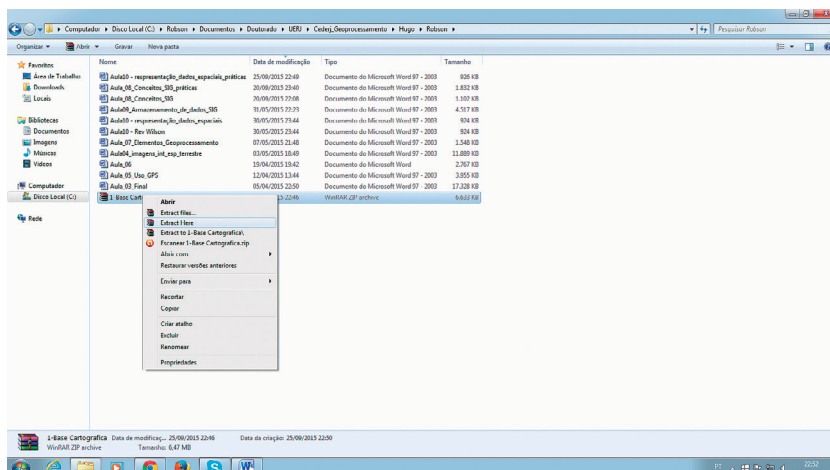


Figura 10.14: Descompactando archivo de datos vetorial.

Note que, na pasta Base Cartográfica, há dois tipos de arquivos: KML e Shapes. O formato KML corresponde ao formato de arquivos do Google Earth, pois também pode ser visualizado nesse programa. O formato shape (*.shp) refere-se ao tipo de arquivo que é aberto no SIG.

Sendo assim, vá ao *link* abaixo para realizar o *download* do SIG QGIS 2.10.1:

<http://qgis.org/en/site/forusers/download.html>

Após salvar o *setup* em uma pasta do seu computador (pasta Downloads, por exemplo), abra o arquivo QGIS-OSGeo4W-2.10.1-1-Setup-x86 para a instalação do QGIS em sua máquina. Para tal, basta seguir as instruções do referido programa, e ele será instalado com êxito.

Após a instalação do SIG QGIS, abra o *software* QGIS 2.10.1 Desktop e adicione a base cartográfica do estado do Rio de Janeiro no referido sistema. Note que o QGIS possui diversas barras de *menus*. Nesse procedimento, vá nas opções “Camada”, depois “Adicionar camada” e, por último, “Adicionar camada vetorial”.

Na caixa de diálogo “Adicionar camada vetorial”, busque o dado que você acabou de baixar. Ele está localizado na pasta Shapes e denomina-se 1-Municipios.shp. Após isso, basta clicar em “Abrir”.

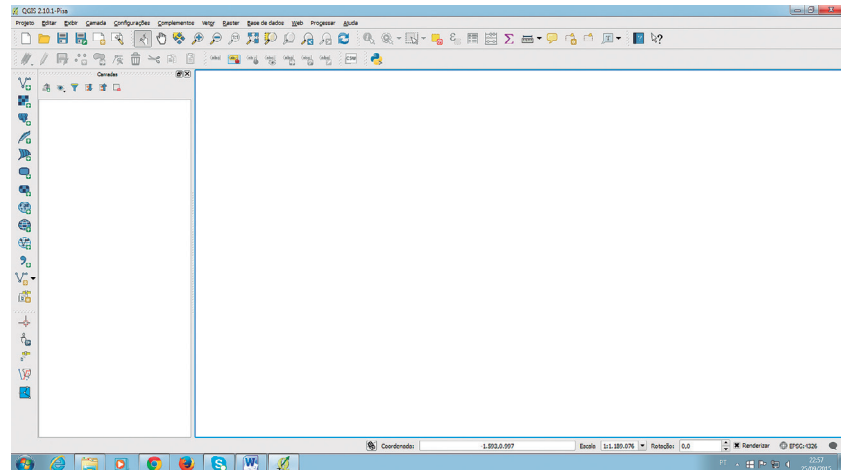


Figura 10.15: Tela inicial do QGIS 2.10.1.

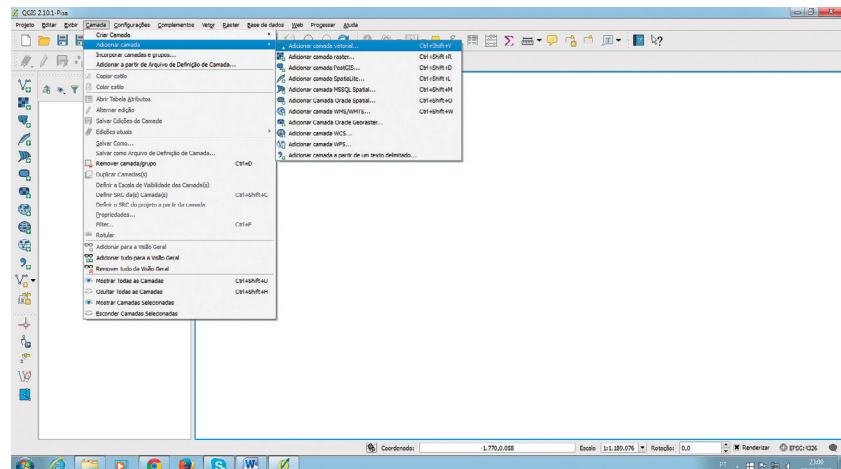


Figura 10.16: Adicionar camada vetorial.

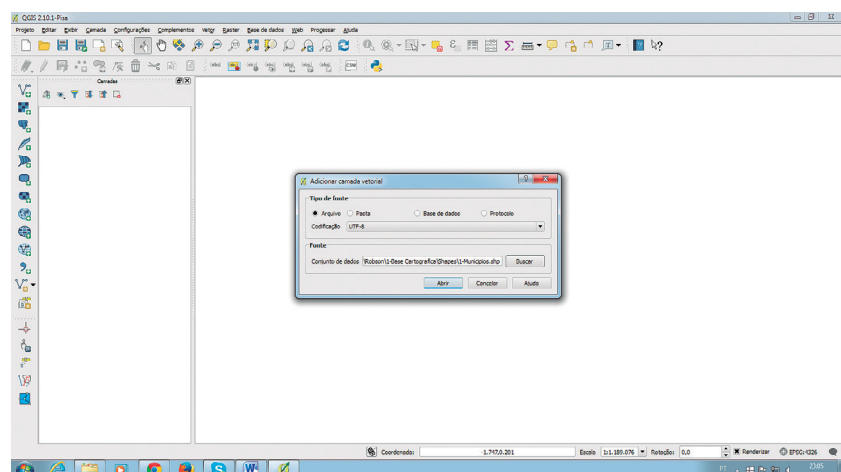


Figura 10.17: Abrir camada vetorial.

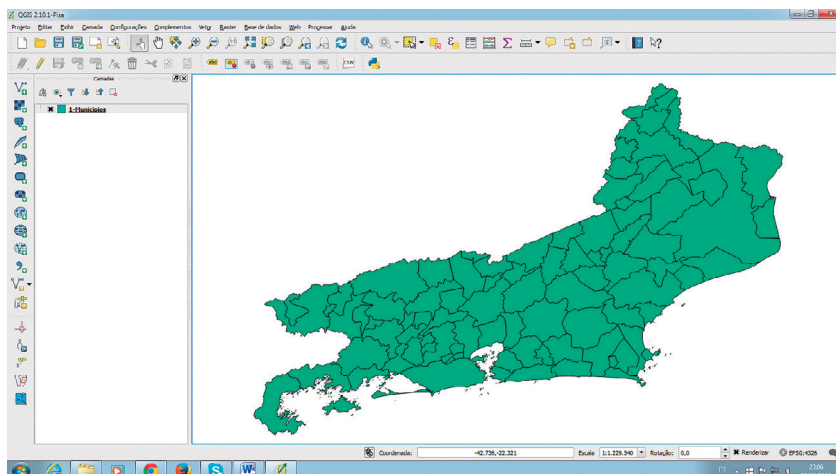


Figura 10.18: Camada vetorial 1-Municipios.shp visualizada no QGIS 2.10.1.

Vale salientar que a base visualizada é uma base vetorial de estrutura poligonal, e que essa estrutura possibilita o cálculo de áreas. Note que a base vetorial mostra a representação geométrica de todos os municípios do estado do Rio de Janeiro.

Você já abriu uma base de dados de estrutura vetorial. O próximo passo é manipular um dado matricial (*raster*) de imagem digital. Para tal, salve uma imagem do Google Earth e abra-a no *software* QGIS 2.10.1.

Assim, iniciaremos esta nova atividade abrindo o aplicativo Google Earth.

Caso você não tenha o aplicativo instalado no computador, é possível baixá-lo em: <http://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html>

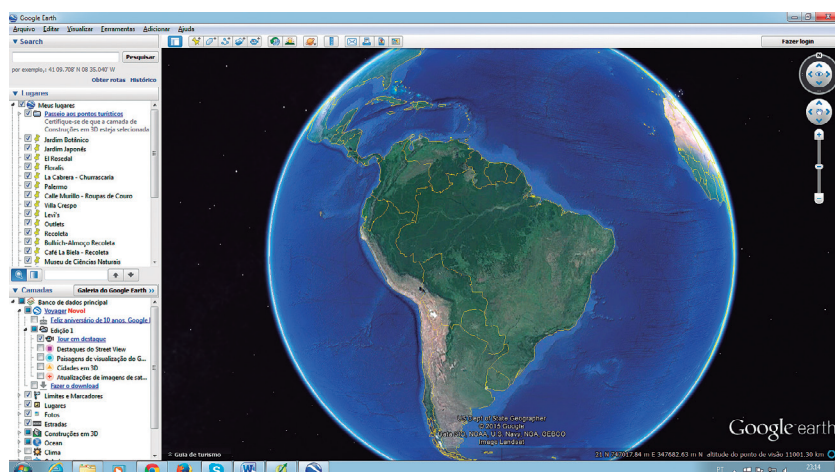


Figura 10.19: Tela inicial do Google Earth.

No Google Earth, dê um *zoom* em uma área de sua preferência, que pode ser a do Maracanã, como no exemplo da **Figura 10.20**.

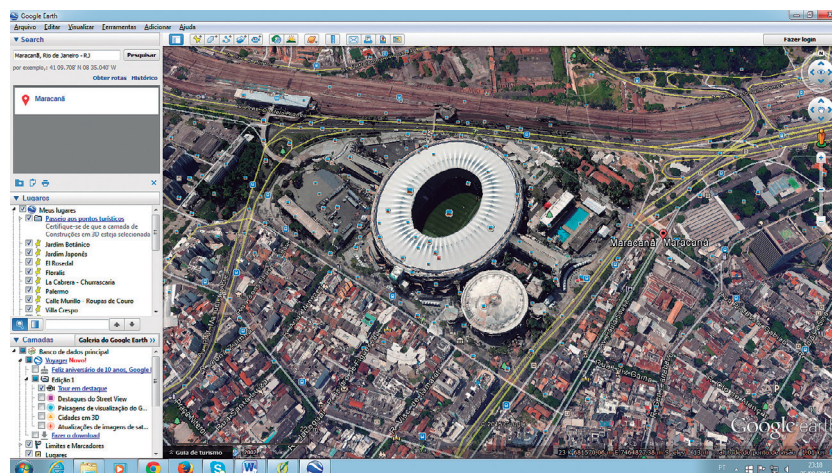


Figura 10.20: Imagem do Maracanã no Google Earth.

Agora, salve a imagem do Google Earth de forma que você possa abri-la no SIG. Assim, clique na opção “Arquivo”, depois em “Salvar”, em seguida, em “Salvar imagem”. Aparecerá uma caixa de diálogo chamada “Salvar como”. Vamos nomear a imagem como Maracanã.jpeg.

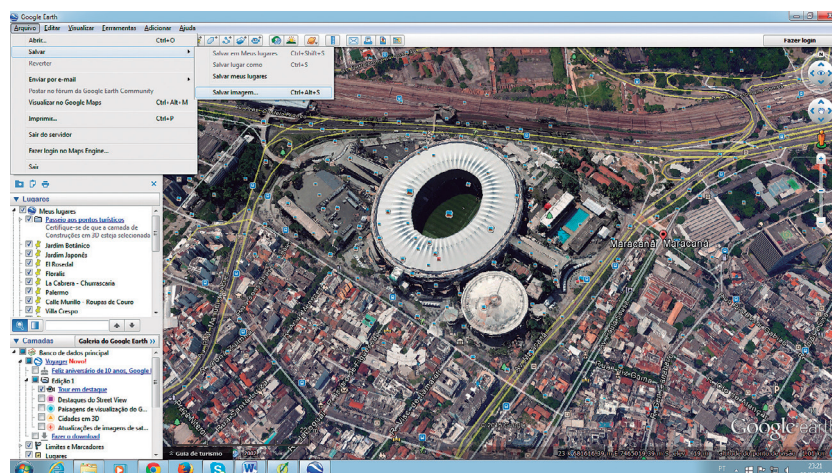


Figura 10.21: Salvar imagem no Google Earth.

Depois de salvar a imagem do Maracanã, abra-a no *software* QGIS 2.10.1. Para tal, abra um novo projeto no QGIS e clique nas opções “Camada”, depois “Adicionar camada” e, por último, “Adicionar camada

raster”. Na caixa de diálogo, abra uma fonte de dados *raster* e busque a imagem do Maracanã salva do Google Earth. Clique em “OK” na janela “Seletor de coordenadas” e você terá um dado *raster* na janela de visualização do QGIS 2.10.1, conforme ilustra a **Figura 10.22**.

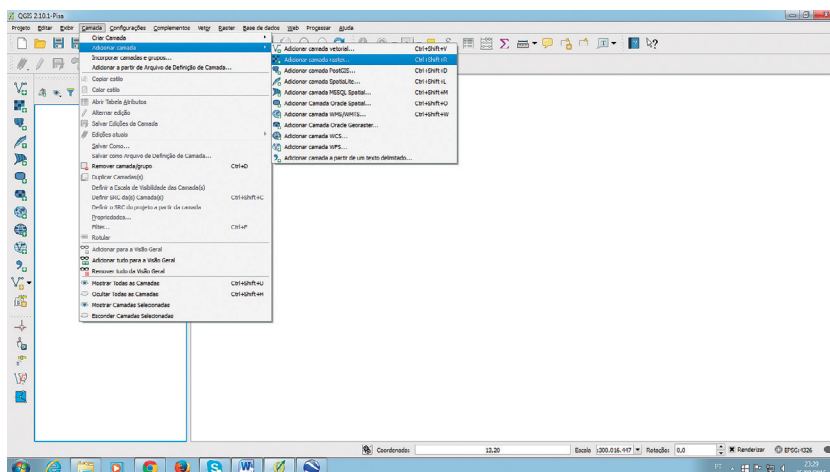


Figura 10.22: Adicionar camada raster.

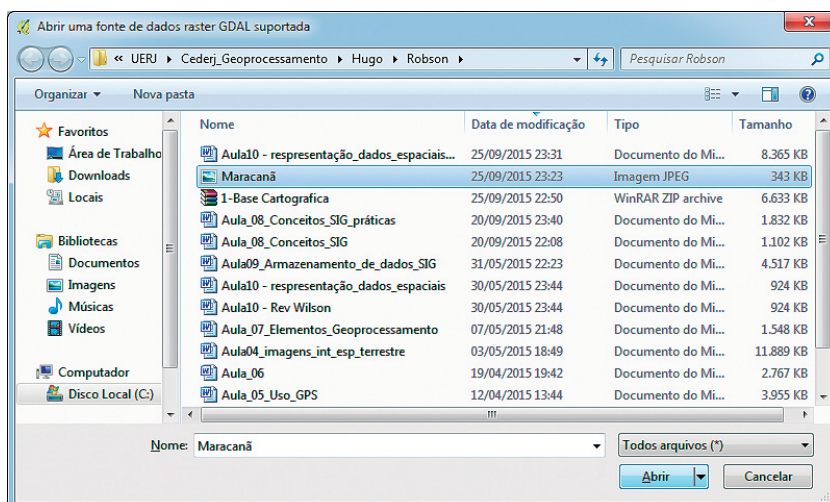


Figura 10.23: Caixa de diálogo “Abrir uma fonte de dados raster”.

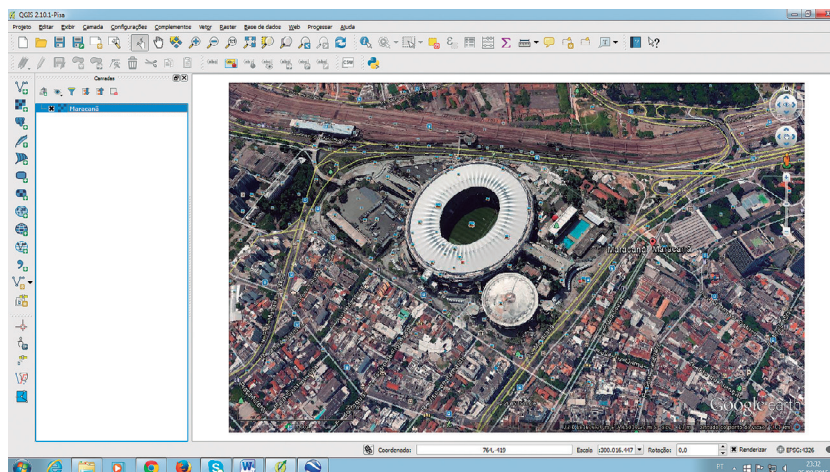


Figura 10.24: Dado raster (imagem do Maracanã) no software QGIS 2.10.1.

Resumo

Os modelos vetorial e matricial (*raster*) constituem formatos de representação dos dados espaciais. O modelo vetorial é preciso geometricamente e representa os objetos do mundo real, sob a forma de pontos, linhas e polígonos, constituídos de vértices. Sua estrutura usual é a topológica, em que são armazenados os atributos, a posição e a topologia dos elementos. Já o modelo matricial é estruturado sob a forma de *pixels*, armazenados em uma matriz de linhas e colunas. Cada *pixel* possui um valor de atributo (referente à classe do mapa) e uma coordenada associada. Cada modelo possui vantagens e desvantagens, porém os SIGs, difundidos atualmente, em sua maioria, adotam ambos os formatos em contextos de análise específicos. O modelo vetorial é mais indicado para consultas espaciais, análises de rede e relações topológicas. O modelo matricial, por sua vez, é indicado majoritariamente a análises ambientais entre planos de informação da mesma área.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, serão abordadas as formas de aquisição e entrada de dados geográficos em SIGs, com ênfase para aplicações geográficas. Até lá!

Referências

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C.. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

FRANCISCO, C. N. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói, RJ: Departamento de Análise Ambiental – Instituto de Geociências – Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2010. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>>. Acesso em: 2 set. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – Inpe. *Aula 7: manipulação de dados vetoriais*. Divisão de Processamento de Imagens/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula7.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2016.

LAGEOP/CEGEOP – LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DA UFRJ. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999.

MIRANDA, J. I. *Fundamentos de sistemas de informações geográficas*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

RASTER VECTOR TIKZ. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. 2015. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster_vector_tikz.png>. Acesso em: 1 set. 2016.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000.

Aula 11

Aquisição e entrada de dados

*Hugo Portocarrero
Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa*

Meta

Destacar procedimentos para aquisição e introdução de dados geográficos em bancos de dados modelado para aplicações em ciência geográficas.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir dados geográficos adequados à análise espacial;
2. reconhecer fontes em potencial para a aquisição de bases de dados e informações;
3. identificar processos de introdução dos dados em SIGs.

Introdução

Os dados geográficos, somados aos métodos, recursos humanos, equipamentos e programas, constituem os elementos do geoprocessamento. Nesse campo, necessita-se de dados para a geração de informação sobre o espaço geográfico, que, como vimos, atende a diversas áreas de conhecimento.

Saber quais os dados necessários a um trabalho ou pesquisa depende da identificação dos objetivos, da metodologia e do instrumental associado. Supondo que um SIG seja determinante para a solução de um problema qualquer, serão necessárias a aquisição de dados e a implementação do banco de dados.

As consultas e análises em um SIG serão viáveis após a entrada de dados no sistema, ou seja, somente a partir da implementação do banco de dados, incluindo as componentes espacial (vetorial e/ou *raster*) e alfanumérica, é que o sistema poderá realizar operações imaginadas pelo usuário, por meio do SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados).

Assim, veremos nesta aula os procedimentos padrão para a aquisição e entrada de dados geográficos em SIG.

Dados geográficos

Quando utilizamos um SIG em determinada aplicação, para qualquer área, podemos dizer que estamos manipulando a informação geográfica. Isso se deve ao fato de que os dados possuem informações espaciais que são representadas por meio das coordenadas (latitude e longitude).

Ao longo de nosso curso, discutimos sobre a importância da geografia e do geoprocessamento para o desenvolvimento de áreas dependentes do conhecimento e entendimento sobre o espaço.

Sendo assim, podemos concluir que o geoprocessamento pode auxiliar no fornecimento do conhecimento teórico e instrumental para a aquisição, o tratamento e o processamento de bancos de dados geográficos. Essa ferramenta pode, então, conter dados de base (ou dados básicos) e dados espaciais.

Como dados de base, podemos entender os dados geográficos comuns para o (re)conhecimento de uma superfície terrestre. Nesse sentido, qualquer atividade econômica que se desenvolva sobre o espaço,

bem como sua disseminação, exige referências espaciais.

Já os dados geográficos podem ser reconhecidos como dados topográficos (de representação da superfície) e temáticos afins (quantitativos e qualitativos, tais como referentes a solos, geomorfologia, densidade demográfica, entre outros focos de observação).

Os dados geográficos podem ser representados sob a forma de áreas (áreas urbanas, áreas agrícolas, áreas de garimpo, entre outras), pontos (a depender da escala: escolas, museus, pontos de coleta de água etc.) ou linhas (trilhas ecoturísticas, ferrovias, rodovias, rios). Vale salientar que essas representações podem ocorrer nas estruturas vetoriais (pontos, linhas e polígonos) ou *raster* (*pixels*).

A definição e a modelagem dos dados geográficos de base aplicados à análise espacial constituem a chave fundamental e inicial para o alcance dos resultados. Estes, por sua vez, são fundamentais para a realização de estudos e a geração de mapas com rigor cartográfico, vinculados ao planejamento ambiental e urbano, bem como à gestão e ao ensino de Geografia, por exemplo.

A distribuição espacial de atividades econômicas pode somar-se à caracterização social, econômica e ambiental de um local ou região. Isso também vale, por exemplo, para o planejamento, a implantação de infraestrutura e a gestão integrada das atividades realizadas em tal espaço. Nessas situações, a relação da agregação de dados a um local aliada às análises em um SIG garante a disponibilidade das informações tanto para a prática didática que se pode realizar sobre o desenvolvimento de um espaço, quanto para tomadas de decisões sobre ele.

Em estudos que exijam uma caracterização social e econômica como apoio à compreensão do espaço humanizado onde se desenvolvem atividades econômicas, são comumente utilizados dados demográficos e econômicos (quantitativos), vinculados às bases de dados espaciais com representação de área. Dados cadastrais e de rede de infraestrutura, sob a forma de pontos e linhas, também podem auxiliar as aplicações, utilizando-se ferramentas de geoprocessamento.

Com relação à caracterização física de um local, os dados topográficos são imprescindíveis. A agregação de temáticas ambientais pode exigir a organização de planos de informação qualitativos com representação de área (uso do solo, por exemplo). São revistos ainda dados pontuais e lineares, referentes ao registro de entidades e fenômenos do mundo real, tais como os pontos registrados de ocorrência de desliza-

mentos em determinado período e os rios de uma bacia hidrográfica, respectivamente. Esses dados podem estar em formato vetorial ou *raster*, dependendo do tipo de operação desejada.

Os dados espaciais podem estar associados ao banco de dados geográfico como atributos, ou mesmo constituir objetos espaciais. Por exemplo, em uma base alfanumérica, os dados, referentes ao número de hotéis de um bairro, podem estar associados aos polígonos de uma base vetorial de bairros como um atributo. Assim sendo, poderia ser gerado um mapa quantitativo, a partir dessa base de dados.

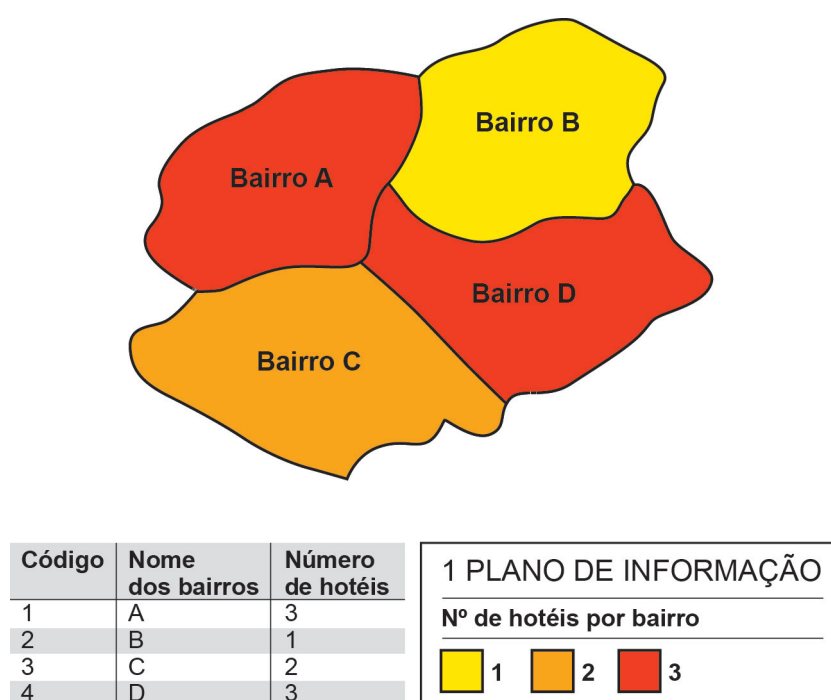


Figura 11.1: Representação espacial fictícia do número de hotéis por bairros.
Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Em outro caso, a representação dos hotéis pode estar sob a forma de pontos vetoriais, localizados por meio de coordenadas precisas sobre o espaço, definindo outro plano de informação, sobreposto ao de bairros. Assim, cada arquivo vetorial (de bairros e de hotéis) pode conter a sua tabela de atributos específica, se necessária para consultas e análises. Os atributos dos bairros (*nome*, *índice de desenvolvimento humano*, por exemplo) estariam relacionados aos polígonos. No caso da representação dos hotéis, os atributos (*nome*, *número de quartos*, *número de empregados*, por exemplo) estariam associados aos pontos.

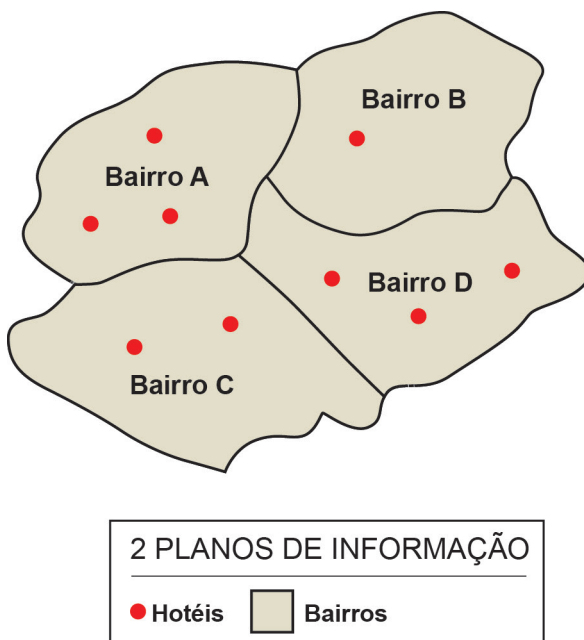


Figura 11.2: Representação espacial fictícia de hotéis e bairros.
Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Com base no exposto, descreva os dois tipos de estruturas de dados geográficos. Além disso, relate quais seriam as formas gráficas utilizadas para desenvolver um mapeamento de áreas de unidade de conservação.

Resposta comentada

As duas estruturas de dados geográficos são a vetorial e a matricial. A primeira pode ser representada de três formas diferenciadas: pontual,

linear e poligonal. Já a segunda apresenta formato matricial, ou seja, consiste em uma matriz de linhas e colunas.

O mapeamento de unidades de conservação pode utilizar informações de diversos tipos, tais como dados de trilhas em formato linear, dados de uso do solo e cobertura vegetal em formato poligonal, e imagens de sensoriamento remoto em formato matricial, por exemplo.

A partir da definição de dados necessários a uma aplicação em SIG, de acordo com os objetivos pretendidos em uma pesquisa, passamos a outra fase: a aquisição de dados para a entrada no sistema. Como proceder nessa etapa? Veremos a seguir.

Aquisição de dados para a introdução nos SIGs

Vimos que, visando ao atendimento de um objetivo preconcebido, devemos definir os dados necessários e pertinentes para o desenvolvimento de determinada aplicação.

Os dados de fontes primárias e secundárias podem ser incorporados a um estudo, utilizando SIGs. Existem, atualmente, muitas definições para dados primários e secundários, a depender do enfoque e dos tipos de pesquisa e dados que se pretende.

Aqui, considerando o banco de dados geográfico, entendemos os dados primários como aqueles diretamente produzidos pelo(s) autor(es) de um estudo, ou seja, são dados mais específicos a uma aplicação.

Os dados secundários são aqueles adquiridos junto a fontes de produção responsáveis justamente pelo levantamento e disponibilização desses dados. Como fontes podemos entender, por exemplo, centros de pesquisa, órgãos governamentais, instituições públicas e privadas etc.

Os dados primários podem ser levantados (adquiridos) em paralelo ou após o levantamento dos dados secundários. Em um primeiro momento, deve ser atestado que as fontes secundárias não possuem dados primários (ou possuem parcialmente), para que, assim, ocorra o levantamento propriamente dito (quando possível). Por exemplo, considerando a inexistência dos dados necessários a um estudo específico – seja em um recorte temático, temporal ou espacial –, será imposto o levan-

tamento desses dados a partir de métodos organizados e fidedignos, que garantam sua confiabilidade.

Então como podemos proceder com relação à aquisição de dados primários e secundários? De antemão, é fundamental que tenhamos em mente que a aquisição de dados espaciais dos dois tipos envolve organização, precisão técnica e ética.

Aquisição de dados geográficos primários e secundários



Figura 11.3: Peneiras para aquisição de dados geográficos.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1049899>

A organização na aquisição de dados determinará a não redundância dos dados geográficos, antes mesmo de eles serem incorporados ao banco de dados, por exemplo.

A precisão técnica no levantamento de quaisquer dados garante a correta coleta de dados espaciais, a partir de fontes secundárias, ou seja, se dominarmos aquilo de que necessitamos com relação ao tipo de dado, estrutura, escala, projeção etc., poderemos extrair da (re)conhecida fonte detentora exatamente o que queremos ou o mais próximo

possível para o atendimento de nossas necessidades. Com base na precisão técnica, um usuário poderá ainda atestar a confiabilidade do dado secundário.

Com relação ao levantamento de dados primários, a precisão técnica é ainda mais importante. Nesse caso, o dado será produzido (coletado) pela primeira vez e trará ou não consigo fidelidade em relação à realidade. Logicamente, necessitamos dessa fidelidade para a análise espacial. Nesse sentido, a precisão técnica na produção de dados envolve desde a justificativa metodológica do levantamento até o correto manuseio dos materiais (equipamentos de coleta) e a correta aplicação dos métodos empregados.

A ética refere-se às políticas de restrição de uso de dados secundários, à citação dos créditos originais de levantamento do dado (armazenados em **metadados**) e à não manipulação no levantamento de dados primários.

Os dados secundários podem ser levantados a partir de pesquisas de gabinete. Os procedimentos metodológicos para isso envolvem a definição das fontes e o contato formal com elas. Na realidade, esse contato está mais relacionado a situações em que se sabe que o dado existe, mas não necessariamente está disponível. Nesse caso, poderá ser necessária, ainda, a visitação aos detentores do dado, presencialmente.

Já em outros casos, encontramos os dados disponíveis para aquisição (gratuita ou comercial), sem que haja a necessidade de contato prévio. Por vezes, os dados podem ser baixados, via internet, já no formato digital, ou, ainda, adquiridos em mídias impressa ou digital (CD, DVD etc.), disponíveis para compra.

Os dados geográficos primários, mais específicos e não disponíveis por fontes secundárias, podem ser adquiridos via levantamentos em campo ou em laboratórios com suporte das geotecnologias, com base em: observações, entrevistas, coleta de pontos de localização por GPS, extração de planos de informação, a partir de imagens de satélite, entre outros métodos.

As imagens de satélite podem ser adquiridas tanto por catálogos quanto por solicitações programadas, junto aos órgãos públicos, detentores da tecnologia, ou via empresas de sensoriamento remoto que comercializam tais imagens. As imagens de catálogo geralmente possuem baixa resolução ou estão defasadas (para o atendimento de determinada aplicação). Por serem fontes para geração de dados primários, as imagens

Metadados

Dados sobre um dado, ou seja, os metadados correspondem a um conjunto resumido de informações sobre aquilo de que trata o dado (quem o levantou, para quê, em que período etc.).

de satélite são comumente incorporadas aos estudos mais específicos e direcionados. Em determinadas situações, uma imagem de catálogo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) ou INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) pode atender aos objetivos definidos. Já em outras, será necessária a encomenda de imagens programadas, cobrindo determinada área, com período e resolução específicos.

O levantamento de dados primários exige mais tempo e recursos. O ideal é que seja realizado por uma equipe, dependendo da complexidade e abrangência dos dados. Com relação aos dados gráficos, Miranda (2010) atenta para o fato de que é preferível utilizar mapeamentos digitais disponíveis por fontes (re)conhecidas, que contam com certa precisão e foram produzidas com critérios cartográficos e por profissionais da área. Porém, isso não é regra.

Como estamos tratando de um banco de dados não convencional, os dados coletados, primários ou secundários, podem ser agregados à componente espacial ou à alfanumérica. Assim sendo, formas de levantamento de dados tabulares viabilizam a alimentação dos atributos de um objeto. Já os dados gráficos levantados correspondem exatamente à representação espacial de um objeto.

Fontes de dados secundários

As principais fontes de dados secundários são as instituições públicas e privadas. Os dados dessas instituições podem ter sido gerados para diversos fins: científico, controle territorial, administrativo etc. Podem ainda ser provenientes de levantamentos espontâneos ou obrigatórios.

Essas características devem ser levadas em consideração quando da definição da fonte potencial para aquisição de dados secundários, visando facilitar o acesso a eles.

Como principal fonte de dados geográficos básicos, podemos citar o IBGE. A instituição disponibiliza diferentes bases de dados digitais, gratuitas e comerciais. Essas bases digitais podem ser encontradas nos formatos vetorial e matricial. Estão disponíveis gratuitamente no endereço <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>.

Vale ressaltar que a maioria das instituições que manipulam e disseminam dados espaciais os disponibilizam sob o formato de modelo de dados vetorial, mais especificamente nos formatos de extensão de arquivo *DWG/*DXF (original do AutoCAD) e *SHP (original do Arc-

GIS). Trata-se de formatos de arquivo que praticamente todos os CAD e SIG reconhecem.

Já os dados em formato matricial, quando disponibilizados gratuitamente via internet, geralmente correspondem aos mapas já produzidos (produtos finais de outros trabalhos) nos formatos *BMP, *JPEG, e *PDF, principalmente. É importante mencionar que para esses dados brutos que não possuem referência espacial, é necessária a realização do georreferenciamento (atribuição posicional por meio do sistema de coordenadas: latitude e longitude). Encontramos ainda as imagens de satélite no formato de arquivo *TIF (sem georreferenciamento) ou *TIFF (georreferenciadas).



Índice de /

Nome	Tamanho	Data da modificação
atlas/		09/06/16 18:30:00
cartas_e_mapas/		02/06/16 04:35:00
imagens_do_territorio/		01/06/16 16:52:00
informacoes_ambientais/		02/06/16 04:23:00
informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/		05/09/16 18:31:00
metodos_e_outros_documentos_de_referencia/		01/06/16 16:52:00
modelos_digitais_de_superficie/		01/06/16 17:03:00
nomes_geograficos/		01/06/16 16:52:00
organizacao_do_territorio/		02/06/16 04:30:00
produtos_educacionais/		02/06/16 19:12:00
recortes_para_fins_estatisticos/		01/06/16 16:54:00

Figura 11.4: Página de download de dados espaciais do IBGE.

Fonte: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>

O IBGE detém levantamentos topográficos e temáticos em diferentes escalas, no entanto, predominam as pequenas e médias, sem nível de detalhamento nos mapeamentos temáticos. Há ainda os levantamentos demográficos, em nível de **setores censitários**, contendo a malha vetorial de polígonos dos setores e as variáveis do **censo demográfico**, expressas em tabelas (associadas à base gráfica).

As tabelas do IBGE, que formam o banco de dados do Censo 2000, contêm mais de 500 variáveis (colunas), relacionadas aos temas de renda dos responsáveis, instrução da população residente, infraestrutura de domicílios, entre outras.

Setor censitário

Unidade definida territorialmente para que seja percorrida pelo recenseador, durante o levantamento dos dados demográficos.

Censo demográfico

Pesquisa organizada sobre a população. No Brasil, é realizado pelo IBGE a cada dez anos.



Por meio da *homepage* do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/>), podemos acessar e realizar o *download* de dados estatísticos (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm), além dos dados espaciais em modelo vetorial e *raster*, como já vimos em aulas anteriores. Tais dados estão disponíveis em diferentes níveis de unidades administrativas e de planejamento (federação, regiões, estados etc.).

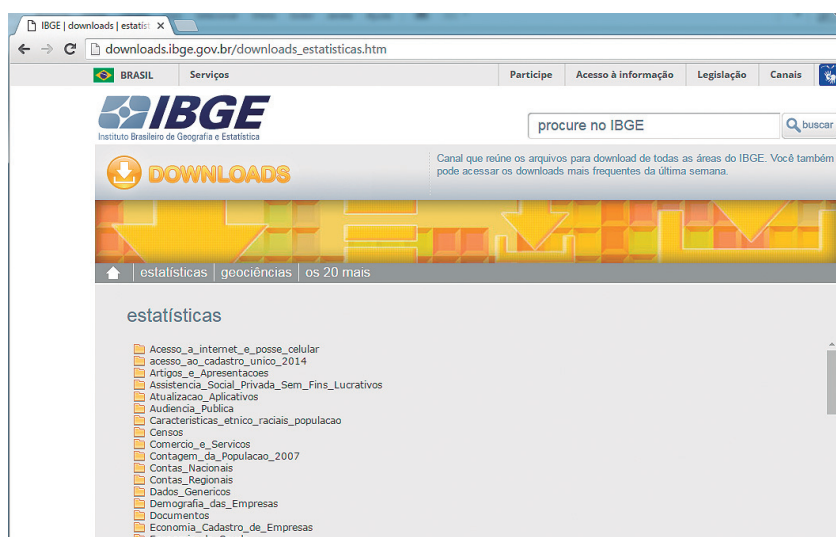


Figura 11.5: Página de *download* de dados estatísticos do IBGE.

Fonte: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm

Os dados estatísticos (alfanuméricos) podem ser vinculados aos dados espaciais em modelo vetorial, como atributos. A partir disso, podemos, por exemplo, gerar planos de informação que podem ser convertidos para o modelo *raster*, no qual o valor de atributo estará associado ao *pixel*, como vimos em nossa última aula. Tal conversão é justificada por meio da necessidade de se utilizar uma função de análise em SIG, mais adequada e eficaz no modelo matricial.

O IBGE é um órgão federal e é apenas um exemplo de fonte de dados espaciais. Existem muitos outros órgãos, com responsabilidades diferentes, nos níveis federal, estadual e municipal, que também disponibi-

lizam esse tipo de dado. A definição de uma fonte dependerá do objetivo do trabalho e do tipo de dado que lhe será agregado.

Se o objetivo é analisar um tema específico, em determinado recorte espacial, é recomendável, então, que se busquem instituições que trabalhem com a escala pretendida. Segundo Rocha (2004), no caso das prefeituras, por exemplo, a disponibilização de dados dependerá de seu nível de organização.

É importante salientar que as metodologias explicitadas pelos órgãos responsáveis por levantamentos de dados podem ser replicadas, resguardando a sua complexidade e possíveis adaptações, em níveis locais. Isso facilita a geração de dados primários, adequados ao desenvolvimento de uma aplicação, atendendo a seus objetivos específicos (ROCHA, 2004).

Entrada de dados em SIG

Ao contrário dos sistemas de banco de dados convencionais, o SIG, por meio de seu SGBD, é capaz de armazenar informações variadas, de natureza gráfica espacial (como vetores e imagens), além de dados convencionais (tabulares). Para isso, é necessário que ele conte com módulos ou interfaces que permitam ao usuário incorporar dados e visualizá-los graficamente.

Segundo Fitz (2008), a introdução de dados em um SIG é realizada a partir da aquisição de produtos de sensoriamento remoto, do uso de GPS (ou outro GNSS), da confecção de planilhas de dados (criação de atributos e preenchimento dos campos) e dos processos de digitalização e vetorização, como já vimos anteriormente.

Porém não basta simplesmente inserir os dados no sistema, devendo-se, também, verificá-los e corrigi-los, quando necessário. O sistema precisa ser capaz de detectar falhas e incorreções nos dados gráficos, sinalizando-as para o usuário. Essa deve ser uma medida de segurança, antes que dados incorretos ou inconsistentes sejam incorporados ao banco de dados geográfico.

Miranda (2010) menciona que todos os SIGs procuram inovar em técnicas para comunicar, cada vez melhor, a informação visual. Porém, essa boa aparência não é suficiente para um bom controle dos dados e geração de produtos exatamente correspondentes à realidade. O SIG necessita dispor de mecanismos para o gerenciamento de erros dos dados, comuns ao processo de criação deles.

Em suma, de acordo com Câmara e Davis (2001, p. 25), o SIG precisa ser capaz de:

- “Permitir a digitalização de dados gráficos em formato vetorial, provendo os meios para associação (ou digitação) das informações alfanuméricas correspondentes. Para isso, precisa permitir a utilização de quaisquer tipos de dispositivos de entrada de dados, como mesas digitalizadoras, *mouse*, teclado (digitação de coordenadas) etc”.
- “Permitir a associação de imagens digitais ao banco de dados, através de recursos de georreferenciamento de imagens, ou mesmo por meio da integração da imagem ao banco. Para isso, precisa ser capaz de converter ou traduzir arquivos de imagem codificados em diversos formatos distintos para o formato adotado por ele”.
- “Compatibilizar dados com relação aos sistemas de projeção e de coordenadas, além das escalas”.
- “Realizar análises de consistência sobre os dados vetoriais, visando detectar incorreções na topologia ou inconsistências com relação ao modelo de dados. Essas incorreções incluem: erros de fechamento topológico (elementos poligonais), superposições indesejáveis etc”.
- “Realizar procedimentos de “limpeza” ou adaptação sobre os dados adquiridos, visando prepará-los para a incorporação ao banco de dados geográfico. Esses procedimentos incluem a eliminação de vértices desnecessários, suavização de curvas, recorte de áreas etc”.
- “Receber, converter e tratar dados provenientes de outros sistemas de informação, geográficos ou não, gráficos ou não, a partir de arquivos de formato padronizado”.
- “Permitir a importação da componente alfanumérica do banco de dados, a partir da compatibilização com sistemas de banco de dados convencionais”.

Ainda de acordo com os autores, as funções de entrada de dados demandam grande parte dos recursos financeiros para a implantação de um SIG. Seu custo é, às vezes, um impedimento para a adoção de SIGs em organizações. O que distingue os vários enfoques com relação à entrada de dados é o grau de automatização alcançado.

Atualmente, podemos verificar no nosso cotidiano uma grande disseminação de dados digitais, inclusive os espaciais. Esse fato tem favorecido a entrada de dados em SIGs, pois, em muitos casos, o usuário já dispõe dos dados necessários para a realização de operações em tais

sistemas. Como vimos, muitos órgãos e instituições têm disponibilizado tais dados, o que não quer dizer que não haja necessidade de verificação, e até de adaptação deles.

Atividade 2

Atende aos objetivos 2 e 3

Sabemos que existem diversas formas de levantamento de dados geográficos. Com base nisso, descreva as principais etapas de aquisição de dados em um SIG.

Resposta comentada

A aquisição de dados espaciais envolve a coleta de dados primários e secundários, a partir de fontes e procedimentos com confiabilidade reconhecida. Assim, os procedimentos necessários para a aquisição de dados levam em consideração a organização nesse processo, condição que determinará a não redundância dos dados geográficos. Além disso, a precisão técnica no levantamento garante a correta coleta de dados espaciais e ainda permite atestar a confiabilidade do dado secundário. Por fim, a ética refere-se às políticas de restrição de uso de dados secundários, à citação dos créditos originais de levantamento do dado (armazenados em metadados) e à não manipulação no levantamento de dados primários.

Conclusão

A aquisição e a entrada de dados espaciais em SIGs são etapas importantes para qualquer aplicação que envolva o conhecimento sobre atividades desenvolvidas na superfície terrestre.

Essas etapas são fundamentais, porque permitirão o prosseguimento das demais subsequentes, impondo, inclusive, a qualidade dos resultados.

O entendimento acerca dos procedimentos conceituais e metodológicos de aquisição e introdução de dados espaciais em sistemas de manipulação do banco de dados geográfico garante a correta apropriação prática do ferramental de operacionalização. Mas, ainda assim, o usuário poderá contar com o suporte de estudos já realizados (utilizando tais técnicas), ou mesmo com o suporte técnico de outros usuários e/ou profissionais.

Por fim, cabe dizer que cada caso sempre terá suas especificidades. Para cada objetivo, serão delineadas diferentes modelagens de dados (definição, coleta e introdução dos mesmos) e adotados diferentes sistemas que atendam às necessidades da aplicação a ser realizada.

Atividade final

Atende aos objetivos 1, 2 e 3

Observe o texto a seguir, extraído do trabalho de Moura *et al.* (2003, p. 64), que explicita a metodologia de montagem da base de dados para um projeto de mapeamento em um SIG.

A montagem da coleção de dados é um trabalho longo e de grande complexidade, que não se encerra no período destinado ao projeto, mas estará em constante atualização. Estão sendo inicialmente trabalhados os dados relativos ao ambiente, tais como: hidrografia, rodovias, localidades, topografia, toponímia e georreferenciamento de conjunto de ortofotocartas. Paralelamente, a equipe composta por profissionais do DER-MG (Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais) e do IER (Instituto Estrada Real) está realizando trabalho de campo para colocação de marcos definidores dos caminhos, ao longo da Estrada Real.

Com base no texto, indique o tipo de aquisição e utilização de dados geográficos básicos aplicado ao projeto em questão, avaliando as possí-

veis interações entre dados primários e secundários. Em sua resposta, avalie ainda a importância das funções de entrada de dados do SIG para a atualização desses dados.

Resposta comentada

A metodologia do trabalho integra, parcialmente, a manipulação de dados geográficos básicos, em potencial para a geração de mapeamentos topográficos e temáticos. Tais dados podem ser advindos de fontes primárias (se geradas especificamente para o trabalho em questão) ou, possivelmente, secundárias (de órgãos responsáveis por seu levantamento). Encontra-se explicitado ainda no texto o levantamento, complementar, de dados primários. É perceptível que tais dados estão sendo gerados para serem sobrepostos ou cruzados aos levantamentos básicos, facilitando, assim, o entendimento sobre a realidade espacial e a navegação. Fica claro que, no referido trabalho, os dados poderão sofrer atualizações, assim como em qualquer outra aplicação com continuidade para a geração da geoinformação (especificamente aquelas direcionadas ao acesso por parte de usuários). Assim, por meio das funções de entrada (principalmente as relativas à construção gráfica), o SIG permite a incorporação de novos dados representativos do dinamismo do espaço geográfico, bem como de atividades desenvolvidas sobre ele.

Resumo

A definição de dados espaciais para aplicações na geografia, utilizando SIGs, está de acordo com o delineamento de objetivos e o grau de necessidades do usuário. Em muitas situações, torna-se pertinente a incorporação de dados geográficos de base (topográficos, por exemplo) para o suporte de dados. Com relação às formas de aquisição, os dados podem ser primários (levantados pelo próprio usuário) ou secundários (provenientes de instituições, as mais diversas, responsáveis por seu levantamento), observando diretrizes relacionadas à organização, precisão técnica e ética. O tratamento digital dos dados, de forma que estejam adequados à manipulação em SIGs, relaciona-se às funções de entrada de dados desses sistemas. Podem ser exemplificados como procedimentos padrão de entrada de dados: a digitalização, a compatibilização entre os dados, a conversão de formatos, o tratamento gráfico, a adequação de recortes, entre outros.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, reconheceremos e visualizaremos a interface de diversos SIGs. Até lá!

Referências

- CÂMARA, G., DAVIS, C. *Introdução ao geoprocessamento*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.
- FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- MIRANDA, J. I. *Fundamentos de sistemas de informações geográficas*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.
- MOURA, A. C. M. et al. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003.
- ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Editora do Autor, 2004.
- SANTOS, A. R. *Apostila teórica de geoprocessamento*. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

Aula 12

Conhecendo o ambiente SIG

*Hugo Portocarrero
Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa*

Meta

Demonstrar como adquirir e manipular alguns SIG, a fim de facilitar o aproveitamento e o entendimento de casos relacionados a operações com essas ferramentas.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. descrever a interface geral dos SIG;
2. Diferenciar as ferramentas de edição dos SIG.

Introdução

Quando discutimos conceitualmente geoprocessamento e, mais especificamente, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), remetemos ao ambiente computacional como parte de um raciocínio. Isso se torna natural devido ao fato de que estamos refletindo sobre a modelagem do mundo real por meio de tecnologias e técnicas que envolvem o uso de sistemas de computador, além dos recursos humanos.

Já vimos que os SIG possuem características voltadas à manipulação dos dados espaciais, desde o simples acesso até mesmo às análises espaciais. Mas você saberia, na prática, distinguir um software convencional de um SIG?

Nesta aula, aprenderemos a manipular alguns SIG a fim de que possamos nos familiarizar com a interface geral desse tipo de sistema. Isso possibilitará que tenhamos um melhor aproveitamento na manipulação de alguns desses sistemas, ou mesmo facilitará um melhor entendimento da demonstração de operações computacionais nos SIG.

Analizando a interface de um SIG

Conforme já visto anteriormente, existem sistemas livres, gratuitos e comerciais. Nesta aula, aprenderemos a manipular sistemas livres (gvSIG e TerraView).

Justifica-se a escolha desses dois sistemas por serem *softwares* em português – o TerraView (nacional) – ou traduzidos para nosso idioma – o gvSIG (espanhol). Esses sistemas dispõem ainda de manuais e tutoriais em português.

Para a instalação dos *softwares*, será necessário baixá-los. A seguir, apresentamos um resumo para a instalação de cada sistema.

gvSIG

O gvSIG é um *software* livre e, em geral, não há a necessidade de cadastro para *download*. Observe que, após baixar o programa, serão instalados os seguintes componentes: *Java Virtual Machine*, *JAI libraries*, *JAI image*, *I/O libraries* e, finalmente, o gvSIG. Siga todas as diretrizes de instalação recomendadas, mantendo o diretório de instalação sugerido.

Link direto para *download*: <http://downloads.gvsig.org/download/web/projects/gvsig-desktop/official/gvsig-2.0/descargas.html>.

Durante a instalação, selecione o idioma português, quando solicitado, para traduzir as instruções do processo. Depois de instalado o gvSIG, abra-o e atualize a tradução do sistema em: *Ventana, Preferencias, General e Idioma*. Selecione o idioma *Português do Brasil*. Após a seleção, clique em *Aceptar* e feche o programa. Ao iniciar novamente, o programa estará atualizado com a tradução em português. Porém, deve ser mencionado que essa tradução não é total e alguns termos podem ter uma leitura diferente da usual.

TerraView

O TerraView também é considerado um *software* livre. Para baixar o programa, em geral, é necessário cadastro.

Link direto para *download* (página de cadastro): <http://www.dpi.inpe.br/terraview/php/dow.php?body=Dow>.

Finalizada a instalação dos sistemas, iremos manipulá-los. Começaremos apresentando os componentes do gvSIG.

Ao abrir o *software*, deparamo-nos com a janela principal e o gestor de projetos, no qual podemos iniciar as operações por meio de um projeto novo ou abrir um já existente.

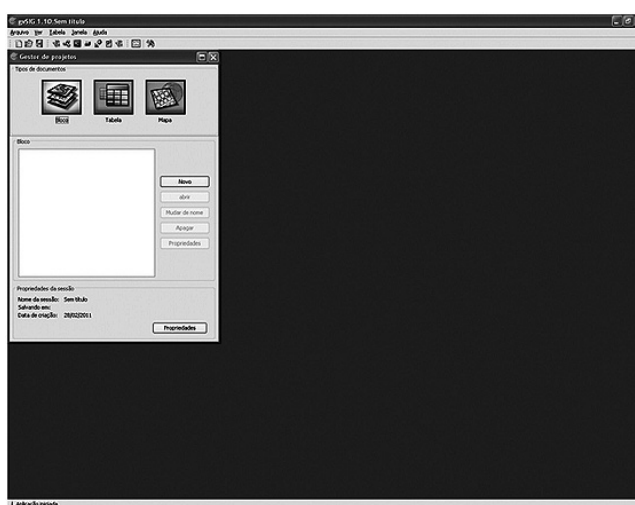


Figura 12.1: Tela inicial do gvSIG.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Um projeto pode conter blocos (vistas), tabelas e/ou mapas. Os blocos são janelas nas quais podem ser exibidos dados geográficos (arquivos vetoriais nos formatos *SHP e *DWG, entre outros); imagens (*TIFF, por exemplo) e bases de dados espaciais em geral. Assim, um projeto pode ser definido como um ambiente no qual o usuário cria, edita, digitaliza, visualiza, consulta e analisa várias fontes de dados geográficos. Já as tabelas são janelas nas quais se pode criar, editar e manipular dados tabulares. Por fim, mapas são janelas nas quais se pode construir mapas temáticos interativos, importando ou exportando dados, além de ser possível a impressão do mesmo.

Iniciaremos nossas atividades criando um novo bloco (clique em *Bloco* e, após, em *Novo*). Há a opção de mudar o nome do projeto e, nesse caso, podemos renomear para *Aula 12*. Em seguida, dê um duplo clique sobre o título do bloco para abrir a janela do projeto.

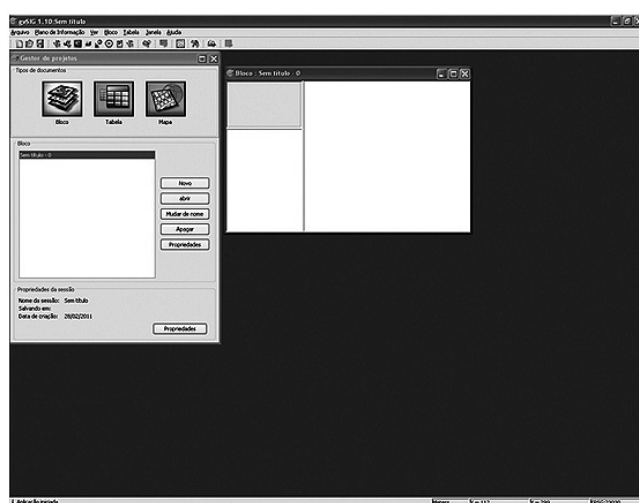


Figura 12.2: Tela do novo bloco criado.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Como você pode perceber, não há qualquer informação espacial na janela, pois ainda não foi carregado nenhum banco de dados; para isso, necessitamos adquirir um banco de dados. Em nossa aula anterior, vimos algumas fontes de dados e você aprendeu como proceder para a adquiri-las.

Para exemplificar o uso do gvSIG, utilizaremos um banco de dados didático, disponibilizado para *download* pelo Lapig (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Fede-

ral de Goiás), no seguinte endereço: http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/cursos_online/gvsig/downloads.html. No *site* do laboratório, há, ainda, um curso *on-line* do gvSIG cujas bases de dados podem ser também utilizadas nos exercícios.



Além do banco de dados didático, o *site* do Lapig possui em seu acervo diversos dados vetoriais do Brasil, todos disponíveis para *download*. Para tal, é necessário um cadastro junto ao sistema, que pode ser acessado por meio do *link*: <http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>.

Após o *download* do banco de dados, armazene-o em algum diretório de seu computador. No gvSIG, no bloco aberto, na barra de menu, clique na opção *Bloco* e vá em *Adicionar plano de informação*.

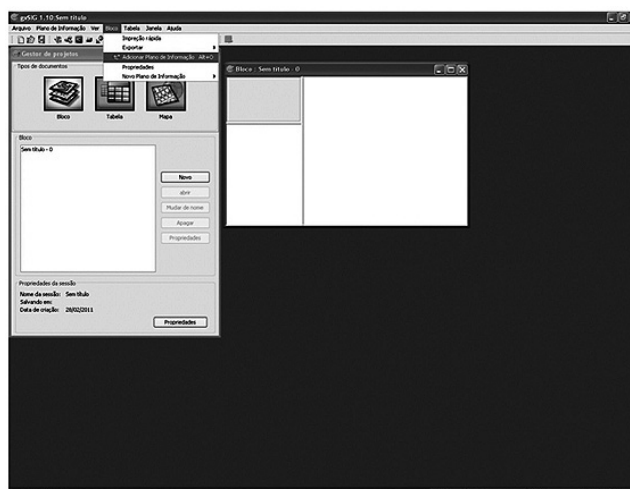


Figura 12.3: Acessando a opção Adicionar plano de informação.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Isso feito, surgirá a tela *Adicionar plano de informação*.

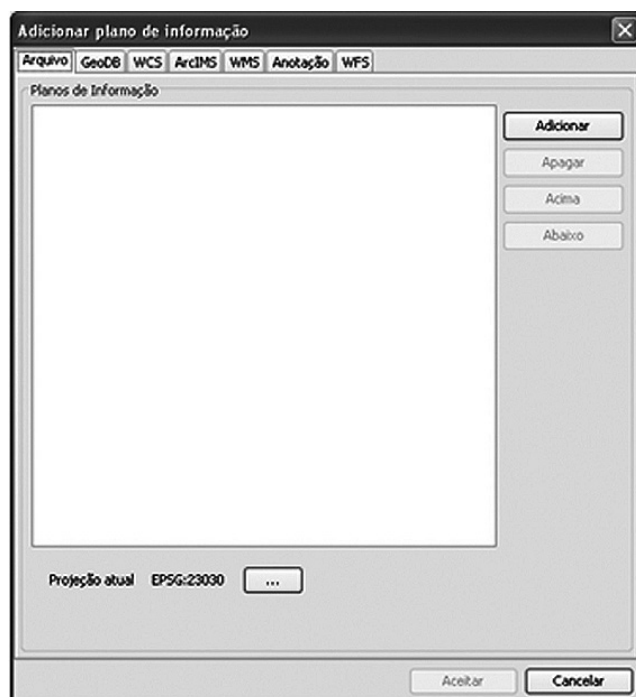


Figura 12.4: Tela Adicionar plano de informação.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Nessa janela, clique em *Adicionar*. Após isso, na tela que irá surgir (*Abrir* ou *Open*), dirija-se ao diretório no qual está armazenado o banco de dados *curso_gvsig* e abra a subpasta *Dados*. Note que, nessa janela, você pode definir qual o tipo de arquivo que será aberto no banco de dados (vetoriais, como o **SHP*, entre outros, e *raster*).

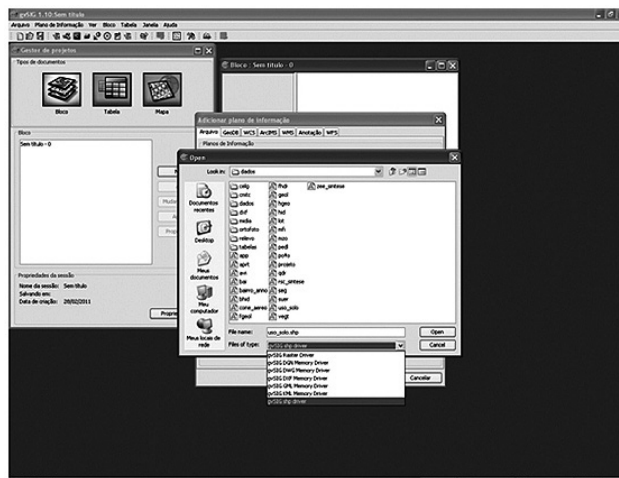


Figura 12.5: Tela da janela Abrir ou Open.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

Nessa pasta, selecione o arquivo denominado *bai.shp* (bairros) e clique em *Open*. Após isso, clique em *Aceitar* e note que, com o carregamento do arquivo, a barra de ferramentas no topo da janela tornou-se ativa. O arquivo vetorial adicionado corresponde a polígonos (áreas) representativos dos bairros.

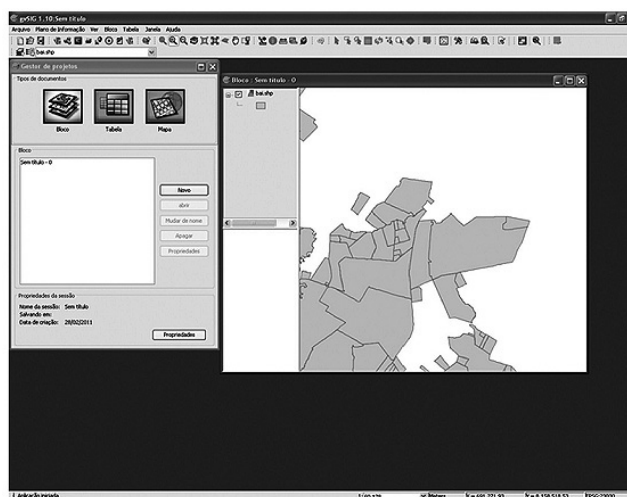


Figura 12.6: Tela de bloco com camada adicionada.

Fonte: Conceição; Costa, 2011.

No topo da janela consta a barra de ferramentas com opções para navegação, (tipos de *zoom* e movimentação pelo mapa), consultas, seleção, e localização no mapa.




Figura 12.6a

Já no canto inferior direito da janela podemos visualizar informações cartográficas do mapa aberto, tais como: escala, sistema de coordenadas e de projeção.



Figura 12.6b

Note que, ao se movimentar pelo mapa, as coordenadas (x e y) alteram-se de acordo com a localização do cursor sobre as feições e pontos do mapa na tela.

Nessa barra de ferramentas existe também o ícone , que mostra a tabela de atributos dos planos de informação selecionados. No menu, a mesma tarefa da tecla de atalho está disponível em *Plano de informação* e em *Ver tabela de atributos*.

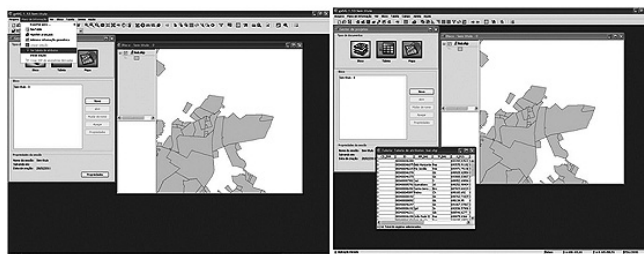


Figura 12.7: Telas do gvSIG demonstrando o acesso à tabela de atributos do plano de informação selecionado (bai.shp).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Para aprender mais sobre as funcionalidades e ferramentas do gvSIG, acesse o curso *on-line* disponibilizado pelo Lapig em: http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/cursos_online/gvsig/index.html.

Além desse material, você pode consultar também outros *sites* e *blogs* disponíveis na *Internet*. O objetivo do nosso curso não é, necessariamente, capacitá-lo(a) em um programa específico, mas demonstrar a aplicabilidade das funções desse tipo de sistema para o conhecimento do espaço geográfico e atividades relacionadas.

Agora vamos iniciar a abordagem da interface do TerraView. Abra o programa e a tela inicial irá surgir:

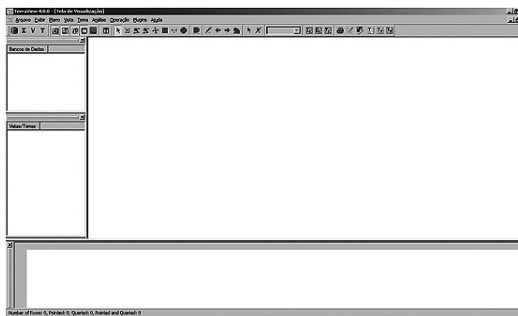


Figura 12.8: Interface inicial do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A interface principal do TerraView possui sete componentes, alguns parecidos com o gvSIG, como, por exemplo, a barra de menu e ferramentas. A área de View/Temas do TerraView também é semelhante à do gvSIG: é nesse local que aparecem os mapas carregados.

Quando abrimos um bloco no gvSIG, podemos visualizar a área onde o mapa será visualizado; já no TerraView essa área é explícita e conhecida como *Área de desenho*.

Uma área que não existe no gvSIG, mas que será de extrema importância para o TerraView, é a janela do banco de dados. Todo o funcionamento do TerraView é baseado na existência de um banco de dados criado sob a gerência de um SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados (INPE, 2010).

A cada vez que acessamos o TerraView, a primeira ação a ser executada deve ser sempre criar um novo banco de dados ou abrir um projeto que contenha um banco de dados já anteriormente criado.

Para criar um novo banco de dados, você precisará, a exemplo do gvSIG, baixar e armazenar em seu computador bases de dados espaciais no formato digital, ou seja, dados vetoriais (*SHP, entre outros) ou *raster* (imagens de satélite, fotografias aéreas etc.).

Para adicionar dados espaciais no TerraView, utilizaremos o mesmo banco de dados usado para o gvSIG, ou seja, aquele baixado no *site* do Lapid. Você também poderá utilizar, a sua escolha, algum banco de dados disponibilizado por outros centros de pesquisa e órgãos governamentais, como o IBGE, por exemplo.

Para criar um banco de dados no TerraView, você deverá ativar a interface *Banco de Dados* através do menu *Arquivo*, opção *Banco de dados*.

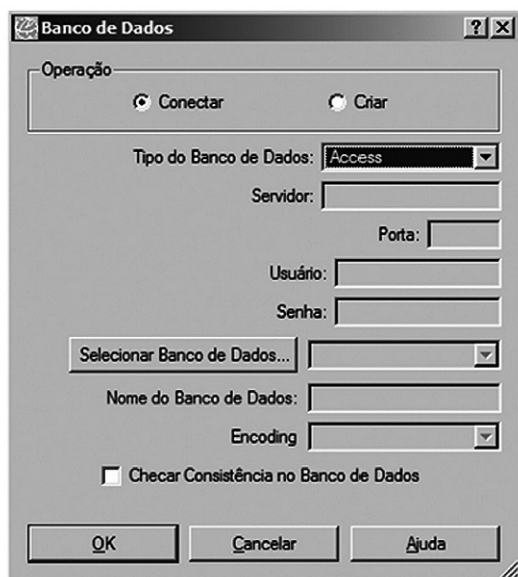


Figura 12.9: Tela do TerraView para a criação ou conexão de banco de dados.

Fonte: Costa & Conceição (2010))

Para criar um novo banco de dados, no quadro *Operação*, selecione a opção *Criar*. Para o *Tipo do banco de dados*, selecione o SGBD mantendo a opção *Access* (padrão de banco de dados para qualquer sistema gerenciador). Nesse caso, o banco será um arquivo com a extensão *.MDB. Em *Selecionar banco de dados*, indique o diretório de armazenamento desse novo banco de dados gerado. Escolha, então, o nome para o banco de dados (sugerimos o nome *Aula 12*). Após isso, clique em *OK*.

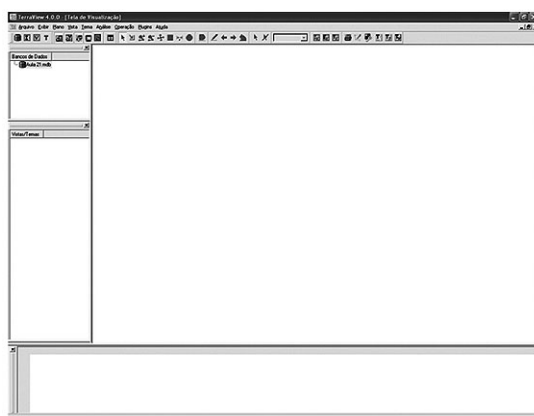


Figura 12.10: Tela do TerraView com um novo banco de dados.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Depois de criar um banco de dados, você poderá importar dados geográficos constituídos de mapas e tabelas para serem inseridos nele. No TerraView, é possível importar dados nos formatos do ArcGIS (*.SHP), assim como do SPRING (GEO files), entre outros.

Para importar novos arquivos, acesse o menu *Arquivo* e selecione a opção *Importar Dados*



Figura 12.11: Tela para importar dados do banco de dados no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Nessa tela, em *Arquivo*, vá até o diretório onde estão armazenados os dados e observe a lista de tipos de dados que você pode adicionar.

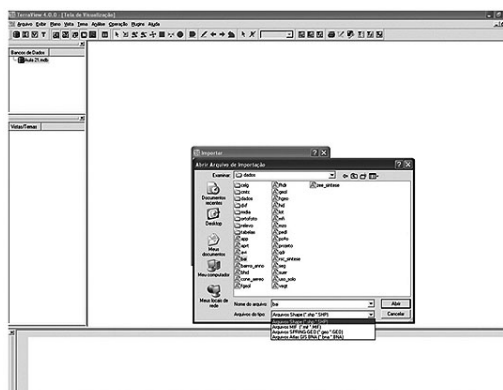


Figura 12.12: Tela *Abrir Arquivo de Importação*.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Selecione o mesmo arquivo que utilizamos como exemplo no gvSIG, ou seja, o intitulado *bai.shp*. Clique em *Abrir* e observe que na tela *Importar* você pode acessar e modificar as características cartográficas do arquivo, como, por exemplo, a projeção. Após selecionar o arquivo, clique em *OK*.

Surgirá, então, uma tela de aviso em que o usuário será questionado sobre a confirmação de criação de uma nova coluna para relacionar a componente gráfica (mapa) à componente alfanumérica (tabela de atributos). Clique em *Sim* para confirmar.

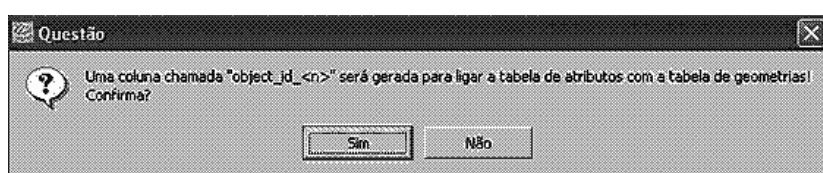


Figura 12.13: Tela de aviso do TerraView para criação de nova coluna de ligação entre as geometrias e a tabela de atributos.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

O sistema solicitará que você confirme a visualização dos dados na tela; clique em *Sim*. Após isso, surgirão o mapa e a tabela de atributos, diferentemente do gvSIG, em que somente o mapa se torna visível (necessitando de acesso à tabela de atributos por meio de ferramenta específica).

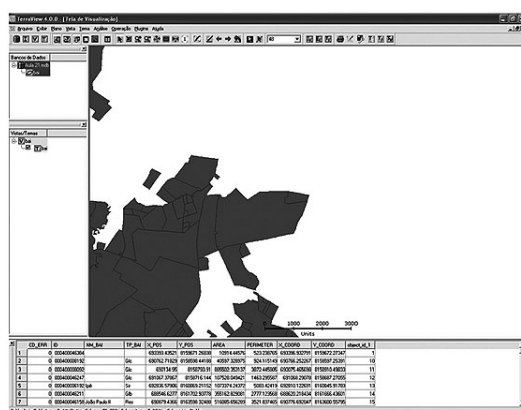


Figura 12.14: Tela do TerraView contendo plano de informação adicionado ao banco de dados.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Assim como no gvSIG, as ferramentas de navegação, consulta, importação e exportação de dados estão disponíveis como ícones na barra de ferramentas do *software*. Para saber mais sobre cada uma dessas ferramentas, visite o manual do TerraView no menu *Ajuda*.

No TerraView, a escala de visualização do mapa é apresentada explicitamente sob a forma gráfica, diferentemente do gvSIG, que apresenta a escala numérica do mapa digital.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

O gvSIG e o TerraView são Sistemas de Informação Geográfica gratuitos. A partir da análise de suas interfaces gerais, descreva como se caracterizam as principais ferramentas para manipulação de dados espaciais visualizadas nesses SIG.

Resposta comentada

Como você deve ter percebido, o gvSIG e o TerraView contam com ferramentas para adição e navegação sobre os dados espaciais. Os dois SIG integram tanto dados vetoriais quanto matriciais, além de planos de informação associados ao banco de dados. Também podemos associar, nos dois sistemas, as componentes espacial e alfanumérica dos dados espaciais.

A partir da interface geral de um SIG (ferramentas de navegação e consulta para adição de dados, entre outras), podemos acessar ferramentas ou módulos especiais (*plug-ins*) para outras importantes funções, tais como as funções de edição e as de análise espacial.

Identificação das ferramentas de edição dos SIG

Uma das funções disponíveis nos SIG diz respeito à edição dos dados espaciais. Nos dois sistemas apresentados nesta aula, podemos encontrar ferramentas de edição de dados.

No gvSIG, o acesso é possível através do menu *Plano de Informação* e em *Iniciar Edição*. Perceba que surgiu uma nova barra de ferramentas em que há ícones que identificam cada ferramenta de edição para o plano de informação selecionado.

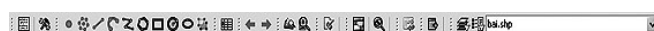


Figura 12.15: Barra de ferramentas de edição do gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

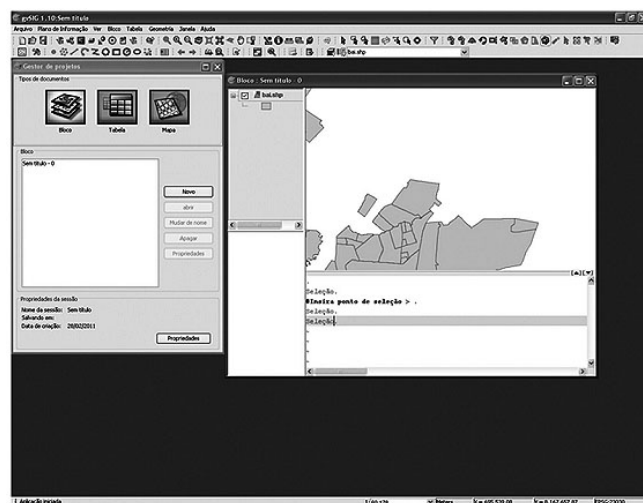


Figura 12.16: Tela com plano de informação editável no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A edição gráfica só será necessária caso você tenha de corrigir alguma feição vetorial (ponto, linha ou polígono) que esteja com suas informações geométricas incorretas ou inconsistentes no mapa em que estiver trabalhando. Porém, como já vimos em outras aulas, esse procedimento deve ser realizado com cautela por profissionais capacitados e especialistas acostumados à edição vetorial.

Outra forma de edição é por meio da tabela de atributos do mapa (plano de informação selecionado). Para esse procedimento, deixe o plano de informação editável e abra a tabela de atributos. Após isso, vá até o menu *Tabela* e selecione a opção *Modificar a Estrutura da Tabela*. Uma janela se abrirá e você terá a opção de incluir ou apagar campos e linhas na tabela de atributos. Ao incluir um novo campo, você deverá definir se as informações serão textuais (*String*) ou numéricas (*Integer* – números inteiros ou *Double* – números decimais). Após as modificações, clique em *Aceitar*.

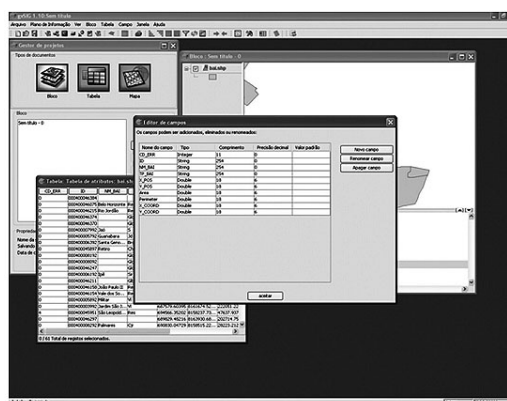


Figura 12.17: Tela de edição dos campos da tabela de atributos no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Para alterar os valores ou inseri-los na tabela de atributos, clique diretamente sobre as células da tabela que deseja operar, digitando ou copiando e colando, a partir de outra fonte, as informações pertinentes às linhas e às colunas.

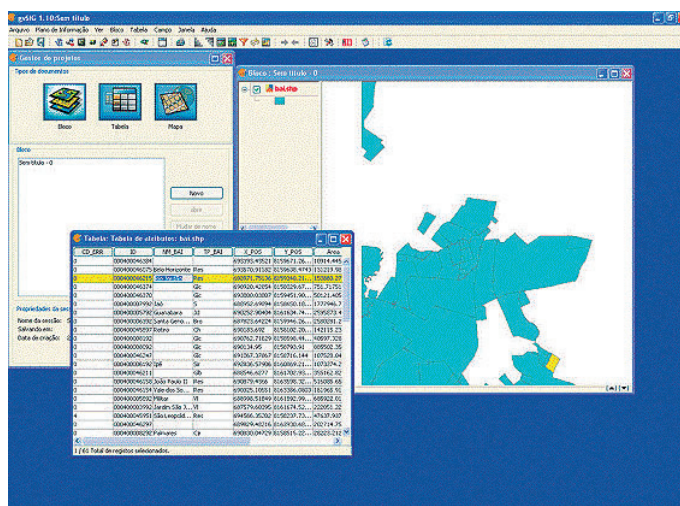


Figura 12.18: Tela exemplificativa de preenchimento da tabela de atributos. Note que a faixa amarela corresponde à feição (bairro) selecionada no mapa, a qual deverá ser editada.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A edição do *software* TerraView está como um *plug-in* do sistema. Consta na barra de menu em *Plug-ins* e em *Terra Edit*. Ao acessá-las, surgirá uma nova janela somente para edição. O plano de informação a ser editado deverá estar ativo na tela geral do *TerraView* e, nesse caso, utilizaremos o arquivo de bairros (bai.shp).

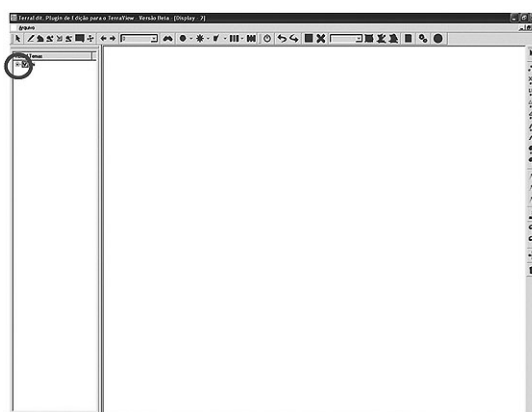


Figura 12.19: Janela do TerraEdit (TerraView).


Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Para ativar a edição de um plano de informação, clique no símbolo + (Figura 12.19) para exibir o tema (bai.shp), em *Vista/Temas* e depois em *Entrar no Modo de Edição* (Figura 12.20).



Figura 12.20: Acesso à edição do plano de informação selecionado no TerraEdit, do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Perceba que agora estarão ativas as ferramentas de edição gráfica do arquivo, acima e no canto direito da tela. Clique no ícone *Desenhar*  para que o mapa apareça na tela.

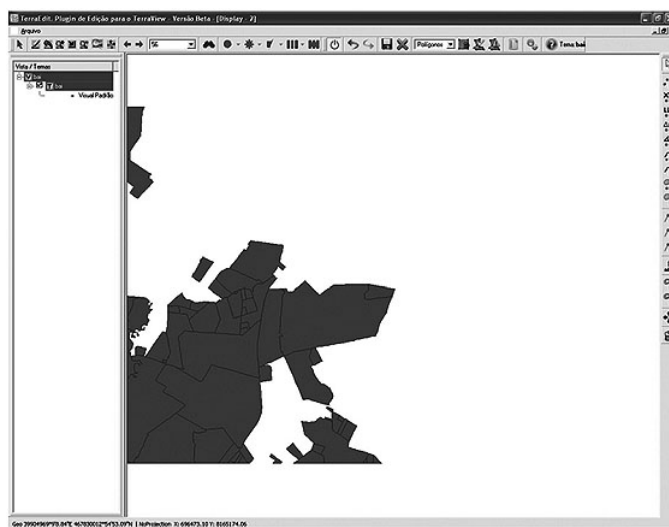


Figura 12.21: Tela contendo as ferramentas de edição ativas e o mapa.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Mais uma vez, lembramos que as informações sobre cada ferramenta de edição do TerraEdit podem ser consultadas por meio de tutoriais e manuais disponíveis na *Internet*.

Para realizar a edição diretamente na tabela de atributos no TerraView, basta clicar sobre um campo da tabela de atributos, na janela principal do sistema, selecioná-lo, e, com o botão direito do *mouse*, clicar sobre o nome da coluna. Surgirão diversas opções, como ordenar as informações, remover ou modificar a coluna. Para entrar com novos dados na tabela de atributos, basta clicar duas vezes sobre a célula desejada.

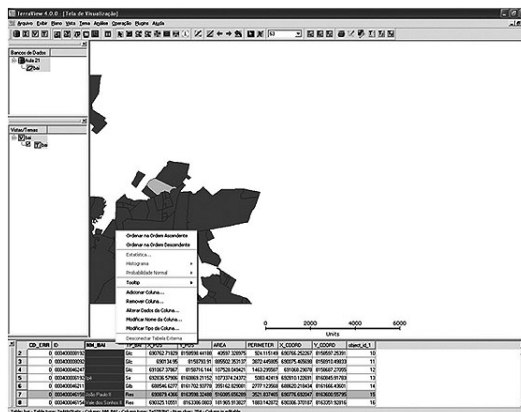


Figura 12.22: Edição da tabela de atributos no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Perceba que não foi necessário iniciar uma edição para alterar a tabela de atributos. Isso se deve ao fato de que o TerraView armazena todos os dados modificados no banco de dados anteriormente criado, não alterando diretamente o arquivo original.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Os SIG implementam interfaces diferentes, inclusive com relação às ferramentas de edição dos dados espaciais. Com base no conteúdo exposto nesta aula, compare a edição de tabelas dos SIG gvSIG e TerraView, analisando os prós e os contras de cada um desses sistemas.

Resposta comentada

Percebe-se que a edição da tabela no gvSIG só é possível a partir do comando de inicialização da edição, ao passo que, no TerraView, a edição

da tabela é direta, na janela principal do sistema. Neste caso, o processo torna-se mais fácil, porém sujeito a uma maior exposição dos dados devido à falta do comando de inicialização da edição. De qualquer maneira, deve-se indicar que, no TerraView, os dados alterados na janela de atributos são armazenados no banco de dados criado, e não no arquivo original.



Conclusão

Nos sistemas apresentados nesta aula, apesar de possuírem interfaces diferentes, constam funções muito próximas, tais como navegação sobre o mapa, acesso às informações gráficas e alfanuméricas e edição dos dados.

As funções acessadas nesta aula são unicamente parte do potencial dos SIG; no entanto, constituem também operações importantes para a entrada e a manipulação de dados que antecedem o processo de análise.

A disseminação de SIG livres (ou mesmos gratuitos) permite que usuários profissionais ou leigos tenham acesso a esse tipo de sistema e que possam manipular dados espaciais para seus devidos fins.

Atividade final

Atende aos objetivos 1 e 2

Os sistemas computacionais devem considerar, em sua programação, a interface sistema-usuário como forma de promover o melhor aproveitamento de suas ferramentas. Considerando a interface geral dos sistemas gvSIG e TerraView, além do acesso às funções de edição, faça uma pequena comparação entre os dois SIG, indicando facilidades e dificuldades em sua utilização.

Resposta comentada

Sua resposta deverá ser livre, pois parte do pressuposto de que cada indivíduo poderá se adaptar melhor a uma interface específica. No entanto, deve-se considerar que o gvSIG é um *software* espanhol, apesar de já conter informações em português. Devido a isso, seus termos geram certa confusão, principalmente no que concerne à janela *Bloco*, que, na realidade, deveria se chamar *Vista*, como no TerraView. O gvSIG também pode ser considerado como não intuitivo com relação à adição dos dados, ao passo que, no TerraView, a adição de novos planos de informação ao banco de dados é facilmente interpretada. Com relação ao acesso, a edição dos dados do TerraView concentra as ferramentas em um *plug-in* específico. No gvSIG, as ferramentas tornam-se ativas em uma barra à parte, quando do comando de operação; nesse sentido, a janela de edição do TerraView torna-se mais organizada.

Resumo

Os SIG podem ser livres, gratuitos ou comerciais. Os sistemas livres, como o gvSIG (espanhol) e o TerraView (brasileiro), assim como os gratuitos e os comerciais, contemplam funções de entrada, navegação, edição e análise dos dados. Cada sistema possui uma interface específica, com facilidades e dificuldades para diferentes usuários. Os dados adicionados nesse tipo de sistema podem ser vetoriais ou matriciais, contemplando as componentes gráfica e alfanumérica. Assim, a edição dos dados em tais sistemas pode ser diretamente sobre a geometria dos objetos ou via tabela de atributos.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, realizaremos alguns tipos de consulta e classificação dos dados em SIG. Até breve!

Referências

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, V. C. da. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Aula 7: manipulação de dados vetoriais*. Divisão de Processamento de Imagens/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula7.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2016.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO. Goiânia: LAGEOP, 20---. Disponível em: <<http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>> Acesso em: 19 out. 2015.

SANTOS, A. R. *Apostila teórica de geoprocessamento*. Vitória: Ufes, 2008.

Aula 13

Consultas espaciais e classificação
temática dos dados em SIG

*Hugo Portocarrero
Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa*

Meta

Demonstrar as duas operações práticas de consulta e classificação dos dados nos sistemas TerraView e gvSIG.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. realizar consultas ao banco de dados;
2. manipular bases de dados vetoriais;
3. classificar dados.

Introdução

Para você poder avançar nessa disciplina, precisamos agora demonstrar uma prática relacionada aos sistemas de informação geográfica (SIGs).

Já vimos ao longo de nosso curso que os SIGs possuem as mais variadas funções. Cabe ressaltar que a principal delas refere-se ao módulo de análise do sistema em questão. Operações de consulta e classificação dos dados espaciais para geração de mapas temáticos não são, necessariamente, formas de análise. Podem ser caracterizadas como formas simples de manipulação dos dados.

Estas operações também são muito importantes para a geração de produtos cartográficos e a tomada de decisão. Podem ser realizadas por sistemas de informação geográfica, os quais também integram as análises.

Nesta aula, iremos realizar as duas operações práticas de consulta e classificação dos dados nos sistemas TerraView e gvSIG (sistemas utilizados na última aula).

Operando consultas aos dados espaciais

Já vimos anteriormente que os arquivos vetoriais são os mais adequados para a realização de consultas espaciais, dada a disponibilização dos relacionamentos topológicos. Também vimos que a associação entre a base gráfica e a tabela de atributos permite a realização de consultas integradas (entre objeto e atributo). Assim, os sistemas que manipulam dados vetoriais geralmente possuem funções adequadas para a execução de consultas.

Segundo Francisco (2010), as operações de consultas em SIG visam à recuperação da informação a partir da formulação de condições, ou seja, o usuário deve indicar para o sistema quais são as condicionantes de pesquisa (filtros em tabelas e indicação de possíveis relacionamentos espaciais).

Em um banco de dados geográfico, as condições podem ser estabelecidas com base nos atributos ou na localização dos elementos geográficos (consulta espacial). As consultas podem ser executadas a partir de dois objetivos: o de simplesmente verificar e o de selecionar um elemento geográfico.

Quando estes elementos geográficos são selecionados como resultado das consultas, outras operações podem ser executadas, como novas consultas, criação de uma nova camada apenas com os elementos selecionados, cruzamento de camadas, dentre outras.

Nesta aula, para a demonstração e realização de consultas práticas, iremos utilizar o SIG TerraView. Em nossa última aula, você viu informações sobre a instalação e a interface geral do sistema. É sempre pertinente lembrar que o *software* conta com um manual no menu “Ajuda”.

Ao iniciar o programa, podemos criar um novo banco de dados, utilizando o mesmo passo a passo da última aula. Este novo banco de dados pode ser denominado de “Aula 13”.

Após a criação do banco de dados, temos de inserir nele os dados, além de criar vistas/temas. Para esta aula, podemos utilizar dados vetoriais (no formato de arquivo *SHP) contidos no endereço: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Estes correspondem a dados espaciais (político-administrativos, ambientais, topográficos etc.) do Brasil, disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Na árvore de arquivos contidos na página, acesse “Áreas Especiais” e depois “Unidades de Conservação”, selecionado a primeira opção: “UC federais de proteção integral”. Ao selecionar o plano de informação desejado, você será redirecionado a uma janela *pop-up* para *download* dos arquivos.

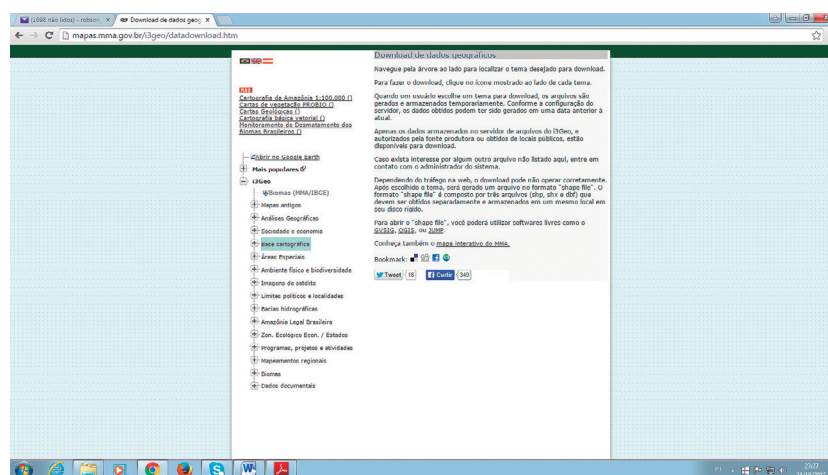


Figura 13.1: Árvore de arquivo à esquerda da janela de *download* de mapas do site do Ministério do Meio Ambiente.

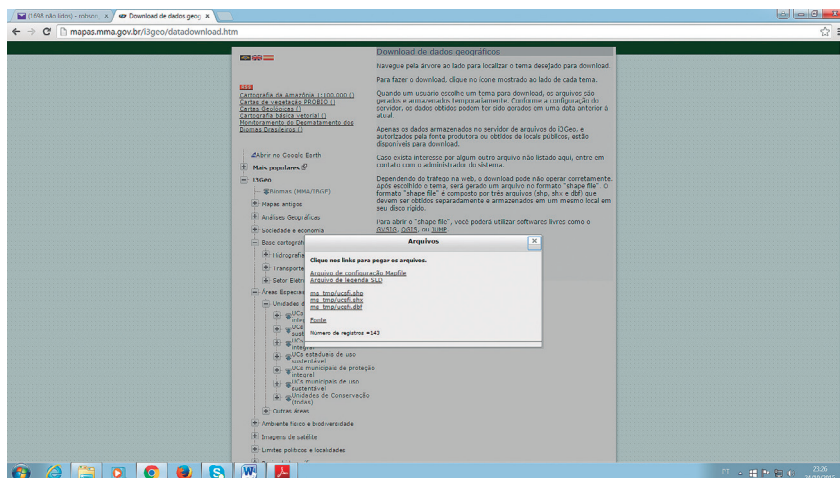


Figura 13.2: Janela *pop-up* para *download* do arquivo de UC federais de proteção integral. Clique em cada arquivo para baixar para o seu computador.

Todos os arquivos (*SHP, *DBF, e *SHX) devem ser armazenados em uma mesma pasta. Baixe e armazene também os “Limites municipais do Brasil (2001) com dados socioeconômicos” contidos em “Limites administrativos”, em “Limites políticos e localidades”.

No TerraView, adicione os dois arquivos *SHP (“ucsf.shp” e “municipios.shp”) utilizando a ferramenta “Importar Dados” (trabalhada na Aula 12). Note que, ao selecionar um tema para visualização, você necessita clicar sobre o ícone “Desenhar”.

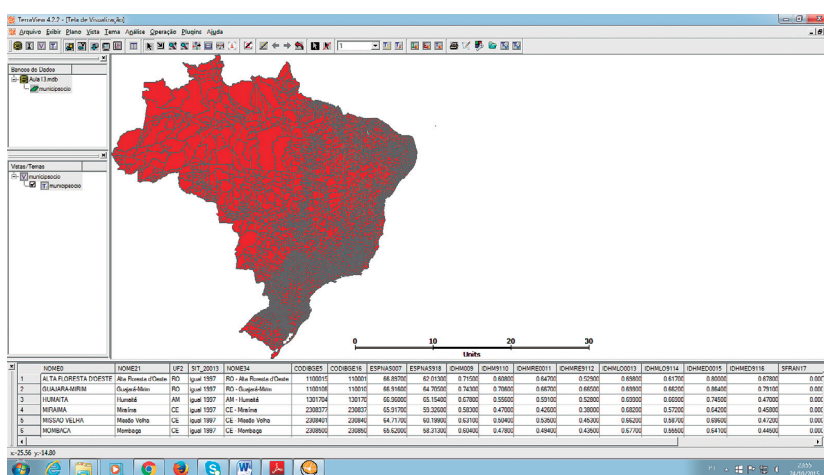


Figura 13.3: Tela do TerraView contendo tema ativo (municípios do Brasil).

A consulta ao banco de dados espacial via tabela de atributos, consiste na seleção dos objetos de um mapa. A referida consulta ocorre a partir de uma expressão que filtra os objetos do mapa, a partir dos seus atributos. Para podermos entender melhor, iremos proceder a uma prática. No TerraView, ative o tema “municipsocio” (municípios). Com o botão direito do mouse, clique sobre o município desejado (em “Vistas/Temas”) e selecione a opção “Consulta por Atributo”. Irá surgir a tela correspondente à função.

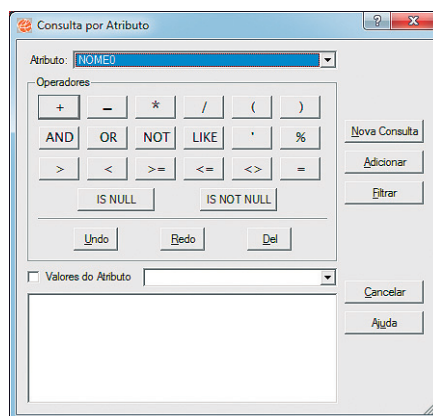


Figura 13.4: Tela “Consulta por Atributo” do TerraView.

Nesta tela, você pode indicar ao sistema uma consulta qualquer que deseja realizar selecionando o atributo que estará consultando e definindo os operadores (por exemplo: maior (>) ou menor (<), com relação a valores numéricos). A partir daí, você deverá definir um valor para o atributo manualmente ou selecionando algum valor já indicado.

Neste sistema, assim como em outros, há a possibilidade de se realizar consultas simples ou compostas. Na consulta simples, você deve levar em consideração somente um parâmetro. Por exemplo, se queremos saber quais municípios possuem os maiores valores de IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) do Brasil, podemos indicar ao sistema os comandos de consulta com base na tabela de atributos do arquivo vetorial de municípios. Assim, na janela “Consulta por Atributo” já aberta:

- Em “Atributo”, selecione a coluna “IDHMED0015” (IDH municipal em 2015);
- Depois, selecione o operador “>=” (maior ou igual).

- Cheque a caixa “Valores do Atributo” e na rolagem ao lado selecione o valor “0.86200”.

Note que os valores do atributo estão em ordem crescente. No caso desta consulta, estamos definindo a seleção dos 10 (dez) municípios com maiores valores de IDH (ao final da lista). Então, o sistema interpretará que a consulta, baseada no atributo “IDHM00”, deverá selecionar os municípios com valores maiores (ou iguais) a “0.86200”.

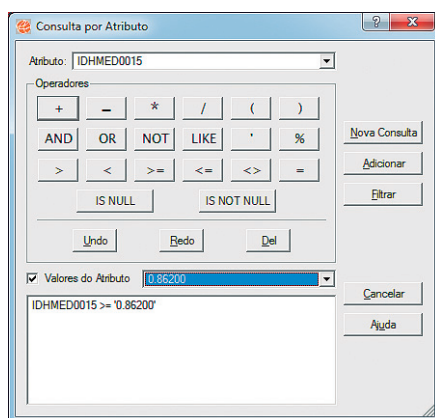


Figura 13.5: Tela “Consulta por Atributo” do TerraView, com indicação de consulta a partir da tabela de atributos de um tema vetorial.

Para finalizar a consulta, clique em “Adicionar”. Repare que os municípios com valores definidos de acordo com a consulta foram selecionados na tabela e, automaticamente, no mapa.

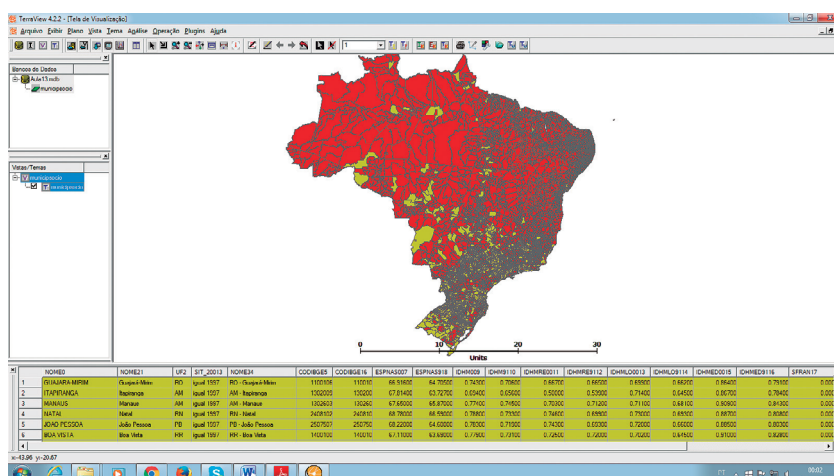


Figura 13.6: Tela do TerraView com resultado de consulta.

É possível também realizar consultas compostas de várias cláusulas de seleção (atributo, operador, valor). Para isto, os operadores de “AND”, “OR” ou “NOT” serão necessários. Sobre estes operadores, Francisco (2010) os define como operadores lógicos, utilizados para unir duas expressões.

Quadro 13.1: Operadores de consulta composta

“AND”	Os elementos, para serem selecionados, devem atender às condições de ambas as expressões.
“OR”	Os elementos, para serem selecionados, devem atender apenas à condição de uma expressão.
“NOT”	Os elementos, para serem selecionados, não devem atender à condição da expressão precedida por este operador.

Fonte: FRANCISCO, 2010, p. 17.

Você pode realizar uma consulta por atributo utilizando também o arquivo “ucsfi” relacionado ao tema Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) federais. Pode, por exemplo, consultar quais unidades estão alocadas na categoria “Parque”.

Além das consultas por atributo, é possível, segundo o INPE (2011), consultar diretamente o banco de dados, estabelecendo relacionamentos espaciais (localização, forma e topologia) entre objetos de um mesmo tema ou de dois temas diferentes.

No TerraView, a consulta espacial pode ser executada ativando o tema desejável e clicando com o botão direito sobre este, localizado em “Vistas/Temas”. Selecione a opção “Consulta Espacial”. Irá surgir a tela respectiva à função.

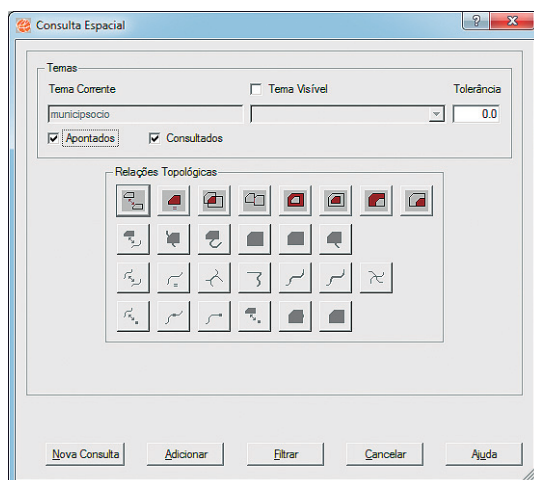


Figura 13.7: Tela “Consulta Espacial” do TerraView.

Como o tema aberto é de polígonos, observe que apenas os botões relativos a operações passíveis de serem executadas em polígonos ficam disponibilizados.

Para realizar um tipo de consulta espacial, você deve apontar uma feição no mapa (neste caso, um ou mais município(s) qual(is)quer). Selecione/Aponte, por exemplo, o município “Rio de Janeiro” clicando sobre a linha deste na tabela de atributos (feição nº 3.631).

Observação: Para encontrar o município mais rapidamente, solicite que o sistema ordene os municípios na tabela, por ordem crescente. Isto é realizado da seguinte forma: clique sobre o campo “Nome” com o botão esquerdo do mouse e, após isso, clique com o botão direito sobre o mesmo campo. A seguir, selecione a opção “Ordenar na Ordem Ascendente”.

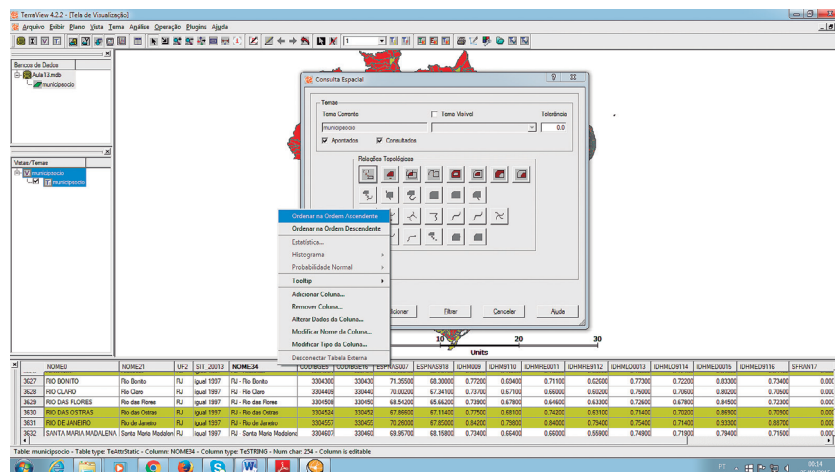



Figura 13.8: Tela do TerraView demonstrando o ordenamento de feições de um campo por ordem alfabética.

Após apontar o objeto (município do Rio de Janeiro), observe que este está selecionado também no mapa, indicado pela cor verde. Utilizando a ferramenta de navegação “Zoom In” , faça uma aproximação até o município do Rio de Janeiro para ampliar o seu apontamento e visualizar melhor o resultado da consulta a ser realizada.

Retornando à janela “Consulta Espacial”, escolha o tipo de relação topológica “Toca”. Após isso, clique em “Adicionar” e feche a janela. Você irá perceber que os municípios que fazem limite com o município serão selecionados.

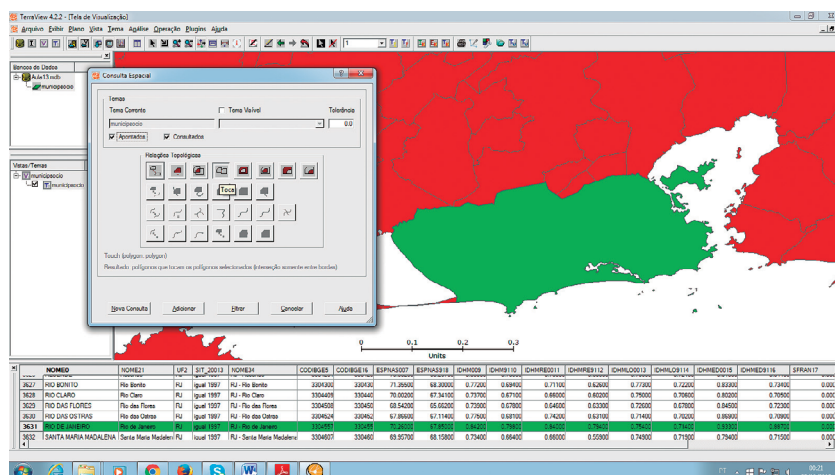


Figura 13.9: Tela do TerraView demonstrando o apontamento de um polígono e a ferramenta de consulta espacial “Toca”.

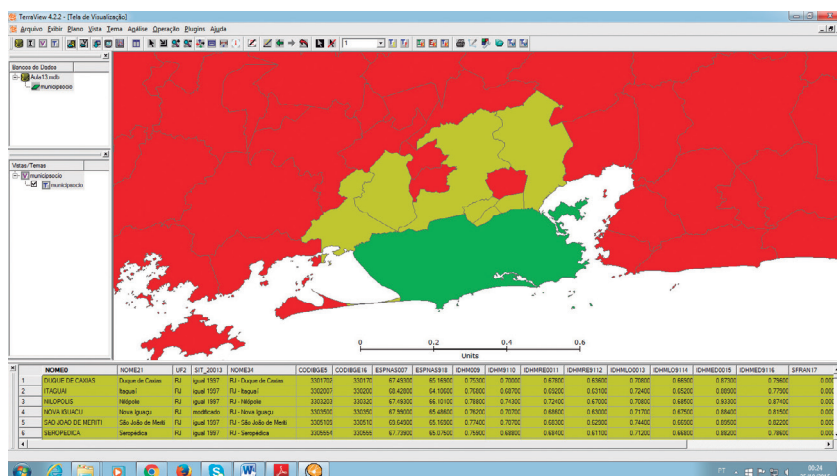


Figura 13.10: Resultado de consulta espacial no TerraView.



Para limpar qualquer objeto que esteja marcado como “apontado” ou “consultado” no mapa, você deverá clicar com o botão direito sobre o tema e selecionar a opção “Remover Cores” (“Objetos Apontados”, “Objetos Consultados”).

Muitos outros tipos de consultas espaciais podem ser realizados não somente com relação a feições poligonais, mas também com pontuais e lineares.

Quadro 13.2: Tipos de consulta espacial

Proximidade	Determinada pela distância entre elementos. Com esta condição, é possível selecionar elementos tendo como base a distância entre eles.
Adjacência ou vizinhança	Estabelecida a partir da existência de limites comuns entre elementos. Com esta condição, é possível selecionar linhas ou polígonos que apresentam vértices comuns.

Pertinência	Estabelecida pela condição de elementos estarem contidos em polígonos ou de polígonos conterem outros elementos.
Interceptação ou interseção	Estabelecida pela condição de elementos (linhas e polígonos) cruzarem com outros elementos.
Geometria	Definida pela existência de elementos que apresentem geometria idêntica.

Fonte: Francisco, 2010, p. 18.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Vimos, nesta primeira parte da aula, que as consultas aos dados espaciais em SIGs podem ser executadas a partir de atributos do objeto ou mesmo considerando a própria espacialidade do objeto. Com base nisso, estabeleça a diferença entre a consulta por atributos e a consulta espacial.

Resposta comentada

Você deve explicitar que, na consulta por atributos, pode-se definir pesquisas sobre a componente alfanumérica do banco de dados, destacando valores vinculados aos atributos e às feições do mapa. Já na consulta espacial as pesquisas estão de acordo com os relacionamentos possíveis em uma componente gráfica do banco de dados.

Dentre as numerosas funções de um SIG, vimos, no primeiro tópico desta aula, uma das mais utilizadas: a de consulta. Porém, existe uma forma de explicitarmos no mapa a informação que desejamos: a classificação de atributos de um elemento. Veremos a seguir.

Classificando espacialmente os dados

Segundo Francisco (2010), a classificação de atributos destina-se ao estabelecimento de uma representação gráfica comum (cor, tipo e tamanho) dos elementos geográficos, a partir de valores qualitativos ou quantitativos.

Comumente, os sistemas que manipulam dados espaciais possuem algum módulo ou conjunto de ferramentas para a classificação dos objetos. No TerraView, por exemplo, estas ferramentas estão no “Editor de Legendas”.

Para a realização de práticas neste tópico, iremos utilizar o sistema gvSIG, que trabalha com a classificação de atributos utilizando o termo “Simbologia”, também adotado pelo sistema comercial ArcGIS.

No gvSIG, crie um novo “bloco” e neste adicione um dos planos de informação que trabalhamos no TerraView, no tópico anterior: o de UCPI. Você pode relembrar estes passos (para criação do “bloco” e adição de plano de informação no gvSIG) consultando nossa última aula.

Já com o plano de informação carregado no “bloco”, deixe-o ativo (arquivo “ucsfi.shp”). Dê um clique com o botão esquerdo sobre este e outro clique com o botão direito do mouse. Depois, selecione a opção “Propriedades”.

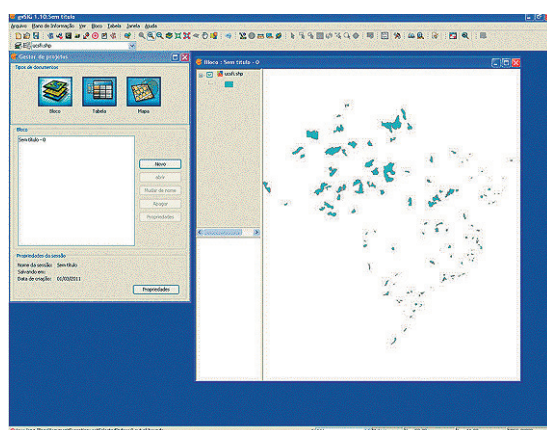


Figura 13.11: Acesso às propriedades do plano de informação de UCPI federais no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2010, p. 16.

Irá surgir a tela “Propriedades do plano de informação”. Nesta tela, escolha a guia “Simbologia”.

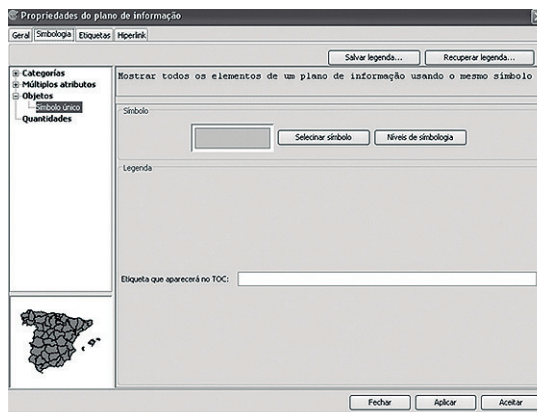


Figura 13.12: Janela “Propriedades do plano de informação”.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011, p. 17.

Perceba que os objetos do mapa (no caso, as Unidades de Conservação) estão classificados como “Símbolo Único”, ou seja, como uma só cor. Podemos então classificar os objetos de acordo com algum de seus atributos, com valores quantitativos ou qualitativos. Estaremos, assim, gerando um mapa temático.

Os atributos do mapa de UCPI possuem valores com expressão qualitativa, como, por exemplo, a categoria de Unidade de Conservação Integral e o ano de criação das unidades. Neste sentido, iremos gerar uma classificação a partir de categorias:

- Na janela “Propriedades do plano de informação”, guia “Simbologia”, selecione a opção “Categorias” e, após isso, “Valores únicos” na árvore do canto esquerdo da janela.
- Em “Campo de classificação”, escolha a coluna da tabela de atributos a partir da qual serão classificados os valores únicos. Neste caso, selecione o campo “Categoria”.
- Após isso, clique em “Adicionar todos”. Note que surgirão todos os valores do campo sem repetições, ou seja, cada tipo de categoria de UCPI, cada qual com um símbolo (cor) diferente.

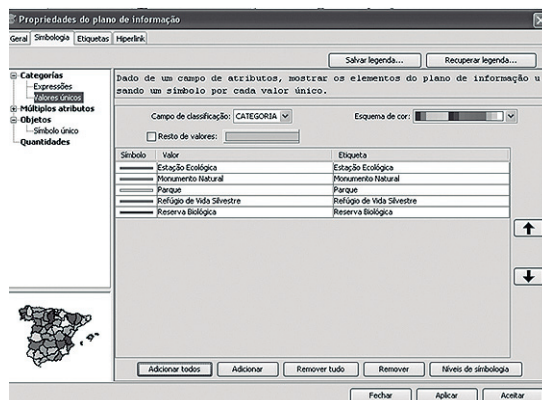


Figura 13.13: Janela “Propriedades do plano de informação” contendo a definição de simbologia para classificação de categorias e valores únicos.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2010, p. 18.

Definidos todos os comandos, clique em “Aplicar” e, depois, em “Fechar”. Perceba que as UCPI estão classificadas qualitativamente, de acordo com as suas categorias: Estação Ecológica, Monumento Natural, Parque, Refúgio de Vida Silvestre e Reserva Biológica.

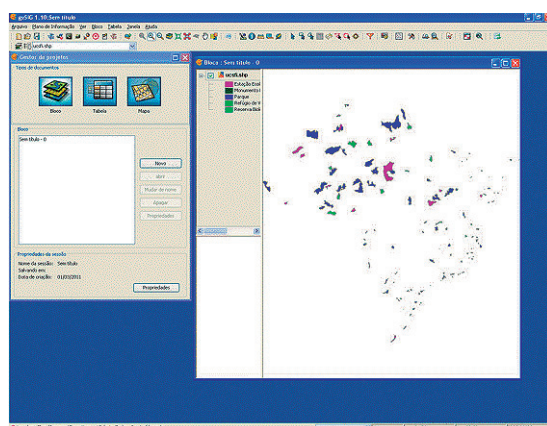


Figura 13.14: Tela do gvSIG com plano de informação de Unidades de Conservação de Proteção Integral federais, classificadas de acordo com suas categorias.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2010, p. 19.

Observação: Você poderá alterar a cor de cada categoria clicando diretamente sobre o símbolo na legenda, abaixo do plano de informação.

Para a realização de classificações quantitativas, o gvSIG permite que sejam geradas simbologias a partir de valores de um atributo ou consi-

derando valores de múltiplos atributos. No primeiro caso, o resultado será expresso sob a forma de uma graduação de cores; já no segundo, sob a forma de gráficos.

No SIG TerraView, a terminologia utilizada para classificação é “Parâmetros de Agrupamento”. Tais parâmetros referem-se a “Passos Iguais”, “Quantil”, “Desvio-Padrão” e “Valor Único”. Este último termo nós já conhecemos, já os demais, relacionados ao método quantitativo, podem ser explicados de acordo com o **Quadro 13.3**:

Quadro 13.3: Tipos de parâmetros de agrupamentos

Passos iguais (intervalo igual)	As classes devem possuir o mesmo intervalo, calculado pela subtração entre o valor máximo e valor mínimo do atributo a ser classificado e o posteriormente, dividindo este valor pelo número de classes.
Quantil	Cada classe deve possuir o mesmo número de elementos. A partir da definição do número de classes, os intervalos são estipulados definindo o número de elementos de cada classe, obtido através da divisão entre o número total de elementos e o número de classes e, posteriormente, ordenando os elementos pelo atributo a ser classificado.
Desvio-padrão	As classes são determinadas com base na soma e na subtração do desvio-padrão da média do atributo a ser classificado, gerando assim, respectivamente, as classes acima da média e as classes abaixo da média.

Fontes: Francisco (2010); INPE (2011).

Fonte: FRANCISCO, 2010, p. 23.

Caso deseje executar a classificação dos atributos por métodos quantitativos, você poderá seguir os manuais dos sistemas aqui apresentados. Porém, para isso será necessário adquirir arquivos vetoriais que contemplem, em sua tabela de atributos, valores numéricos.

O arquivo utilizado nesta aula (municipsocio.shp) não pode ser manipulado para essa prática. Isso se deve ao fato de que, na tabela de atributos, seus valores numéricos estão, possivelmente, conflitantes com relação às casas decimais ou aos caracteres do campo, o que impede que os sistemas reconheçam os atributos com potencial para a geração de classificações quantitativas.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Em SIG, a classificação por meio de simbologia permite que os valores de determinado atributo possam ser expressos tematicamente. Com base nisso, responda: Qual a importância da classificação dos atributos para a apresentação didática dos dados?

Resposta Comentada

O atributo, ao ser classificado, passa a constituir um plano de informação, que, isoladamente ou cruzado com outros, pode formar um mapa temático. Assim sendo, como você deve ter entendido, a classificação irá permitir que os dados associados à componente espacial estejam explícitos graficamente, por meio de simbologia, organizando a apresentação dos dados e facilitando sua interpretação visual.

Conclusão

Os SIGs possuem funcionalidades para a recuperação de dados, ou seja, para consultas. Estes sistemas permitem ainda que estes dados, armazenados em tabelas vinculadas ao mapa, possam se tornar explícitos na sua visualização, considerando a classificação de atributos.

Desta maneira, podemos entender os SIGs como sistemas com capacidades diversas. Seu potencial de aplicação está relacionado justamente a sua capacidade para a geração de diferentes resultados.

Apesar de possuírem interfaces e terminologias diferentes com relação às suas funções e ferramentas, os SIGs possuem funcionalidades muito próximas, como exemplificado no uso do gvSIG e do TerraView, para consultas e classificação dos dados.

Atividade final

Atende aos objetivos 1, 2 e 3

Sobre a execução de consultas e de classificação de atributos em SIGs, podemos dizer que o objetivo final, em ambas as funcionalidades, sempre será o acesso à informação. Porém, o processo e o resultado das operações são diferenciados. Explique.

Resposta comentada

Você verificou, a partir do embasamento conceitual e da realização de práticas, que, em SIGs, tanto a consulta quanto a classificação permitem que a informação possa ser extraída do banco de dados. Porém, a consulta permite a recuperação do dado ao destacar um ou mais valores de atributo ou objetos do mapa, por meio de seleção. Já na classificação, os dados passam a ser apresentados graficamente, de maneira explícita. Ou seja, a classificação do atributo e a explicitação da informação podem fazer com que a consulta, em muitos casos, não seja necessária.

Resumo

Os sistemas que manipulam dados geográficos possuem capacidades voltadas à recuperação dos dados e à classificação de atributos com valores numéricos e qualitativos. As ferramentas deste tipo de sistema para consulta aos dados espaciais permitem a simples verificação ou mesmo a seleção dos dados consultados. As consultas podem ser realizadas por atributo, por meio de comandos de consulta, ou executadas espacialmente, a partir da consideração dos relacionamentos entre os objetos. A classificação dos atributos permite a espacialização temática dos dados e, conseqüentemente, a sua explicitação visual no mapa. As ferramentas de classificação em SIG pautam-se em parâmetros de simbologia, para dados qualitativos e quantitativos.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, realizaremos algumas análises básicas em SIG. Até breve!

Referências

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

FRANCISCO, C. N. et al. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói, RJ: Departamento de Análise Ambiental – Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>>. Acesso em: 15 out. 2015.

Aula 14

Análises básicas em SIG

*Hugo Portocarrero
Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa*

Meta

Apresentar operações básicas em SIG (reclassificação e sobreposição de mapas) utilizadas em diversas aplicações.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. realizar operações de reclassificação ou agregação nos modelos vetoriais em SIG;
2. realizar operações de sobreposição (soma e interseção) nos modelos vetoriais em SIG.

Introdução

As técnicas de análise podem ter diferentes níveis de complexidade em um SIG. O SIG é uma ferramenta poderosa para a análise espacial e para a obtenção de conhecimentos básicos sobre a superfície terrestre. Esses sistemas apresentam módulos (ou *plugins*) de análises estatísticas ou do que chamamos, em geoprocessamento, de geoestatística, além de modelagens matemáticas, entre outras, que estão acopladas ao *menu* de opções e a suas barras de ferramentas.

Como veremos nesta aula, as operações em SIGs podem abranger análises básicas, ou seja, análises simples sobre o espaço e/ou sobre o tempo, através de algumas operações mais conhecidas na estrutura vetorial (ponto, linha e polígono). Como exemplos dessas operações, podemos citar a reclassificação (agregação) de uma camada vetorial (a partir de seus atributos) ou a sobreposição de camadas vetoriais por operações básicas de aritmética de polígonos, tais como união (soma) e interseção (*clip*).

A reclassificação de uma camada vetorial ocorrerá, por exemplo, quando você precisar utilizar uma informação (mapa temático), no seu banco de dados espacial, que não esteja disponível para *download* nas bases de dados dos principais órgãos de mapeamento, como o IBGE.

Assim, se você precisar de um mapa contendo apenas a linha de contorno (divisão territorial) de um estado do Brasil, mas tiver baixado de um site do IBGE a malha territorial desse estado dividido em seus municípios, não há problema. Você poderá usar um recurso simples, existente em qualquer SIG, para agrupar todas as divisões municipais e fazer com que um novo mapa seja criado somente com o contorno estadual, sem os municípios.

O mesmo se aplica a certas funções analíticas do SIG, como sobrepor modelos vetoriais de mapas, ou seja, podemos ainda precisar criar a interseção entre um polígono e uma linha. Por exemplo, se precisarmos definir o cruzamento de um rio com uma estrada em um mapa e eles estiverem em camadas vetoriais (*layers*) separadas (uma para via de acesso e outra para drenagem), os SIGs dispõem de ferramentas para criar essa interseção com a maior facilidade, fazendo com que a topologia de seu mapa corresponda à realidade, ou seja, uma estrada estar cruzando um rio. Além disso, podemos criar a interseção ou somar duas feições iguais ou diferentes em um mesmo mapa temático (que estejam em *layers* ou camadas diferentes) ou em dois mapas temáticos diferentes (planos de

informação). Você verá como realizar, na prática, essas análises simples em SIG nesta aula.

Reclassificação de dados em SIG

A reclassificação de dados em SIG pode acontecer tanto em um ambiente vetorial quanto em um ambiente *raster*. Nesta aula, verificaremos como ocorre a reclassificação de dados apenas nos ambientes (estruturas) vetoriais, por se tratar de algo mais simples e comum nos SIGs.

No ambiente vetorial, a operação de reclassificação pode ser realizada envolvendo o componente espacial (mapa ou estrutura gráfica) ou agregando os atributos das tabelas (estrutura não gráfica). Podemos fazer isso pois a tabela de atributos está associada à estrutura gráfica (mapas) através do relacionamento topológico (georreferenciamento das feições – Lal/Long).

Na operação que envolve reclassificação, as feições geométricas (linhas, polígonos) são agregadas. Se tomarmos ainda o exemplo anterior, da divisão municipal de um estado brasileiro, os municípios serão agrupados para formar apenas o contorno estadual. Essa nova disposição espacial será mostrada no mapa que apresentará esse novo contorno, e os novos atributos serão também agrupados na tabela (estrutura não gráfica), contendo a nova fronteira poligonal reclassificada (divisão estadual).

Antes de fazer uso do SIG para a prática da reclassificação, lembre-se de que você terá de usar uma base digital cartográfica, para ser manuseada. Vamos tentar utilizar uma nova base que pode ser baixada da internet. Para fins de exemplificação, será usado, nesta aula, o *site* do IBGE.

No *site* do IBGE, você encontrará uma série de bases de dados para *download*. As bases estão divididas por escala cartográfica, por temas, por regiões e por localidades. No exemplo que usaremos para a reclassificação, teremos de baixar os arquivos na extensão *.SHP, que estão disponíveis através do *link* http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Em malhas digitais, escolha município_2007. Nessa opção, você perceberá que existem quatro diretórios para baixar dados, com dois diferentes tipos de *datum*: SAD69 e SIRGAS 2000.

Note que, atualmente, todas as cartas e plantas municipais brasileiras estão adotando como *datum* geodésico o SIRGAS2000 (Sistema Geocêntrico para a América do Sul). Ele foi oficialmente adotado como Re-

ferencial Geodésico Brasileiro em 2005 (através da Resolução do Presidente do IBGE nº. 1/2005), devido a sua melhor adequação cartográfica ao nosso território. Portanto, baixe um mapa cuja malha territorial seja do estado do Rio de Janeiro (UF) e que use o SIRGAS2000 como *datum* de referência. Escolha, ainda, a projeção de coordenadas geográficas (Lat/Long) para essa base cartográfica.



Os arquivos no formato *SHP (formato padrão do ArcGIS) de uma base de dados vetorial são acompanhados por outros arquivos, dentre eles o *DBF (tabela de atributos no formato compatível com Excel), o *SHX (contendo informações do georreferenciamento do mapa), entre outros.

Sem esses arquivos vinculados, o *SHP torna-se inutilizável em qualquer SIG que manipule dados vetoriais.

Você agora aprenderá a reclassificar, utilizando dois SIGs já estudados anteriormente (gvSIG e TerraView).

Começaremos com o gvSIG. Abra a base cartográfica digital da malha territorial do estado do Rio que você baixou do *site* do IBGE (33mu-2500gsr.shp), refazendo as etapas para criar e abrir um novo “Bloco”, e depois adicionar o plano de informação.

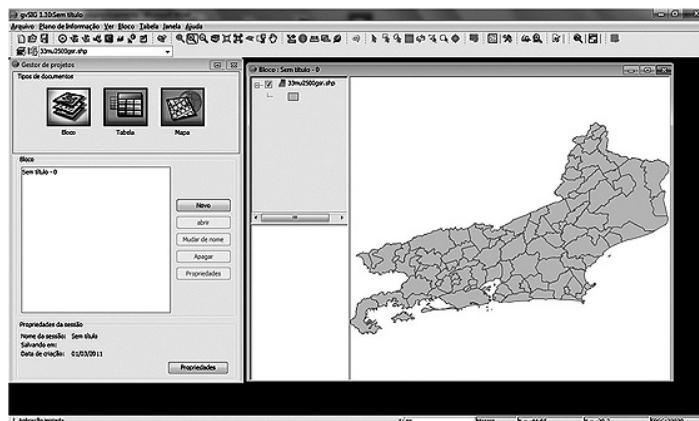


Figura 14.1: Tela inicial no gvSIG contendo o plano de informação baixado do site do IBGE, em *SHP e adicionado ao “Bloco”.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Para realizar a operação de reclassificação ou agregação, você deverá ter aberto a tabela de atributos do arquivo. Basta clicar em “Ver tabela de atributos”, no *menu*, em “Plano de Informação”, ou utilizando o ícone da barra de ferramentas do gvSIG.

Ao abrir a tabela de atributos, percebe-se que há uma coluna, chamada “NOME_MESO”, o que significa que o mapa, além de conter os nomes dos municípios (“NOME_MUNIC”), também contém os nomes das mesorregiões estaduais, ou seja, é uma classificação por regiões, criada pelo governo estadual do Rio de Janeiro.

Você, então, terá de reclassificar essa tabela de atributos segundo a divisão por municípios, pois, se observar o mapa, o que aparece nele são os polígonos, divididos pela classificação municipal de todo o estado do Rio de Janeiro.

Vá até a barra de *menu*, clique em “Bloco” e, em seguida, clique na opção “Gestor de Geoprocesso”, onde abrirá a janela de análises espaciais ou “Geoprocesso”. Clique no “+” para chegar até a opção “Análise” e “Agregação”, pois é nessa opção que você conseguirá realizar as transformações no plano de informação, para agregar os municípios do estado do Rio de Janeiro, por regiões governamentais.

Perceba que o gvSIG criará automaticamente um novo plano de informação (Aula_14.shp), acima do plano anterior (33mu2500gsr.shp).

Abra a tabela de atributos do *SHP gerado e você perceberá que aparecerão apenas os nomes das regiões governamentais (NOME_MESO) e uma coluna chamada “fid”, com o número identificador (geocódigo) de cada feição (região) que aparece no mapa. O “fid”, portanto, é uma coluna com elementos alfanuméricos que correspondem a uma “chave primária” ou a um geocódigo do modelo relacional (relacionamento topológico) entre a tabela de atributos e o mapa georreferenciado.

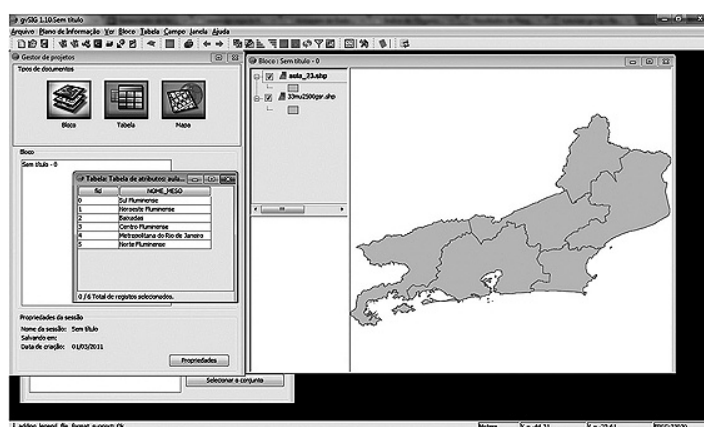


Figura 14.4: Tela do “Bloco” no gvSIG, com o plano de informação criado (Aula_14.shp), contendo somente a divisão por mesorregiões do estado do Rio de Janeiro e sua tabela de atributos (Aula_14.dbf), gerada a partir da ferramenta de análise para reclassificação ou agregação (“Dissolve”). Perceba que a coluna “fid” contém números de 0 a 5 para designar cada mesorregião (coluna NOME_MESO).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Como foi citado anteriormente, todos os SIGs possuem essas mesmas ferramentas de análise. Agora você verá, comparativamente, como realizar o mesmo procedimento no software TerraView. Para tal, você deverá, também, criar um banco de dados (se preferir, chame-o de “RJ”) e abrir o mesmo arquivo baixado do IBGE, “33mu2500gsr.shp”, para que apareça em “Vistas/Temas (‘Arquivo’/‘Importar Dados...’).

No entanto, de forma diferente do gvSIG, o TerraView não permite que seja aberto um arquivo que contenha números no início do nome, como é o caso do “33mu2500gsr.shp”. Então, uma janela “Aviso” será aberta, informando isso.

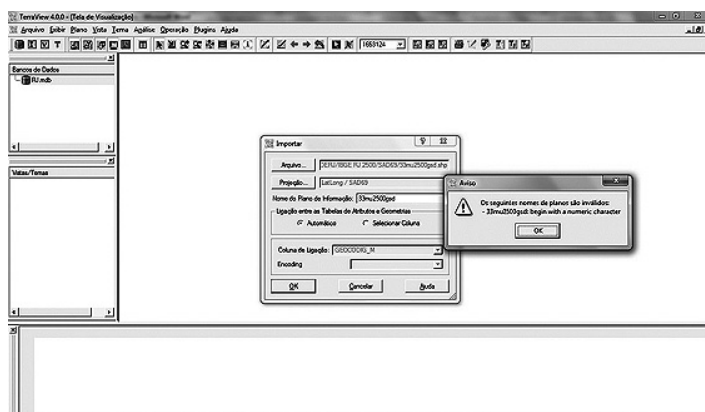


Figura 14.5: Tela “Aviso” do TerraView, para mudar o nome do arquivo de plano de informação importado.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Clique em “OK” e, de volta na janela “Importar”, renomeie o arquivo *SHP de “33mu2500gsr” no campo “Nome do Plano de Informação” para “Aula_14” ou o que achar melhor e, em seguida, clique em “OK”.

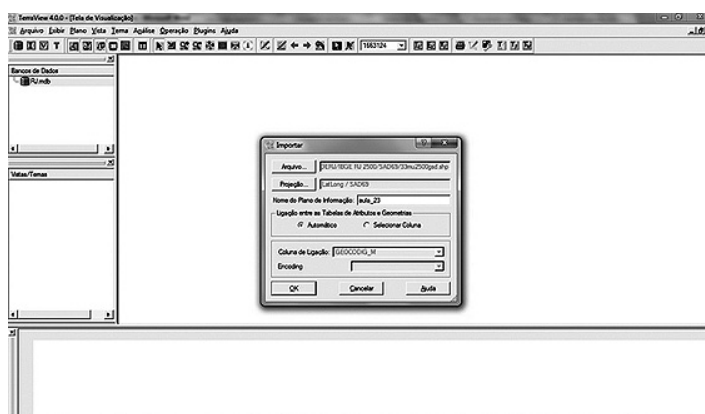


Figura 14.6: Tela de importação no TerraView com a mudança do nome do plano de informação.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Aparecerão duas últimas janelas, para criar uma coluna e para visualizar os dados no TerraView. Você deverá clicar em “Sim” nas duas e, por fim, aparecerá o mapa.

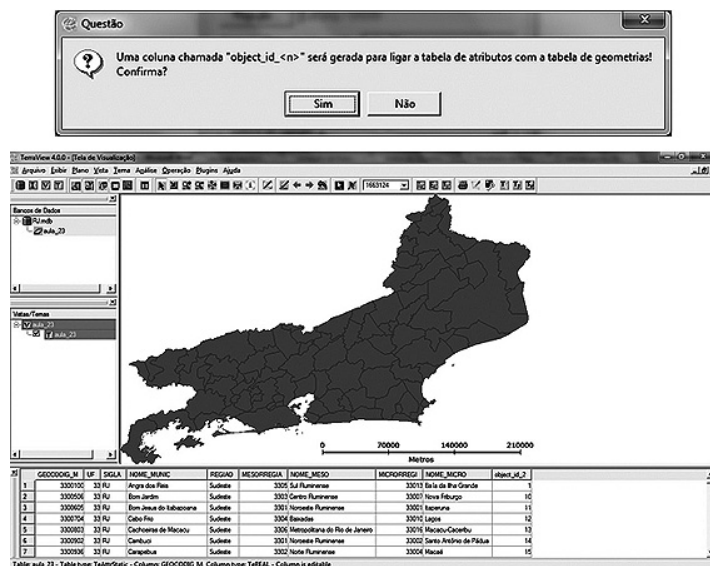


Figura 14.7: Tela contendo o plano de informação importado no TerraView.
Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Diferentemente do gvSIG, não precisaremos abrir a tabela de atributos, pois ela já estará visível no TerraView através de uma janela (parte inferior) do programa. Então, será preciso, agora, realizar a análise por reclassificação ou agregação.

Essa ferramenta de análise está disponível no TerraView na “Vista” ativa de seu banco de dados. Clique com o botão direito de seu *mouse* e, na janela de opções, clique em “Operações Geográficas” e em “Agregação...”.

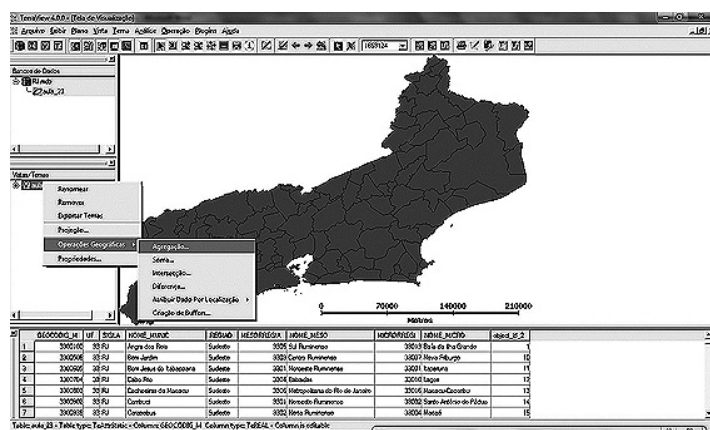


Figura 14.8: Tela para a operação geográfica de agregação no TerraView.
Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A operação de agregação pode usar vários objetos de entrada para gerar um objeto de saída, conforme vimos no gvSIG. Isso também é possível no TerraView e em qualquer outro SIG, pois cada novo objeto possui um único registro na tabela de atributos e é representado, normalmente, por várias geometrias.

Então, vamos utilizar o mesmo exemplo anterior, ou seja, tentar representar, no mapa do estado do Rio de Janeiro, os seus vários municípios, para depois transformá-lo em um mapa das mesorregiões do estado, agregando os polígonos de municípios.

O plano resultante da operação (mapa de mesorregiões) possuirá geometria e tabela de atributos, gerados em função de um atributo agregador (tabela municípios, coluna identificadora de mesorregiões ou “NOME_MESO”), que é selecionado sobre o tema de entrada. Essa operação gera um objeto (polígono representando a mesorregião) para cada valor distinto desse atributo, e cada objeto gerado contém um sumário dos atributos do tema de entrada (nomes das mesorregiões).

A operação geográfica de agregação construirá um novo tema em que você poderá visualizar o estado do Rio de Janeiro, dividido em mesorregiões administrativas. Uma característica interessante nesse procedimento de agregação é a possibilidade que o usuário tem de selecionar os atributos e a forma como esses atributos estarão disponíveis no tema final, dispostos na tabela.

Vamos, então, seguir os passos para agregar as informações em mesorregiões no TerraView.

Primeiro, defina qual o atributo da tabela a ser agregado, no nosso caso, “NOME_MESO”, e escolha o nome do tema a ser gerado pela agregação (mantenha o nome sugerido pelo programa, “Aula_14_agreg”, ou renomeie a seu gosto). Em seguida, clique em “Executar”.

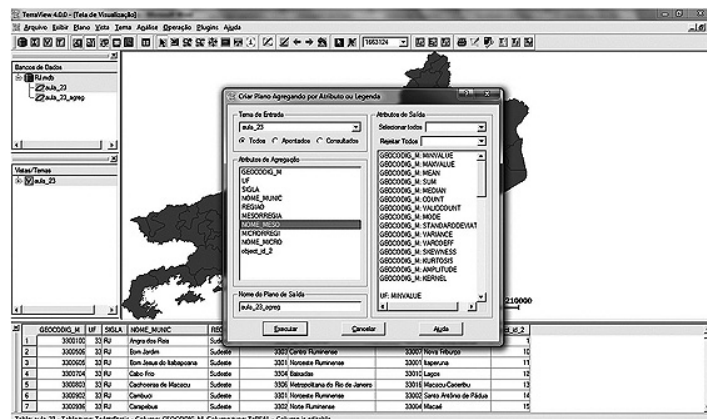


Figura 14.9: Tela de agregação do TerraView com a escolha do atributo na tabela.

Fonte: CONCEICÃO; COSTA, 2011.

Logo em seguida, clique em “Sim” para visualizar o mapa no Terra-View, e você perceberá que a tabela de atributos do novo plano de informação agregado e criado aparecerá, contendo apenas o campo com o identificador, os nomes das mesorregiões agregadas e um contador com o número dos municípios agregados em cada região (“agreg_count_”). A coluna de “object_id_”, na tabela de atributos, trata, portanto, do geocódigo correspondente a cada mesorregião ou feição poligonal existente no mapa.

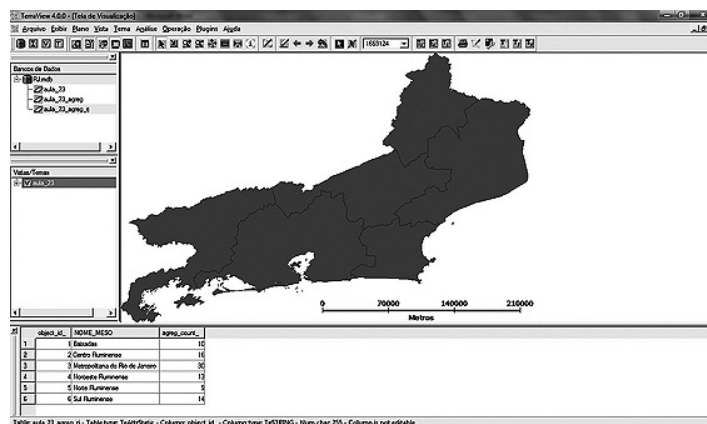


Figura 14.10: Mesorregiões governamentais agregadas no mapa e na tabela de atributos no TerraView.

Fonte: CONCEICÃO; COSTA, 2011.



Assim como o estado do Rio de Janeiro é dividido por mesorregiões estaduais, o município do Rio de Janeiro é dividido em cinco Áreas de Planejamento (AP), 19 subprefeituras e 34 Regiões Administrativas (RA). Por esse motivo, assim como o IBGE produz mapas com a malha territorial dos estados brasileiros, a prefeitura da cidade do Rio de Janeiro produz bases digitais contendo a divisão territorial municipal por bairros, por AP e por RA.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Agora que você aprendeu o que é uma operação de análise de reclassificação ou agregação em um SIG, diga se seria possível agregar os bairros de um município por Regiões Administrativas ou por Áreas de Planejamento, como é o caso do município do Rio de Janeiro, utilizando uma base digital cartográfica.

Tire como exemplo o mapeamento digital municipal, realizado pela prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (Instituto Pereira Passos – IPP), disponível na internet através do *site Armazém de Dados* (no link “Portal-Geo”, disponível em <<http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a52f48cef40e4977a8508aa06d01710b>>).

No *site*, você poderá baixar cada plano de informação ativo no ícone “Extrair base de dados”, na parte de baixo da janela BaseGeo Web do Instituto Pereira Passos. Depois, selecione a área de interesse por meio da ferramenta de desenho e, por fim, clique no ícone “Executar”, salvando o arquivo zipado e extraíndo-o para um diretório em seu computador, a fim de ser aberto em um SIG.

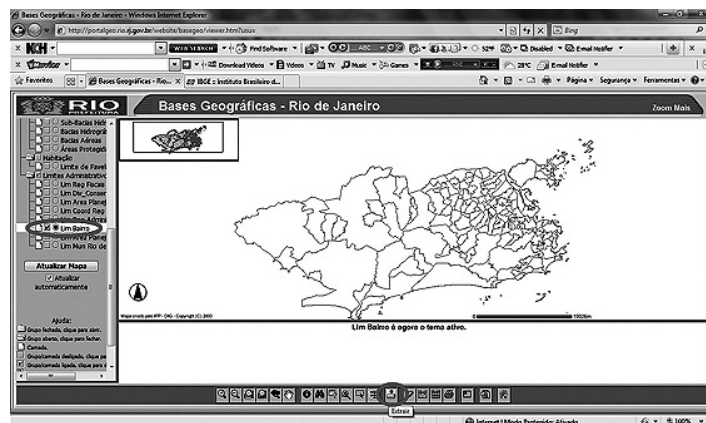


Figura 14.11: O site Armazém de Dados e o link “PortalGeo” (Bases Geográficas do Rio de Janeiro) possuem muitas bases de dados para baixar na extensão *SHP.]

[illegible]

Resposta comentada

A possibilidade de operação de agregação ou reclassificação através das ferramentas de análise de um SIG reduz o conteúdo dos atributos, mas não modifica os polígonos, sendo, portanto, possível criar novos mapas sem perder as características da base de dados utilizada. Isso se deve ao fato de os atributos na tabela estarem ligados à descrição geométrica espacial dos mapas. Portanto, mudando os atributos, podemos também mudar a componente espacial do banco de dados. Os agrupamentos, então, geram consequências espaciais, reduzindo a riqueza de detalhes. Pudemos perceber isso nas informações contidas na tabela de atributos após a reclassificação, em comparação com a tabela dos dados originais, tendo como exemplo o que pode ocorrer ao se agregarem os municípios da cidade do Rio de Janeiro por Regiões Administrativas ou

por suas Áreas de Planejamento. Inclusive, tais bases estão disponíveis, para baixar, no “Armazém de Dados” do site do IPP, no formato *SHP.

Operações de sobreposição

As operações de sobreposição, também conhecidas em SIGs como overlays, referem-se à combinação de um mapa com outro. Em um SIG, a sobreposição é importante em razão de a maioria das aplicações de informações geográficas integrar dados de diferentes origens, fornecidas por vários órgãos. Muitas vezes, os órgãos públicos, como o IBGE, disponibilizam um banco de dados socioeconômicos ou censitários de um estado ou município que precisa ser sobreposto a outro banco de dados. Este, por sua vez, pode ser originado de outros órgãos públicos, de empresas ou até mesmo de dados que você gerou e que necessitam ser espacializados na mesma base). Como exemplos, podemos pensar em dados de áreas com potencialidade turística, pontos de monitoramento de qualidade de água, lotes e quadras, entre outros.

O procedimento de sobreposição de mapas digitais, sejam eles matriciais ou vetoriais, depende da localização absoluta de cada atributo. Portanto, a base geométrica deve estar georreferenciada, com seu sistema de referência espacial (projeção e *datum*) estabelecido, para que se possam sobrepor corretamente todos os mapas e os atributos de cada um.

As operações espaciais mais simples de sobreposição no modelo vetorial (ponto, linha e polígono) são a soma (ou união) e a interseção (ou *clip*). Para efeito de demonstração do que elas representam, você irá ver, nesta parte da aula, cada uma dessas operações no *software* TerraView.

Utilizando a mesma base do IBGE (2007) de divisão municipal do estado do Rio de Janeiro, você deve também baixar, do mesmo *link*, as bases de dados do estado de São Paulo (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Clique em “Organização_do_território”, “Malhas territoriais”, escolha “Malhas municipais”, “Município 2015”, “SP” e escolha o arquivo “SP_municípios”. Depois disso, realizaremos os passos das operações de sobreposição no TerraView.

Após baixar os dois “Temas” (mapas) do IBGE e abri-los na mesma “Vista” no TerraView, você terá de acessar o módulo de operações espa-

ciais no programa. Clicando com o botão direito do *mouse* em cima da “Vista” que contém os dados a serem processados (neste caso, os arquivos “33mu2500gsr.shp”, do estado do Rio de Janeiro, e “35mu2500gsr.shp”, do estado de São Paulo, podendo ser renomeados no TerraView), escolha no *menu* a opção “Operações Geométricas...” e, logo a seguir, a opção “Soma...”. Em seguida, aparecerá a janela “Criar plano pela Adição de Temas...”.

Essa operação de “Soma” adiciona vários temas para criar um novo plano de informação. Os temas devem ter o mesmo tipo de representação vetorial, ou seja, apenas um tipo de geometria: somente polígonos ou somente linhas ou somente pontos ou somente células.

Nessa operação, um tema é selecionado para servir de guia. O tema guia é, então, usado como base. É a partir dele que se definem o nome e o tipo dos atributos da nova tabela. Também é a partir dele que é definida a projeção das geometrias do novo plano de informação.

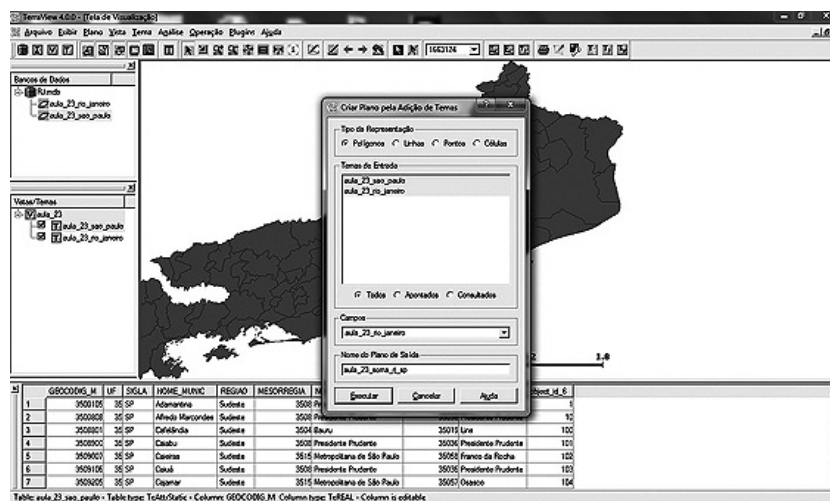


Figura 14.12: Tela do TerraView contendo a operação de adição ou soma dos temas, para criar um novo plano de informação. Perceba que aparecem os dois “Temas” de entrada, ou seja, mapas do Rio de Janeiro e de São Paulo, pois, neste caso, pretendemos juntar esses dois estados em uma única base de dados.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Após definir os temas de entrada, isto é, quais temas serão juntados, você deverá definir quais os campos a serem mantidos nas tabelas usadas para gerar o mapa final, além de escolher um nome para o novo mapa gerado. Por fim, execute o procedimento.

Você notará que, ao terminar de executar a soma, os dois estados aparecerão por inteiro na “Vista” (Aula_14) do TerraView, sendo apenas um plano de informação, denominado “Aula_14_soma_rj_sp”, que será salvo também como um arquivo *SHP e que fará parte do seu banco de dados espacial (RJ.mdb).

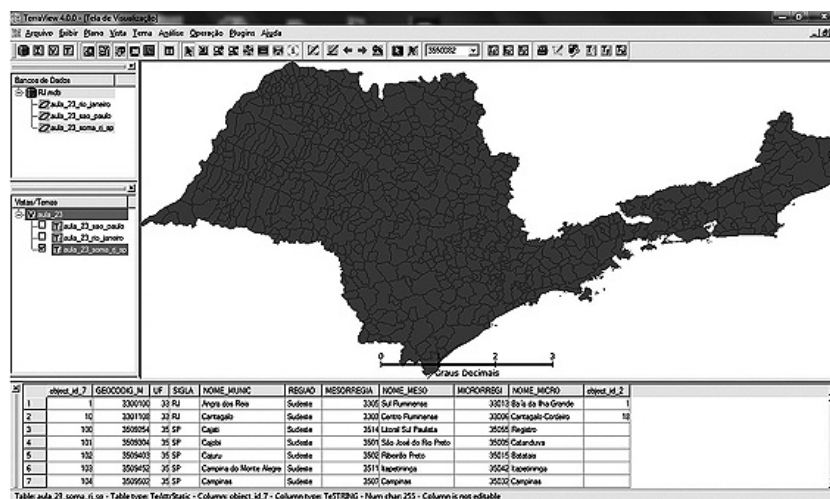


Figura 14.13: Operação de soma realizada no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Outra operação de análise é a interseção. Ela requer dois “Temas” como entrada: um contendo polígonos que formarão uma máscara de recorte e outro (com qualquer tipo de representação, como polígonos, linhas, pontos, células ou dados matriciais) que será recortado. O resultado é um novo plano de informação, formado pelos objetos do segundo “Tema” em interseção com a máscara de recorte.

Conforme foi realizado para as operações anteriores, escolha, no TerraView, a operação “Interseção” no menu “Operações Geográficas”.

Vamos agora utilizar como base de dados os mapas temáticos produzidos pelo IPP (Armazém de Dados – PortalGeo) citados na Atividade 1 desta aula. Baixe, no site <http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a52f48cef40e4977a8508aa06d01710b>, as bases de áreas protegidas e o limite de bairros. .

No exemplo a seguir, com a operação de interseção, você criará um novo tema de bairros da cidade do Rio de Janeiro, em que aparecerão mapeados e serão selecionados apenas os bairros que interceptam ou contêm áreas protegidas no seu interior.

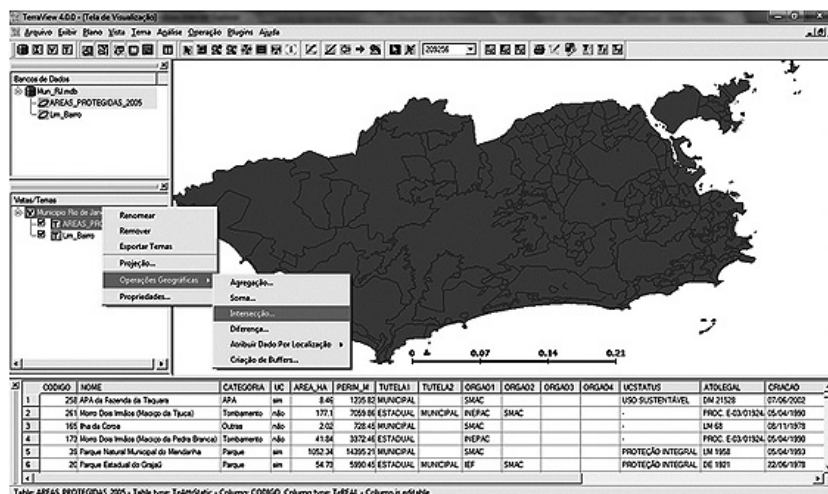


Figura 14.14: Tela da operação de interseção no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Selecione o tema “Lim_Bairro”, a partir do qual serão selecionados os objetos gráficos por interseção.

Depois, selecione o tema “AREAS_PROTEGIDAS”, que irá sobrepor o tema a ser recortado por interseção. Deixe marcada a opção “Selecionar os atributos do tema de overlay”, pois assim teremos os dados de atributos da tabela de limite de bairros, associada à tabela de atributos das áreas protegidas, quando for gerado o tema final da interseção.

Defina um nome para o tema a ser gerado e execute o procedimento.

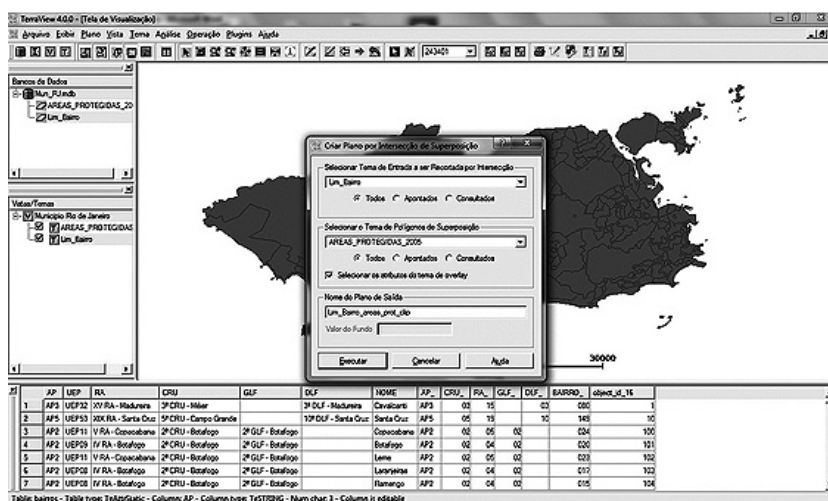


Figura 14.15: Seleção dos temas da interseção no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Após o processo, observe o mapa gerado da clipagem (interseção) dos dois planos de informação, e perceba também o conteúdo da tabela de atributos gerada. Nela aparecem as colunas dos atributos da tabela das áreas protegidas que se associaram aos atributos da tabela de bairros. Perceba também no mapa (estrutura gráfica) que, no interior das áreas protegidas, há as linhas dos limites dos bairros que as abrangem.

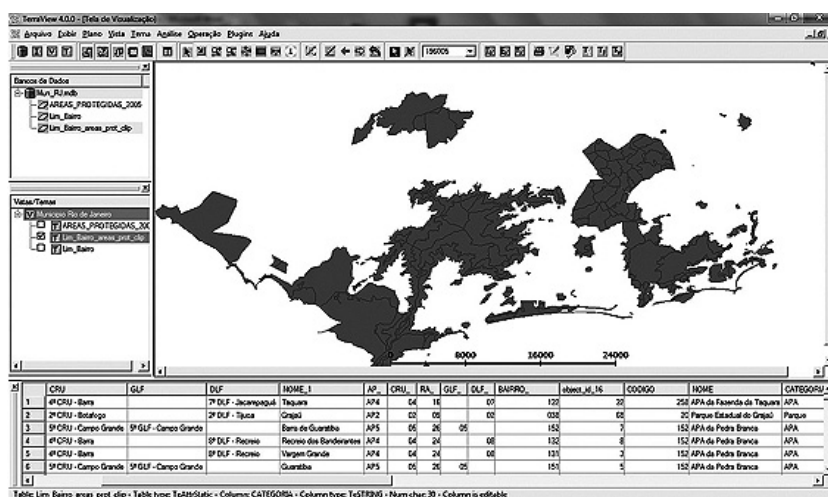


Figura 14.16: Interseção realizada no TerraView entre os bairros da cidade do Rio de Janeiro e suas áreas protegidas.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Atividade 2

Atende ao objetivo 2

Dos dois tipos de sobreposição em SIG que você aprendeu nesta aula (soma e interseção), qual das duas operações você teria de realizar para analisar em que bairros de uma cidade estariam localizados os seus aeroportos, as estações e linhas de trem, as estações e linhas do metrô e os pontos de ônibus?

Resposta comentada

A operação de sobreposição de interseção (ou clipagem) é a análise espacial em SIG que possibilita usar um tema com a geometria de polígono (célula) que servirá de máscara para cortar o tema que necessita ser cortado. Em outras palavras, se utilizarmos os polígonos do mapa de bairros de uma cidade (base cartográfica digital), podemos usá-lo como base digital utilizada como máscara de corte, mas será necessário, também, ter uma base digital das estações de trem, metrô, ferrovias e ônibus (estrutura vetorial de pontos), e do seu percurso ou de seus trilhos (estrutura vetorial de linhas). Esses vetores estarão contidos no interior da máscara de bairros e, portanto, serão selecionados, sendo possível, no tema resultante, percebermos quais seriam os bairros com essa disponibilidade ou acessibilidade em função da infraestrutura de transportes de uma cidade. Se usarmos como exemplo as bases do IPP (Armazém de Dados) da cidade do Rio de Janeiro, verificaremos que é possível realizar a interseção dela com a base (*SHP) de limite de bairros e a de estações de metrô (assim como as ferrovias), e teremos como mapa resultante as estações com seus respectivos bairros. Em resumo, saberemos quais bairros são servidos desse tipo de transporte, bastando observar, também, as colunas que contêm os nomes dos bairros e das estações na tabela de atributos do tema gerado.

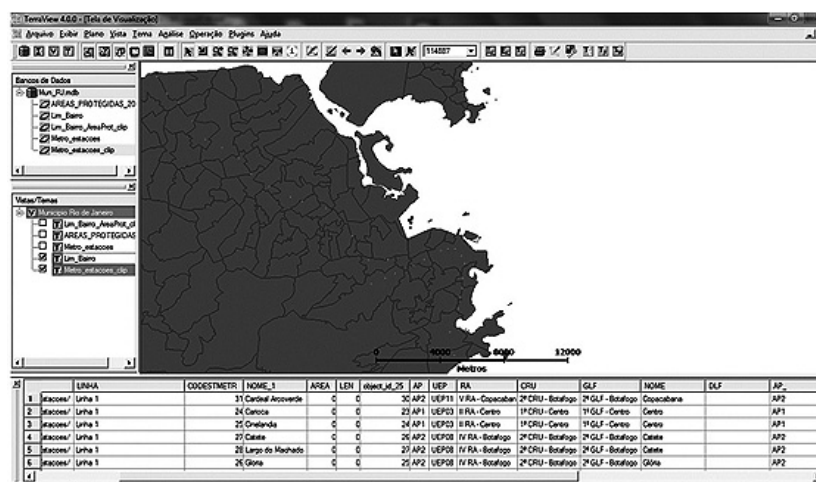


Figura 14.17: Tela contendo o tema gerado a partir da operação de interseção no TerraView, utilizando as bases de dados geográficas do município do Rio de Janeiro (Armazém de Dados – IPP).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Conclusão

As potencialidades dos SIGs para relacionamentos espaciais ou topológicos são importantes para o tratamento e a análise de bancos de dados geográficos, principalmente na produção de informações geográficas de qualquer área do conhecimento, que podem ser aplicadas para o apoio à tomada de decisão por gestores governamentais.

Uma das funções mais relevantes do SIG é o cruzamento de camadas, gerando um novo plano de informação com as feições gráficas originadas e com os atributos de um ou de todos os planos cruzados.

Dessa maneira, entendemos que os SIGs são sistemas que permitem a espacialização das informações, sendo uma ferramenta do geoprocessamento cada vez mais utilizada na gestão do território. Os procedimentos analíticos de um SIG incluem, portanto, um conjunto de métodos ou operações exploratórias, além da visualização dos dados através dos mapas, possibilitando, ainda, estabelecer hipóteses sobre as observações, de maneira a selecionar modelos inferenciais que melhor suportem os dados e auxiliem na solução dos problemas.

Atividade final

Atende aos objetivos 1 e 2

Nesta aula, você pôde aprender que, em SIG, existem análises simples que podem ser realizadas para reclassificar ou até mesmo sobrepor modelos vetoriais (as análises também podem ser realizadas para o modelo raster, mas essa será a tônica de outra aula). Nesse sentido, diga brevemente qual a diferença entre a reclassificação e a sobreposição de dados espaciais em SIG, principalmente no produto apresentado nas tabelas de atributos.

[illegible]

Resposta comentada

As operações de análises geográficas em SIG, tais como a reclassificação ou agregação de dados, demonstram a capacidade de operacionalizar as análises quando precisamos englobar diferentes estruturas vetoriais que necessitam ser agregadas. Esse procedimento auxilia o usuário na seleção de atributos mais específicos e de maneira mais aglutinada, obtendo um tema final (um mapa mais livre de “supérfluos”) sem perder as características geométricas dos dados, fruto da agregação.

Nas operações de sobreposição também não há a perda da geometria dos vetores nos planos de informação, que poderão ainda ser somados a outros planos, para se obter, a exemplo da reclassificação, um tema final, contudo, com todos os atributos associados. Outro tipo de sobreposição

não menos importante é a interseção dos dados, que possibilita uma análise mais específica do cruzamento (*overlay*) entre os dados geográficos. Na sobreposição, é permitida a mesma representação vetorial, mas apenas será consentido o uso de um tipo de geometria, diferentemente da agregação (ou reclassificação), que permite a soma ou a interseção de várias geometrias diferentes.

Resumo

Os sistemas de informação geográfica executam operações de análise que possuem a capacidade de reclassificar ou agregar os dados vetoriais (e até raster) tanto da geometria quanto dos atributos gerados. As operações de reclassificação ou agregação permitem entender melhor as características de feições que são fusionadas e precisam fazer parte apenas de um plano de informação, para até mesmo poderem ser utilizadas em outras análises mais específicas. As operações geométricas e topográficas de sobreposição ou *overlay*, muitas vezes, requerem que o usuário de SIG faça uso de planos de informação com diferentes estruturas vetoriais e geometrias que poderão ser combinadas e cruzadas, e cujo resultado é a geração de novos dados, que podem auxiliar no planejamento urbano, por exemplo.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, realizaremos outras práticas relacionadas à análise de dados espaciais. Até lá!

Referências

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

Aula 15

Outras análises de dados espaciais

*Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa
Hugo Portocarrero*

Meta

Apresentar análises de dados espaciais em SIG (operações de vizinhança e de rede) com potencial de aplicação para o turismo.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. realizar operações de vizinhança a exemplo da geração de buffers (ou de proximidades);
2. definir o processo de análise de rede.

Introdução

Anteriormente, você aprendeu que a distinção entre as operações de reclassificação e sobreposição (*overlay*) topológica é importante no entendimento de como dados espaciais e atributos são integrados para realizar os tipos necessários de análises e pesquisas. Essa é uma marca que sempre define as diferenças entre um SIG (Sistema de Informação Geográfica) e um CAD (*Computer Aided Design*). Portanto, para conduzir análises espaciais (estrutura gráfica) e tabulares (estrutura não gráfica) sobre dados de múltiplos temas, estes devem ser combinados usando operações de *overlay* topológico. Entretanto, não existem somente essas operações de análise em um SIG.

Nesta aula, você aprenderá como gerar polígonos paralelos ou de proximidade (*buffers*) ao redor de elementos, tais como pontos, linhas e polígonos. Iremos ainda visualizar o processo de análise de rede em SIG para a geração de rotas, utilizando o SIG TerraView.

Operações de vizinhança ou geração de áreas de proximidade (*buffer*)

Um *buffer* pode ser definido como uma área gerada em torno de um objeto com uma distância pré-determinada. Por meio da interface gerada, o usuário pode criar um novo plano de informação contendo *buffers* de todos os polígonos, gerados a partir dos objetos de um tema com uma distância fixa também pré-determinada.

A proximidade, vizinhança, área de influência ou *buffer* é uma das análises, em SIG, que facilitam a verificação do que existe em termos de elementos dentro de uma área contínua (usando uma distância pré-definida) até um objeto vetorial (que representa a realidade).

Para alguns especialistas, as análises de proximidades geográficas são operações que têm como objetivo gerar subdivisões, na forma de figuras geométricas, cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica, a partir de uma determinada feição (ponto, linha ou polígono) localizada no espaço.



Autor: Andymel

Figura 15.1: Pode ser criado um *buffer* a partir, por exemplo, de uma casa ou um lote (polígonos), uma estrada ou um rio (linha), uma parada de ônibus ou um poste (ponto).

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/991259>

Em um SIG, quando queremos analisar o que está próximo ou contido em alguma ou algumas feições, o processo de criação chama-se *buffering*. Você verá como se realiza a operação de *buffer* usando o SIG gvSIG, já manipulado em aulas anteriores.

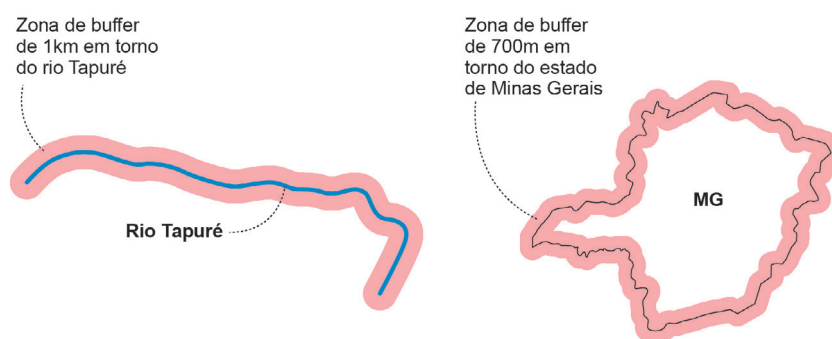


Figura 15.2: Dois exemplos de *buffer* criados ao redor de duas feições vetoriais: a estrutura linear do rio Tapuré recebeu uma área de 1km ao seu redor e o limite do estado de Minas Gerais, 700m ao seu entorno. Além do gvSIG, outros *softwares*, como o TerraView, também realizam a operação *buffer* (proximidade).

Fonte: LABORATÓRIO..., 2011.

Há duas formas ou opções de se construir um *buffer*: usando um valor único de distância no seu entorno ou construindo vários *buffers* com diferentes valores de distância.

Ao usar um valor único de distância para um *buffer*, é necessário especificar qual o valor utilizado para a distância em torno dos elementos (pontos ou linhas) ou de seu perímetro (polígono).

A segunda opção ao construir um *buffer* é variar as distâncias do atributo vinculado aos elementos para geração dos polígonos e, neste caso, o *buffer* a ser construído no entorno de cada elemento irá variar segundo esse valor.

Você poderá realizar cada uma dessas duas opções no gvSIG. Vamos ver como isso funciona?

Inicialmente, você terá que baixar dados vetoriais (no formato de arquivo *SHP) contidos no endereço do i3geo, conforme visto anteriormente: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Em seguida, além de baixar os dados espaciais político-administrativos do Brasil, disponibilizados pelo *site* do Ministério do Meio Ambiente (MMA), você também terá que utilizar e armazenar, em seu computador, outros arquivos contidos nessa mesma página, como:

1. *Áreas Especiais*, logo após *Outras áreas* e, na última opção, *Geoparques*;
2. *Programas, projetos e atividades*, logo a seguir *Áreas de atuação* e, depois, a opção *Polos de ecoturismo* e, finalmente,
3. *Limites políticos e localidades*, após isso *Limites administrativos* e a opção *Limites municipais do Brasil – 2007*.



Geoparques

São parques com atrativos geológicos. Segundo a Unesco (Rede Internacional de Geoparques), deve abranger um número de sítios geológicos (relevo) ou um mosaico de entidades geológicas de especial importância científica, raridade, beleza e com uma história geológica representativa de uma região.

Polos de desenvolvimento de ecoturismo

No Brasil, é a designação criada em 2001 pela Embratur (em conjunto com o Instituto de Ecoturismo do Brasil – IEB) para as zonas geográficas localizadas em cada estado, que apresentam atrativos naturais e culturais de interesse ecoturístico. Tais zonas possuem prioridade de investimento do setor público e privado em infraestrutura, equipamentos e serviços turísticos. Como, para se manter, dependem de planejamento, então os SIG são a melhor ferramenta para analisar o desenvolvimento dos polos ecoturísticos.

Lembre-se de que todos os arquivos (*SHP, *DBF, e *SHX) devem ser armazenados na mesma pasta dos arquivos, no que diz respeito à sua extensão. No entanto, um problema que deve ser esclarecido é que esses arquivos ainda estão sem projeção cartográfica definida. Selecione as *Propriedades* do *Bloco* e especifique os parâmetros de projeção para mudá-lo. Existem várias projeções para o território brasileiro disponíveis no gvSIG. No Brasil, utilizamos o sistema métrico para dados em projeções cartográficas e ângulos para o sistema de coordenadas geográficas ou geodésicas.

No *Bloco* do gvSIG, adicione os três arquivos *SHP (“cprmgeoparques.shp”, sobre os geoparques; “poloseco.shp”, sobre os polos ecoturísticos e “municip07”, sobre os limites municipais), utilizando as ferramentas *Bloco* e *Adicionar plano de informação*.

Se preferir, crie um nome para o *Bloco*, clicando no *Gestor de projetos* e em *Mudar de nome* e, depois, importe para ele os arquivos em *SHP citados. Mude também a legenda de cada plano de informação para outras cores e, assim, você irá facilitar a visualização.

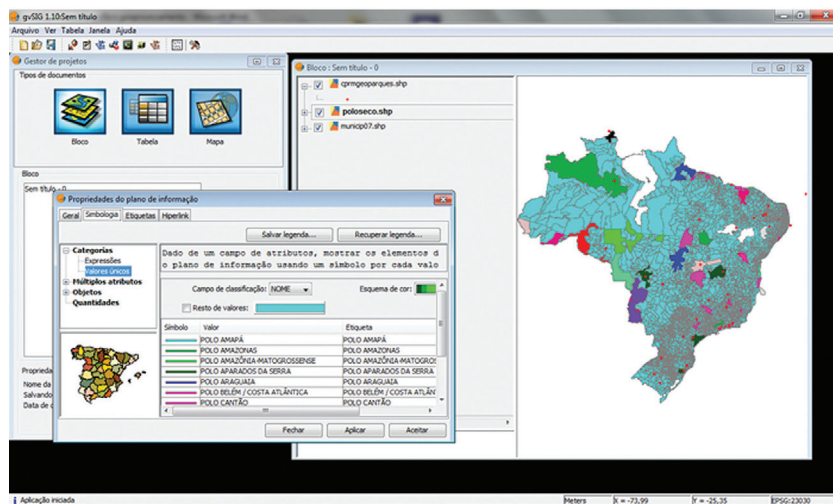
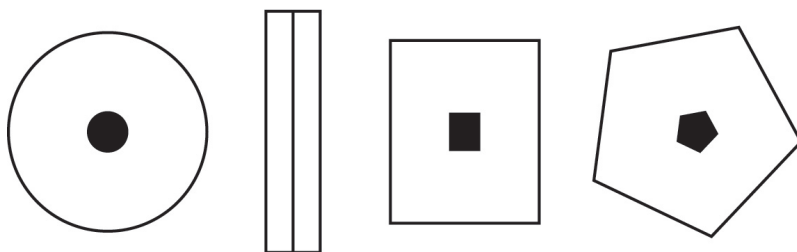


Figura 15.3: Tela do gvSIG contendo os planos de informação ativos e as mudanças na legenda (simbologia das categorias por cores).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Como foi dito anteriormente, as operações de *buffer* podem ser efetuadas de duas formas: uma forma simples, quando uma única faixa de *buffer* é gerada, e uma forma múltipla, quando várias faixas são geradas.

PROXIMIDADE SIMPLES



PROXIMIDADE MÚLTIPLA

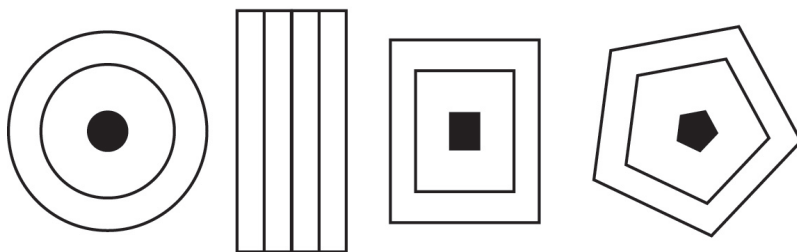


Figura 15.4: Tipos de análise de proximidade ou vizinhança (*buffer*).

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Vamos executar primeiro a operação de *buffer* na forma mais simples no gvSIG. Abra a tela para a criação de *buffers* ou zonas de distância. Para acessar essa tela, você terá de utilizar o menu de contexto sobre o plano de informação ativado, clicando, para isso, em *Bloco* e na opção *Gestor de Geoprocessamento*, em *Geoprocessamento*, *Análise*, *Proximidade* e *Buffer*. Essa interface irá gerar um novo plano de informação, que conterá todos os *buffers* criados a partir dos objetos de um tema de entrada e uma determinada distância.

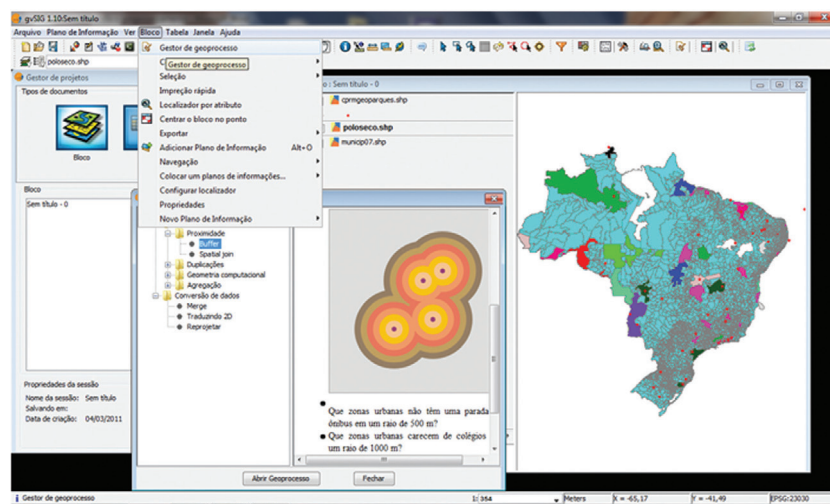


Figura 15.5: Tela para criação de *buffers* no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A interface, para o caso do *buffer* simples, pode ser dividida em duas partes:

1. dados de entrada: o usuário deve escolher o tema de entrada e quais objetos desse tema serão considerados (todos, somente os apontados ou somente os consultados). Escolha o tema *cprmgeoparques*.
2. distância: o usuário pode entrar com uma distância fixa, que será considerada para todos os objetos, ou escolher um atributo numérico que define uma distância específica para cada objeto.



A distância deve estar na mesma unidade do dado. Por exemplo, se a unidade do dado for grau decimal, a distância também deve ser fornecida em grau decimal; se estiver em metros, deve ser fornecida em metros, e assim por diante. Para saber qual a unidade do tema de entrada, o usuário deve olhar a projeção do plano de informação, base desse tema, conforme foi especificado anteriormente nesta aula.

No caso do gvSIG, basta passar o *mouse* por cima de um dos planos de informação e verificar, no canto inferior direito, que a projeção está em grau decimal, o que significa que as distâncias serão calculadas nessa medida, ou seja, em graus. Caso queira mudar a projeção, você terá de clicar novamente em *Gestor de geoproceto* e em *Conversão de dados*; optando por *Reprojetar*, clique em *Abrir geoproceto* na parte inferior da janela do *Gestor de Geoproceto*. Abrirá uma nova janela, a de *Ferramentas de análise*, em que será possível fazer a mudança da projeção. Na opção *Projeção atual*, veja a que está sendo utilizada e na *Projeção de destino*, você poderá escolher a que melhor convier. Para cada plano de informação, você terá que escolher a mesma projeção que foi utilizada para o *Bloco*. Mas, no nosso caso, vamos deixar na mesma projeção para os dados importados do i3Geo.

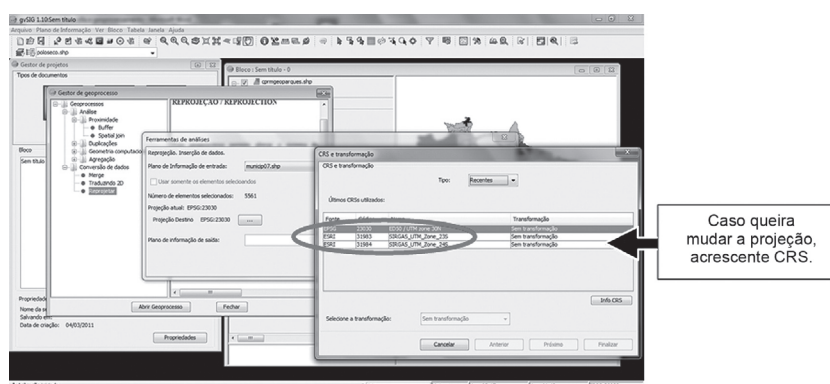


Figura 15.6: Tela de mudança de projeção no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Vamos utilizar, como exemplo de criação de *buffer* simples, o arquivo de geoparques: suponhamos que você queira ver qual seria o raio de ação dos geoparques brasileiros com relação aos polos ecoturísticos. Para isso, vamos designar uma distância (raio) de um grau (1°) a partir do ponto de cada geoparque e, depois, perceber se eles estão próximos dos polos de ecoturismo ou se possuem algum polo de ecoturismo em seu interior.

Coloque em *Buffer definido por uma distância* o número 1 para designar 1°. Depois, clique em *Abrir* para escolher o diretório e o nome, para assim definir o *Plano de informação de saída*; a seguir, clique em *Salvar*.

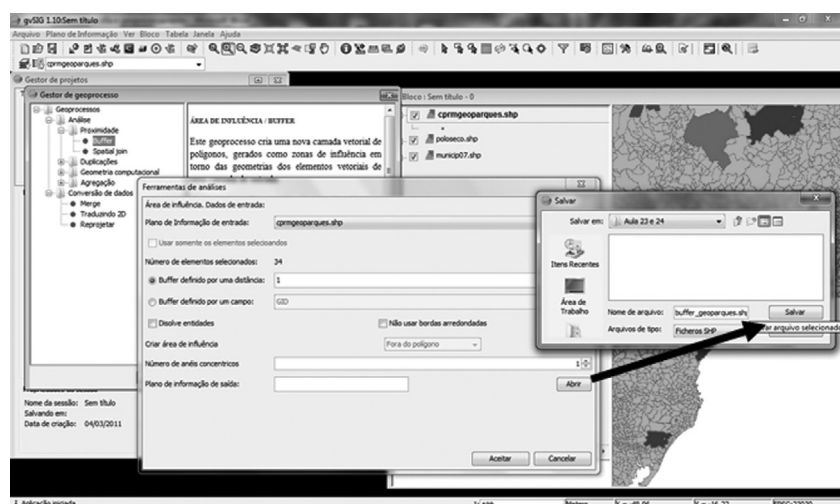


Figura 15.7: Tela de definição do plano de saída do *buffer* simples, a ser criado no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Após essas entradas de dados, será gerado o *buffer* de um grau em todos os pontos do plano de informação de geoparques brasileiros.

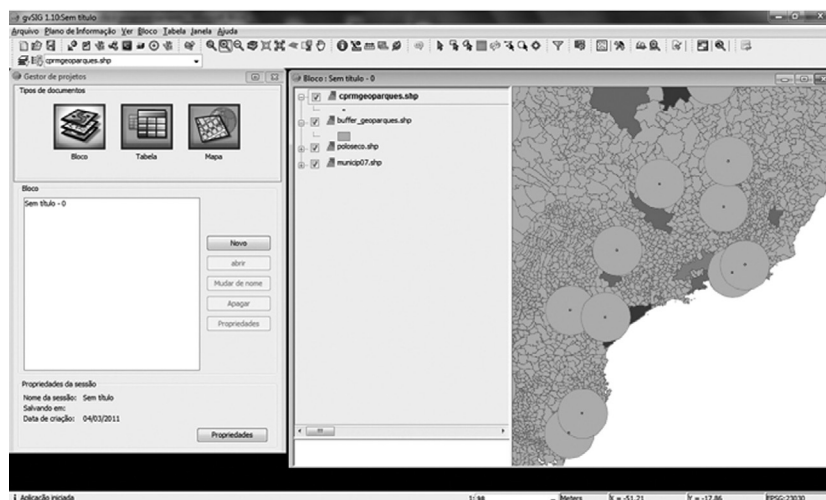


Figura 15.8: Perceba que os *buffers* de 1° de raio foram criados como um plano de informação no *Bloco* do gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Caso queira ver cada ponto dos geoparques por cima dos *buffers*, basta clicar e arrastar o plano de informação *cprmgeoparques.shp* para o nível acima do arquivo de *buffer*.

Agora que você aprendeu a fazer o *buffer* simples, vamos entender como se criam *buffers* de múltiplos níveis ou concêntricos. O usuário pode gerar vários níveis de *buffers* com base em uma distância.

Vamos trabalhar com a hipótese de que você queira analisar os mesmos geoparques em função de três níveis de *buffer* ao redor deles, considerando uma distância de um grau. O primeiro nível é um *buffer* de um grau; o segundo nível corresponde a um *buffer* de distância entre um e dois graus e, finalmente, o terceiro nível corresponde a um *buffer* de distância entre dois e três graus.

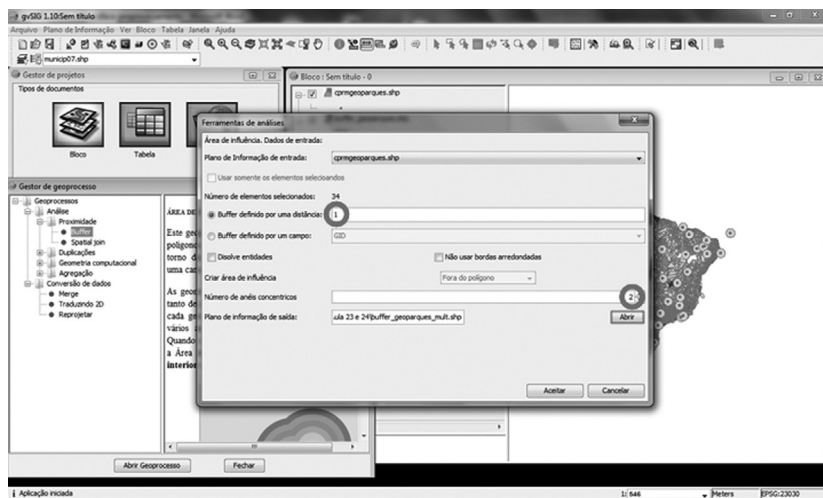


Figura 15.9: Tela do gvSIG para criar *buffer* em que são colocados os dados sobre a distância inicial do *buffer* múltiplo, além do número de anéis (círculos) concêntricos a serem criados por você.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Veja que o resultado consistirá em três círculos concêntricos de *buffer* ao redor do ponto de geoparques.

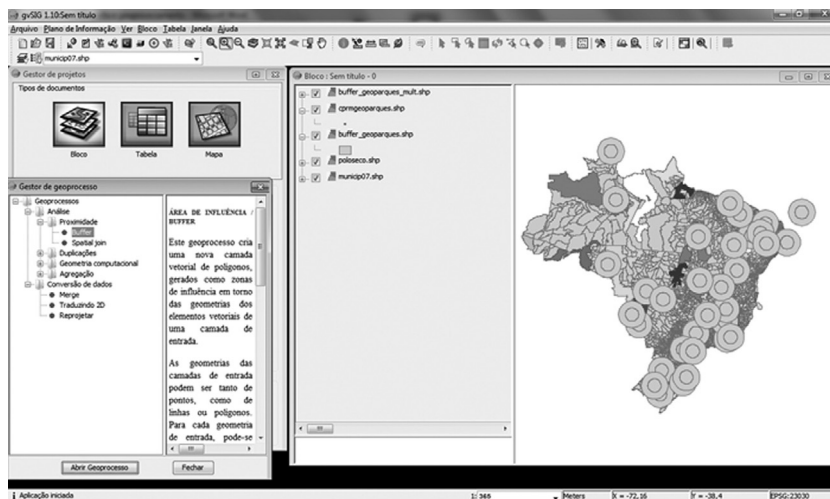


Figura 15.10: Tela do gvSIG com *buffers* múltiplos.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

A operação de *buffer* de múltiplos níveis também pode ser realizada eliminando as fronteiras entre os *buffers*, ou seja, cada *buffer* computado sobre cada objeto do plano de informação de entrada gera um novo objeto no plano de saída. Dependendo da distância escolhida pelo

usuário, o plano de saída pode conter objetos sobrepostos. Se você escolher a opção *Dissolve unidades* entre os *buffers*, todos os objetos sobrepostos do plano de saída são unidos em um só objeto.

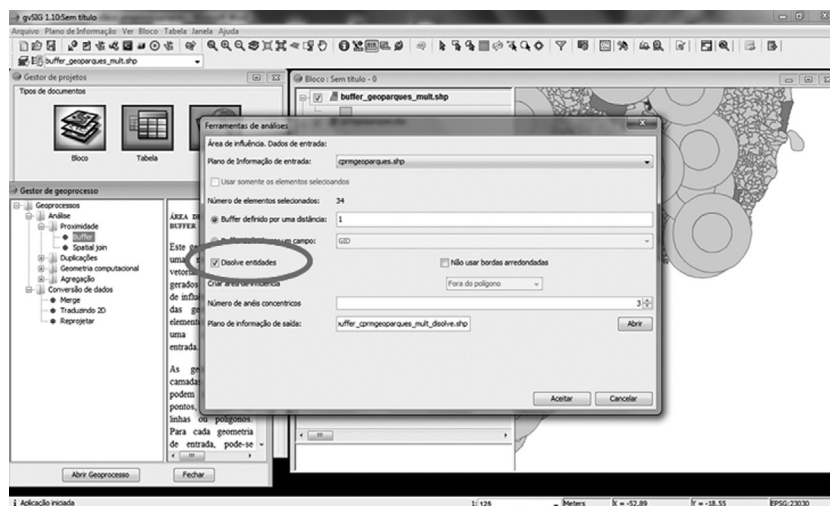


Figura 15.11: Tela do gvSIG *Ferramenta de análises*, usada para dissolver entidades dos *buffers*.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

O plano de saída é gerado a partir da remoção das fronteiras entre os *buffers* e da criação de um plano de saída, que resultou da união de todos os três *buffers* gerados, conforme é mostrado na figura a seguir.

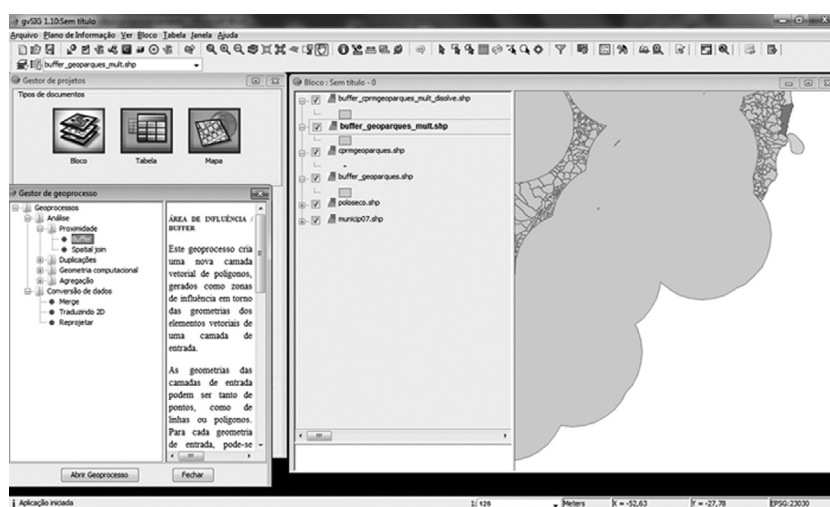


Figura 15.12: *Buffers* múltiplos, gerados como único objeto no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Quando a representação geométrica do plano de informação de entrada é poligonal, a exemplo dos polos de ecoturismo (poloseco.shp), essa parte da interface é mostrada na janela *Ferramentas de análise* do gvSIG. Assim, o usuário pode escolher entre três tipos de *buffers*: *Dentro do polígono*, *Fora do polígono* e *Dentro e fora do polígono*.

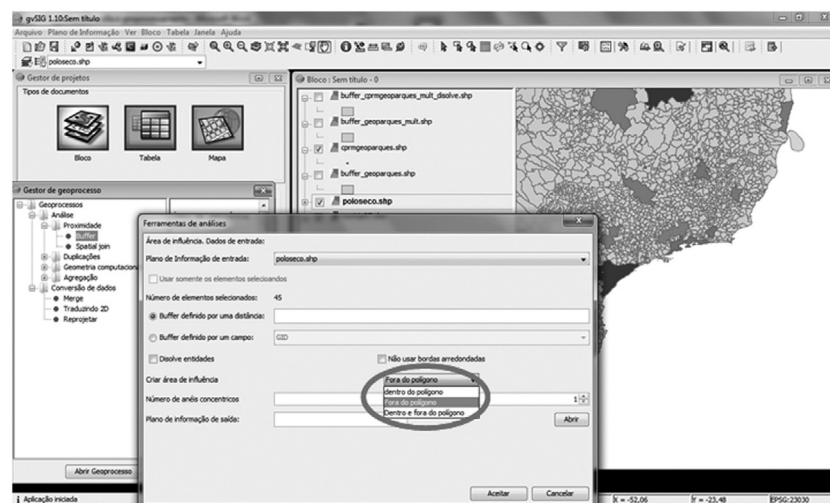


Figura 15.13: Tela do gvSIG com a opção para criar *buffers* a) dentro, b) fora e c) dentro e fora de polígonos.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Na figura a seguir, você verá que pode colocar cada polo ecoturístico apenas: com um *buffer* de 0,2 grau, considerando a área interna; com dois *buffers* múltiplos de 0,1 grau, considerando a área externa; e ainda com um *buffer* de 0,1 grau, considerando as áreas externa e interna.

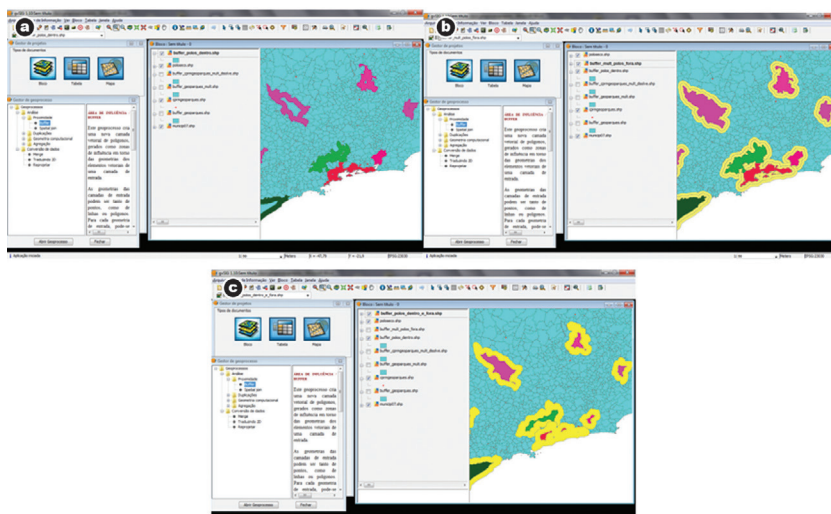


Figura 15.14: Telas do gvSIG mostrando: a) um buffer de 0,2 grau interno, b) dois buffers múltiplos de 0,1 grau externos e c) um buffer de 0,1 grau interno e externo dos polos ecoturísticos.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

O plano de informação criado contém os *buffers* gerados e uma tabela estática com a distância e o nível de cada um deles.

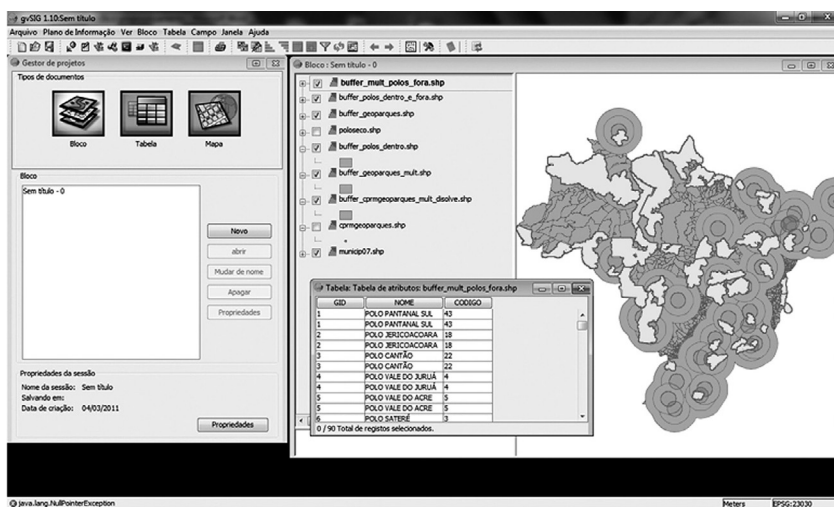


Figura 15.15: Buffers simples e múltiplos e tabela de atributos, itens gerados no gvSIG.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Atividade 1

Atende ao objetivo 1

Sabemos que zonas de amortecimento caracterizam-se por serem áreas próximas às unidades de conservação (UC) em que a legislação ambiental deve ser respeitada e que o uso do solo nessas áreas deve ser controlado devido à proximidade com as UC. Sendo assim, como você poderia proceder na criação de uma zona de amortecimento, para saber se a legislação ambiental está sendo devidamente cumprida?

[illegible]

Resposta comentada

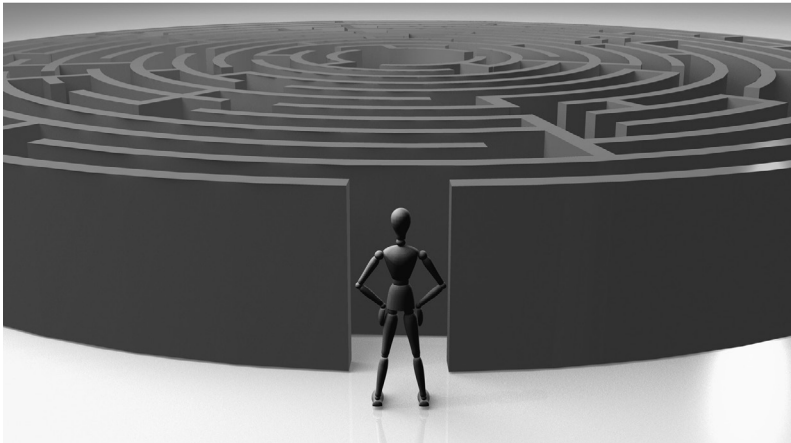
O *buffer* se adequa bem às informações de banco de dados geográficos que queremos obter por ser, em um SIG, uma ótima operação de análise para criar áreas de influência ou proximidade entre os objetos dispostos em um plano de informação vetorial, seja ele ponto, linha ou polígono. Para isso, basta ter arquivos vetoriais de unidades de conservação para que o *buffer* crie uma área de influência, através de uma distância simples ou múltipla, que será associada ao elemento geométrico. Assim, conseguimos identificar se há uma sobreposição entre informações de planos diferentes, como, por exemplo, se há usos de solo dentro ou fora dos limites desse *buffer* (próximos ou não). Basta, para isso, associarmos esses planos de informação usando bases digitais disponíveis da *Internet*, como o *site* do IBGE, o i3Geo (do MMA), entre outros, dependendo da projeção e da escala de estudo (mapeamentos de todo o Brasil ou de seus estados e municípios) utilizadas.

Análises de redes em SIG: breve demonstração

Após estudar a análise de *buffer*, que abrange as três estruturas vetoriais – pontos, linhas e polígonos –, neste item você verá que existe outro tipo de operação de análise, a chamada *análise de rede*. Ela pode ser definida como o estudo dos problemas espaciais relacionados apenas às linhas reais e à conectividade que possuem, ou seja, aos deslocamentos possíveis entre os pontos contidos nos segmentos lineares (SILVA, 2003).

Portanto, os elementos envolvidos na análise de rede são sempre vetoriais (rios, estradas, caminhos etc.) que têm uma natureza ou um tipo de dado de geoprocessamento classificado como *rede*, ou seja, são aqueles que possuem um fluxo, uma direção contida em suas linhas.

O sistema fornece o custo mínimo (menor distância) a ser percorrido, que poderá estar ou não associado a dados descritivos (alfanuméricos). Essa função pode ser utilizada em trabalhos que envolvam logística, geomorfologia, turismo, estudos hidrológicos, dentre outros.



Autor: Sachyn

Figura 15.16: Qual o melhor caminho para chegar ao meu destino? Que direção eu devo tomar? Qual a rota que leva menor tempo e distância? Essas são algumas perguntas que fazemos quando utilizamos a análise em rede e que podem ser mais bem solucionadas pelo SIG.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/940808>



Figura 15.17: Um dos *sites* mais interessantes e utilizados para visualização, localização de rotas e mapas de fluxos é o Google Maps.

Fonte: Google Maps, adaptado por CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Para poder realizar a operação de análise de redes no SIG TerraView, é necessário utilizar a extensão *Fluxo*, existente na barra de menu em *Plug-ins*.

Para essa análise de redes, utilizaremos o *site* do TerraView (http://www.dpi.inpe.br/terraview/php/docs.php?body=Tutorial_i), que, além de disponibilizar 17 aulas, em formato PDF, de um curso básico (tutorial) desse SIG, também oferece um conjunto de dados que é utilizado no tutorial. Utilizando esse material, podemos perceber que a aula de número 11 aborda o uso das operações de análise de redes, utilizando, para isso, o banco de dados que também pode ser baixado.

A seguir, tentaremos reproduzir alguns passos do manual, porém buscando aplicá-lo para algum tipo de análise espacial. O exemplo do manual aborda a geração e a classificação de fluxos, servindo de auxílio no mapeamento de redes estabelecidas por meio do deslocamento de pessoas no estado do Rio de Janeiro que buscam atendimento pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Nesse sentido, você poderá importar o arquivo “*SHP RJ Regioes”, existente no banco de dados baixado, com os seguintes parâmetros a serem utilizados para o aplicativo *Fluxo* no TerraView:

- a coluna de ligação será a *OBJECT_ID* e usaremos a projeção/*Datum* Lat/Long/SAD69;

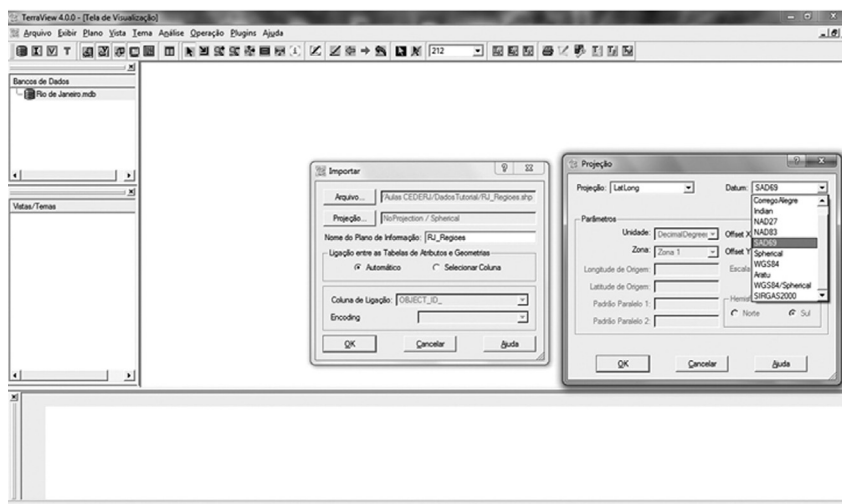


Figura 15.18: Tela de importação do arquivo **SHP RJ Regioes*, configuração da coluna de ligação e projeção no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

- após a importação dos dados, eles devem ser visualizados em conjunto com os arquivos **SHP (temas) SP_Cities* e *MG_Cities*.

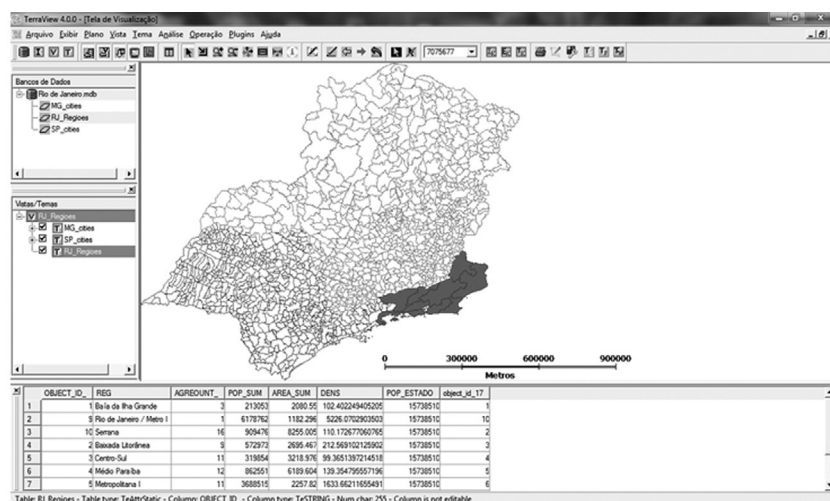


Figura 15.19: Tela contendo os temas *MG_Cities* e *SP_Cities*, associados na mesma Vista no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Vamos dar início, agora, ao módulo *Flow*, existente no menu, em *Plug-ins*, do TerraView. Ao clicar nele, abrirá uma janela de fluxo com as seguintes ferramentas (INPE, 2010):



Figura 15.20: Janela de Fluxo do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

- *Gerar Diagrama de Fluxo...*: cria um plano de informação com as informações referentes a cada fluxo (linhas para indicar fluxos entre objetos e círculos, para indicar fluxos internos aos objetos).
- *Gerar Rede de Fluxo...*: gera uma rede hierárquica baseada nos fluxos dominantes de cada objeto. Essa operação cria um tema com os fluxos classificados como dominantes e outro com os objetos de nível zero (*root*) de cada rede hierárquica.
- *Classificar Fluxo de Dados...*: gera a rede hierárquica, classificando os fluxos aí presentes em determinado nível.

Vamos começar pelo *Gerar Diagrama de Fluxo...* Ao clicar nessa opção, abrirá uma janela:



Figura 15.21: Tela Gerar Diagrama de Fluxo do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Selecione a opção *Importar Tabela....* Para importar a tabela contendo o fluxo de dados, selecione a seguinte janela:

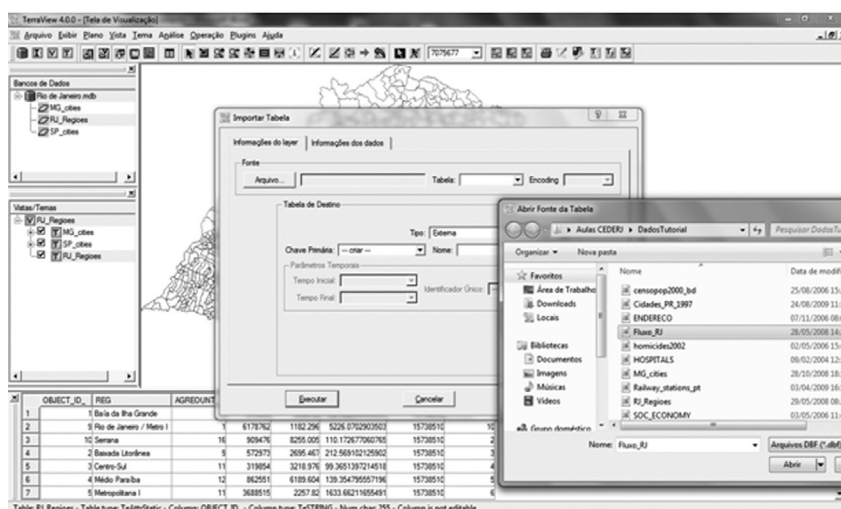


Figura 15.22: Tela Importar Tabela do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Perceba que precisamos importar a tabela *Fluxo_RJ*, que está no banco de dados que baixamos do *site* do tutorial do TerraView.

Siga os seguintes passos: clique no botão *Arquivo...* e selecione a tabela *Fluxo_RJ.dbf*. Escolha o *Tipo* da tabela: *Externa*; depois, selecione qual coluna/atributo deve ser usado, como chave primária. Nesse caso, selecione a opção *Criar* e defina um nome para essa nova tabela. Observe que o sistema oferece uma opção *default*. Clique em *Executar*.

Ao finalizar a importação da tabela de fluxos, prossiga com a geração do diagrama de fluxo. Selecione a coluna DE, existente na tabela *Tab_Fluxo_RJ*, como *Coluna de Origem*, e a coluna PARA, existente nessa mesma tabela, como *Coluna de Destino*. Selecione qual coluna/atributo da tabela do tema RJ_Regioes deve ser usada como *Coluna de Ligação*. Nesse caso, opte pela coluna *RJ_Regioes.OBJECT_ID*. Defina um nome para o *Plano de Saída* e clique em *Gerar*.



Figura 15.23: Tela *Gerar Diagrama de Fluxo* do Terra View.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Ao final do processo, será criado um plano de informações contendo os dados dos fluxos existentes entre os objetos do tema RJ_Regioes.

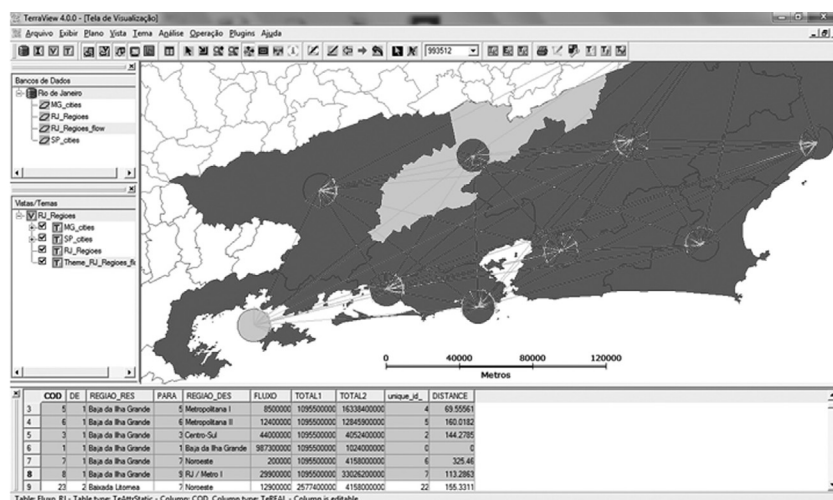


Figura 15.24: Tela do tema de fluxo gerado no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Se fizermos uma pequena consulta à tabela de atributos do tema de fluxo, gerada no TerraView, usando como base de análise a região de origem da baía da Ilha Grande, verificaremos que os maiores destinos do fluxo de pessoas são a região metropolitana (incluindo a cidade do Rio de Janeiro) e para a centro-sul. Isso, provavelmente, se deve à maior oferta, nessas áreas, de hospitais e postos de saúde do SUS, aos quais a população da baía da Ilha Grande tem acesso.

Agora você terá de usar os outros dois recursos de criação de fluxo pelo TerraView, para verificar qual é a diferença entre este e os que foram criados anteriormente. Selecione o tema de fluxo gerado nos passos anteriores e repita o primeiro e o segundo passos para acessar a *Janela de Fluxo*. Selecione *Gerar Rede de Fluxo* e logo aparecerá a interface a seguir:

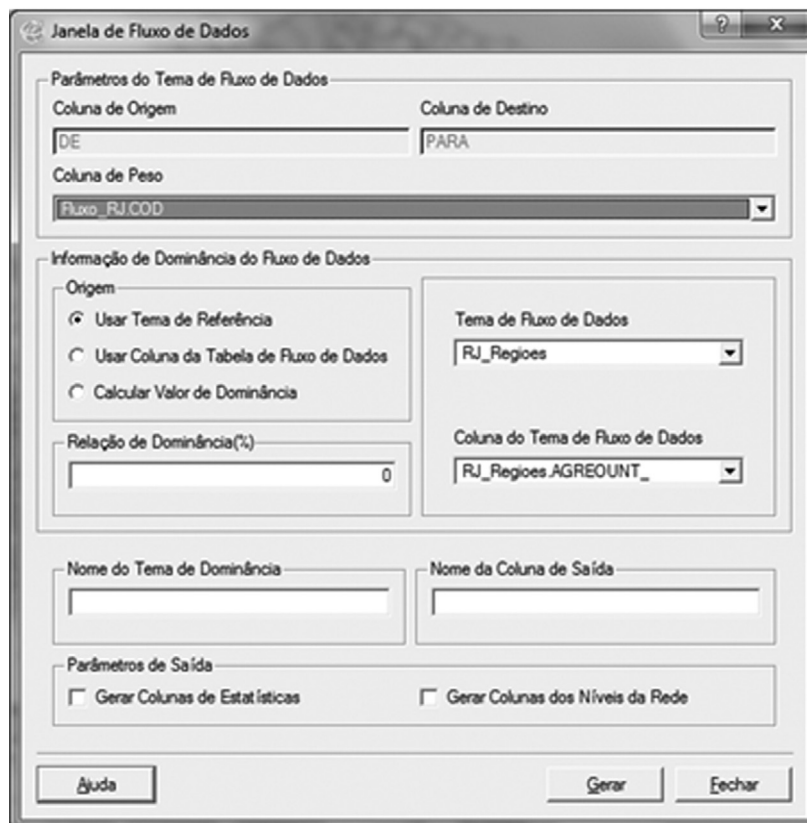


Figura 15.25: Tela do tema de fluxo gerado no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Siga os seguintes passos:

Selecione a coluna de peso *Fluxo_RJ.FLUXO* para definir a coluna a ser utilizada como peso na geração da rede.

Selecione a opção *Calcular Valor de Dominância* para definir de onde será gerada a informação de dominância, a ser utilizada na geração da rede.

3) Em *Relação de Dominância*, podemos determinar uma porcentagem para ser utilizada na seleção do fluxo dominante de cada objeto na geração da rede. Mantenha 0% para esse exemplo.

Selecione *RJ_Regioes* como Tema de Referência e selecione *Fluxo de Entrada* para o Valor de Dominância.

Entre com um nome a ser utilizado na geração dos temas resultantes dessa operação (coloque, por exemplo, *Dominancia_RJ*).

Entre com um prefixo a ser utilizado na geração das colunas de saída com as informações resultantes dessa operação (utilize o prefixo *Dom*).

Selecione a opção *Gerar Colunas de Estatísticas*, caso queira que sejam geradas as colunas com as informações de somatório e a relação dos fluxos para cada objeto.

Selecione a opção *Gerar Colunas dos Níveis da Rede*, caso queira que sejam geradas as colunas com as informações de cada nível da rede para cada objeto. Clique em *Gerar*.

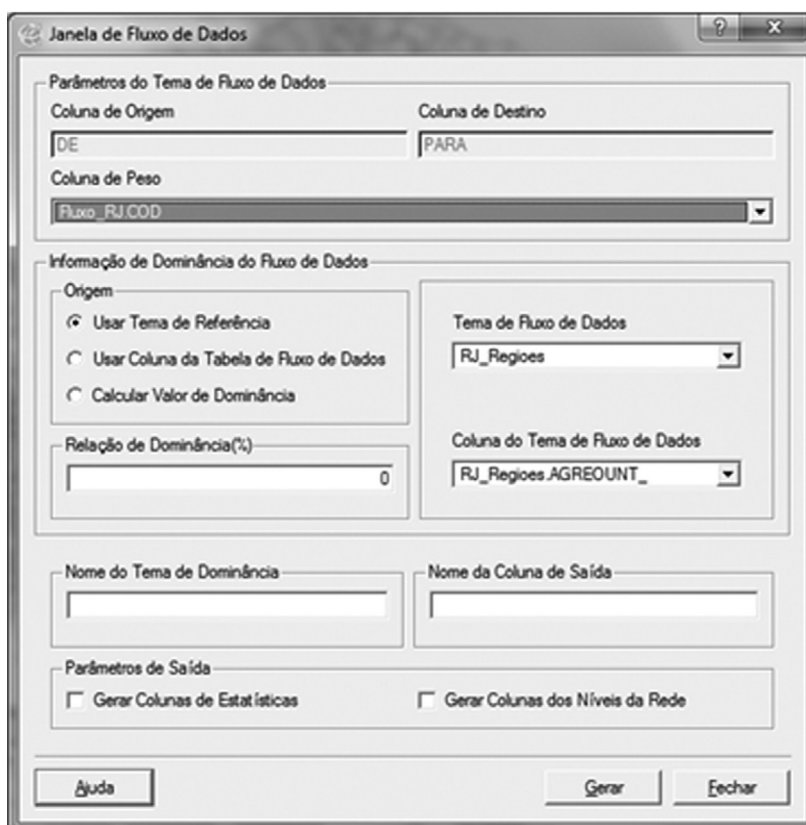


Figura 15.26: Janela de Fluxo de Dados do TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Ao final do processo, são criados dois temas contendo os dados da rede fluxo. Um tema representa os fluxos dominantes de cada objeto, ao passo que o outro representa os objetos de nível zero da rede: tema *Dominancia_RJ_main_flow* (originado do tema *RJ_Regioes_Fluxo*); tema *Dominancia_RJ_level_0* (originado do tema *RJ_Regioes*).

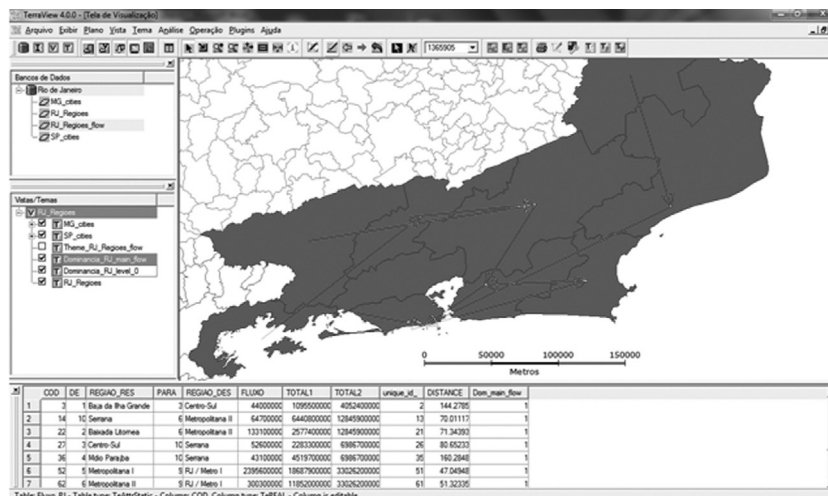


Figura 15.27: Tela contendo o tema de fluxo dominante no TerraView.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Algumas colunas são adicionadas aos temas para representar o resultado dessa operação; essas colunas são:

tema *Dominancia_RJ_main_flow*: indica se o fluxo é dominante ou não. Perceba que o fluxo dominante da região da baía da Ilha Grande é a região centro-sul do estado do Rio;

2) tema *RJ_Regioes*:

- net_level*: indica qual o nível do objeto na rede;
- in*: indica o número de objetos que enviaram fluxo para o objeto;
- out*: indica o número de objetos para o qual foi enviado o fluxo;
- sum_in*: indica a quantidade de fluxo recebida pelo objeto;
- sum_out*: indica a quantidade de fluxo enviada pelo objeto.
- no_sup*: indica o objeto superior ao mesmo na rede;
- net_nodes*: indica quantos objetos estão nessa rede (caso seja *root*);
- root_childs*: indica a quantidade de objetos diretamente abaixo do referido objeto (caso seja *root*);
- level_code*: indica qual o nível do objeto na rede (indicando se ele é ou não o último objeto da rede);
- N colunas de níveis da rede: colunas utilizadas para descrever todos os níveis da rede para cada objeto.

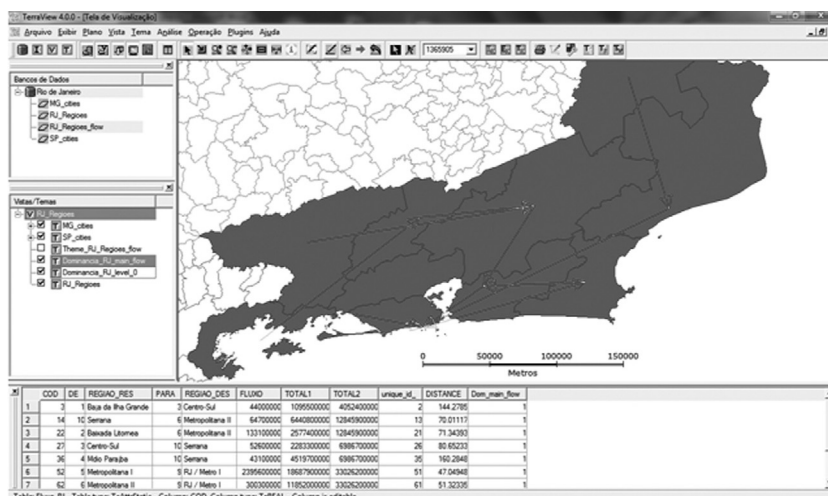


Figura 15.28: Tela de resultado da tabela de atributos (RJ_Regioes) dos fluxos no estado do Rio de Janeiro. Referência à parte mais escura do mapa, fluxos na região da baía da Ilha Grande.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Por último, na etapa da operação de *Classificar Fluxo de Dados*, o tema *Dominância_RJ_main_flow* deve ser selecionado.

Siga os seguintes passos:

Selecione a coluna *Fluxo_RJ.FLUXO* para definir a coluna a ser utilizada como peso na geração da rede.

Selecione a opção *Calcular Valor de Dominância* para definir de onde virá a informação de dominância a ser utilizada na geração da rede.

Em *Relação de Dominância*, pode-se determinar uma porcentagem para ser utilizada na seleção do fluxo dominante de cada objeto na geração da rede. Coloque 0 (zero).

Selecione *RJ_Regioes* como Tema de Referência, e *Fluxo de Entrada* para Valor de Dominância.

Determine o *Nível de Corte* da rede para que a classificação seja feita sobre esse nível. Coloque 0 (zero).

Entre com um prefixo (coloque, por exemplo, *Classific*) a ser utilizado na geração das colunas com as informações resultantes dessa operação.

Clique em *Classificar*.

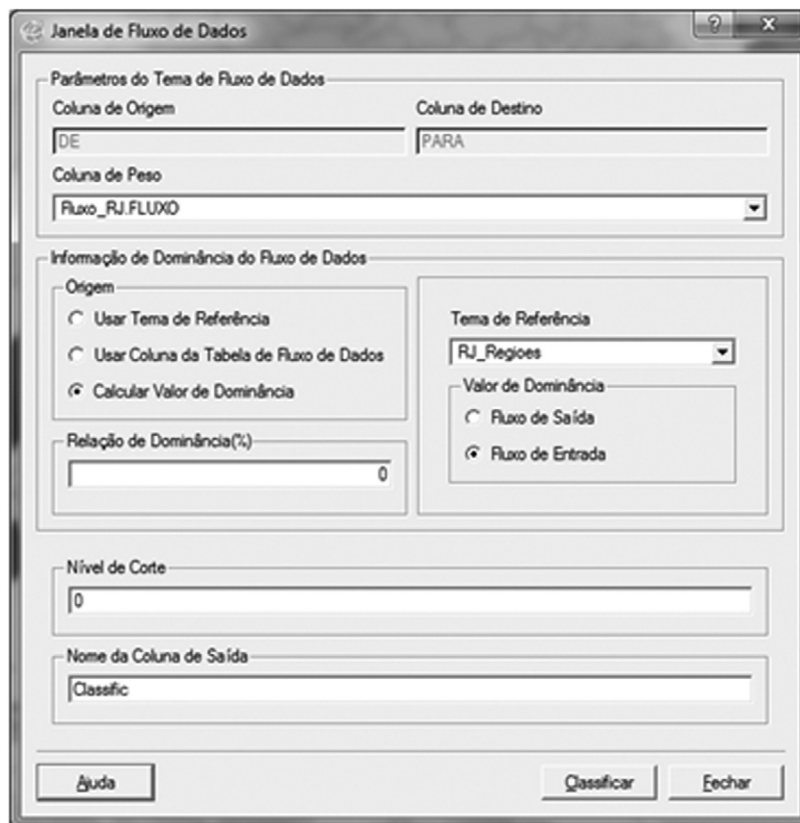


Figura 15.29: *Janela de Fluxo de Dados* para a classificação no TerraView.
Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Ao final do processo, são adicionadas colunas ao tema do plano de informação existente para representar os resultados dessa operação.

Tema RJ_Regioes_Fluxo:

- a) Cod: código da classificação recebida pelo fluxo;
- b) name: nome da classificação recebida pelo fluxo;
- c) relation: relação desse fluxo sobre os demais fluxos desse objeto.

Fonte: CONCEIÇÃO; COSTA, 2011.

Atende ao objetivo 2

Como você pode perceber, a análise por fluxo ou em redes é uma das operações em SIG que podem ser utilizadas para a aplicação em diversos estudos, principalmente na análise de fluxos. Se você precisasse fazer um planejamento sobre o fluxo de pessoas do município do Rio de Janeiro para a região serrana do estado, mas precisasse criar isso com dados sobre os aeroportos, explique, de forma breve, como poderia proceder utilizando um SIG?

Resposta comentada

A acessibilidade para algumas regiões do estado do Rio de Janeiro, principalmente com relação à infraestrutura de aeroportos, é uma das preocupações constantes do planejador urbano, ainda mais com relação ao fluxo de pessoas que saem da capital para outros destinos, a exemplo da região serrana. A proximidade de aeroportos é um fator determinante para que as cidades fluminenses possam atender a esse fluxo e à análise por geoprocessamento, principalmente usando um SIG para a análise de redes (fluxos) e fazendo uso de bases de dados georreferenciadas, como as bases cartográficas digitais do IBGE, do INPE etc. (malha territorial do estado do Rio de Janeiro, com municípios e regiões administrativas). Associado a esses planos de informação, também é necessário compor tabelas (em *DBF, com pontos de localização dos aeroportos e campos de pouso, número do deslocamento de pessoas entre esses pontos, locais de origem e destino etc.), que podem auxiliar na confecção dos mapas de fluxo de pessoas, sendo fundamentais na análise apurada (com possibilidades de utilização nas três operações de fluxo realizadas no TerraView, por exemplo).

Conclusão

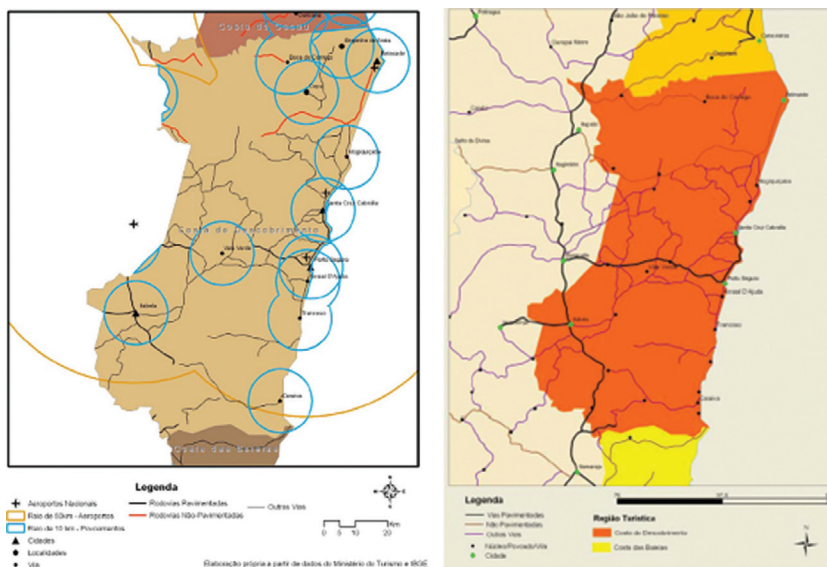
Como existem diversos tipos de usuários interagindo com um SIG, podemos observar que, se não fosse pela interoperabilidade, a capacidade dos SIG de interagirem entre si nas mais diversas extensões e tipos de ferramentas não seria possível. Os usuários de SIG cada vez mais têm à disposição tipos de aplicativos que realizam análises das mais simples às mais complexas, o que facilita a observação de fenômenos geográficos ou não geográficos, podendo ser relevantes para determinadas finalidades e irrelevantes para outras aplicações. Entretanto, é necessário observar, também, a relação ou importância entre a resolução espacial e o detalhamento das informações quanto à frequência de atualização, que também varia de acordo com os objetivos que se deseja traçar em uma análise.

Portanto, é possível definir as características dos dados geográficos, de suas funções analíticas e de tratamento (reprojeção), necessárias para cada combinação de interesse e de acordo com os vários perfis de usuários, somados a uma diversidade de aplicações dos sistemas de informações geográficas.

Atividade final

Atende aos objetivos 1 e 2

Analisando os dois mapas a seguir, sobre a acessibilidade na Costa do Descobrimento (Bahia), disserte, de forma breve, sobre como você acredita que o mapa dos *buffers* (proximidades) dos aeroportos pode ser relacionado ao processo de planejamento urbano dessa área do estado da Bahia. Não deixe de avaliar se seria possível criar um mapa de fluxos (análise de redes) dessa mesma região utilizando um SIG.



Figuras 15.31 e 15.32

Resposta comentada

Muitas vezes, para construir mapas de análise utilizando um SIG, precisamos verificar se há bases de dados digitais compatíveis não só em termos de projeção cartográfica, mas também com relação a seus dados tabulares, ou seja, é preciso checar se há informações quantitativas e qualitativas adequadas e consistentes para utilizar e relacionar com as bases digitais. O planejamento urbano é uma das preocupações das várias regiões brasileiras com relação à infraestrutura de transportes, como as rodovias e a proximidade de aeroportos (internacionais e nacionais), além das características socioeconômicas da população (total de habitantes, renda, habitação etc.). Essa tarefa requer a utilização de procedimentos em SIG, tais como foi visto nesta aula, como a análise de *buffer*, que pode ser aplicada na malha rodoviária (em linha), assim como nos aeroportos (pontos) e nas áreas urbanas (polígonos), criando raios de influência com os acessos e meios de transporte.

Resumo

Mapas de proximidade (*buffers*) e mapas de redes (fluxos) são mapas que podem ser produzidos em SIG por meio de aplicativos de análise que dão suporte à representação de objetos geográficos para várias aplicações. É possível verificar que tais situações são geradas graças ao princípio de que os dados vetoriais (geometrias e suas topologias) têm forte ligação com os dados tabulares em um sistema de gerenciamento de banco de dados geográfico. A arquitetura integrada dos SGBD, como os do gvSIG e TerraView, demonstram essa capacidade para conexão e manipulação de vários planos de informação (em diversos temas e vistas) e de diferentes fontes cartográficas, mesmo quando em projeção, *datum* ou escalas diferentes, possibilitando criar, através de aplicativos de análise, outros planos de informação analíticos.

Referências

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, V. C. da. *Cartografia e geoprocessamento*. v. 2. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Aula 7: manipulação de dados vetoriais*. Divisão de Processamento de Imagens / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula7.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2016

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO. Goiânia: LAGEOP, 20---. Disponível em: <<http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>> Acesso em: 19 out. 2015.

SANTOS, A. R. *Apostila teórica de geoprocessamento*. Vitória: UFES, 2008.

SILVA, A. de B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 2003.

